



Universidade Federal da Bahia  
Instituto de Biologia  
Programa de Pós-graduação em Diversidade Animal



Apoio:

Instituto de Biologia  
Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação  
Pró-Reitoria de Extensão

Patrocínio:



Salvador, 6 a 11 de Fevereiro de 2012



# MINI-CURSO 01: ASPECTOS DE BIOGEOGRAFIA COM ÊNFASE EM SERPENTES E LAGARTOS



**Docentes: DANIELA PINTO COELHO & IGOR RIOS DO ROSÁRIO**

REALIZAÇÃO



APOIO





**NÚCLEO REGIONAL DE OFIOLOGIA  
E ANIMAIS PEÇONHENTOS**  
Universidade Federal da Bahia  
Profa. Dra. Rejâne Lira-da-Silva



**DANIELA PINTO COELHO**

**Mestranda em Diversidade Animal: Zoologia**

Projeto de dissertação: Semelhanças no padrão de coloração de jararacas com outras espécies de serpentes: convergência críptica ou mimetismo?

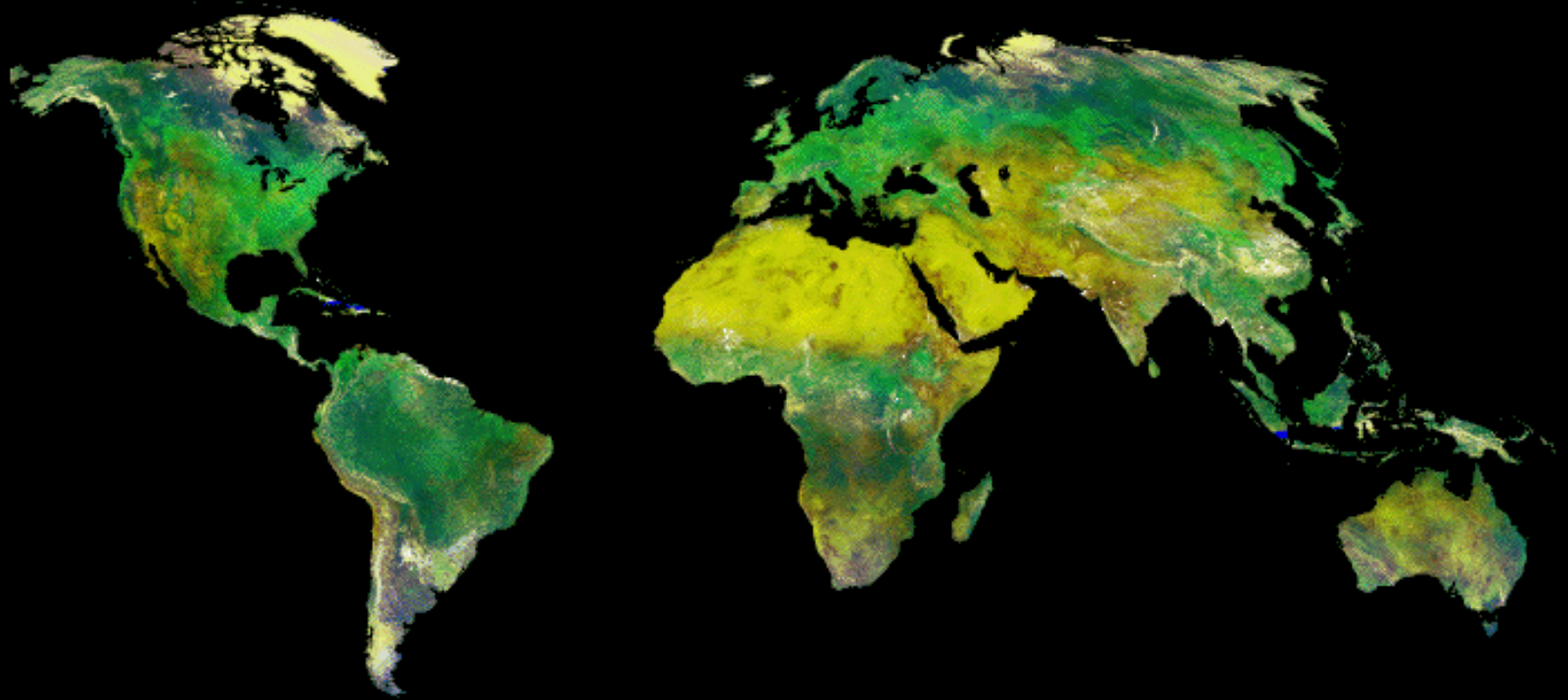
**LABORATÓRIO DE BIOLOGIA  
E ECOLOGIA DE VERTEBRADOS**  
Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. Eduardo José dos Reis Dias



**IGOR RIOS DO ROSÁRIO**

**Mestrando em Diversidade Animal: Zoologia**

Projeto de dissertação: Filogeografia e distribuição do lagarto *Cnemidophorus abaetensis* Dias, Rocha & Vrcibradic 2002 no Nordeste do Brasil



---

# ESTRUTURA DO MINI-CURSO

ASPECTOS DE BIOGEOGRAFIA COM ÊNFASE EM SERPENTES E LAGARTOS

---



## AULA 01

1. O que é biogeografia?
2. Perguntas e temas recorrentes
3. História da biogeografia
4. Conceitos básicos em biogeografia
5. Ramificações da biogeografia: biogeografia histórica e ecológica

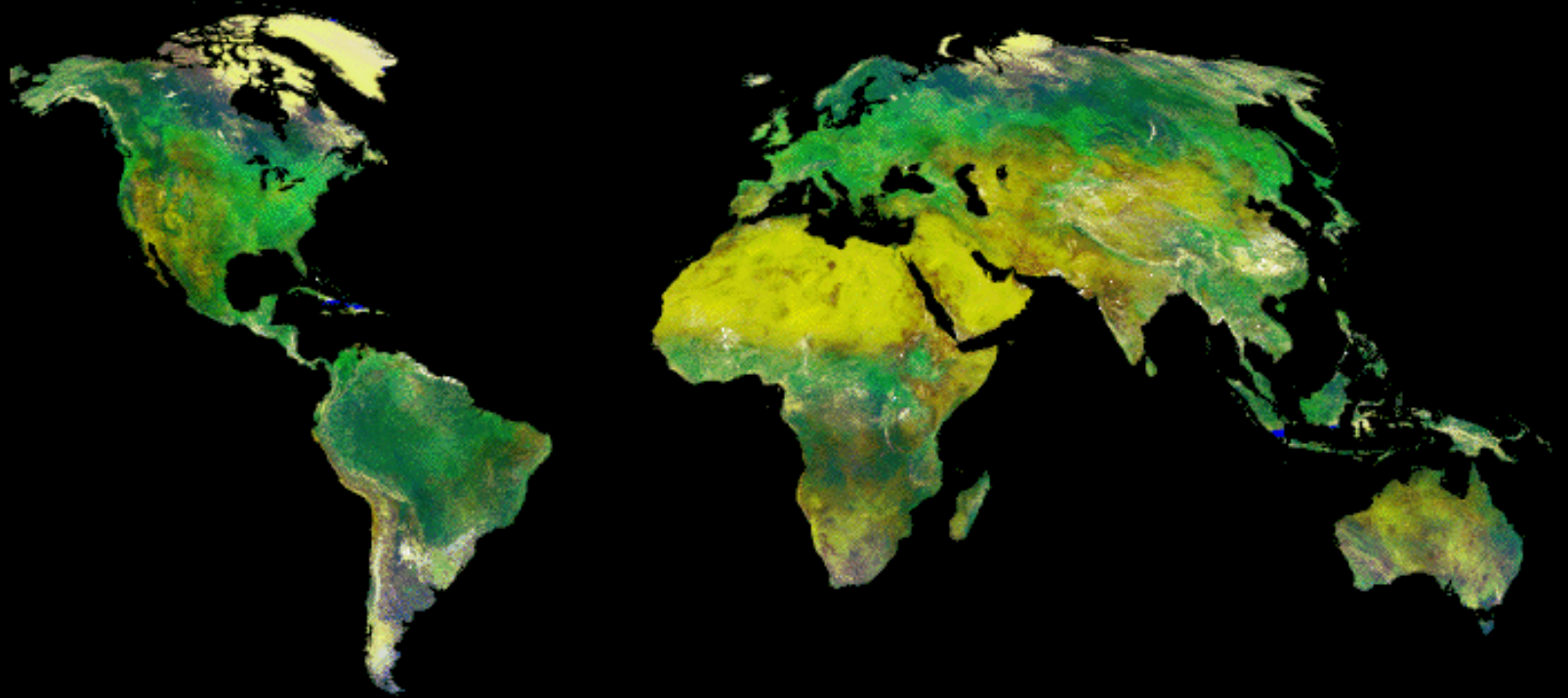
## AULA 02

1. Estudos de caso





**AULA 01**



---

# O QUE É BIOGEOGRAFIA?

---



# Quantas espécies?

## KINGDOM

## # OF SPECIES

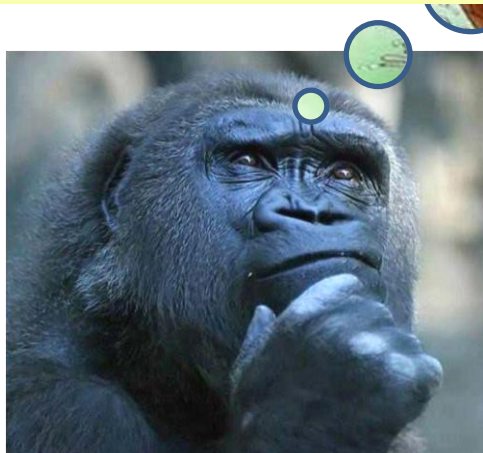
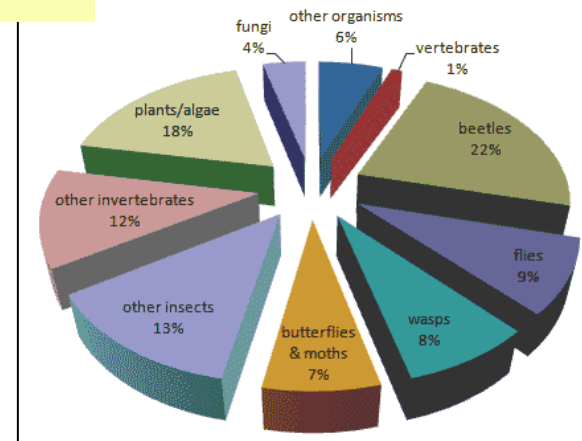
Bacteria.....	4,000
Protoctists (algae, protozoa, etc).....	80,000
Animals, vertebrates.....	52,000
Animals, invertebrates.....	1,272,000
Fungi.....	72,000
Plants.....	270,000

Total number of described species... 1,750,000  
Possible # of unknown species:..... 14,000,000



From the United Nations publication: UNEP-WCMC (2000). *Global Biodiversity: Earth's living resources in the 21st century*. Cambridge, World Conservation Press.

## ATIVE NUMBERS OF NAMED SPECIES










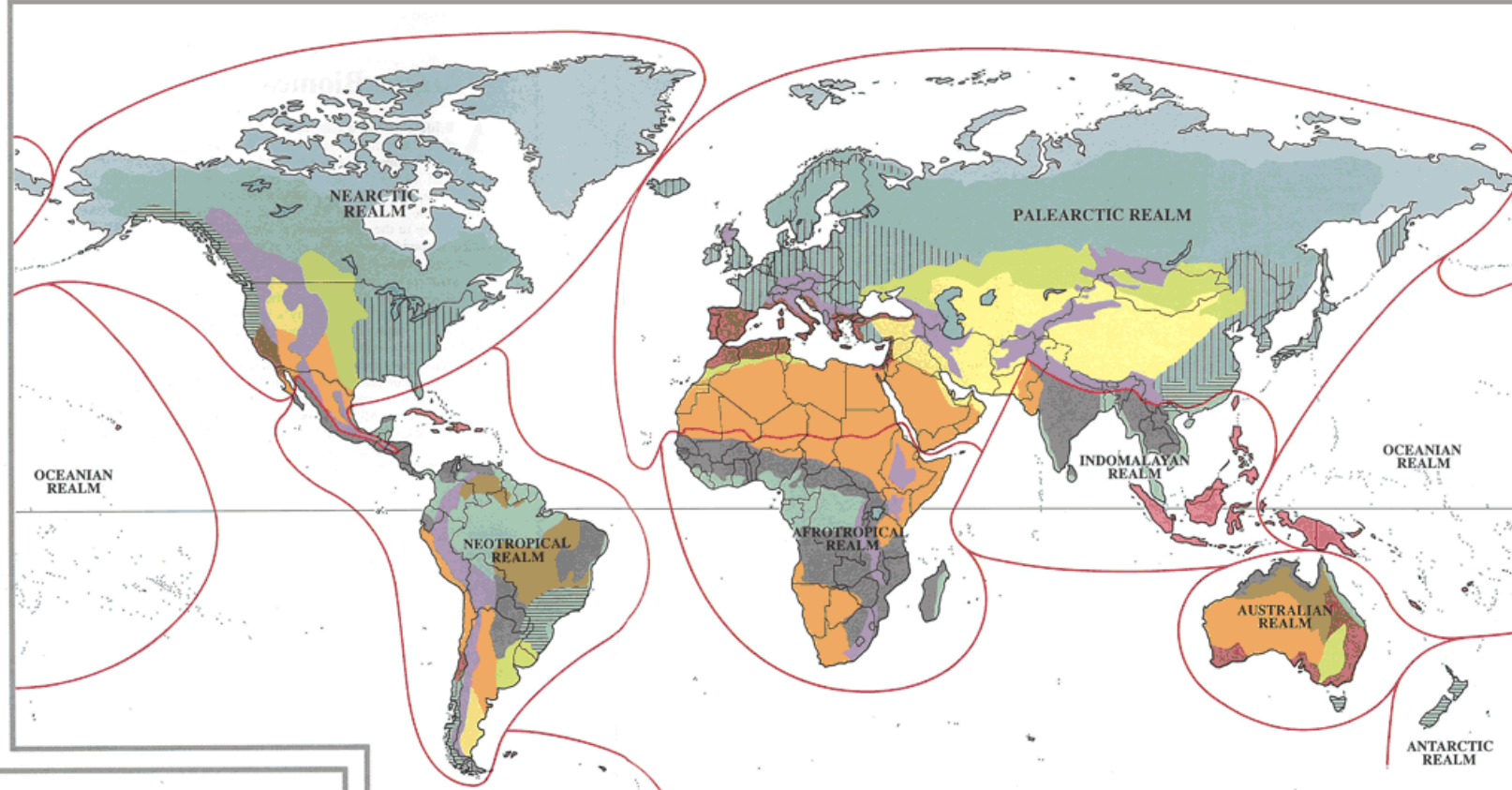
# Onde estão as espécies?

## Major biomes

Biomes are ecological regions, defined in terms of their plant and animal life, and usually identified with the prevailing vegetation types. Unesco has designated 14 major biomes, distributed across eight zoogeographical realms: the Nearctic, the Neotropical, the Palearctic, the Afrotropical, the Indomalayan, the Australian, the Oceanian and the Antarctic.

## Climatic regions

-  Polar (Ice cap & tundra)
-  Cooler humid (Subarctic & continental)
-  Warmer humid (Marine west coast, humid subtropical & Mediterranean)
-  Dry (Steppe & desert)
-  Tropical humid (Savanna & rain forest)



-  Tundra communities and barren arctic deserts
-  Temperate needleleaf forests or woodlands
-  Temperate broadleaf forests
-  Cold winter (continental) deserts and semi-deserts
-  Evergreen Sclerophyllous forests, scrub or woodlands
-  Tropical grasslands and savanna
-  Tropical dry forests (including monsoon forests) or woodlands
-  Sub-tropical and temperate rainforests or woodlands
-  Tropical humid forests
-  River and lake systems

**NENHUMA ESPÉCIE É CAPAZ DE VIVER EM TODOS ESTES LUGARES**

# O que é Biogeografia?

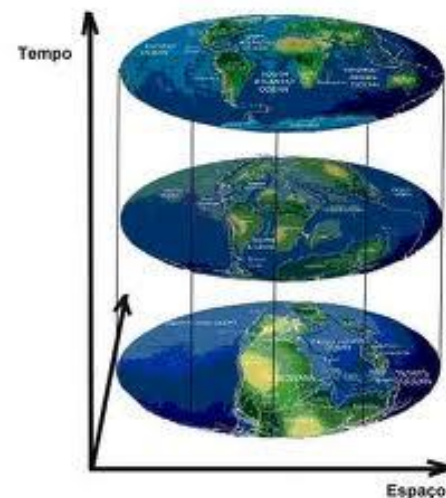
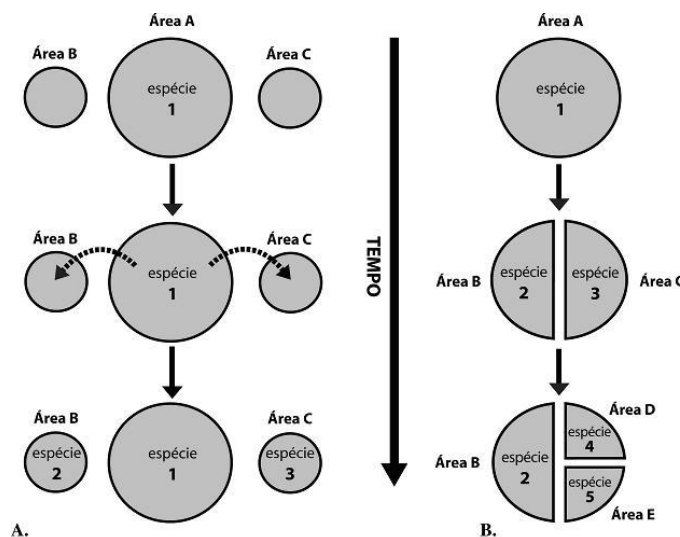
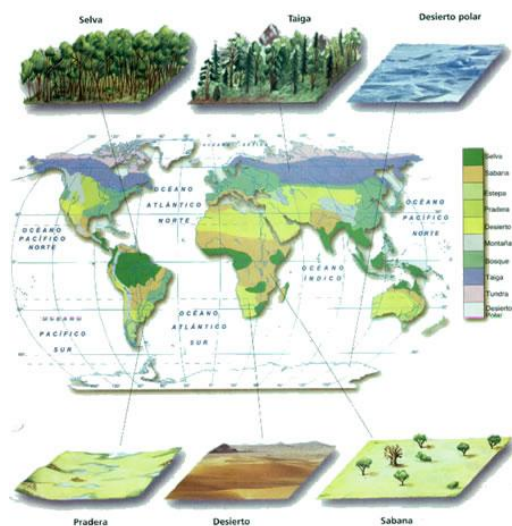
## Diversidade & Espaço

**“Ciência que se preocupa em documentar e compreender modelos espaciais de biodiversidade” (Brown & Lomolino, 2006).**

**“Estudo da distribuição dos organismos, tanto no passado quanto no presente, e do padrões de variação ocorridos na Terra, relacionados à quantidade e aos tipos de seres vivos” (Carvalho & Almeida, 2010).**

# Biogeografia: ciência sintética

- Fundamenta-se em teorias e dados de outras áreas



# Biogeografia: ciência sintética

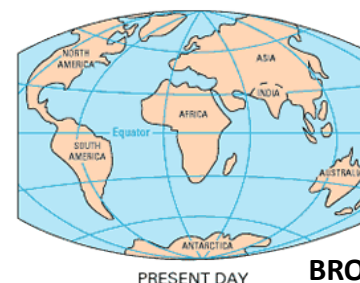
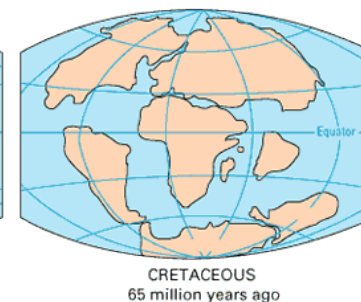
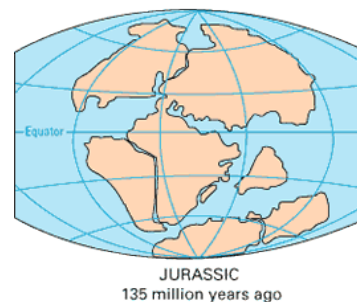
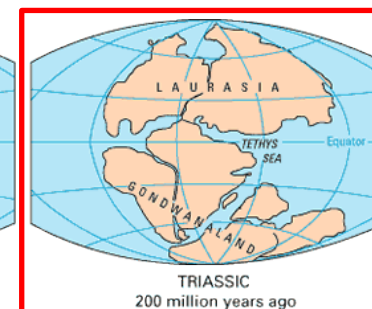
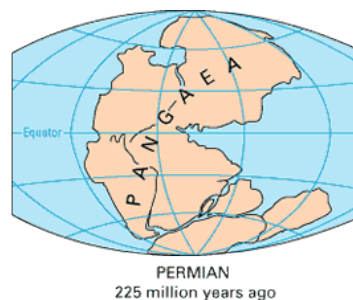
- Ramo da Biologia
  - É necessário alguns conhecimentos sobre evolução, ecologia e estar familiarizado com algum modelo, seja animal ou vegetal



# Biogeografia: ciência sintética

- Características geográficas e teorias geológicas
  - Conhecimento de eventos históricos (ex. deriva tectônica)

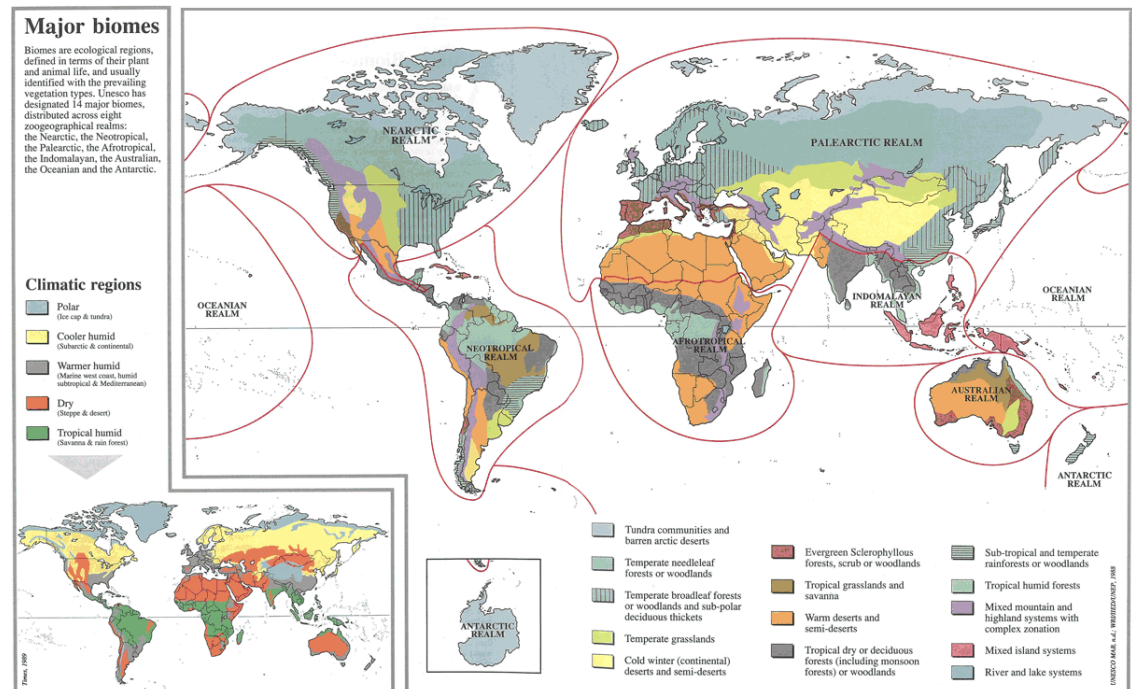
Presença de fósseis de *Paliguana* (provável ancestral dos lagartos atuais) na África do Sul e Austrália, sugere que surgiram na Gondwana (Pianka & Vitt, 2003).

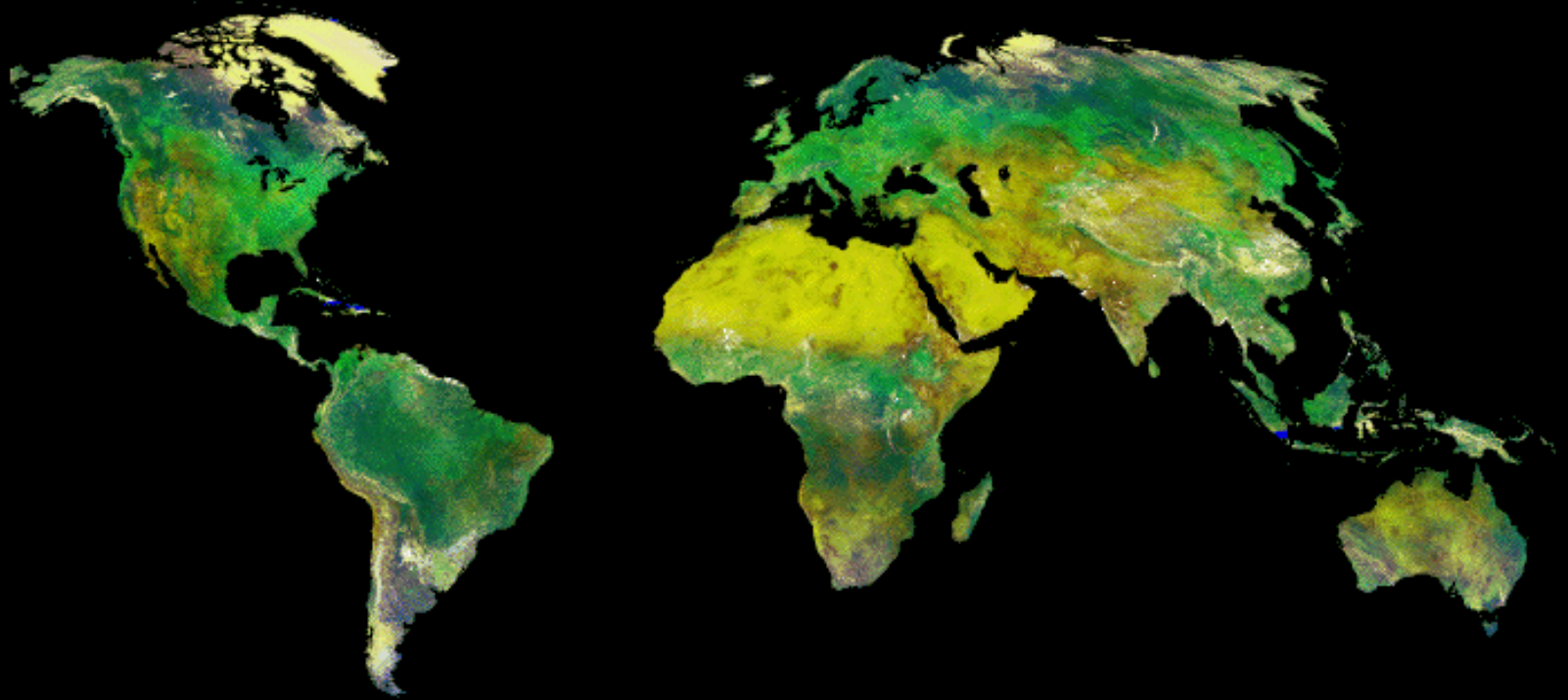


# Biogeografia: ciência sintética

- Características geográficas e teorias geológicas
  - Conhecimento de padrões geográficos contemporâneos (ex. padrão climático global)

**NOS PERMITE ENTENDER  
PORQUE ESPÉCIES SIMILARES  
SE ESTABELECEM EM  
REGIÕES CLIMÁTICAS  
SEMELHANTES**





---

# PERGUNTAS E TEMAS RECORRENTES EM BIOGEOGRAFIA

---



# Quais perguntas podem ser respondidas?

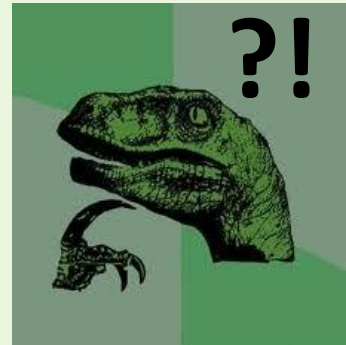
1. O que possibilita um táxon viver em um determinado local e o que o impede de colonizar outras áreas?

2. Qual a função do clima, topografia e interações, como limitantes da distribuição de uma espécie?

3. Por que alguns grupos animais (ou de plantas) filogeneticamente próximos estão limitados a uma determinada região e outros se encontram do outro lado do mundo?

4. De que maneira eventos fisiográficos, como a deriva continental, a glaciação pleistocênica e mudanças climáticas recentes influíram na distribuição de um táxon?

5. Como ilhas oceânicas são colonizadas e porque há quase sempre um número reduzido de espécies em ilhas quando comparamos com hábitat semelhantes em continente?

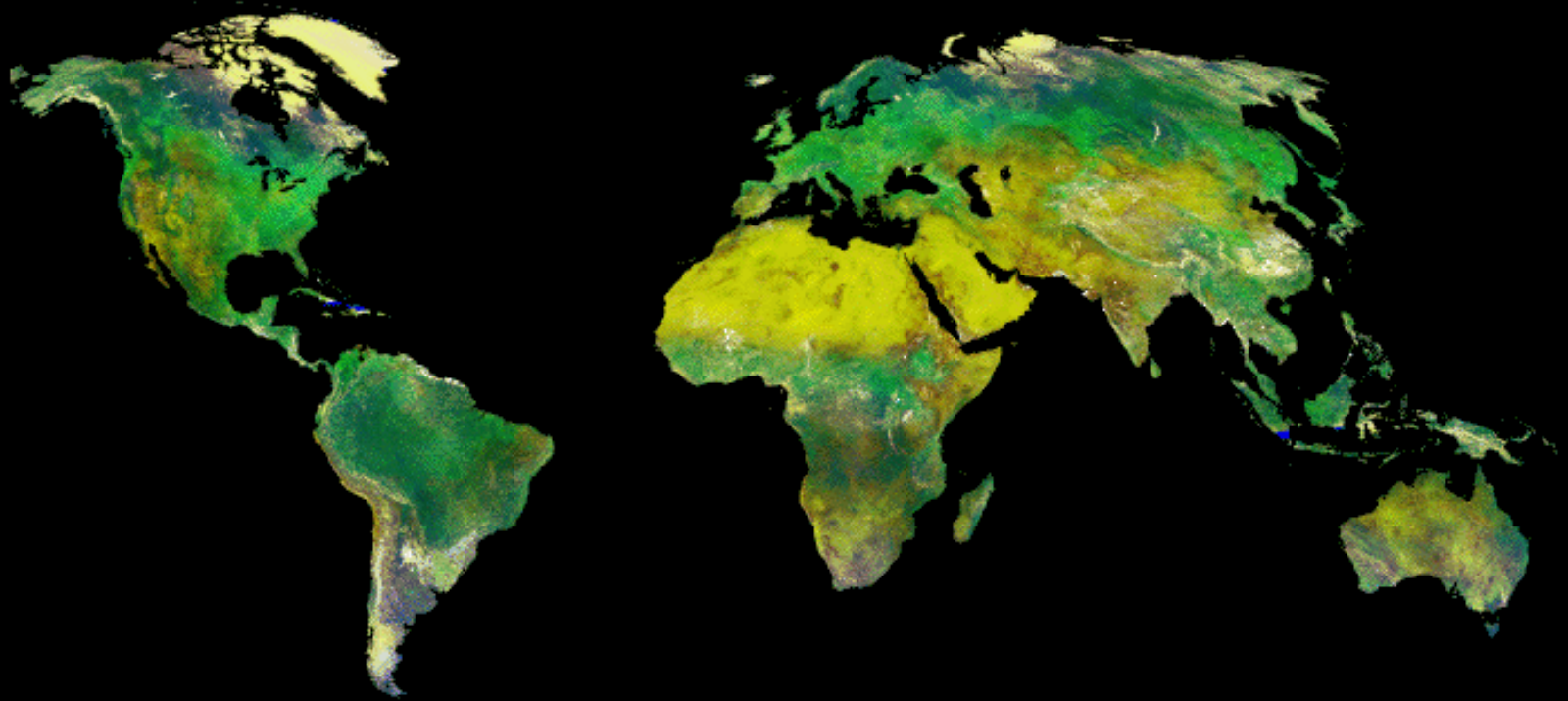




# Temas recorrentes

1. Classificação de regiões biogeográficas com base nas suas biotas.
2. Reconstrução do desenvolvimento histórico de biotas, incluindo sua origem, expansão e diversificação.
3. Explicação das diferenças em números e em tipos de espécies entre as áreas geográficas.
4. Explicação da variação geográfica nas características de indivíduos e populações de espécies próximas, incluindo tendências na morfologia, comportamento e demografia.





---

# HISTÓRIA DA BIOGEOGRAFIA

---



# *História da Biogeografia*

- **Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.)** – De onde veio a vida, e como se diversificou e se espalhou pelo globo?



- ÉPOCA DAS EXPLORAÇÕES**
- **Carolus Linnaeus (1707 – 1778)** – Espécies imutáveis, explicação para a Arca de Noé e dispersão a partir do Monte Ararat



# História da Biogeografia



- **Georges-Louis Leclerc/conde de Buffon (1707 – 1788)** – Questionou a dispersão a partir do Monte Ararat (= barreiras à dispersão); Lei de Buffon (áreas similares, porém isoladas, possuem faunas distintas)



- **Joseph Bank (1743 – 1820)** – Descrição de mais de mil espécies de plantas; confirmação da Lei de Buffon com exceções (= espécies cosmopolitas)

# História da Biogeografia

- **Johann R. Forster** (1729 – 1798) – estende a Lei de Buffon para plantas; contribuições para a biogeografia de comunidades insulares; tendência da diversificação (equador → pólos) para plantas
- **Carl L. Willdenow** (1765 – 1812) – províncias florísticas para a Europa; sugestão de não um, mas vários “centros de origem”



# História da Biogeografia



- **Alexander von Humboldt (1769 – 1859)** – Pai da fitogeografia; aplicou o gradiente de Forster para variações altimétricas (cinturões florísticos)



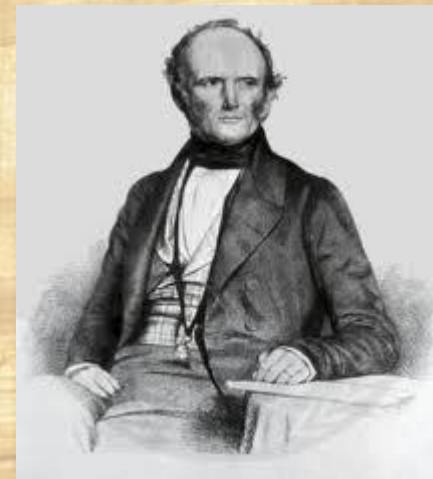
- **Augustin P. de Candolle (1778 – 1841)** – contribuições para os padrões insulares; um dos primeiros a escrever sobre competição e sobrevivência (biologia evolutiva)

# História da Biogeografia

- **Adolphe T. Brongniart (1801 – 1876) / Charles Lyell (1797 – 1875)** – mutabilidade climática; variação do nível do mar (= explicação para fósseis de animais marinhos em montanhas); terra e biota dinâmica (= vários centros de criação); sugestão da terra mais velha que 6 mil anos



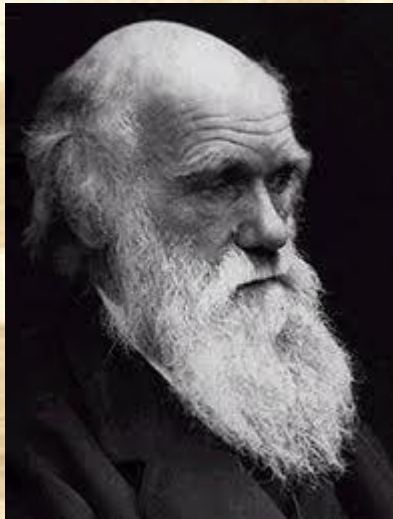
**Adolphe T. Brongniart**



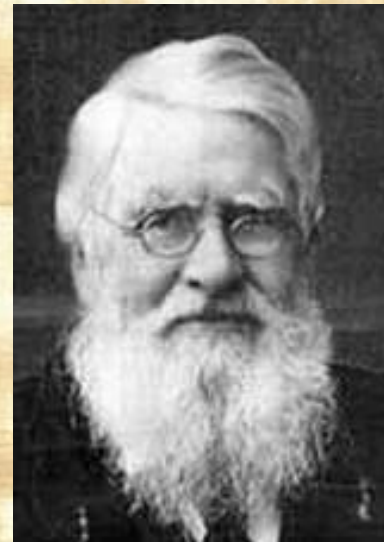
**Charles Lyell**

# *História da Biogeografia*

- **Charles R. Darwin (1809 – 1882) & Alfred Russel Wallace (1823 – 1913)** – biologia evolutiva; dispersão e colonização de ilhas



**Charles R. Darwin**



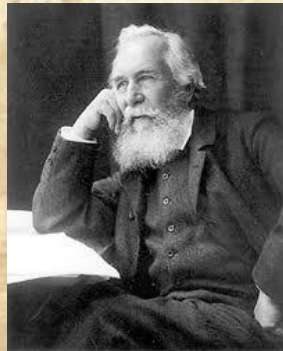
**Alfred Russel Wallace**



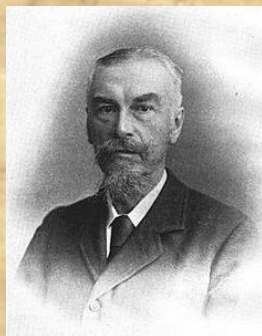
# História da Biogeografia



- **William J. Hooker** (1785 — 1865) – Assim como Lyell, um defensor do “extensionismo” (= pontes, emersão e submersão de continentes...); afinidade das plantas do hemisfério sul



- **Ernst H. Haeckel** (1834 — 1919) – Ecologia e Corologia



- **Philip L. Sclater** (1829 – 1913) – Regiões biogeográficas baseadas em aves

# História da Biogeografia

- **William D. Matthew** (1871 – 1930), **George G. Simpson** (1902 – 1984), **Edwin H. Colbert** (1905 – 2001), **Alfred S. Romer** (1894 – 1973), **Everett C. Olson** (1910 – 1993), **Björn O. L. Kurtén** (1924 – 1988) – diversas contribuições à paleontologia, e à origem, dispersão, radiação e declínio de vertebrados
- **Theodosius H. Dobzhansky** (1900 – 1975) – Biologia Evolutiva
- **Ernst Mayr** (1904 – 2005) – sistemática, evolução e Biogeografia Histórica



**Theodosius H. Dobzhansky**



**Ernst Mayr**

# História da Biogeografia

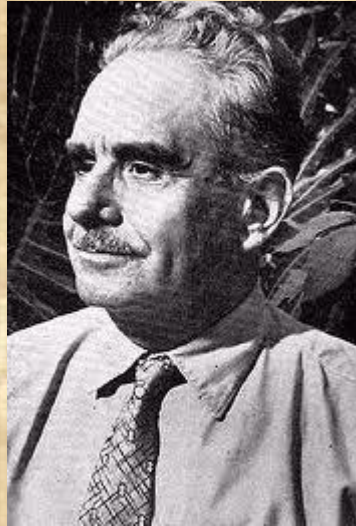


- Alfred L. Wegener (1880 – 1930) – é aceita a teoria da deriva continental (final da década de 60)



- Willi Hennig (1913 — 1976) – reconstrução das relações evolutivas (Cladística)

# História da Biogeografia



- **León Croizat** (1894 – 1982) – biogeografia de vicariância



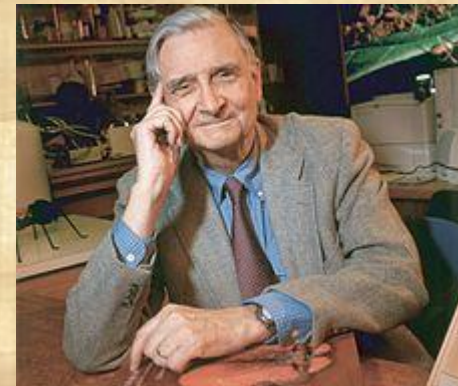
- **George E. Hutchinson** (1903 – 1991) – processos que determinam a diversidade de vida e o número de espécies que coexistem no mesmo local e hábitat

# *História da Biogeografia*

- **Robert H. MacArthur (1930 – 1972) & Edward O. Wilson (1929) – biogeografia de ilhas**



**Robert H. MacArthur**

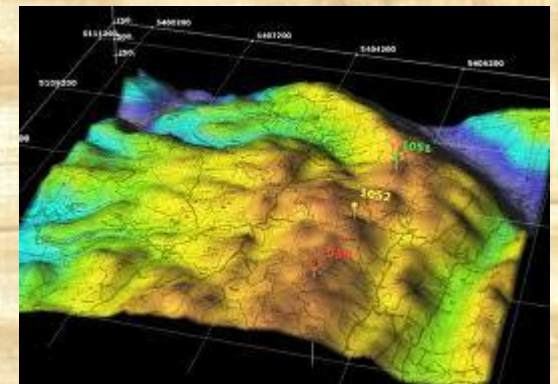
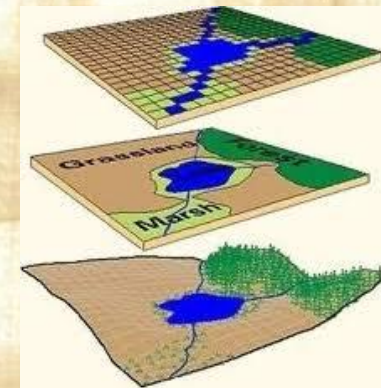
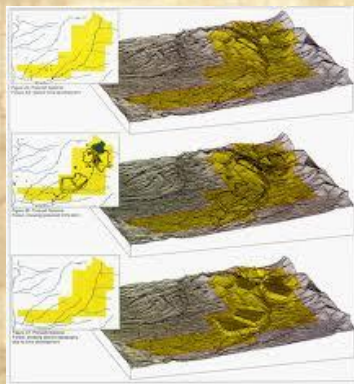


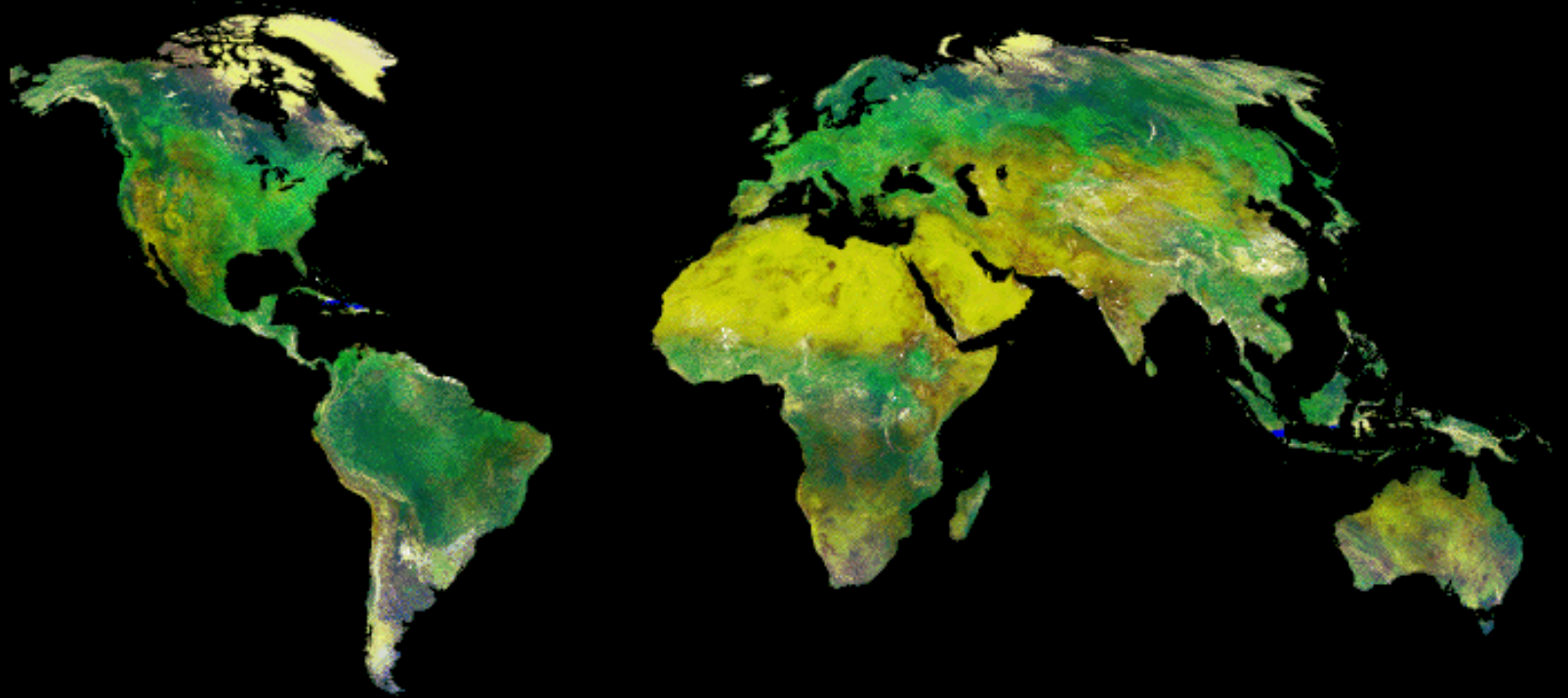
**Edward O. Wilson**

1950 – ...

# História da Biogeografia

- Novas tecnologias, *softwares*, capacidade de processamento, modelos de simulação, sistemas de informação geográfica (GIS) e métodos geoestatísticos





---

# CONCEITOS BÁSICOS

---



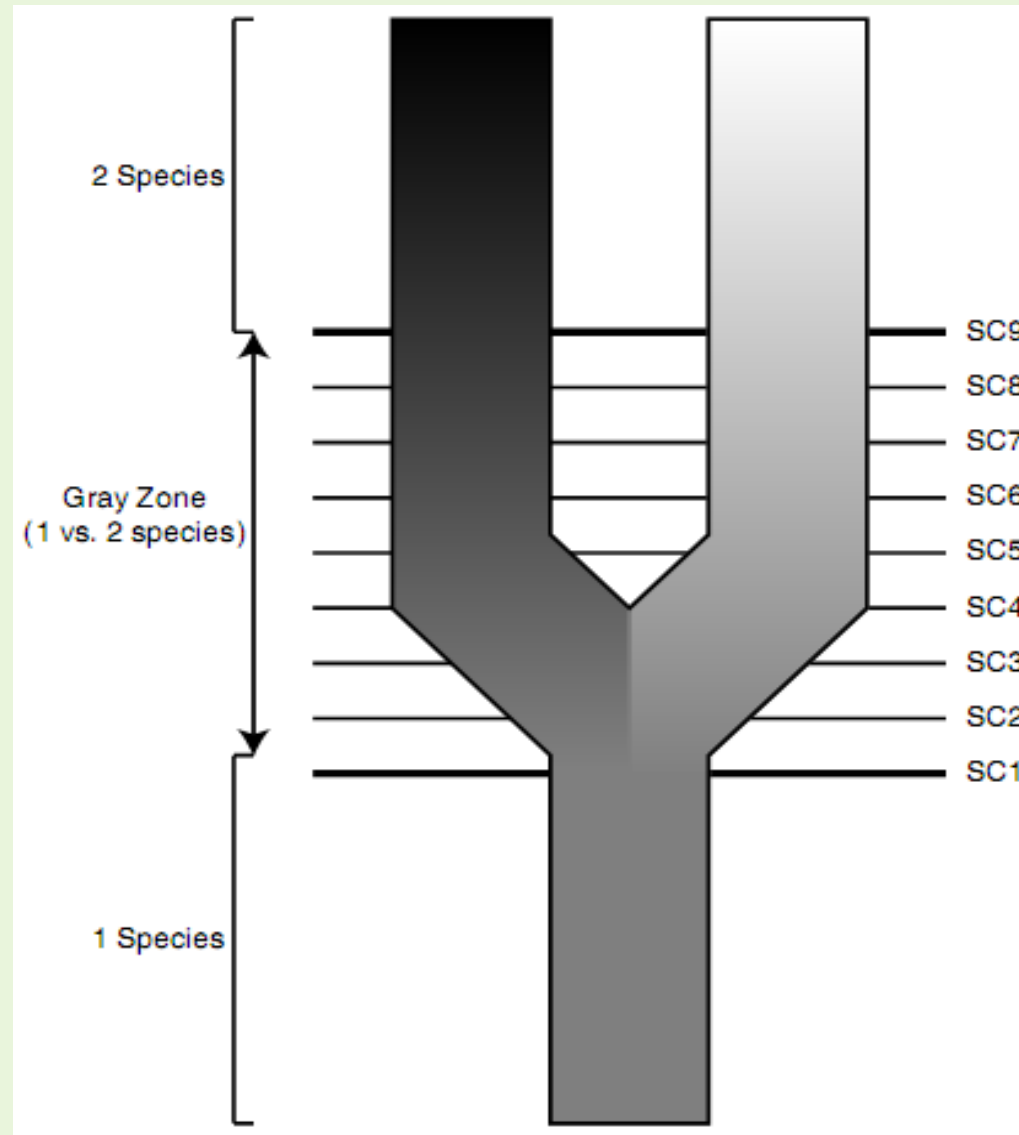
**ESPÉCIE, ESPECIAÇÃO, MACRO E  
MICROEVOLUÇÃO**





# Conceito de espécie

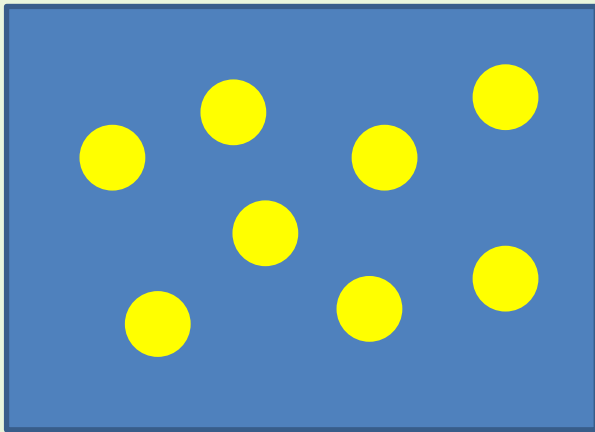
- A problemática em relação aos diferentes conceitos (Mayden, 1997)
- O conceito unificado  
“Espécies são linhagens de metapopulações que evoluem separadamente”
- As propriedades secundárias definidoras



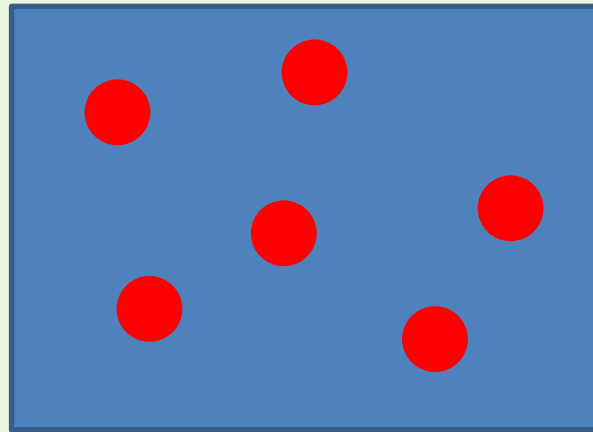
# Especiação e Extinção

---

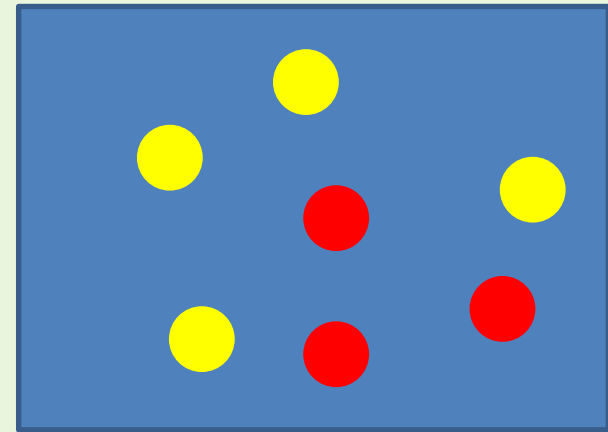
- Ao longo da vida de uma espécie... padrões e processos que afetem a sua existência
  1. Extinção de modo abrupto
  2. Formação de uma nova espécie, extinguindo a atual
  3. Formação de uma nova espécie, mantendo a atual



**1**



**2**



**3**

# Padrões e Processos evolutivos

---

- Até 1970, a evolução era vista como ocorrendo de forma gradual
- Biólogos evolutivos eminentes enfatizando que as mudanças podem ocorrer de forma grande e rápida
- Produto da “nova síntese” → dominou o séc. XX
  - ↳ Como as características da população mudam como resultado da seleção natural, mutação, deriva gênica e fluxo gênico

# Microevolução

---

## ❖ Microevolução

São mudanças que ocorrem nos organismos através de mecanismos genéticos da seleção natural, mutação, desvios genéticos e fluxo gênico. Os microevolucionistas estudam tradicionalmente organismos contemporâneos.

# Macroevolução

---

## ❖ Macroevolução

**É o estudo de grandes mudanças evolutivas que estão registradas em fósseis, tais como especiação e extinção**

- A principal diferença entre macro e microevolução está na escala de tempo, sendo ambas perspectivas complementares

# Especiação

- É um processo de ramificação onde uma única população ancestral origina diferentes tipos de organismos

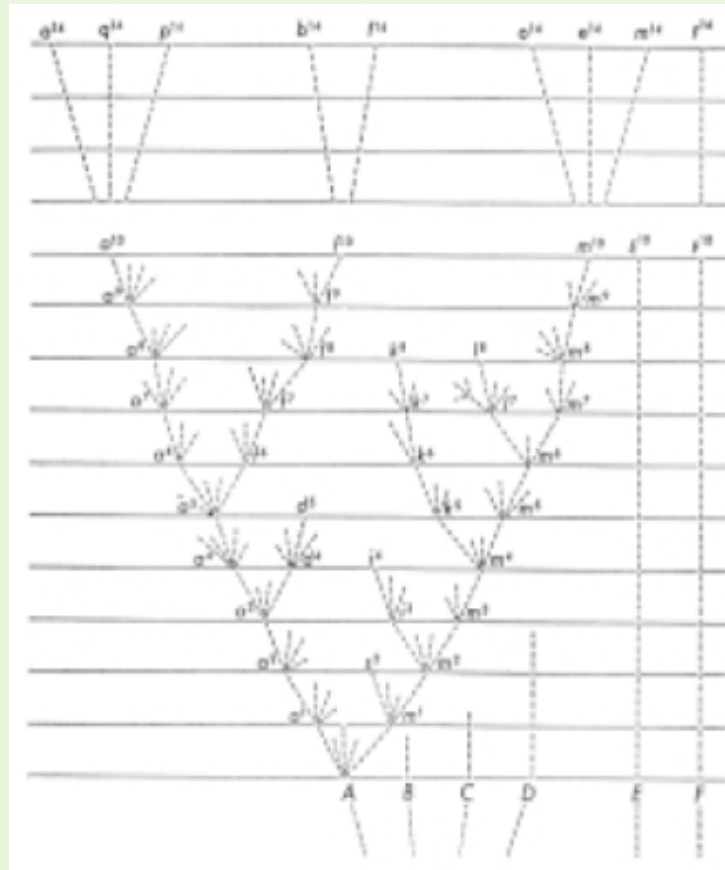


Figura 2. A estrutura do sistema natural darwiniano, apresentada em *A origem das espécies*, ilustra a proposta de Strickland defendida por Wallace.

# Espeiação

---

- Mudanças nas frequências dos alelos surgem através de mutações, ocorrendo principalmente por:
  - 1) Desvio genético
  - 2) Seleção natural
  - 3) Fluxo gênico
  - 4) Variação geográfica

## Desvio genético

- Mudanças na constituição genética de uma população provocadas devido ao acaso
- Seus efeitos em diferentes tamanhos de populações
- O efeito do fundador

## Seleção natural

- Mudanças em uma população que ocorre porque os indivíduos expressam características genéticas que alteram suas interações com o ambiente de forma a aumentar sua sobrevivência e reprodução



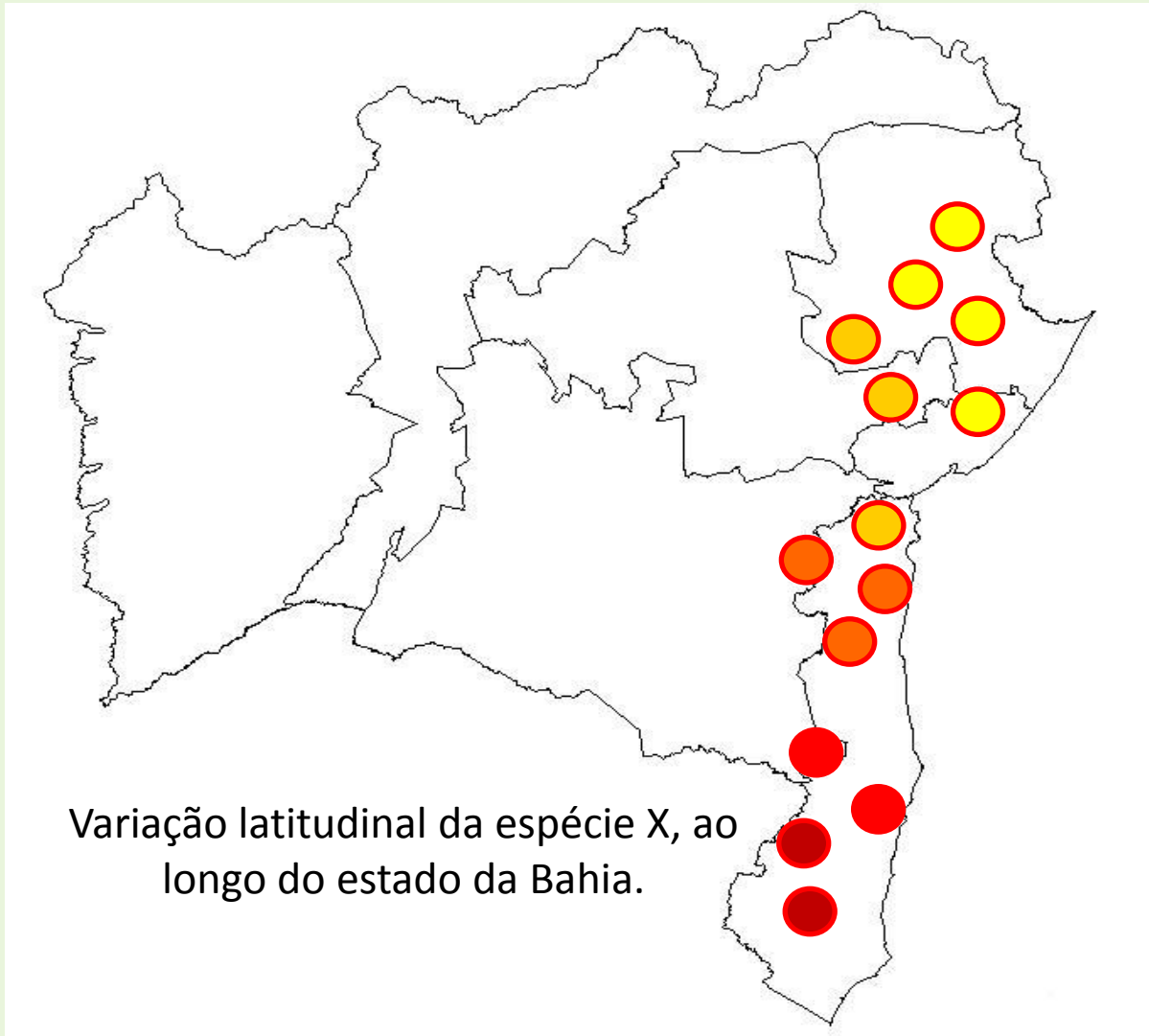
## Fluxo gênico

- A migração tende a levar com ela os genes que poderão ser introduzidos em uma nova população
  - ✓ Retarda → desvio genético e seleção natural
- Retardam o isolamento de populações

## Variação geográfica

- Isolamento geográfico
  - ✓ Facilita → o desvio genético e a seleção natural
  - ✓ Retarda → fluxo gênico
- A variação dos padrões geográficos
  - ✓ Os *cline* → mudança gradual ao longo de um único gradiente ambiental

# Variação clinal



*Philodryas olfersii*

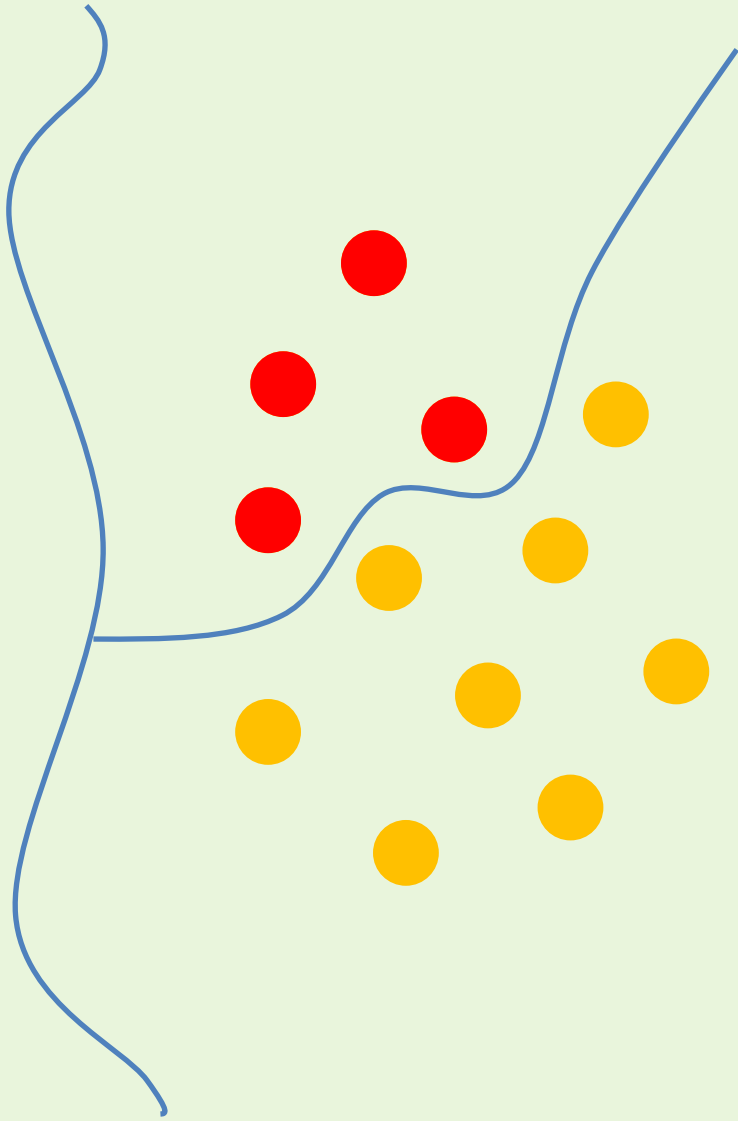
# Especiação Alopátrica

---

- Também denominada especiação geográfica
- Ocorre quando o isolamento entre populações interrompe o fluxo gênico
  - ✓ Populações como unidades evolutivas independentes
  - ✓ Sem dispersões e fluxo gênico → divergência
  - ✓ Divergência rápida → ambientes diferentes
- Modos que levam ao isolamento
  - ❖ **Eventos vicariantes** → mudança ambiental gerando uma barreira geográfica → isolamento
  - ❖ Dispersão e eventos fundadores

# Vicariância

---



# Especiação Alopátrica

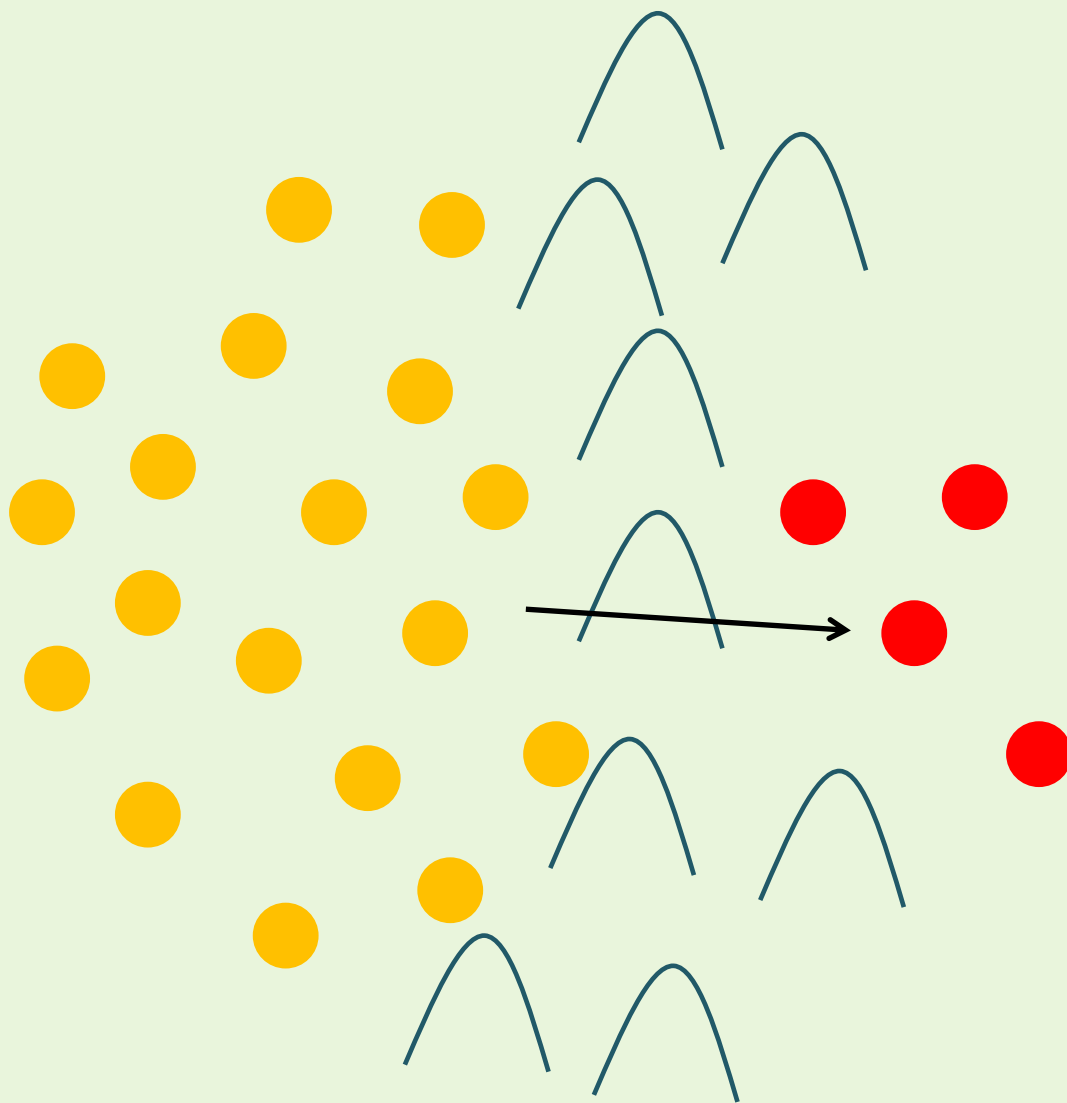
---

- Também denominada especiação geográfica
- Ocorre quando o isolamento entre populações interrompe o fluxo gênico
  - ✓ Populações como unidades evolutivas independentes
  - ✓ Sem dispersões e fluxo gênico → divergência
  - ✓ Divergência rápida → ambientes diferentes
- Modos que levam ao isolamento
  - ❖ Eventos vicariantes

❖ **Dispersão e eventos fundadores** → transpor barreiras já existentes → colonização de nova área

# Dispersão e Evento fundadores

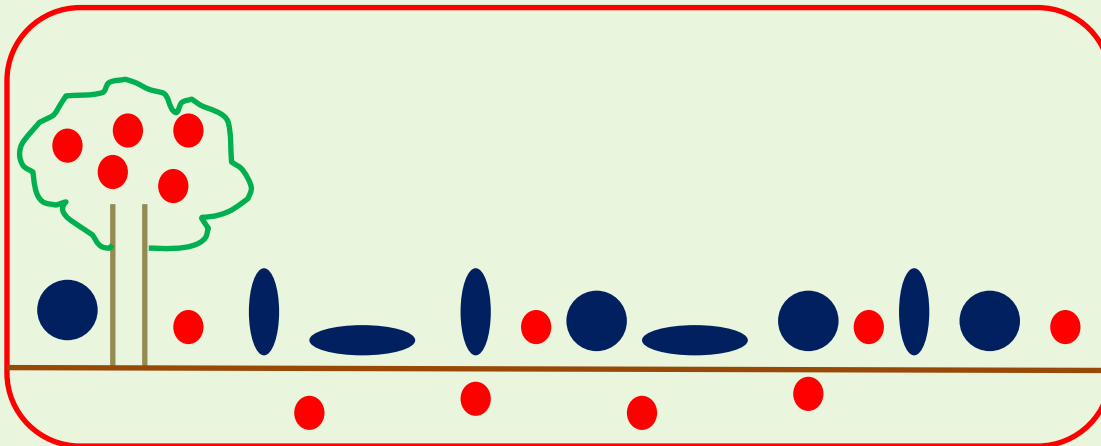
---



# Especiação Simpátrica

---

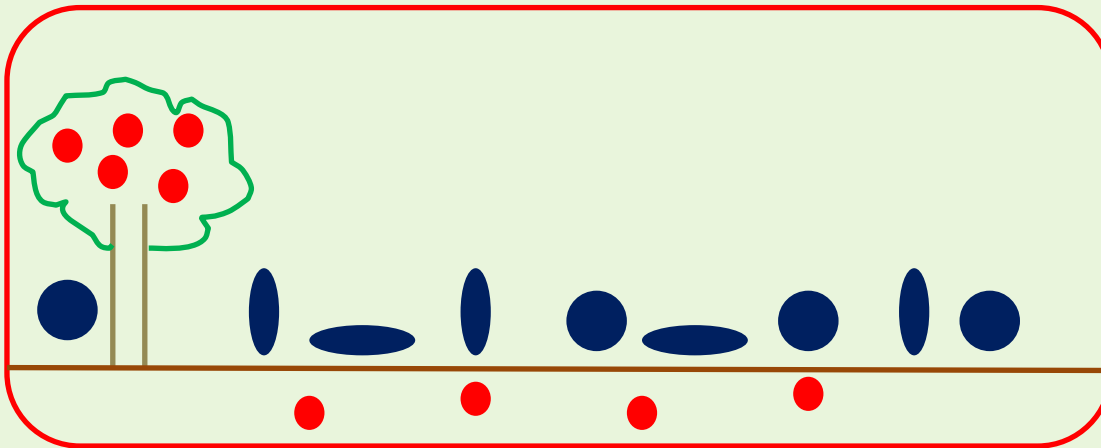
- **Especiação ocorrendo dentro de populações espacialmente contíguas → divergência no mesmo lugar**
- **Um dos mecanismos → seleção disruptiva: pressões seletivas fazendo com que determinada população se adapte a diferentes regimes ambientais gerando assim, especiação**



# Espeiação Simpátrica

---

- Espeiação ocorrendo dentro de populações espacialmente contíguas → divergência no mesmo lugar
- Um dos mecanismos → seleção disruptiva: pressões seletivas fazendo com que determinada população se adapte a diferentes regimes ambientais gerando assim, espeiação

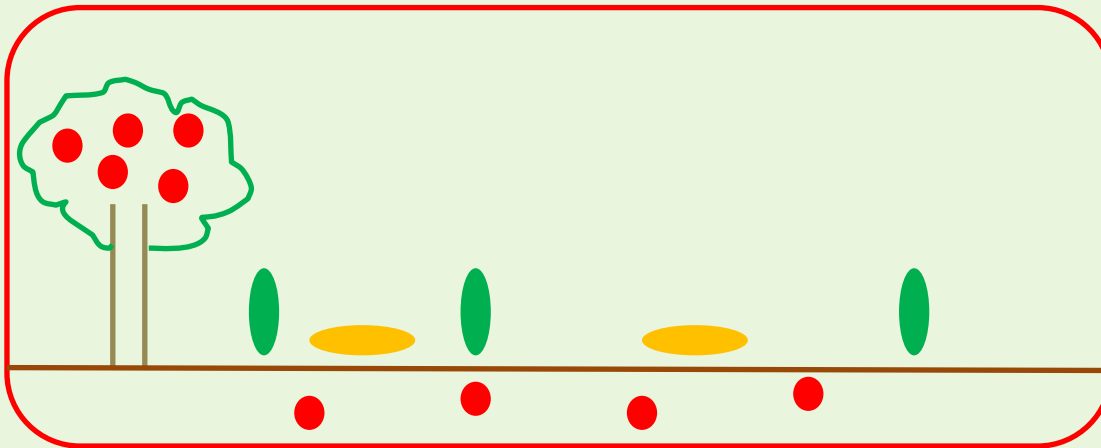




# Espeiação Simpátrica

---

- Espeiação ocorrendo dentro de populações espacialmente contíguas → divergência no mesmo lugar
- Um dos mecanismos → seleção disruptiva: pressões seletivas fazendo com que determinada população se adapte a diferentes regimes ambientais gerando assim, espeiação



# Especiação Simpátrica

---

**Seleção agindo ao longo de um  
gradiente ambiental**



**Variação clinal (gradual) afinada**



**Fragmentação da população**



**Especiação Parapátrica**

# Diferenciação ecológica e Radiação adaptativa

---

- Diferenciação Ecológica: após a especiação, as diferenças ecológicas tenderiam a aumentar as diferenças entre as spp
- Exclusão competitiva → extinção
- Exemplo das *Chironius* (Marques, 2000)

- Radiação adaptativa ocorre a diversificação da espécie por uma variedade de nichos ecológicos



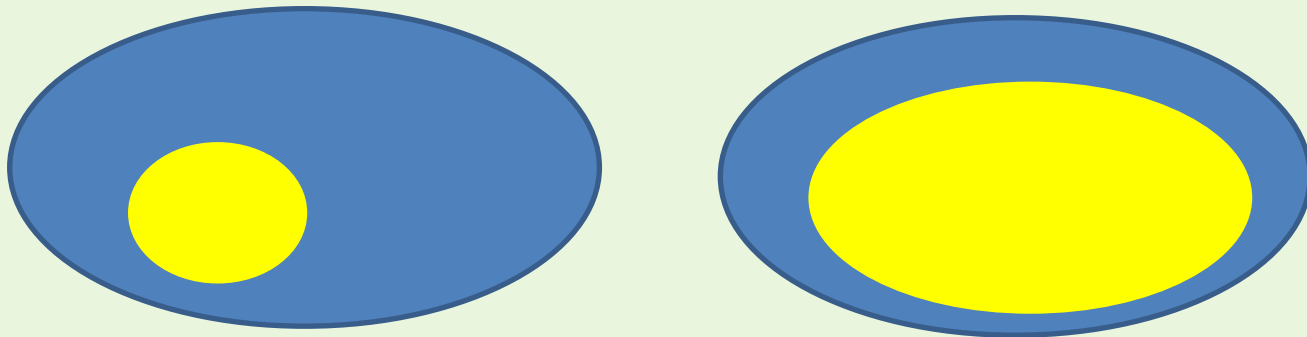


**ENDEMISMO, PROVINCIALISMO E  
DISJUNÇÃO**

# Endemismo

---

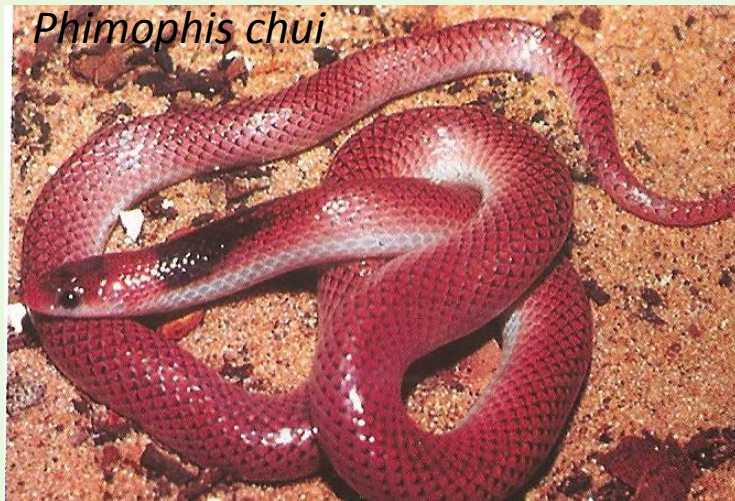
- Distribuição geográfica → limites
- A concentração de espécies em certas regiões
- Endemismo → espécie endêmica
  - ✓ Origem em uma localidade sem dispersão
  - ✓ Sobrevivência em área de amplitude menor que a anterior



# Endemismo

---

- Classificando as espécies endêmicas:
  - Pelo lugar de origem:
    - ✓ Autóctone → manutenção no mesmo lugar de origem
    - ✓ Alóctone → origem em local diferente da distribuição atual (relictos)



# Endemismo

---

- Classificando as espécies endêmicas:
  - Por taxonomia ou geografia:
    - ✓ Relictos taxonômicos → sobreviventes de grupos antes diversificados
    - ✓ Relictos geográficos → descendentes endêmicos de grupos antes amplamente distribuídos



# Endemismo

---

- **Área de endemismo**

- ✓ Fundamental, porém problemático
- ✓ A diversidade de conceitos

- **Conceitos:**

- ✓ Exclusividade de várias espécies (De Candolle, 1838)
- ✓ Basta ter uma espécie exclusiva (Nelson & Platnick, 1981)
- ✓ Pelo menos duas espécies (Posadas & Miranda-Esquivel, 1999)

- **Hoverkamp (1997)**

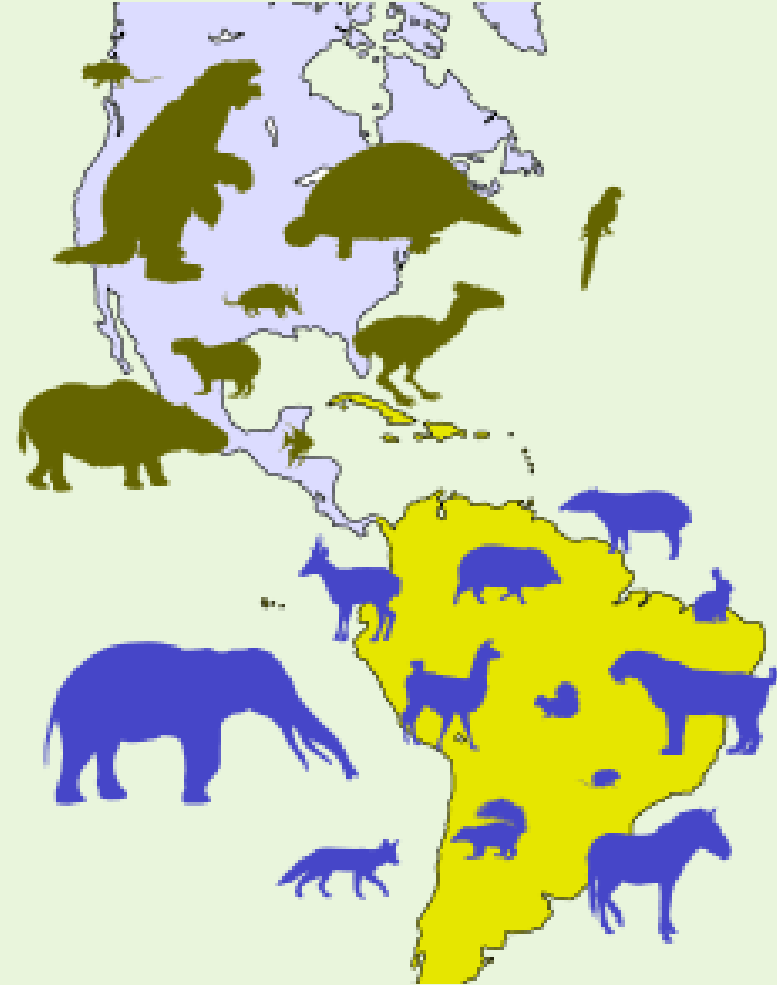
- ✓ Não devem ser questões centrais na biogeografia
- ✓ Métodos biogeográficos “pressupõem” sua existência
- ✓ Os “eventos de vicariância”



# Provincialismo

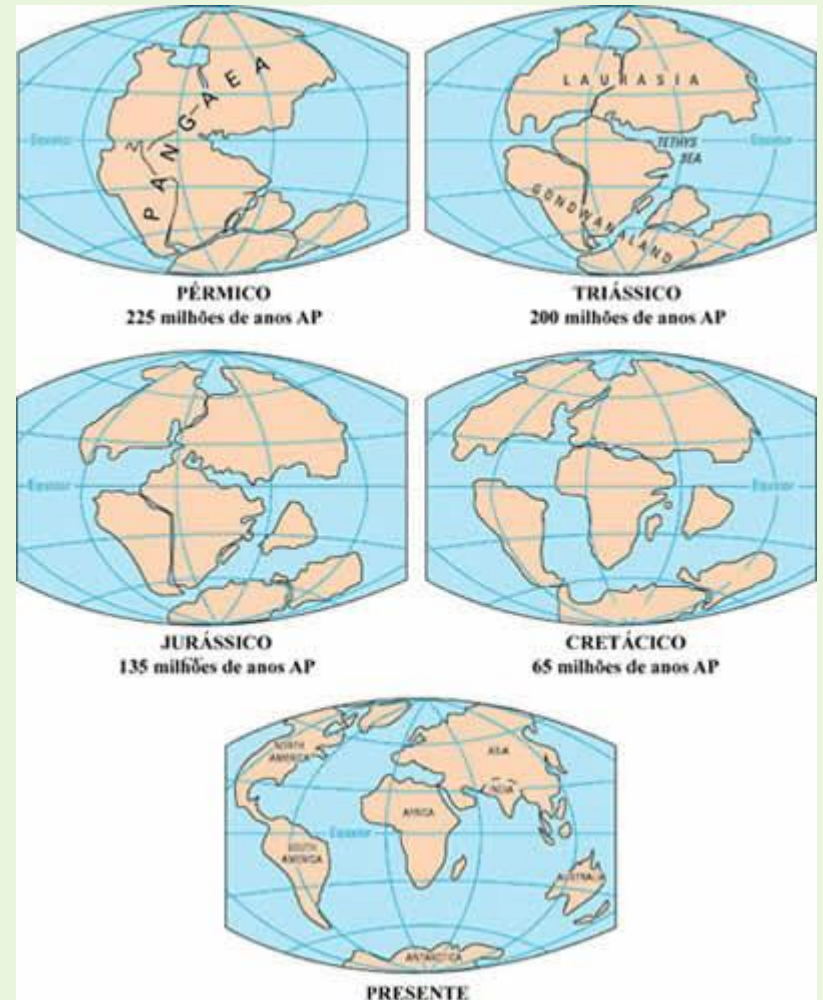
---

- Foi uma das primeiras características gerais da distribuição das espécies
  - ✓ Século 19
  - ✓ Diferenças entre as biotas nos diversos continentes
- Início dos estudos → a busca por centros de origem
  - ✓ Pontos de origem e dispersão das espécies
  - ✓ Barreiras geográficas → bloqueio das trocas gênicas
  - ✓ Corredores históricos → dispersão entre áreas hoje isoladas



# Provincialismo

- Antes de conhecermos as divisões da Terra...
- ❖ **Teoria da Deriva Continental**
- Desenvolvida em 1900
  - ✓ Antes disso... continentes fixos
- Confirmada em 1960
  - ✓ Continentes como “balsas”



# A divisão da Terra em hierarquias de regiões

---

## Reinos ou regiões



# A divisão da Terra em regiões



## Sub-regiões

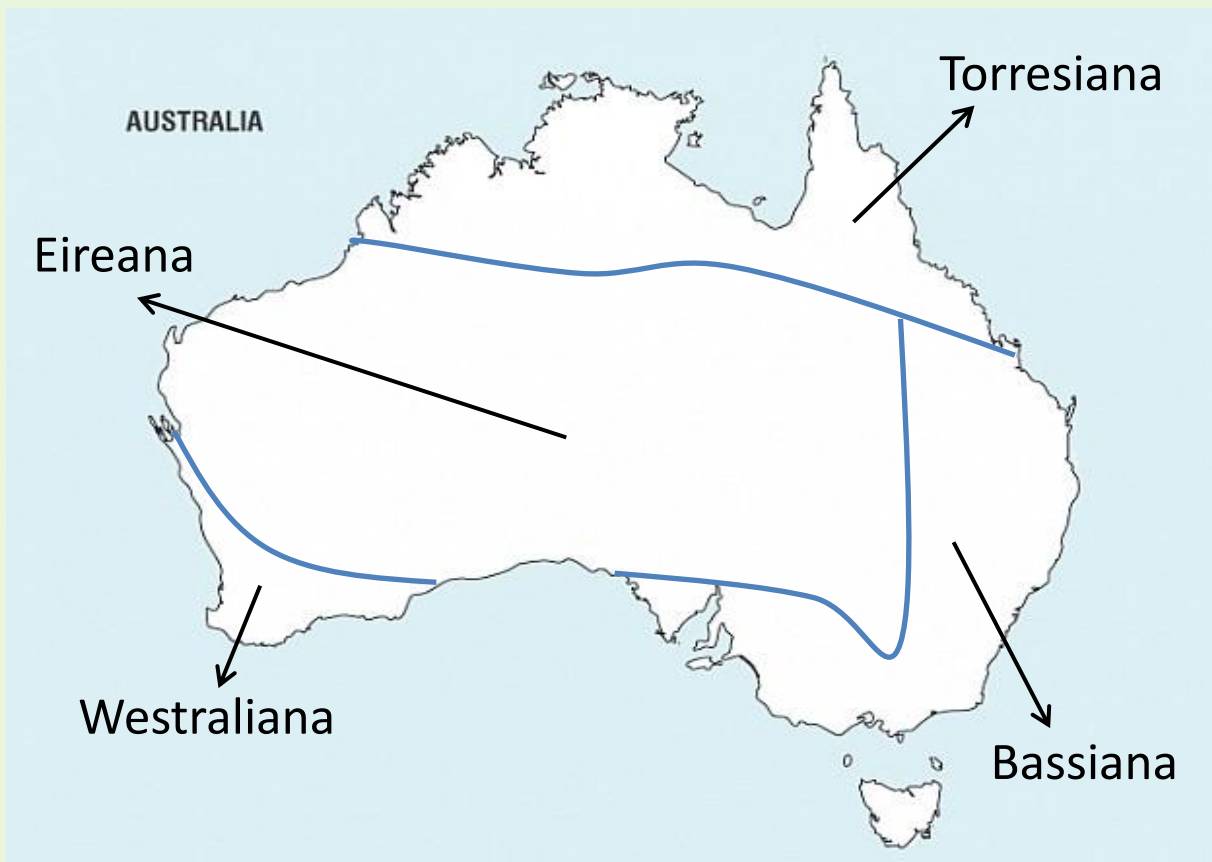


Istmo do Panamá  
3,5 m. a.

# A divisão da Terra em regiões

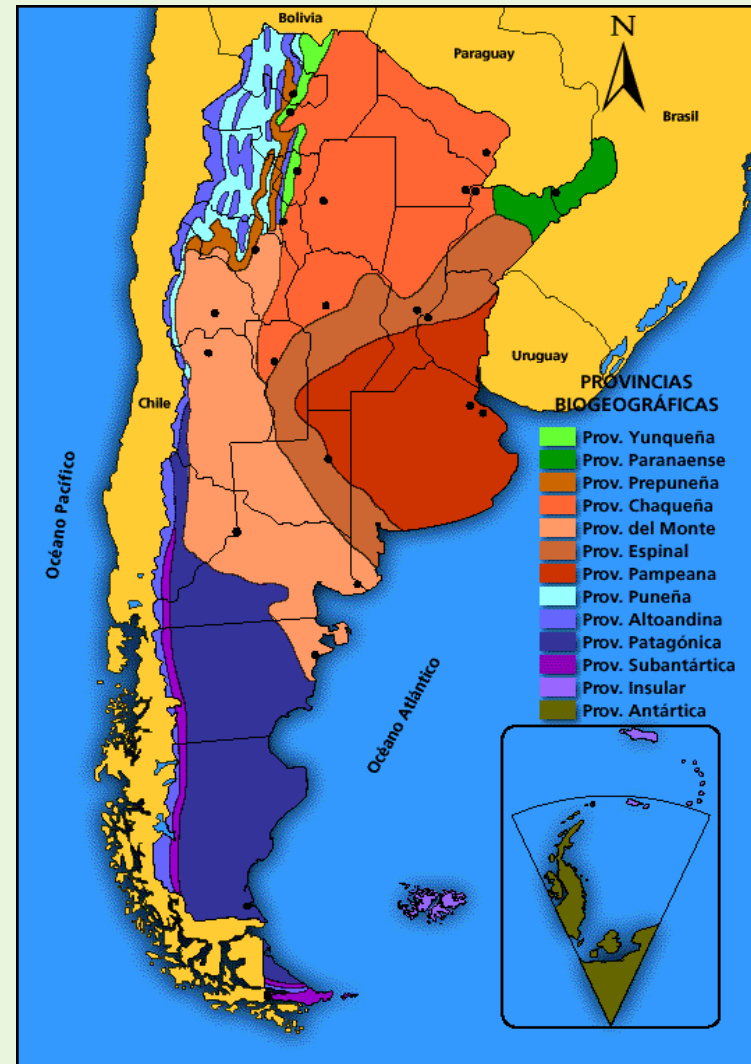
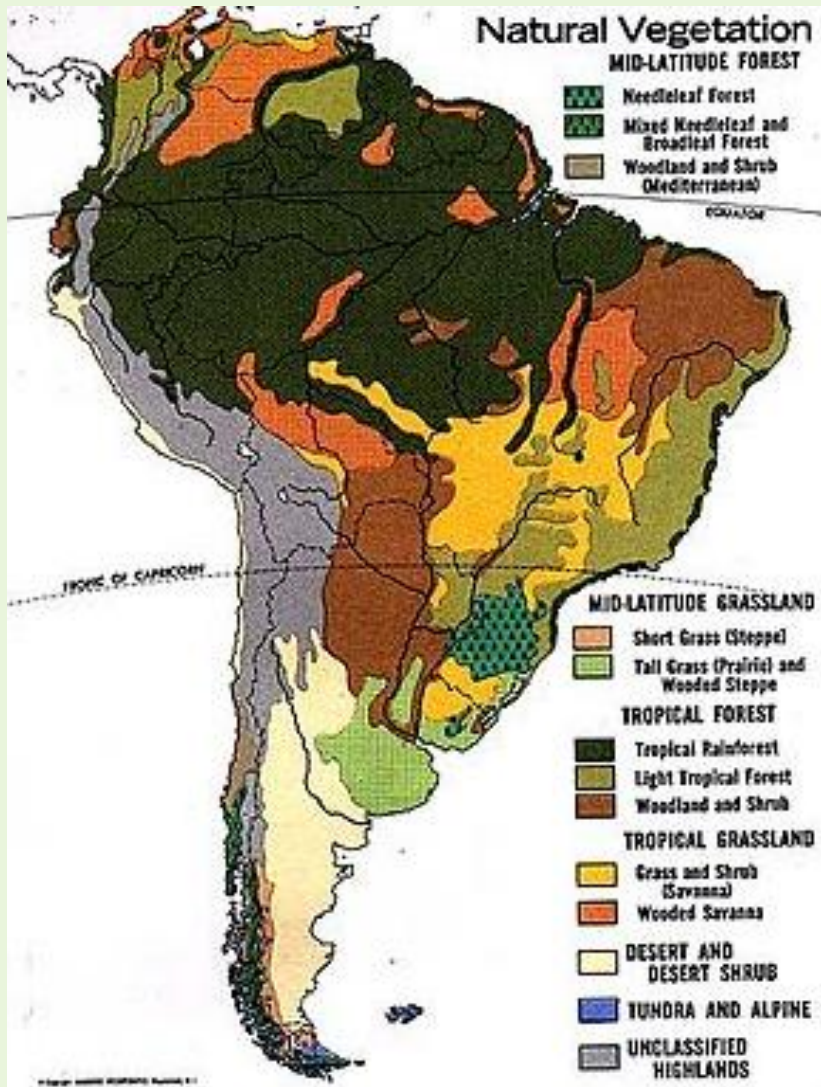
---

## Sub-regiões e Províncias



# A divisão da Terra em regiões

## Províncias



# Distribuição Disjunta

Organismos intimamente relacionados que vivem em áreas separadas entre si

○ Como pode ocorrer?

- ✓ Ancestral comum que posteriormente forma duas espécies
- ✓ Ancestral comum que vive em áreas isoladas e forma duas espécies
- ✓ Pelo não há relação



*Epicrates cenchria*

as e que  
m de

ões de  
os

ncia em



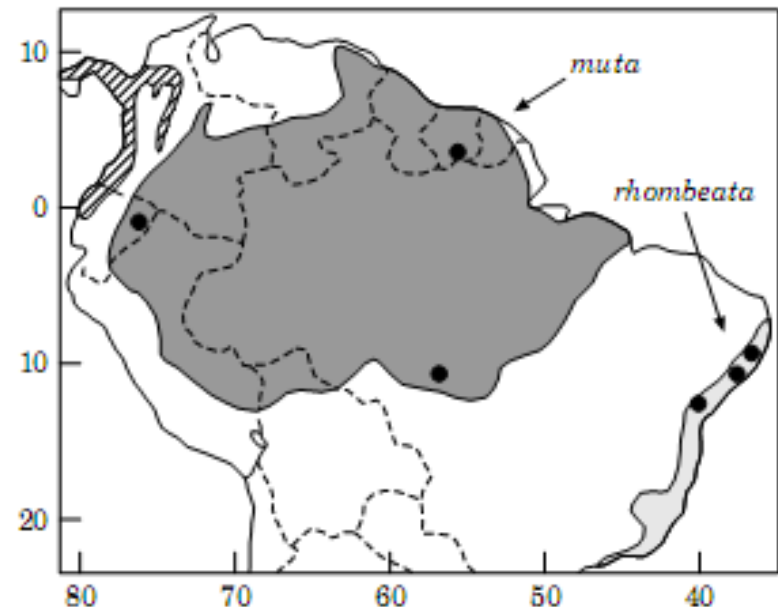
# ARTIGO 1





# Phylogeography of the bushmaster (*Lachesis muta*: Viperidae): implications for neotropical biogeography, systematics, and conservation

KELLY R. ZAMUDIO



# Distribuição Disjunta

- O início da divergência dos *pitvipers*
  - ✓ Terciário
  - ✓ Estreito de Bering

- A migração das *Lachesis* para o Novo Mundo
  - ✓ América do Sul → Istmo do Panamá

- O soerguimento de cordilheiras e a Teoria dos Refúgios
  - ✓ Altitudes
  - ✓ Separação das populações



# Dinâmica Biogeográfica do Pleistoceno

## Eventos recentes

- Enquanto a tectônica de placas estava estável... o clima **propicia** experimentava severas mudanças
  - **Uso de métodos biogeográficos**
    - ✓ Varias glaciações
    - ✓ Flutuações no nível do mar
    - ✓ Extinções
    - ✓ Cenários para especiação
- Explicar as consequências das mudanças climáticas Pleistocênicas nas distribuições das espécies

ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA			
FANEROZÓICO	CENOZÓICA	Quaternário	Holoceno	0,01		
			Pleistoceno	1,8		
		Terciário	Neógeno	Plioceno	5,3	
				Mioceno	24	
				Oligoceno	33	
			Paleógeno	Eoceno	54	
				Paleoceno	65	
				MESOZÓICA	Cretáceo	142
					Jurássico	206
					Triássico	248
	PALEOZÓICA	Permiano	290			
		Carbonífero	354			
		Devoniano	417			
		Siluriano	443			
		Ordoviciano	495			
		Cambriano	545			
		PROTEROZÓICO				2.500
	ARQUEANO				4.500 (Ma)	



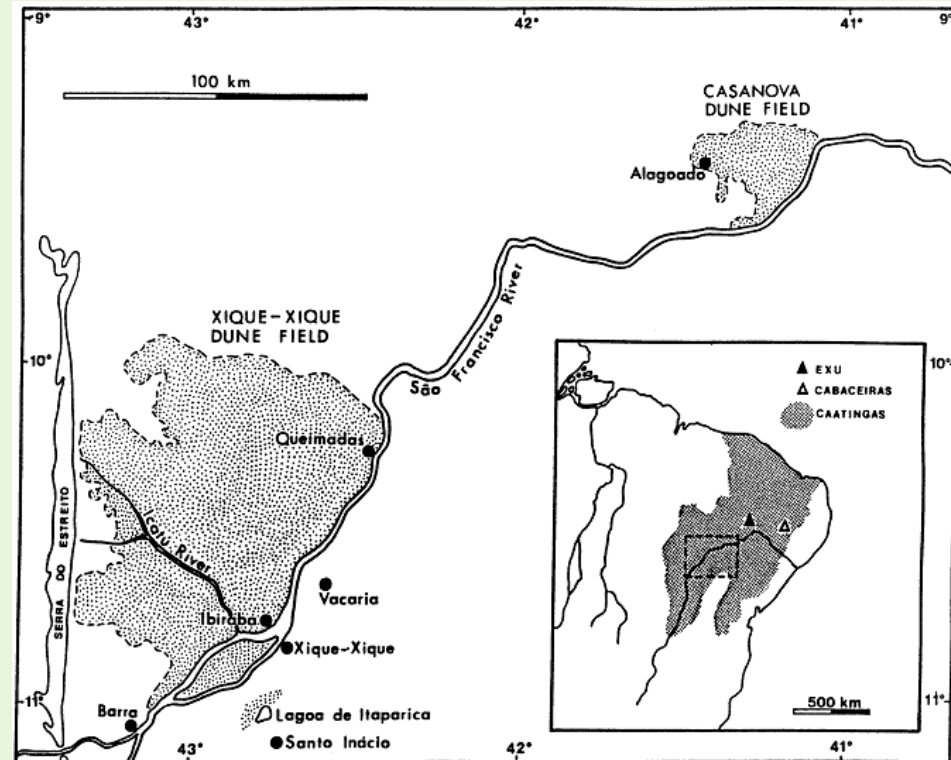
**ARTIGO 2**

# Lizards, Snakes, and Amphisbaenians from the Quaternary Sand Dunes of the Middle Rio Sao Francisco, Bahia, Brazil

Miguel Trefaut Rodrigues

*Journal of Herpetology*, Vol. 30, No. 4. (Dec., 1996), pp. 513-523.

- Inicialmente (1980) , um levantamento da herpetofauna
- Animais com adaptações psamófilas
- Riqueza e endemismo incomparáveis
  - ✓ 36 lagartos (11) e anfisbenas (3)
  - ✓ 25 serpentes (6)
  - ✓ 20 endêmicas (32%)



# Contexto Histórico, Geográfico e Evolutivo

---

- As Dunas do São Francisco
  - ✓ Características únicas, diferindo de toda região ao seu redor
  - ✓ Alto grau de formas endêmicas
- Raso da Catarina e Raso da Glória (BA)



Quais os mecanismos envolvidos na origem de tal endemismo com formas tão adaptadas ao modo de vida psamófilo?

# As questões Históricas

---

- Modelo de drenagem do São Francisco
  - ✓ Endorreica, até o fim do período Glacial
  - ✓ Transporte de areia para depressões próximas
  - ✓ Fauna vivendo em depressões isoladas por colinas
- A mudança de drenagem → exorreica
  - ✓ Clima úmido
  - ✓ Isolamento de populações em bancos de areia em suas margens
  - ✓ Início do clima semi árido, diminuição do nível das águas
  - ✓ Populações restritas nas dunas formadas
  - ✓ Sucesso das espécies adaptadas a este modo de vida
  - ✓ Cenário propício de especiação alopátrica

# As espécies e a especiação

## Margem esquerda

Rio São Francisco

## Margem direita

*Calyptommatus sinebrachiatus*



**12.000  
anos**

*Amphisbaena ignatiana*  
(sem foto)

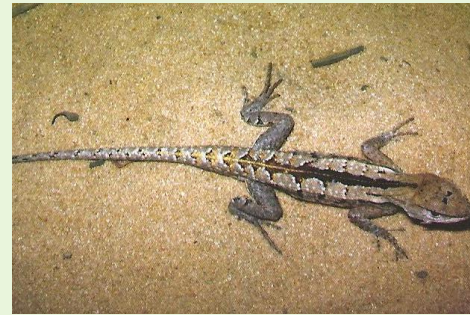
*Phimophis chui*



*Eurolaphosaurus  
amathites*



*Eurolaphosaurus  
divaricatus*



*Phimophis  
scriptocibatus*



*Calyptommatus nicterus*  
(sem foto)

*Amphisbaena hastata*





# As questões Ecológicas

---



Porque *Vanzosaura rubricauda* ocorre apenas na base das dunas de Xique Xique e não ocorre onde ocorre *Procellosaurinus tetradactylus*?

- **A sobreposição ecológica e morfológica levando à exclusão competitiva**

A collage of various reptiles, including snakes and lizards, arranged around a central text box. The reptiles shown include a brown and orange snake on a branch, a yellow snake, a colorful spotted lizard, a grey lizard, a pinkish lizard, a large snake head, a brown lizard, a green snake, a white snake, a brown snake, and a green iguana.

**PADRÕES E PROCESSOS  
BIOGEOGRÁFICOS**

# Padrão & Processo

Um **padrão** representa uma organização não aleatória e repetitiva. A ocorrência de padrões no mundo natural implica que tenham sido causados por algum **processo** ou processos gerais.

Em Biogeografia estamos interessados nos padrões e processos que explicam a distribuição dos organismos

# Processos

As distribuições resultam da combinação histórica de um número limitado de PROCESSOS, muitos dos quais carregam forte componente aleatório

- Extinção
- Expansão
- Dispersão

Geralmente são resultantes de fatores estocásticos e, portanto, nem sempre atingem a totalidade de espécies ocorrendo na mesma região.

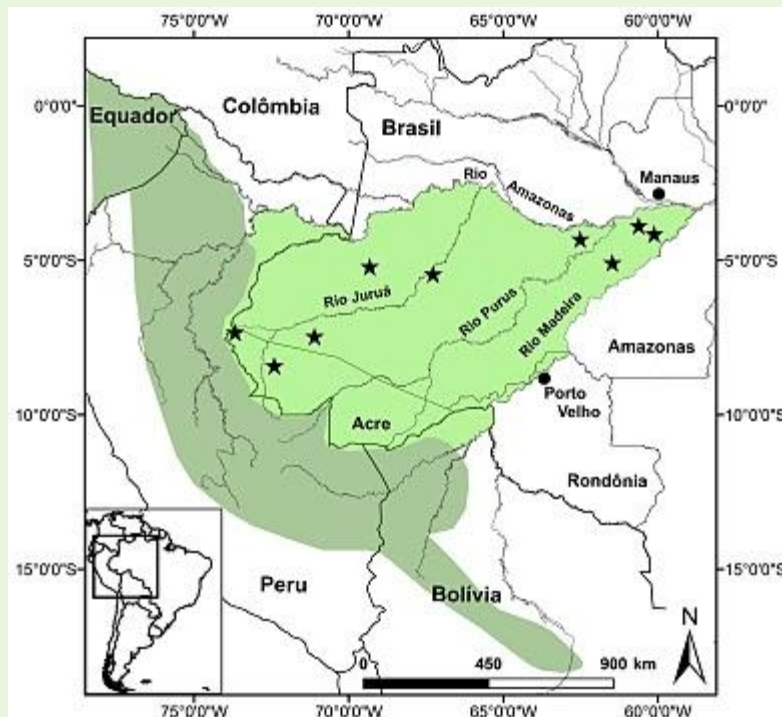
EVENTOS DEPENDENTES DO ACASO E DE  
CARACTERÍSTICAS DO ORGANISMOS

# Processos

- Extinção
- Expansão
- Dispersão

Relacionam-se com a vagilidade dos organismos e disponibilidade de hábitat.

**EVENTOS DEPENDENTES DO ACASO E DE CARACTERÍSTICAS DO ORGANISMOS**



# Processos

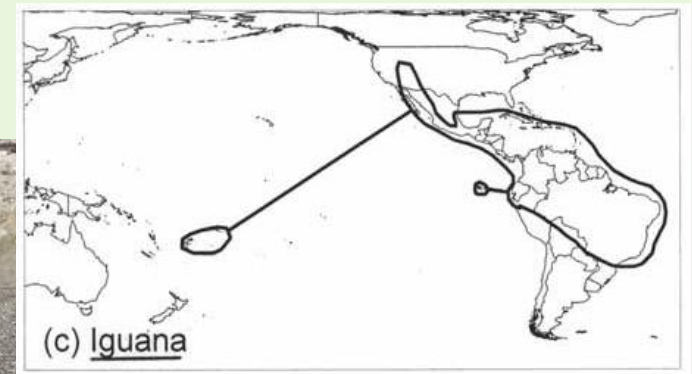
- Extinção
- Expansão
- Dispersão

Envolvem a transposição de barreiras geográficas preexistentes.

## EVENTOS DEPENDENTES DO ACASO E DE CARACTERÍSTICAS DO ORGANISMOS



*Amblyrhynchus cristatus*



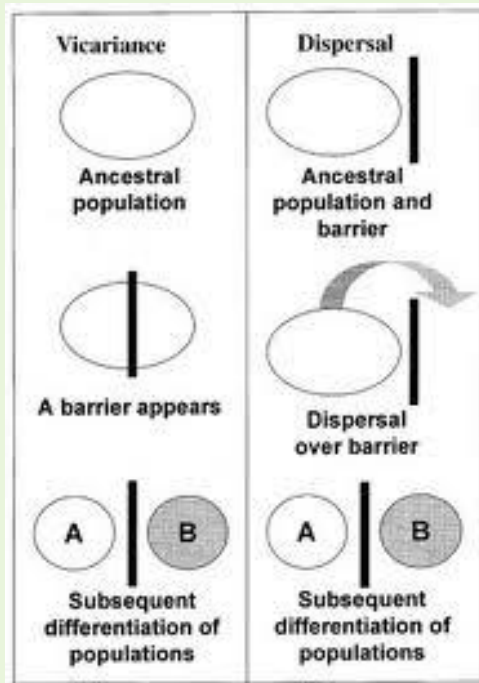
GREHAN, 2001

Barreira a dispersão?

# Processos

- **Vicariância**

- Espera-se que táxons habitando a área anterior à sua fragmentação respondam de maneira similar à vicariância



- 1) O surgimento de uma barreira geográfica;
- 2) Fragmentação da área de distribuição pretérita de uma espécie

**EVENTO COM MENOR QUANTIDADE INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS DOS ORGANISMOS**



ELSEVIER

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Molecular Phylogenetics and Evolution 45 (2007) 168–179

---

---

MOLECULAR  
PHYLOGENETICS  
AND  
EVOLUTION

---

---

[www.elsevier.com/locate/ympev](http://www.elsevier.com/locate/ympev)

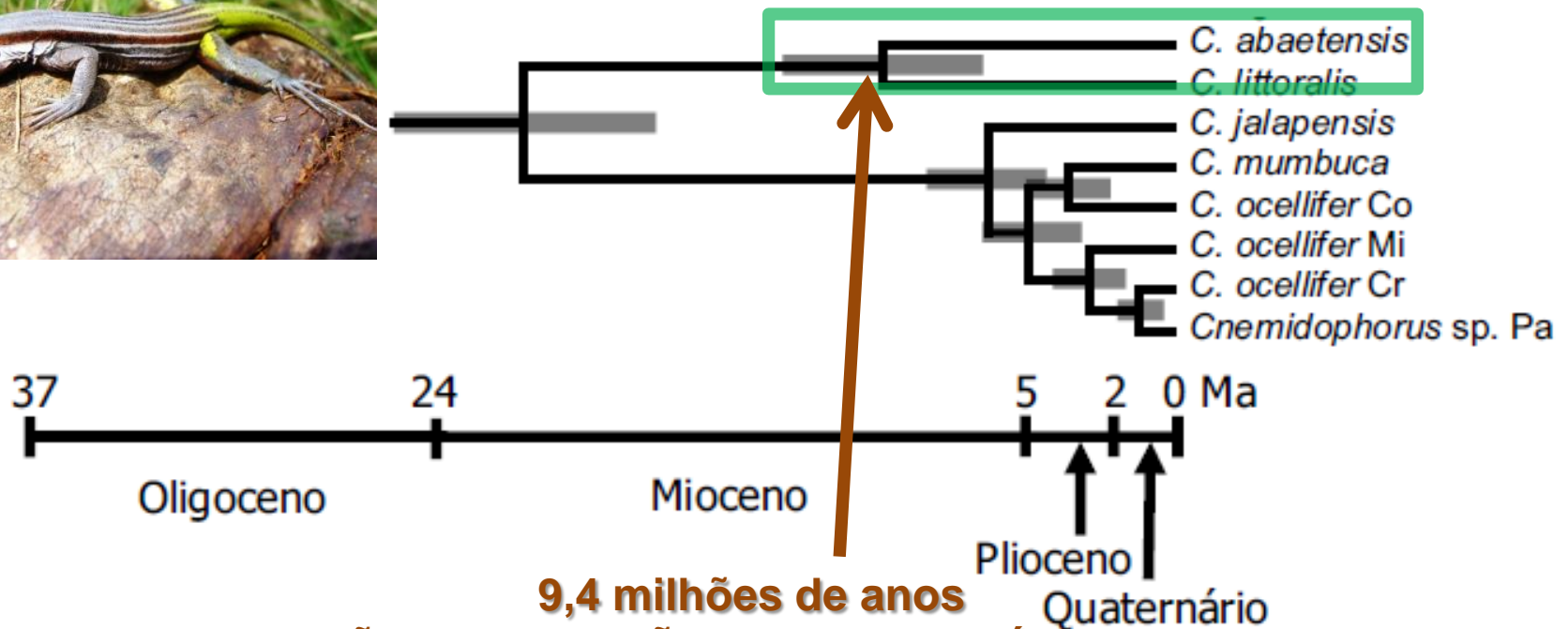
# Molecular dating and phylogenetic relationships among Teiidae (Squamata) inferred by molecular and morphological data

Lilian Gimenes Giugliano <sup>a</sup>, Rosane Garcia Collevatti <sup>b</sup>, Guarino Rinaldi Colli <sup>a,\*</sup>



# Processos

- Vicariância em *Cnemidophorus*



**9,4 milhões de anos**  
**FORMAÇÃO DAS REGIÕES BIOGEOGRÁFICAS AO NORTE**  
**E SUL DA BACIA DO SÃO FRANCISCO**

(adaptado de Giugliano, 2009).

# Padrões

- Variações em um conjunto de táxons podem levar à formação do que é chamado de padrão biogeográfico

*Biological Journal of the Linnean Society*, 2005, 85, 13–26. With 3 figures

---

**Phylogeography and species limits in the *Gymnodactylus darwinii* complex (Gekkonidae, Squamata): genetic structure coincides with river systems in the Brazilian Atlantic Forest**

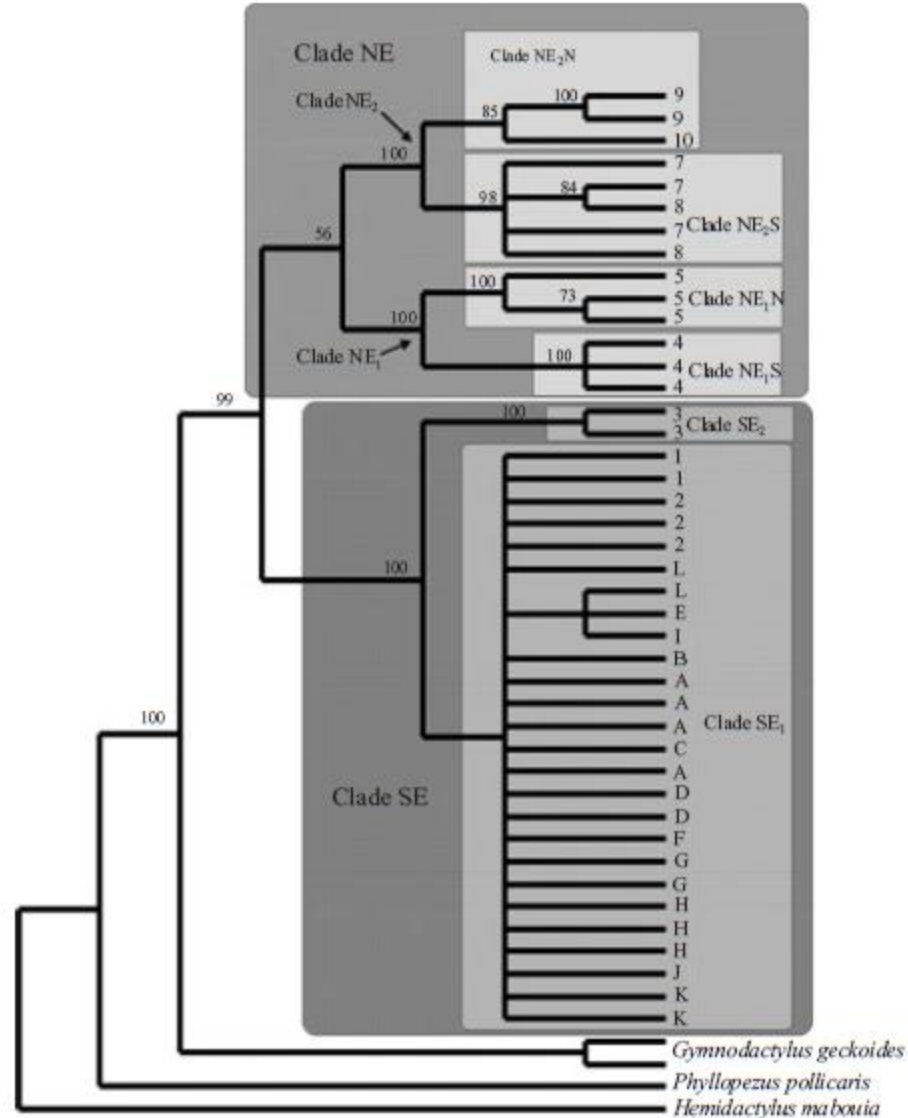
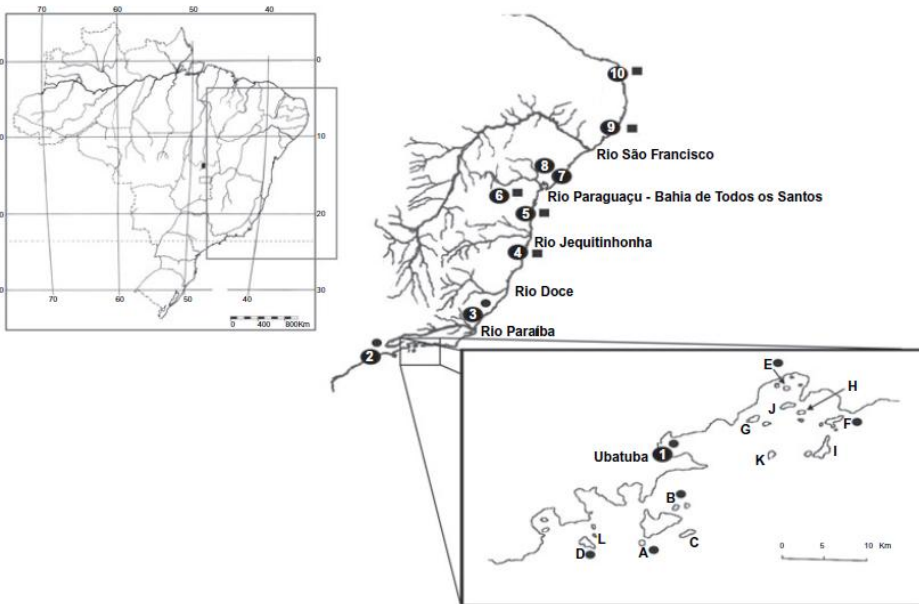
KATIA C. M. PELLEGRINO<sup>1,2\*</sup>, MIGUEL T. RODRIGUES<sup>3</sup>, AARON N. WAITE<sup>4</sup>,  
MARIANA MORANDO<sup>5</sup>, YATIYO Y. YASSUDA<sup>2</sup> and JACK W. SITES JR<sup>6</sup>

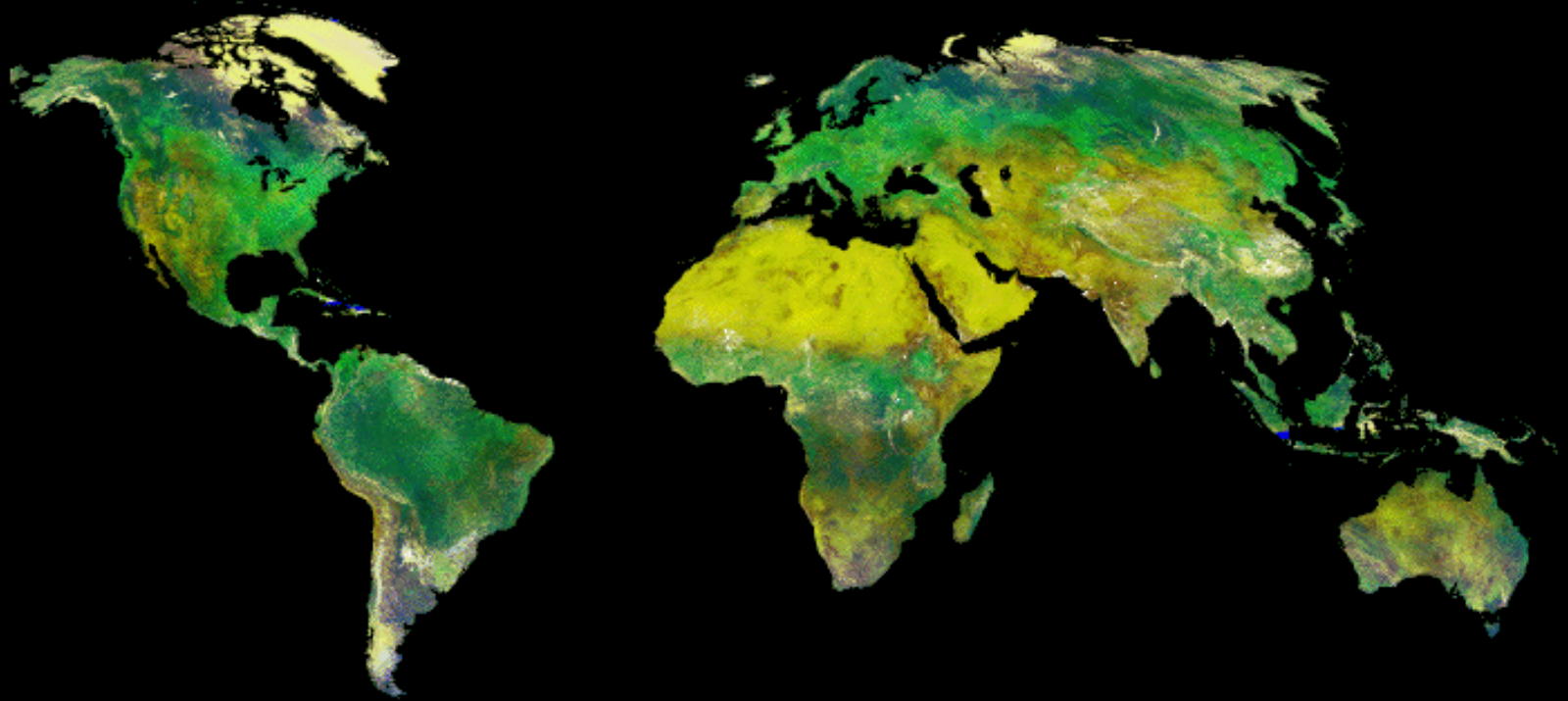
# Padrões

*Biological Journal of the Linnean Society*, 2005, 85, 13–26. With 3 figures

## Phylogeography and species limits in the *Gymnodactylus darwinii* complex (Gekkonidae, Squamata): genetic structure coincides with river systems in the Brazilian Atlantic Forest

KATIA C. M. PELLEGRINO<sup>1,2\*</sup>, MIGUEL T. RODRIGUES<sup>3</sup>, AARON N. WAITE<sup>4</sup>,  
MARIANA MORANDO<sup>5</sup>, YATIYO Y. YASSUDA<sup>2</sup> and JACK W. SITES JR<sup>6</sup>





---

# RAMIFICAÇÕES DA BIOGEOGRAFIA

---

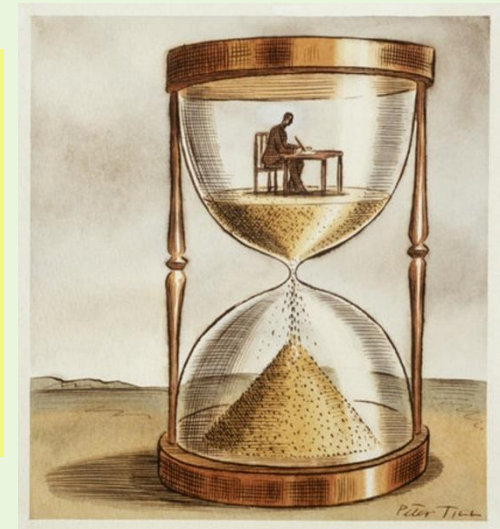


# Biogeografia Ecológica & Histórica



- A Biogeografia Ecológica aborda questões que envolvem períodos de curta duração, trabalhando com o nível específico e essencialmente com espécies vivas. Leva em conta as relações com o ambiente físico e biótico

- A Biogeografia Histórica aborda períodos de longa duração, com *taxa* superior ao de espécie (não é regra) e também com *taxa* já extintos. Visa reconstruir a origem, dispersão e extinção de táxons.



# BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA



# MÉTODOS EM BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA

Table 1.2. Historical biogeographic techniques listed under the corresponding approaches and with their original authors

Techniques	Authors
Center of origin and dispersal	Matthew, 1915
Phylogenetic biogeography	Brundin, 1966
Ancestral areas	
Camin-Sokal optimization	Bremer, 1992
Fitch optimization	Ronquist, 1994
Weighted ancestral areas analysis	Hausdorf, 1998
→ Panbiogeography	
Track analysis	Croizat, 1958
Spanning graphs	Page, 1987
Track compatibility	Craw, 1988a
→ Cladistic biogeography	
Reduced area cladogram	D. Rosen, 1978
Ancestral species map	Wiley, 1980
Quantitative phylogenetic biogeography	Mickevich, 1981
Component analysis	Nelson & Platnick, 1981
Brooks parsimony analysis	Wiley, 1987
Component compatibility	Zandee & Roos, 1987
Quantification of component analysis	Humphries et al., 1988
Three-area statement	Nelson & Ladiges, 1991a
Integrative method	Morrone & Crisci, 1995
WISARD	Enghoff, 1996
Paralogy-free subtrees	Nelson & Ladiges, 1996
Vicariance events	Hovenkamp, 1997
Parsimony analysis of endemism	
Localities	B. Rosen, 1988
Areas of endemism	Craw, 1988a
Quadrats	Morrone, 1994a
Event-based methods	
Coevolutionary two-dimensional cost matrix	Ronquist & Nylin, 1990
Reconciled trees	Page, 1994a,b
Dispersal-vicariance analysis	Ronquist, 1997b
Jungles	Charleston, 1998
Bayesian approach to cospeciation	Huelsenbeck et al., 2000a
Combined method	Posadas & Morrone, 2001
→ Phylogeography	Avise et al., 1987
Experimental biogeography	Haydon, Radtky, & Pianka, 1994





# MÉTODOS

## PAN-BIOGEOGRAFIA

# DISPERSÃO, VICARIÂNCIA E CENTRO DE ORIGEM

- **Relembrando...**
  - **Dispersão (Darwin, 1859 & Wallace, 1876);**
  - **Vicariância (Croizat, 1958; Croizat, 1964; Croizat et al., 1974)**

# O QUE É PANBIOGEOGRAFIA?

Método biogeográfico histórico que enfatiza a dimensão espacial ou geográfica da biodiversidade, para permitir uma melhor compreensão dos padrões e processos evolutivos (Craw *et al.*, 1999)

# HISTÓRICO

- León Croizat (1894-1982);
  - Itália → EUA → Venezuela;
  - + 10.000 páginas publicadas - desenvolvimento da biogeografia de vicariância;
  - **Questionamento da dispersão a partir da análise de táxons com distribuição disjunta**
  - "Manual of Phytogeography" (Croizat 1952), "Panbiogeography" (Croizat 1958), "Space, Time and Form" (Croizat 1964)
    - Reação ao dispersalismo – congruências de muitas distribuições não poderia ser explicadas por dispersão.
  - *Craw et al. 1999*

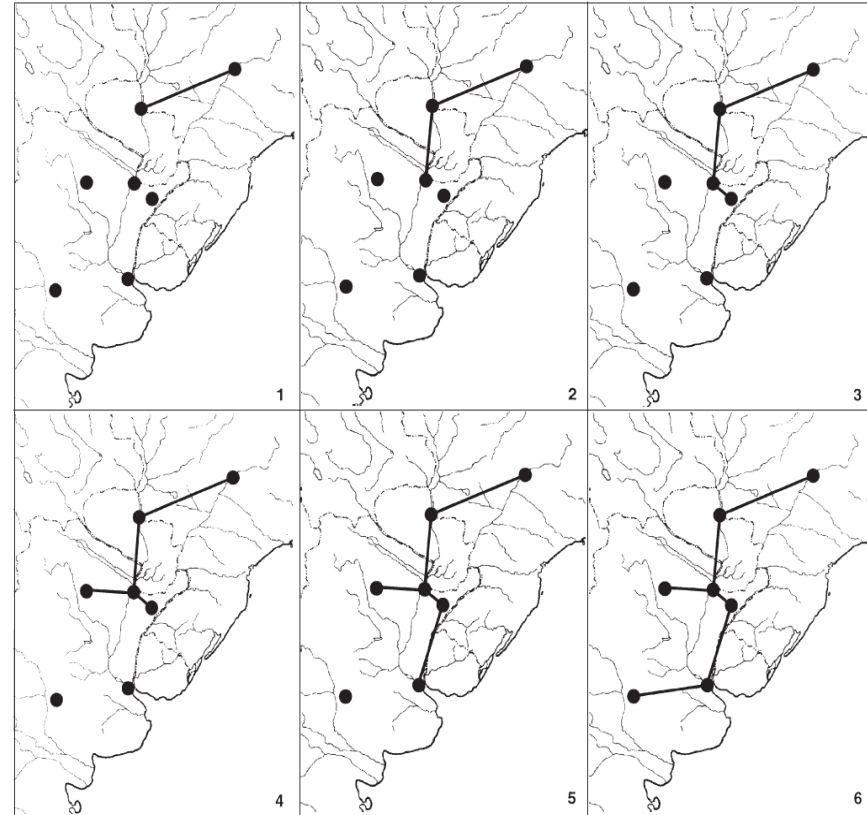
AS BARREIRAS EVOLUÍRAM JUNTO COM A BIOTA  
("TERRA E VIDA EVOLUEM JUNTAS")

# FUNDAMENTAÇÃO

- Distribuições dos *taxa* evoluíram em etapas:
  - 1) fatores climáticos e geográficos favoráveis
    - expansão da área de distribuição geográfica (dispersão)
  - 2) espaço geográfico e ecológico ocupado (distribuição estabiliza)
    - isolamento de populações por barreiras (diferenciação em novos *taxa*) (vicariância)

# CONCEITOS BÁSICOS

- **Traços individuais**
  - Unidade básica do estudo panbiogeográfico;
  - Conecta as localidades onde se distribui um táxon;
  - Conexão de distribuições disjuntas
  - “Parcimônia geográfica”;
  - Para  $n$  localidades, temos  $n-1$  conexões;

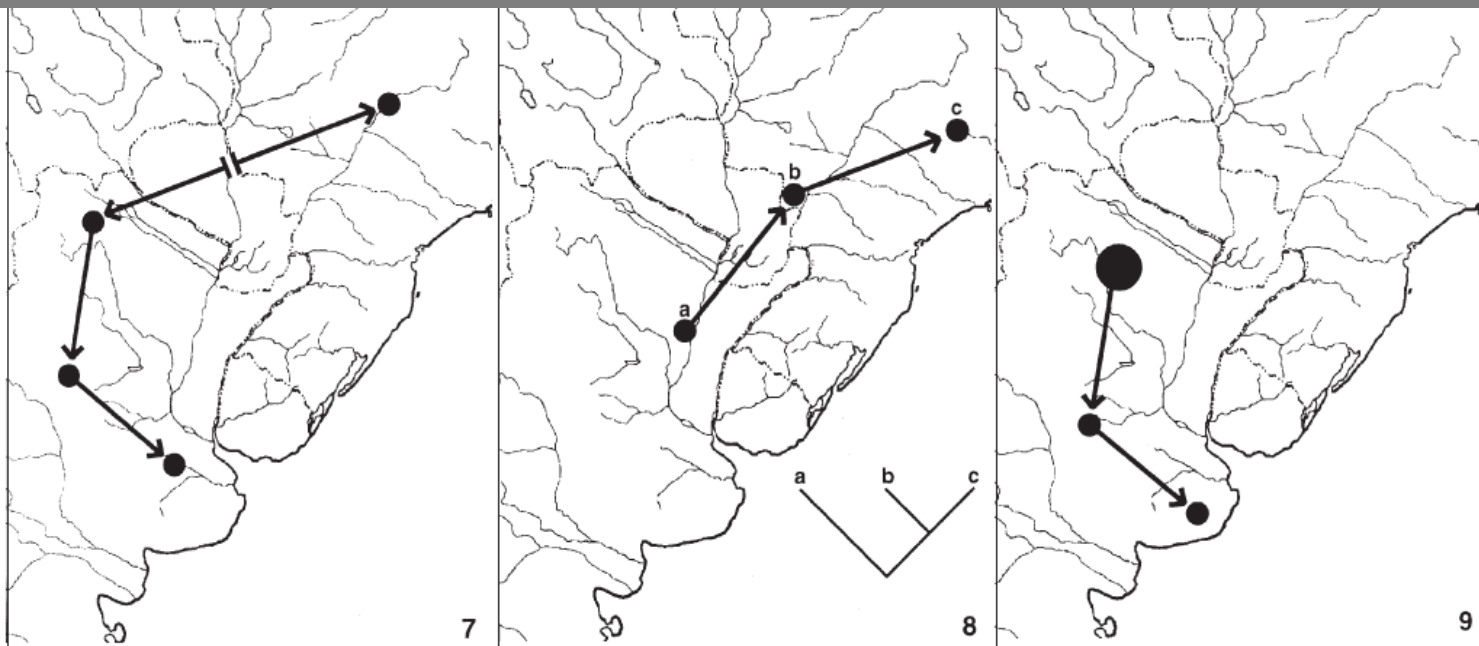


Figs. 1-6. Obtención de un trazo individual, uniendo entre sí las localidades de distribución de una especie, de modo que cada una se conecte con la más cercana.

Adaptado de: Morrone, 2004

# CONCEITOS BÁSICOS

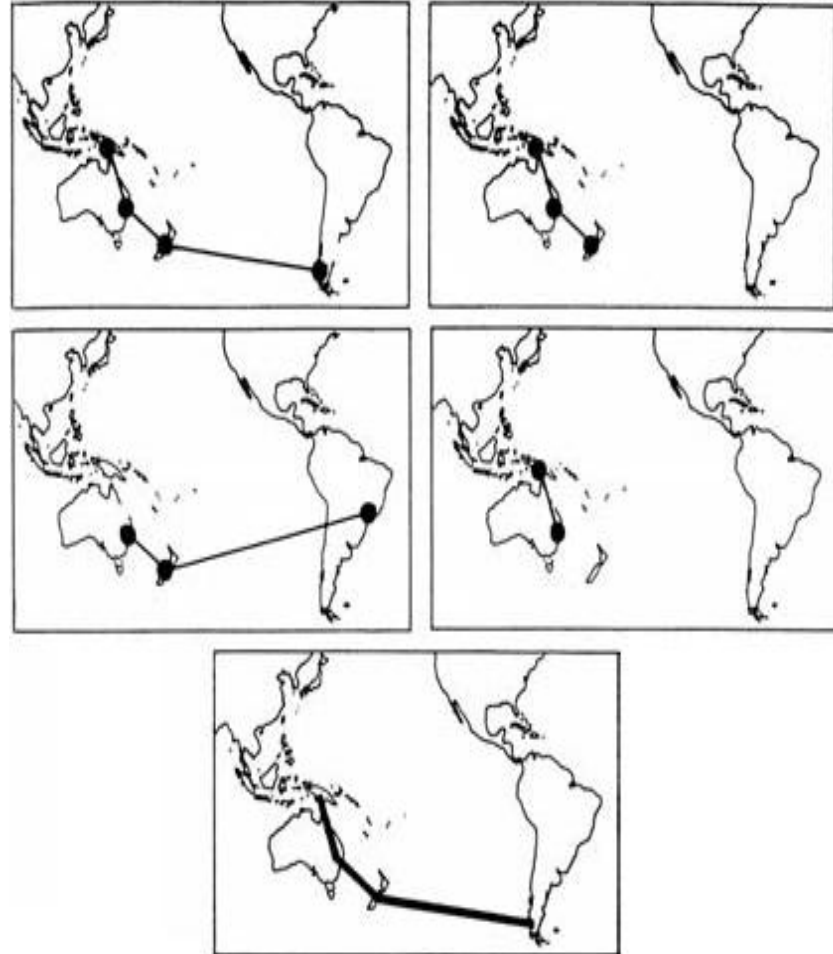
Se um traço é orientado a partir do Centro de Massa em direção a periferia, a inferência compreendida por esta hipótese seria semelhante a da biogeografia dispersalista e uma orientação através destes critérios seria desaconselhável (Platnick & Nelson, 1988).



Figs. 7-9. Orientación de trazos individuales: 7, a partir de una línea de base; 8, empleando información filogenética; 9, a partir de un centro de masa. **Morrone, 2004**

# CONCEITOS BÁSICOS

- **Traços generalizados**
  - Resultam da sobreposição de traços individuais semelhantes (Morrone, 2004);
  - Representam padrões atuais de biotas ancestrais (Craw, 1995; Morrone & Crisci, 1995);





# CONCEITOS BÁSICOS

- **Nó**
  - Áreas complexas onde dois ou mais traços generalizados (ou individuais - *Craw et al.*, 1999) se sobrepõem (Morrone, 2004);
  - Zonas de convergência geobiótica (Morrone, 2004);

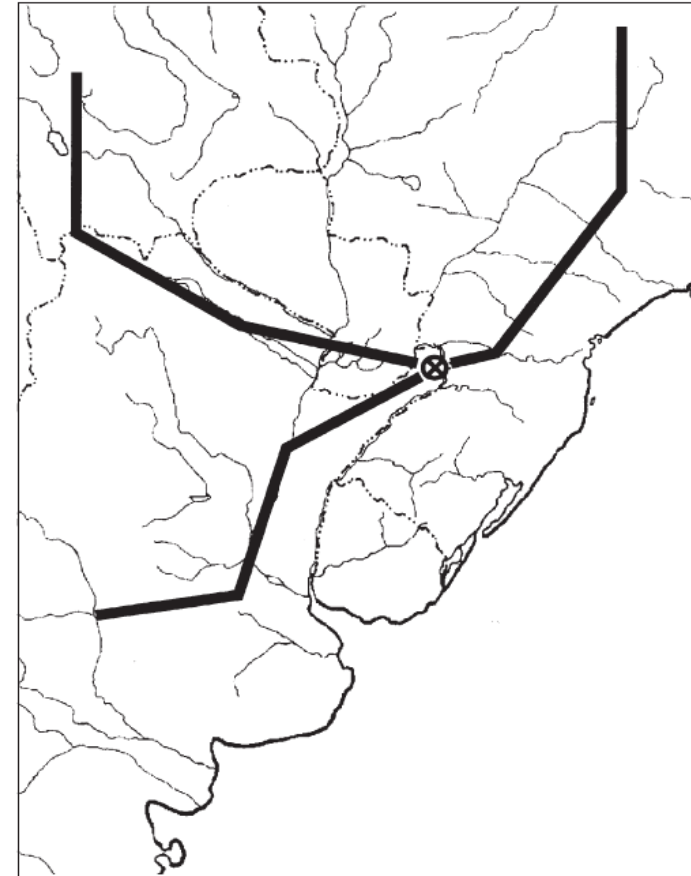


Fig. 10. Tres trazos generalizados, que se superponen en un nodo.  
Morrone, 2004

# CONCEITOS BÁSICOS

- **Nó**
  - Incluem representantes de diferentes origens (Morrone, 1999)
  - *Hotspots* de biodiversidade em um contexto biogeográfico (Crisci *et al.*, 1999)

# MÉTODOS ANALÍTICOS

Table 1.2. Historical biogeographic techniques listed under the corresponding approaches and with their original authors

Techniques	Authors
Center of origin and dispersal	Matthew, 1915
Phylogenetic biogeography	Brundin, 1966
Ancestral areas	
Camin-Sokal optimization	Bremer, 1992
Fitch optimization	Ronquist, 1994
Weighted ancestral areas analysis	Hausdorf, 1998
Panbiogeography	
Track analysis	Croizat, 1958
Spanning graphs	Page, 1987
Track compatibility	Craw, 1988a
Cladistic biogeography	
Reduced area cladogram	D. Rosen, 1978
Ancestral species map	Wiley, 1980
Quantitative phylogenetic biogeography	Mickevich, 1981
Component analysis	Nelson & Platnick, 1981
Brooks parsimony analysis	Wiley, 1987
Component compatibility	Zandee & Roos, 1987
Quantification of component analysis	Humphries et al., 1988
Three-area statement	Nelson & Ladiges, 1991a
Integrative method	Morrone & Crisci, 1995
WISARD	Enghoff, 1996
Paralogy-free subtrees	Nelson & Ladiges, 1996
Vicariance events	Hovenkamp, 1997
Parsimony analysis of endemism	
Localities	B. Rosen, 1988
Areas of endemism	Craw, 1988a
Quadrats	Morrone, 1994a
Event-based methods	
Coevolutionary two-dimensional cost matrix	Ronquist & Nylin, 1990
Reconciled trees	Page, 1994a,b
Dispersal-vicariance analysis	Ronquist, 1997b
Jungles	Charleston, 1998
Bayesian approach to cospeciation	Huelsenbeck et al., 2000a
Combined method	Posadas & Morrone, 2001
Phylogeography	Avise et al., 1987
Experimental biogeography	Haydon, Radtkey, & Pianka, 1994



**ARTIGO 3**



# Biogeography and evolution of the Galapagos: integration of the biological and geological evidence

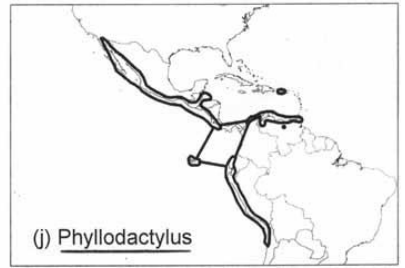
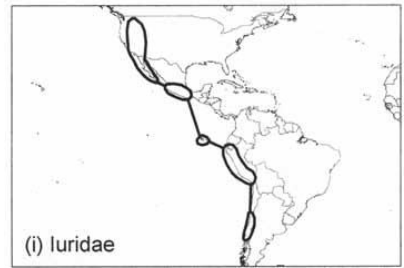
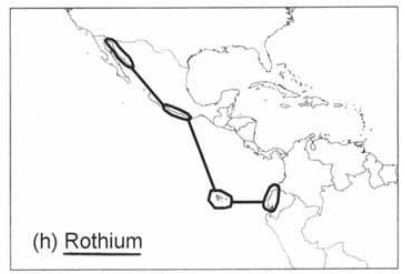
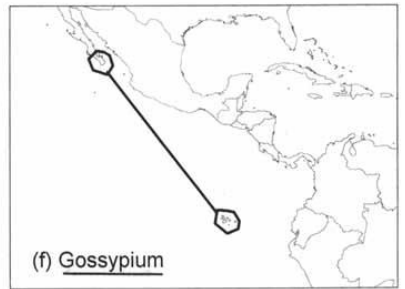
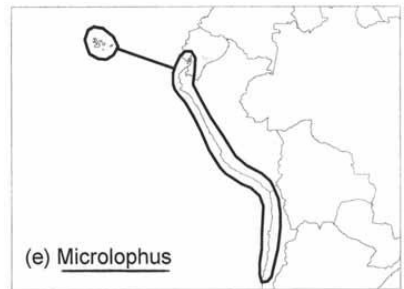
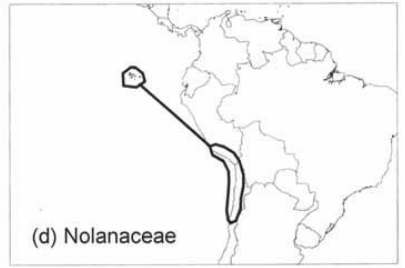
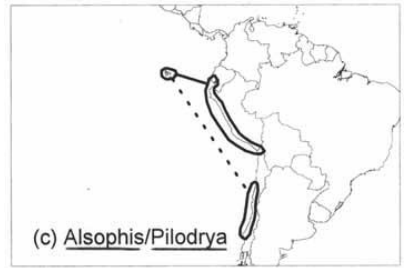
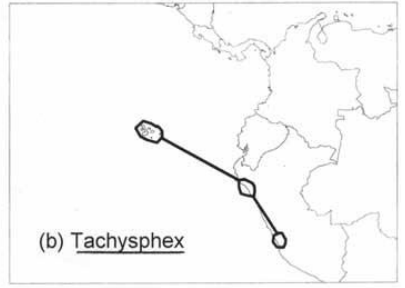
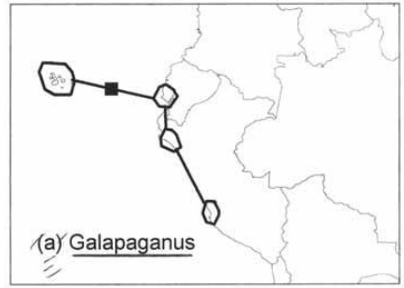
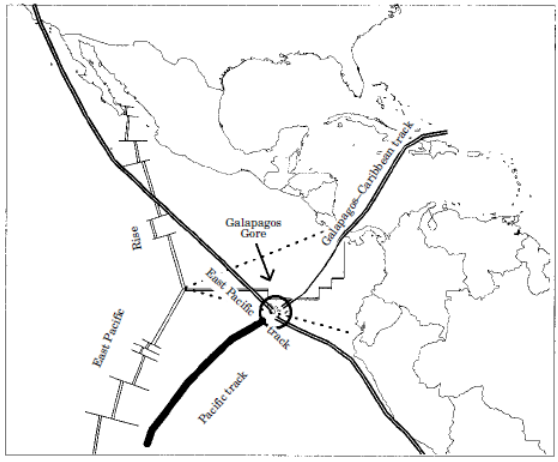
JOHN GREHAN



*Microlophus*



*Phyllodactylus*



# MÉTODOS

## BIOGEOGRAFIA CLADÍSTICA



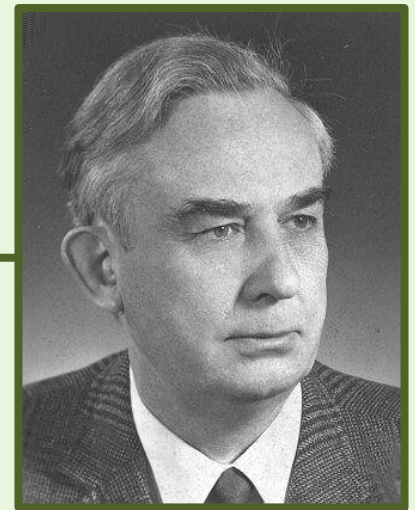
# BIOGEOGRAFIA CLADÍSTICA

- **Estabelecimento**
  - Nelson, Platnick e Rosen (70's e 80's)
- **Objetivo:**
  - Buscar padrões gerais de relacionamento entre áreas e, após o padrão geral ser descoberto, inferir os processos causais.
- **Premissa!**
  - Existe uma correspondência entre o relacionamento filogenético dos táxons e a história genealógica da terra

# BIOGEOGRAFIA CLADÍSTICA

## Sistemática Filogenética

Inferências sobre relações entre táxons, onde a história genealógica é representada por diagramas ramificados (cladogramas)



Willi Hennig



# DIAGRAMAS RAMIFICADOS...

DISJUNÇÃO ESPACIAL

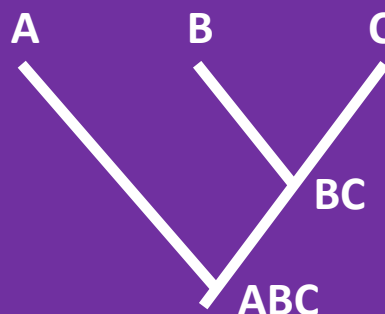


TEMPO

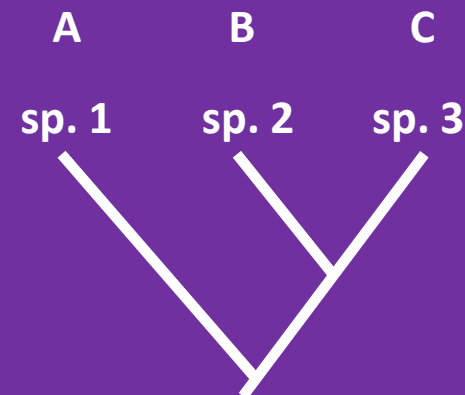
CENÁRIO GEOLÓGICO: eventos de fragmentação da área



DIVERSIDADE BIOLÓGICA



CLADOGRAMA GEOLÓGICO: sequência de eventos de fragmentação da área



CLADOGRAMA TAXONÔMICO: táxons endêmicos para a área

Correspondência entre as histórias geológica e biológica

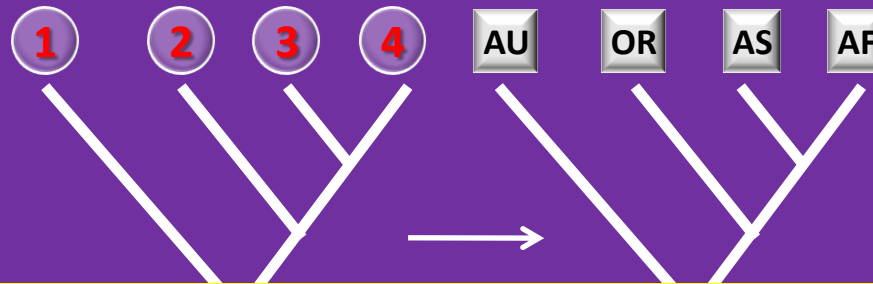
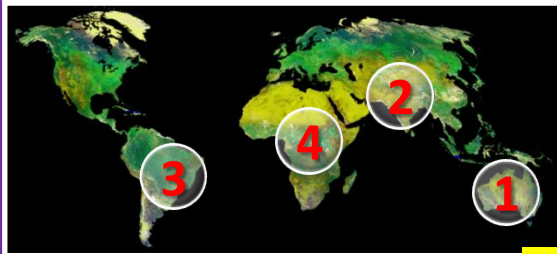
# ANÁLISE GENERALIZADA DE BIOGEOGRAFIA CLADÍSTICA

RECONSTRUÇÃO DE  
CLADOGRAMAS PARA  
TÁXONS

OBTENÇÃO DE  
CLADOGRAMAS  
TAXONÔMICOS DE ÁREAS

RECONHECIMENTO DE  
UM CLADOGRAMA  
GERAL DE ÁREAS  
(=AREAGRAMA)

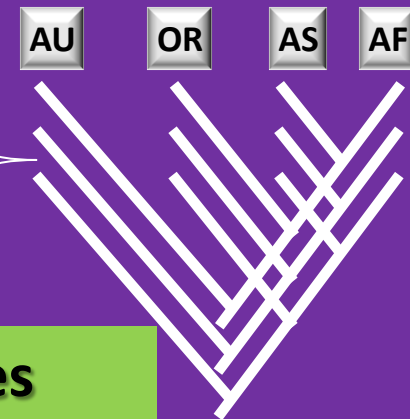
ANFÍBIOS



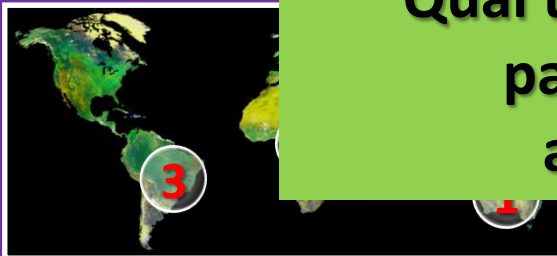
LAGARTOS



A comparação de cladogramas de área derivados de diferentes táxons, pode ser útil para a identificação de padrões gerais de relacionamento (biota/área).



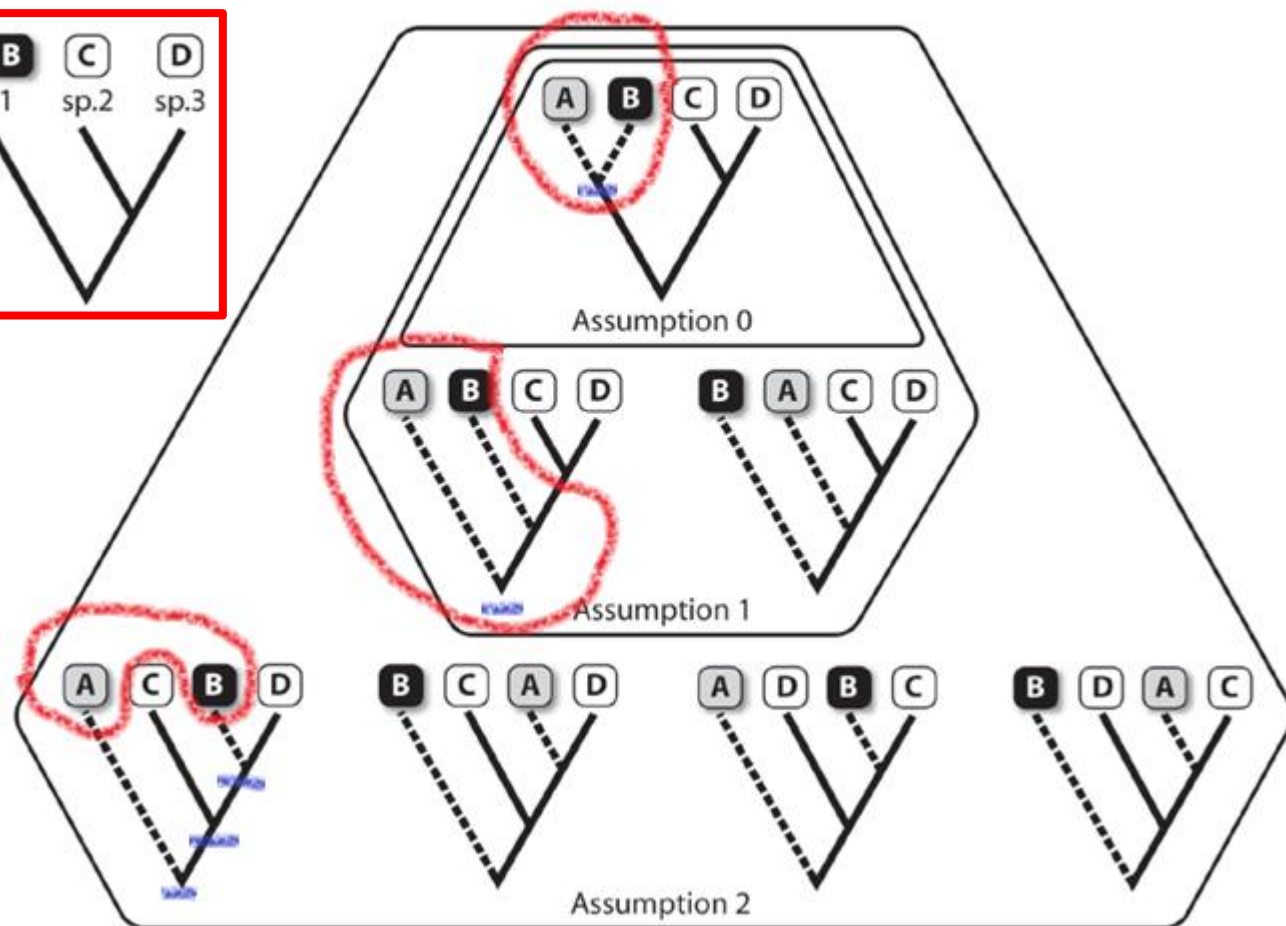
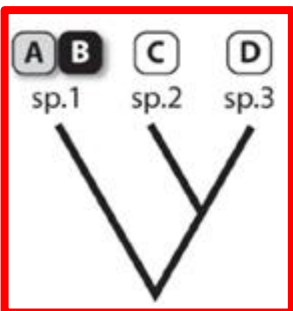
SERPENTES



Qual tipo de evento pode ter gerado estes padrões, os quais são repetitivos e aparentemente não aleatórios?

# ALGUMAS COMPLICAÇÕES!

taxonomic  
cladogram  
(sp. 1 is widespread)



SP. AMPLILOCADA É CONSIDERADA SINAPOMÓRFICA PARA A' E B' (MONOFLETISMO)

A' E B' COMPÔEM GRUPO MONOFLETICO OU PARAFLETICO

A' E B' CONSIDERADAS MONOFLETICAS, PARAFLETICAS OU POLIFLETICAS

**A IMPLEMENTADOS DE PRESSUPOSTOS (=ASSUMPTIONS; A0, A1 E A2) PERMITE A OBTENÇÃO DE CLADOGRAMAS RESOLVIDOS DE ÁREAS (RAC)**

# MÉTODOS ANALÍTICOS

Table 1.2. Historical biogeographic techniques listed under the corresponding approaches and with their original authors

Techniques	Authors
Center of origin and dispersal	Matthew, 1915
Phylogenetic biogeography	Brundin, 1966
Ancestral areas	
Camin-Sokal optimization	Bremer, 1992
Fitch optimization	Ronquist, 1994
Weighted ancestral areas analysis	Hausdorf, 1998
Panbiogeography	
Track analysis	Croizat, 1958
Spanning graphs	Page, 1987
Track compatibility	Craw, 1988a
Cladistic biogeography	
Reduced area cladogram	D. Rosen, 1978
Ancestral species map	Wiley, 1980
Quantitative phylogenetic biogeography	Mickevich, 1981
Component analysis	Nelson & Platnick, 1981
Brooks parsimony analysis	Wiley, 1987
Component compatibility	Zandee & Roos, 1987
Quantification of component analysis	Humphries et al., 1988
Three-area statement	Nelson & Ladiges, 1991a
Integrative method	Morrone & Crisci, 1995
WISARD	Enghoff, 1996
Paralogy-free subtrees	Nelson & Ladiges, 1996
Vicariance events	Hovenkamp, 1997
Parsimony analysis of endemism	
Localities	B. Rosen, 1988
Areas of endemism	Craw, 1988a
Quadrats	Morrone, 1994a
Event-based methods	
Coevolutionary two-dimensional cost matrix	Ronquist & Nylin, 1990
Reconciled trees	Page, 1994a,b
Dispersal-vicariance analysis	Ronquist, 1997b
Jungles	Charleston, 1998
Bayesian approach to cospeciation	Huelsenbeck et al., 2000a
Combined method	Posadas & Morrone, 2001
Phylogeography	Avise et al., 1987
Experimental biogeography	Haydon, Radtkey, & Pianka, 1994

# MÉTODOS ANALÍTICOS

- **Baseados em PADRÃO**
  - reconhecem padrões gerais de relacionamento entre áreas e tentam inferir os processos que teriam afetado de forma comum a história da biota dessas áreas
- **Baseados em EVENTOS**
  - assumem modelos explícitos para os processos que teriam afetado a história de um ou mais táxons.

# CUIDADOS PRELIMINARES NA ANÁLISE

- Delimitação taxonômica inequívoca



# CUIDADOS PRELIMINARES NA ANÁLISE

- Distribuição

PONTOS LAGARTOS\_final - Microsoft Excel

DZ08	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	NOME CIENTIFICO	LONGITUDE, LATITUDE	FOITE	MUNICIPIO	ESTADO	OUTRAS INFORMAÇÕES						
1	Tropidurus amathites	-38.966700, -16.150000	Passoni et al., 2000	Santo Inácio	Bahia							
2	Tropidurus amathites	-42.500000, -11.416700	Silva et al., 2003	Genito do Ouro	Bahia							
3	Tropidurus amathites	-41.300000, -12.883300	Silva et al., 2003	Xique-Xique	Bahia							
4	Tropidurus amathites	-42.399745, -11.012135	Silva et al., 2003	Itaguaçu da Bahia	Bahia							
5	Tropidurus amathites	-42.433300, -10.150000	Silva et al., 2003	Piãó Arcado	Bahia							
6	Tropidurus amathites	-41.300000, -9.666700	Silva et al., 2003	Sento Sé	Bahia							
7	Tropidurus amathites	-39.416700, -8.633300	Silva et al., 2003	Barra	Bahia							
8	Tropidurus amathites	-42.066700, -9.683300	Silva et al., 2003	Remanso	Bahia							
9	Tropidurus amathites	-45.083300, -11.533300	MZUFBA		Bahia							
10	Tropidurus cocorobensis	-39.116700, -8.716700	Rodrigues, 2003	Abaré	Pernambuco	Raso da Catarina/Raso da Glória						
11	Tropidurus cocorobensis	-37.066700, -8.433300	Rodrigues, 2003	Calcoi	Rio Grande do Norte	Estação Ecológica de Seridó						
12	Tropidurus cocorobensis	-37.800000, -9.650000	Rodrigues, 2003	Canindé de São Francisco	Sergipe	Estação Ecológica do Xingó						
13	Tropidurus cocorobensis	-39.100000, -8.983300	Rodrigues, 2003	Chorrochó	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
14	Tropidurus cocorobensis	-37.616700, -7.216700	Rodrigues, 2003	Condado	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
15	Tropidurus cocorobensis	-37.963300, -9.363300	Rodrigues, 2003	Delmiro Gouveia	Alagoas	Estação Ecológica do Xingó						
16	Tropidurus cocorobensis	-40.150000, -15.516700	Rodrigues, 2003	Floresta	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
17	Tropidurus cocorobensis	-38.300000, -9.183300	Rodrigues, 2003	Glória	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
18	Tropidurus cocorobensis	-37.500000, -5.366700	Rodrigues, 2003	Ipuera	Rio Grande do Norte	Estação Ecológica de Seridó						
19	Tropidurus cocorobensis	-40.516700, -11.183300	Rodrigues, 2003	Jacobina	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
20	Tropidurus cocorobensis	-39.066700, -9.166700	Rodrigues, 2003	Mitucurú	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
21	Tropidurus cocorobensis	-37.822207, -6.904816	Rodrigues, 2003	Malta	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
22	Tropidurus cocorobensis	-40.600000, -11.433300	Rodrigues, 2003	Miguel Calmon	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
23	Tropidurus cocorobensis	-36.950000, -6.700000	Rodrigues, 2003	Ouro Branco	Rio Grande do Norte	Estação Ecológica de Seridó						
24	Tropidurus cocorobensis	-37.250000, -7.033300	Rodrigues, 2003	Patos	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
25	Tropidurus cocorobensis	-37.416700, -4.583300	Rodrigues, 2003	Paulista	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
26	Tropidurus cocorobensis	-38.233300, -9.350000	Rodrigues, 2003	Paulo Afonso	Bahia	Estação Ecológica do Xingó						
27	Tropidurus cocorobensis	-37.016700, -8.816700	Rodrigues, 2003	Piranhas	Alagoas	Estação Ecológica do Xingó						
28	Tropidurus cocorobensis	-38.786700, -8.833300	Rodrigues, 2003	Rodelas	Bahia	Raso da Catarina/Raso da Glória						
29	Tropidurus cocorobensis	-36.833300, -8.666700	Rodrigues, 2003	Santa Luzia	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
30	Tropidurus cocorobensis	-37.400000, -7.083300	Rodrigues, 2003	Santa Teresinha	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
31	Tropidurus cocorobensis	-36.733601, -6.771016	Rodrigues, 2003	Santana do Seridó	Rio Grande do Norte	Estação Ecológica de Seridó						
32	Tropidurus cocorobensis	-38.116700, -7.716700	Rodrigues, 2003	São Bento	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
33	Tropidurus cocorobensis	-37.200000, -6.716700	Rodrigues, 2003	São João do Sabugi	Rio Grande do Norte	Estação Ecológica de Seridó						
34	Tropidurus cocorobensis	-37.316700, -6.650000	Rodrigues, 2003	São José de Espinhas	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						
35	Tropidurus cocorobensis	-38.800000, -6.786700	Rodrigues, 2003	São José do Sabugi	Parabá	Estação Ecológica de Seridó						



# CUIDADOS PRELIMINARES NA ANÁLISE

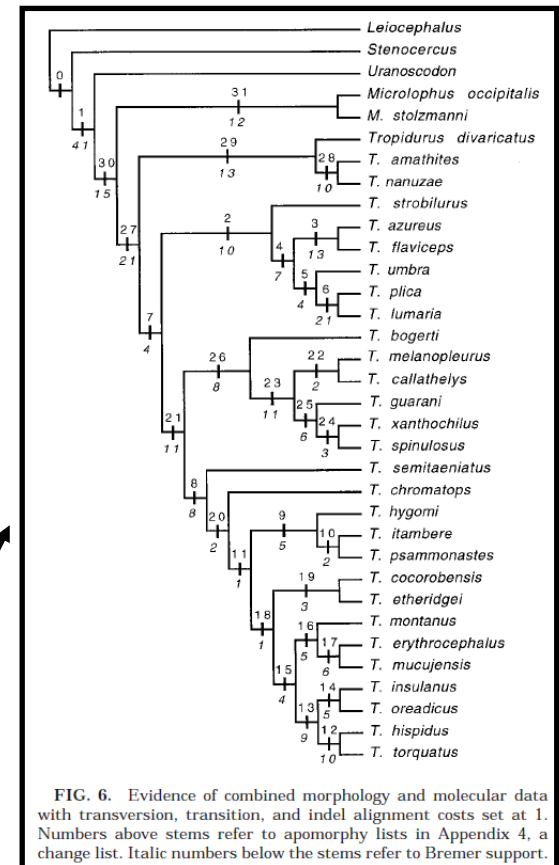
- Hipóteses filogenéticas consistentes e confiáveis



Molecular Phylogenetics and Evolution  
Vol. 21, No. 3, December, pp. 352–371, 2001  
doi:10.1006/mpev.2001.1015, available online at <http://www.idealibrary.com> on IDEAL®

## Phylogenetics of the Lizard Genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): Direct Optimization, Descriptive Efficiency, and Sensitivity Analysis of Congruence Between Molecular Data and Morphology

Darrel R. Frost,\* Miguel T. Rodrigues,† Taran Grant\*·‡ and Tom A. Titus§



GESTÃO DE INFORMAÇÃO: <http://tolweb.org/tree/>



# INFORMAÇÃO TEMPORAL

## COINCIDÊNCIA TEMPORAL

SIM

NÃO

CONGRUÊNCIA

PESEUDOCONGRUÊNCIA

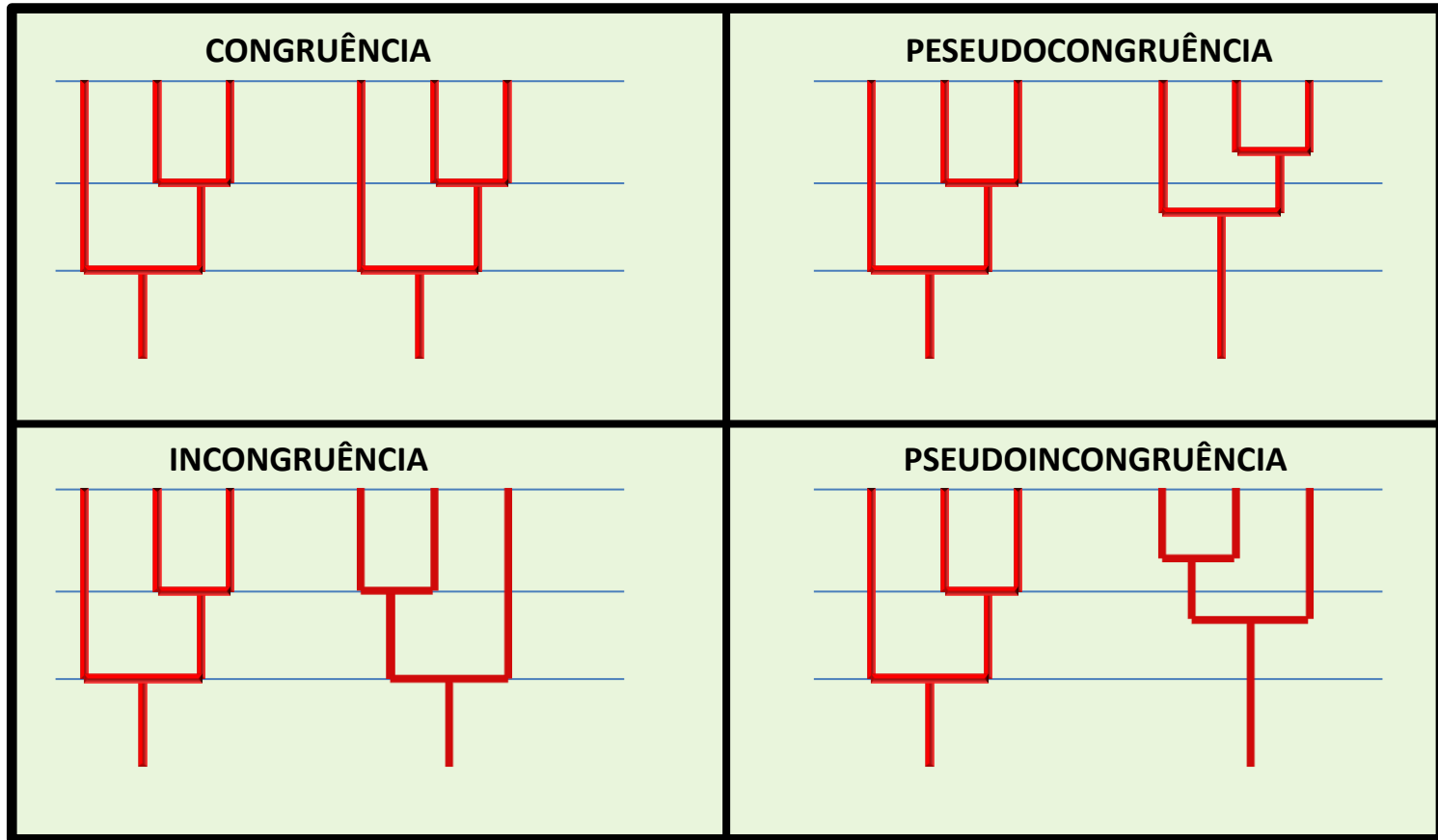
SIM

NÃO

INCONGRUÊNCIA

PSEUDOINCONGRUÊNCIA

CONGRUÊNCIA TOPOLÓGICA





# MÉTODOS

## FILOGEOGRAFIA

# O que é filogeografia?

O estudo dos princípios e processos que determinam a distribuição geográfica de linhagens genealógicas (Avice *et al.*, 1987), fornecendo uma visão sobre como os organismos responderam historicamente às mudanças da paisagem (Carnaval, 2002).

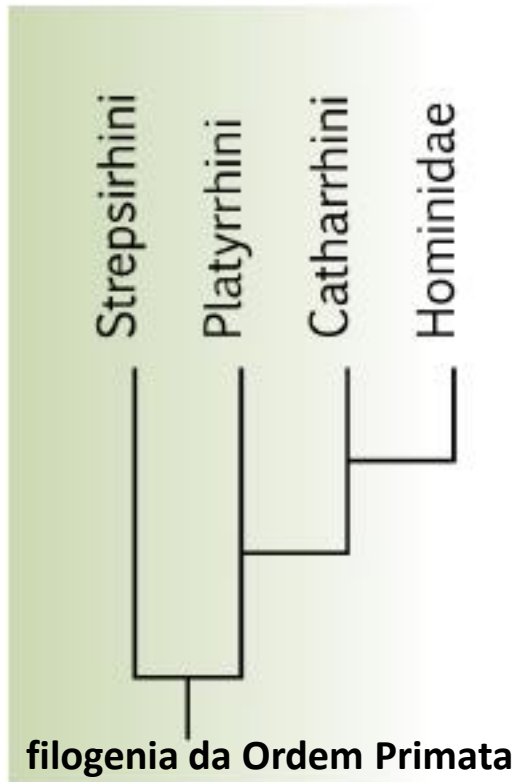


**John C. Avice**

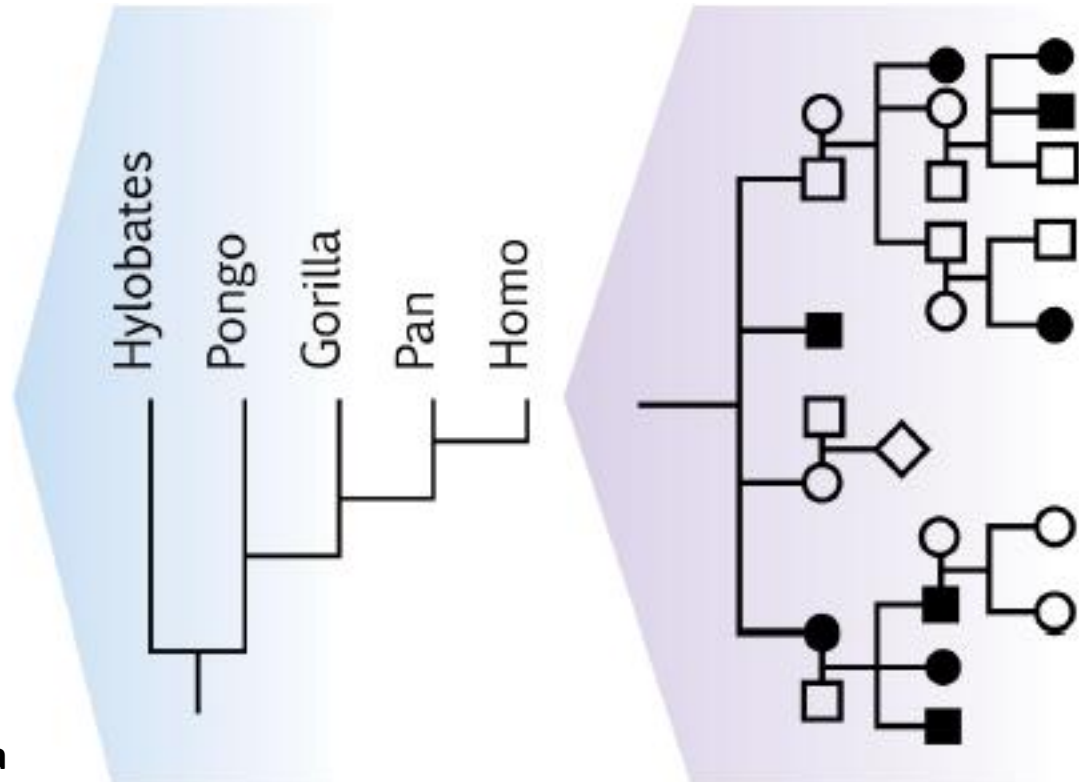
# Filogeografia

- Interface entre processos macro e a microevolutivos

ESCALA MACROEVOLUTIVA



ESCALA MICROEVOLUTIVA



# Filogeografia

- **Abordagem clássica**

- Sobrepôr uma genealogia ao mapa de distribuição das amostras analisadas a fim de encontrar (ou não) concordância entre as linhagens e sua distribuição no espaço (=padrão)

# Filogeografia

- **Padrões filogeográficos (*Avice et al.*, 1987)**

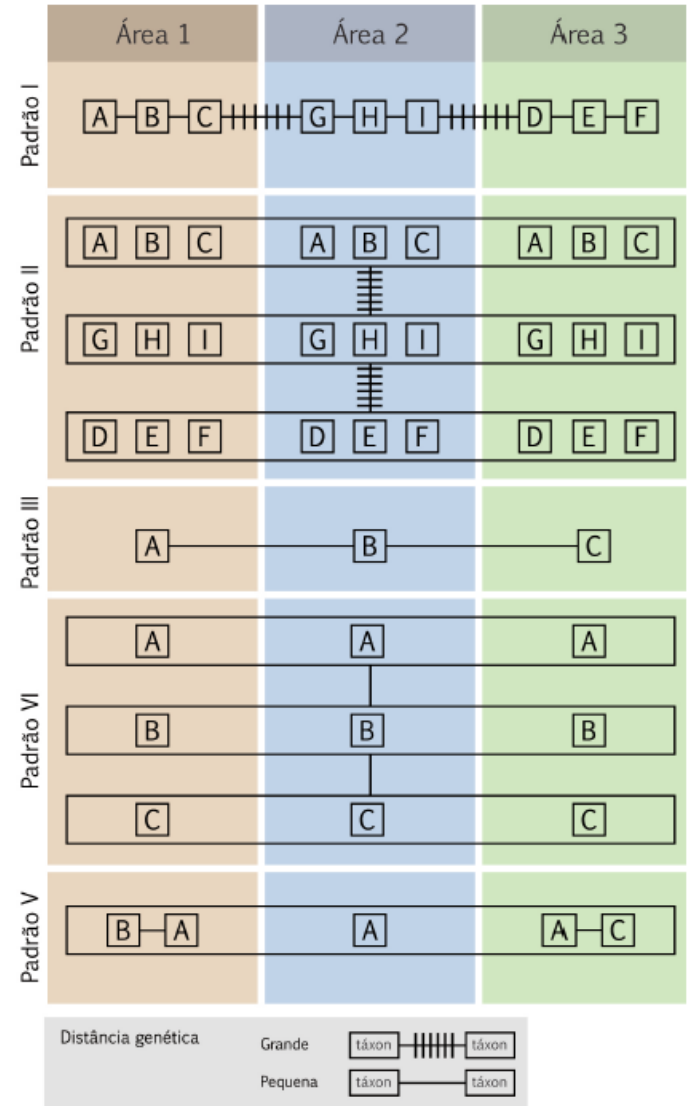
- **Premissas**

- (1) a maior parte das espécies é composta de populações geograficamente estruturadas cujos membros ocupam ramos distintos em uma genealogia;
- (2) espécies que possuem pouca ou nenhuma estrutura filogeográfica possuem hábitos que incluem dispersão de indivíduos ou grupos e ocupam áreas onde não existem barreiras físicas conspícuas que impeçam o fluxo gênico;
- (3) grupos intraespecíficos monofiléticos separados por grandes distâncias genéticas surgem de persistentes barreiras ao fluxo gênico.

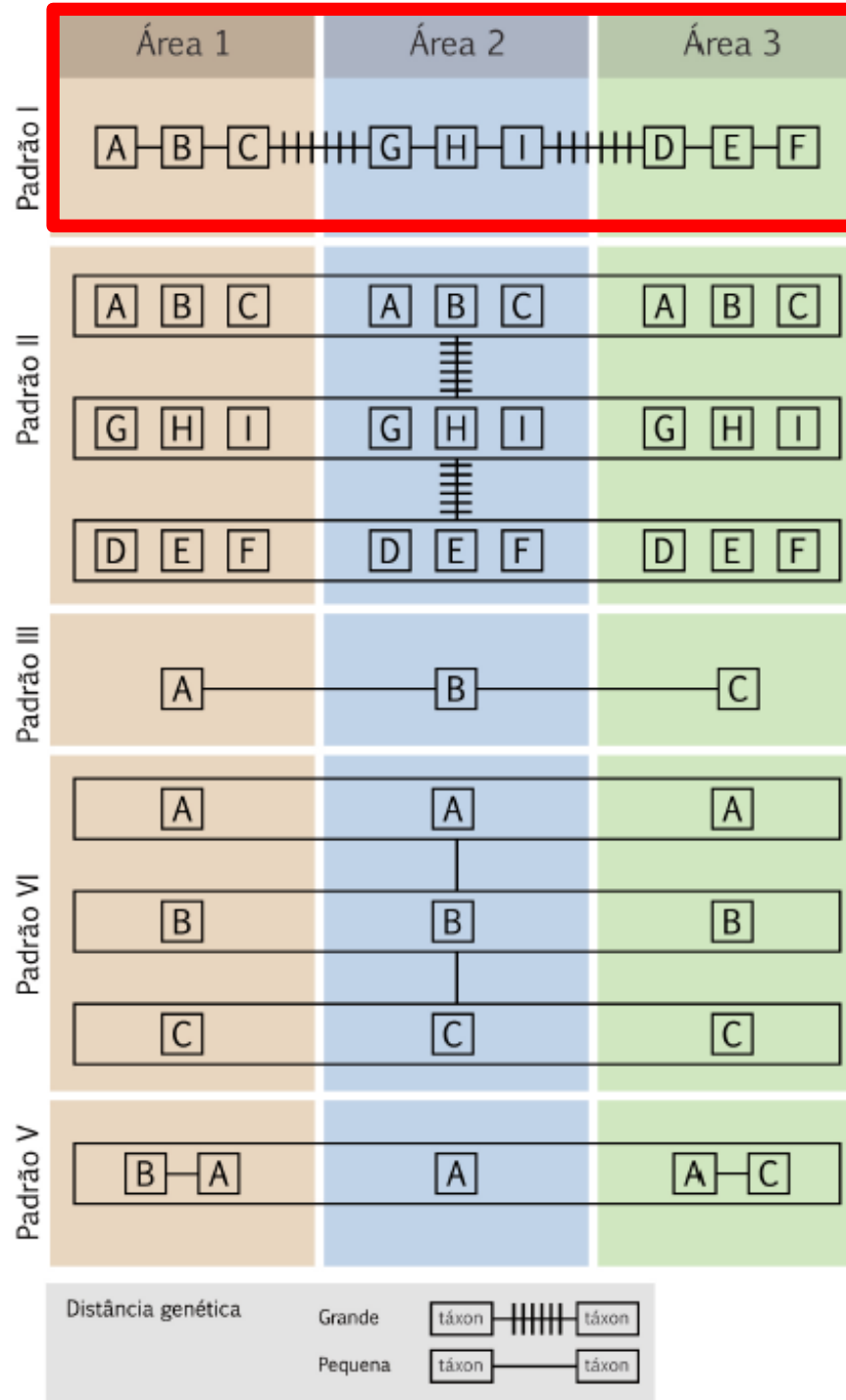
**A vicariância e isolamento geográfico geram diferenciação genética entre populações (ou espécies) em marcadores genéticos**

# Filogeografia

- **Padrões filogeográficos** resultantes da combinação de dois fatores:
  - Magnitude da divergência genética encontrada entre as linhagens
  - Grau de localização (ou circunscrição) geográfica

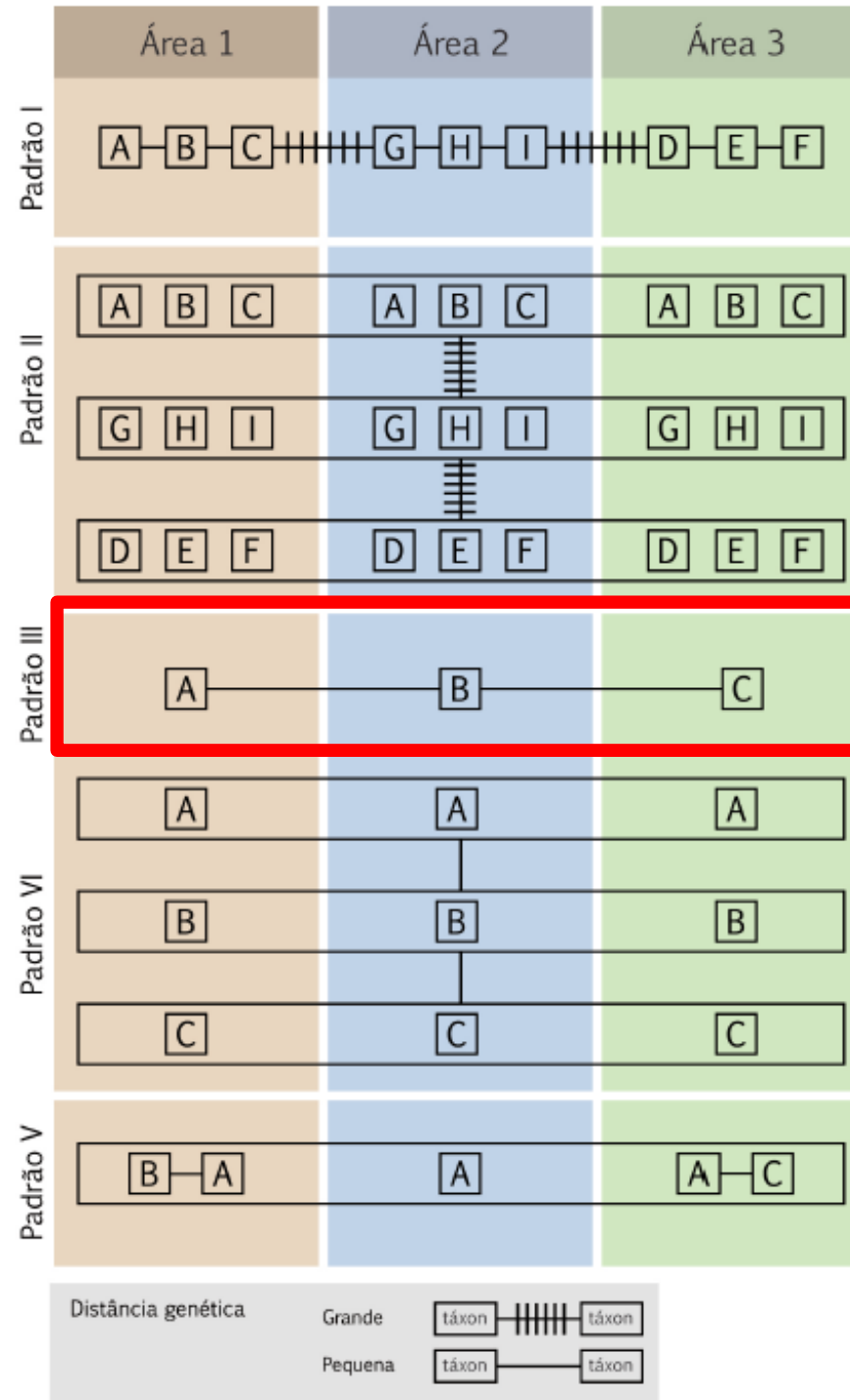


Se o tempo de separação for longo, os clados identificados estarão separados por uma alta divergência genética

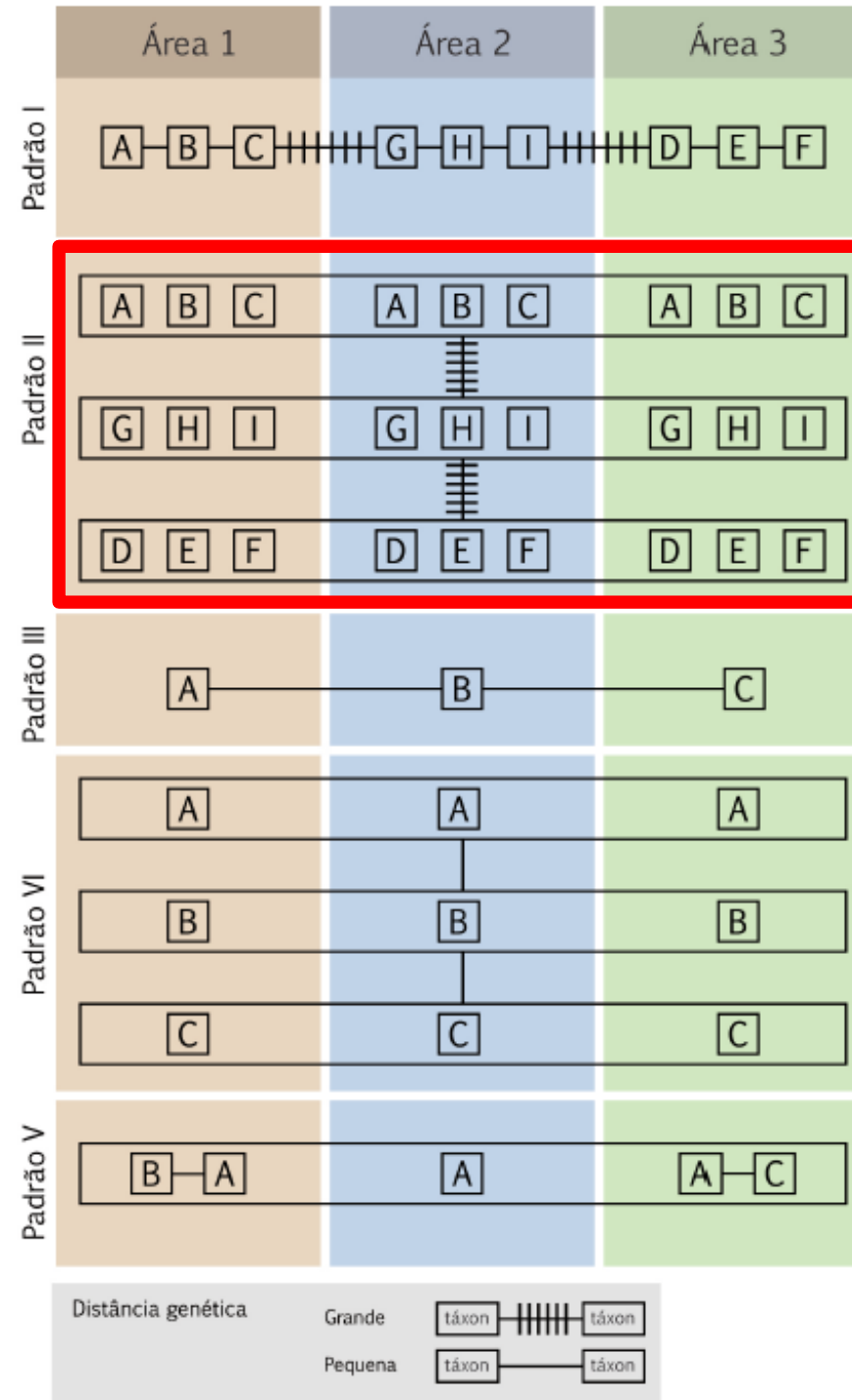




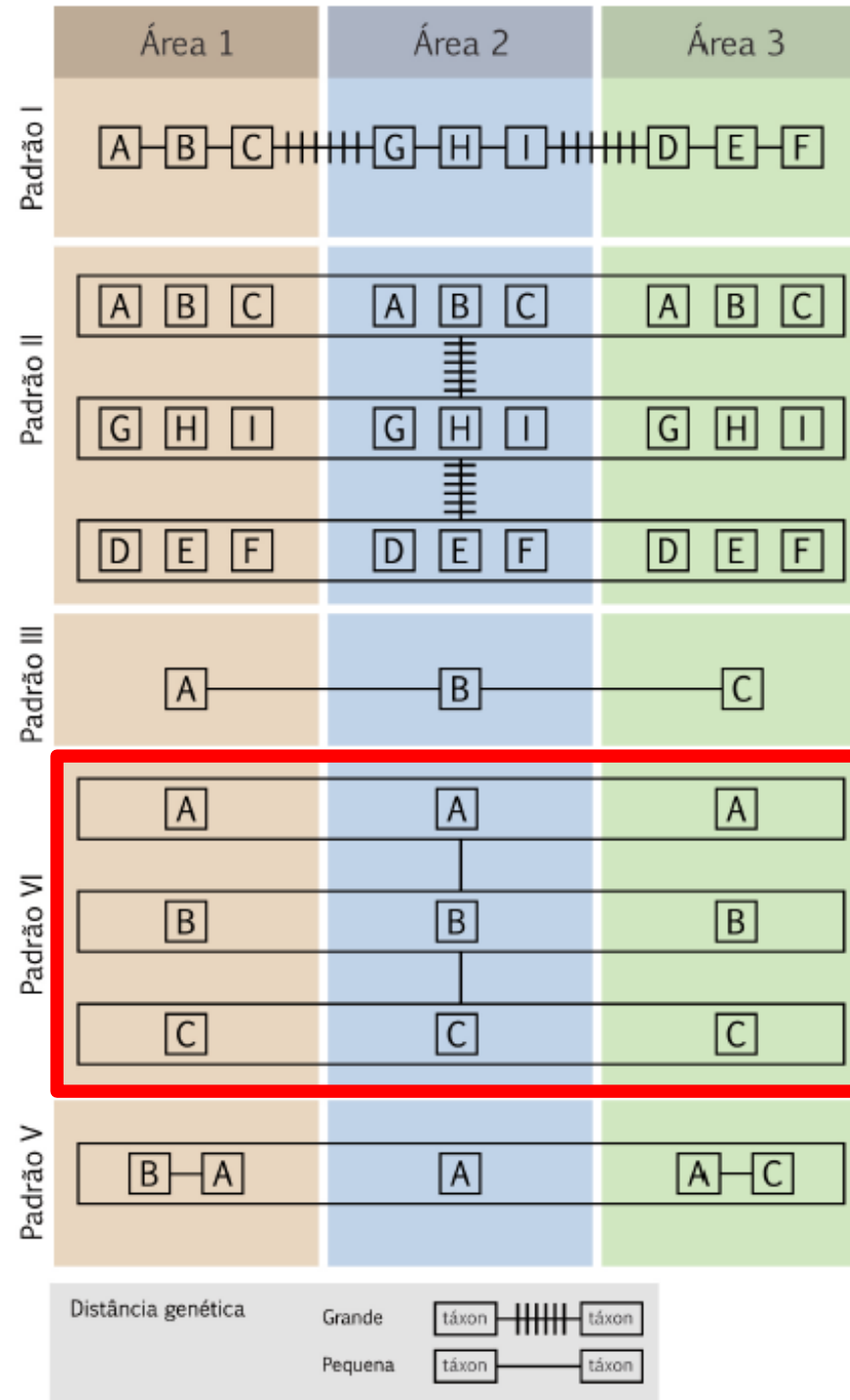
Se for relativamente recente, a divergência genética será baixa



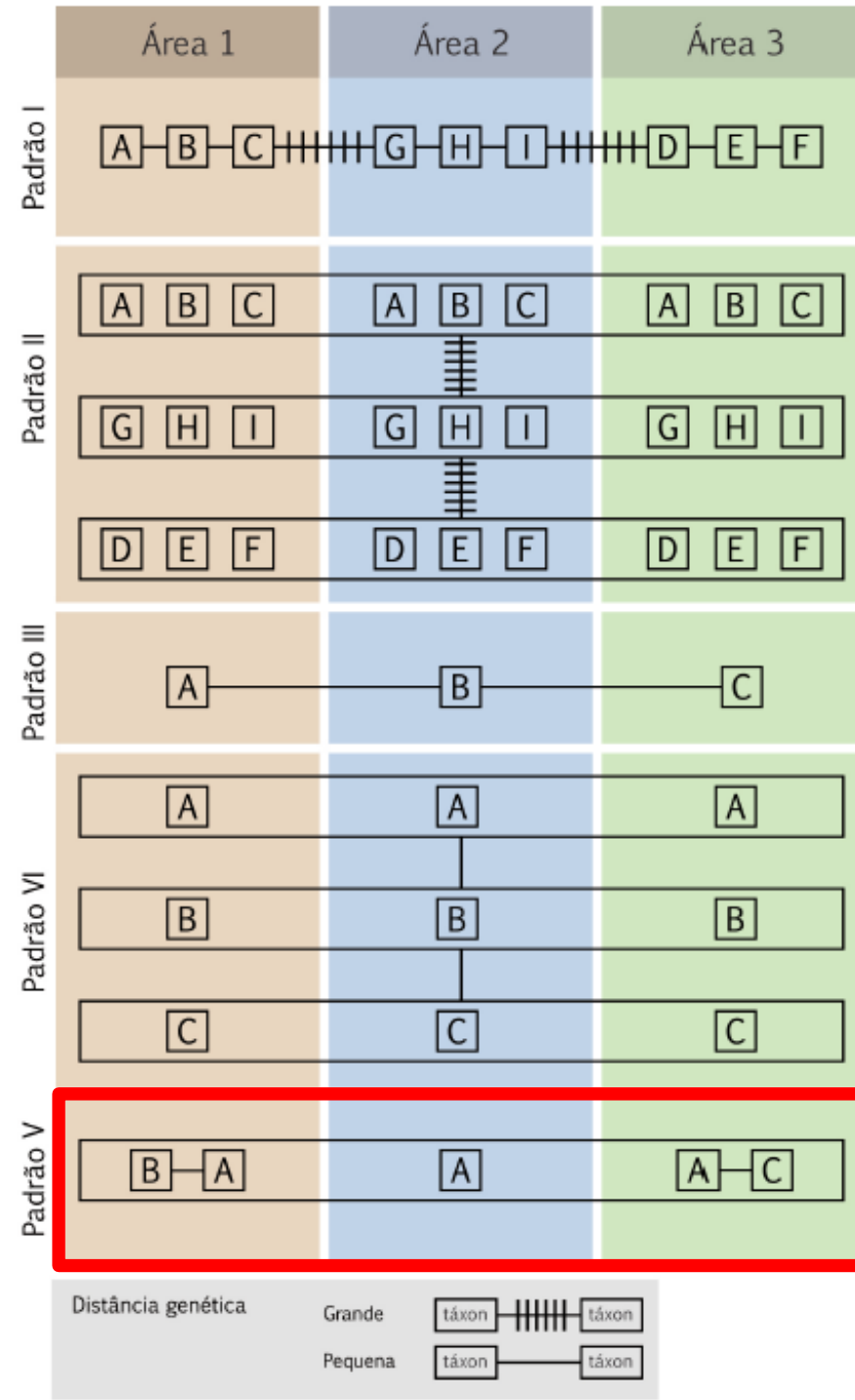
Quando ocorre contato secundário entre duas populações que permaneceram isoladas no passado, é possível encontrar linhagens divergentes ocupando a mesma área geográfica



Quando não existem barreiras para o fluxo gênico, que ocorre indiscriminadamente ao longo da área de ocorrência da espécie, este possui um efeito homogeneizante que impede o surgimento de linhagens divergentes geograficamente estruturadas



Em alguns casos do padrão IV, existem linhagens que possuem ocorrência restrita como consequência de baixo fluxo gênico contemporâneo entre populações historicamente ligadas

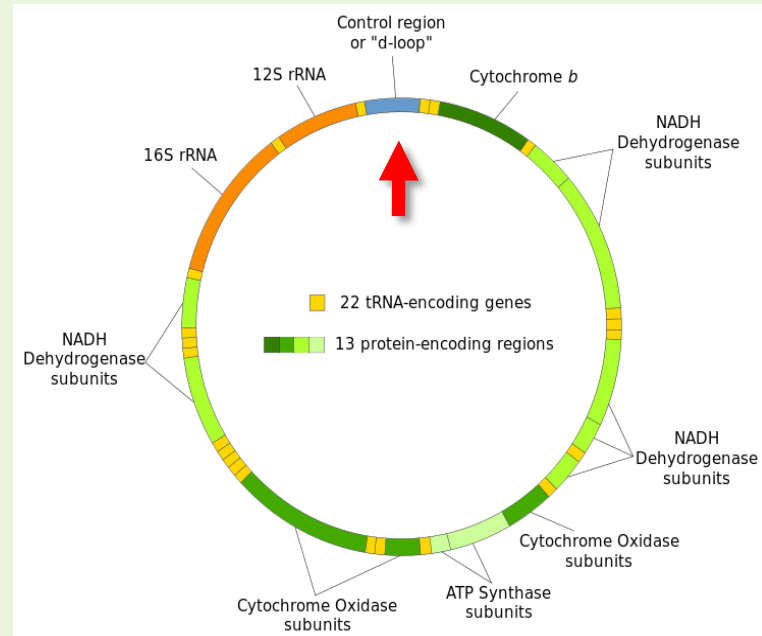


# Filogeografia

- **Novas tecnologias**

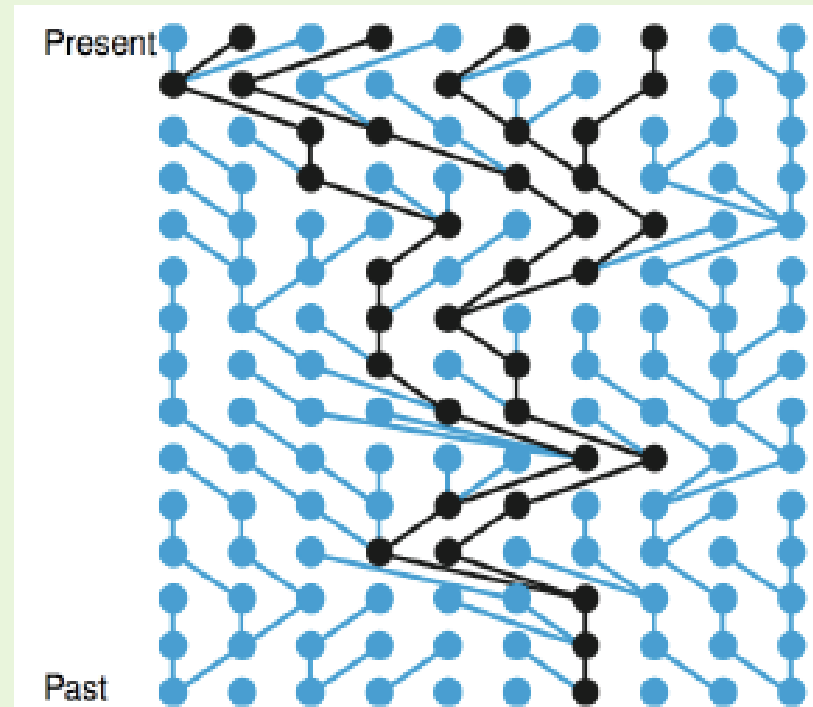
- **mtDNA**

- Região Controladora
- Segmentos hipervariáveis (taxa de evolução 10x)
  - Estimar datas de eventos relativamente recentes
  - Aplicados em estudos de relações intraespecíficas



# Filogeografia

- **Novas tecnologias**
  - **Teoria da Coalescência**
    - Engloba uma coleção de tratamentos matemáticos formais às relações de ancestralidade e descendência a partir de uma amostragem
    - Capaz de discriminar estatisticamente diferentes cenários históricos capazes de gerar estrutura geográfica em atributos genéticos



Coalescent theory is a retrospective model of population genetics. It attempts to trace all alleles of a gene shared by all members of a population to a single ancestral copy, known as the most recent common ancestor.

# FILOGEOGRAFIA

- **Procedimento geral**
  1. Estabelece-se as relações filogenéticas de um grupo de organismos
  2. Avalia-se se há agrupamentos e se estes são compostos de indivíduos que ocorrem em uma mesma área geográfica
  3. Avalia-se se grupos de indivíduos com relações mais próximas ocorrem em áreas mais próximas
  4. Estuda-se outros grupos de organismos que apresentam a mesma ou semelhante distribuição geográfica e comparar os resultados, buscando possíveis padrões gerais
  5. Associa-se dados de geologia, clima, palinologia e tantos outros, para buscar entender melhor como a diversificação das linhagens ocorre

# FILOGEOGRAFIA

- Estado da arte

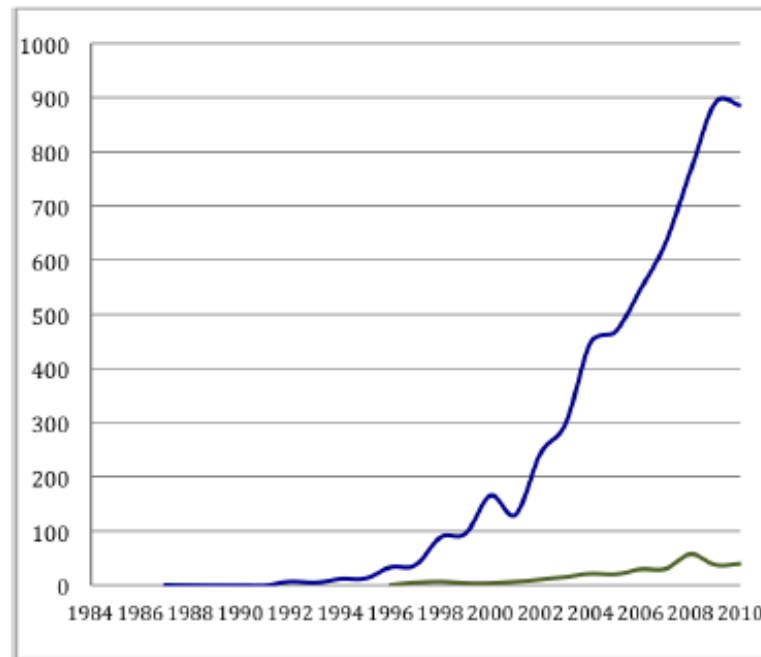


Figura 3. Gráfico representando número de publicações em filogeografia para região Neotropical (linha verde) e para o mundo (linha azul). *Adaptado de Martins e Domingues (2011).*





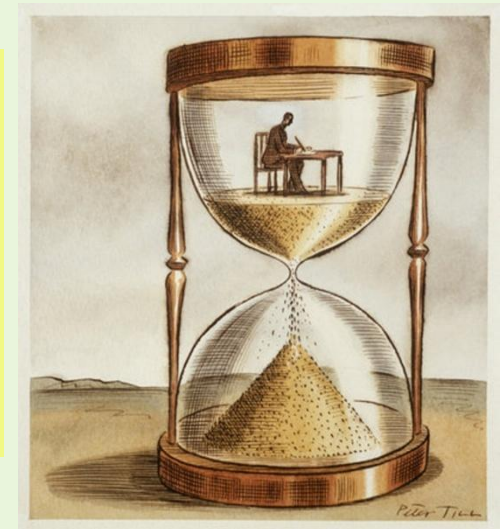
**BIOGEOGRAFIA ECOLÓGICA**

# Biogeografia Ecológica & Histórica



- A Biogeografia Ecológica aborda questões que envolvem períodos de curta duração, trabalhando com o nível específico e essencialmente com espécies vivas. Leva em conta as relações com o ambiente físico e biótico

- A Biogeografia Histórica aborda períodos de longa duração, com *taxa* superior ao de espécie (não é regra) e também com *taxa* já extintos. Visa reconstruir a origem, dispersão e extinção de táxons.



# Biogeografia Ecológica

---

- Principais questões

Porque uma espécie é confinada à região que vive?

Que papel cabe ao solo, ao clima, à topografia e às interações com outros organismos na limitação de sua distribuição?

Como se explica um gradiente de distribuição?

O que controla a diversidade de organismos de uma região?

# Biogeografia Ecológica

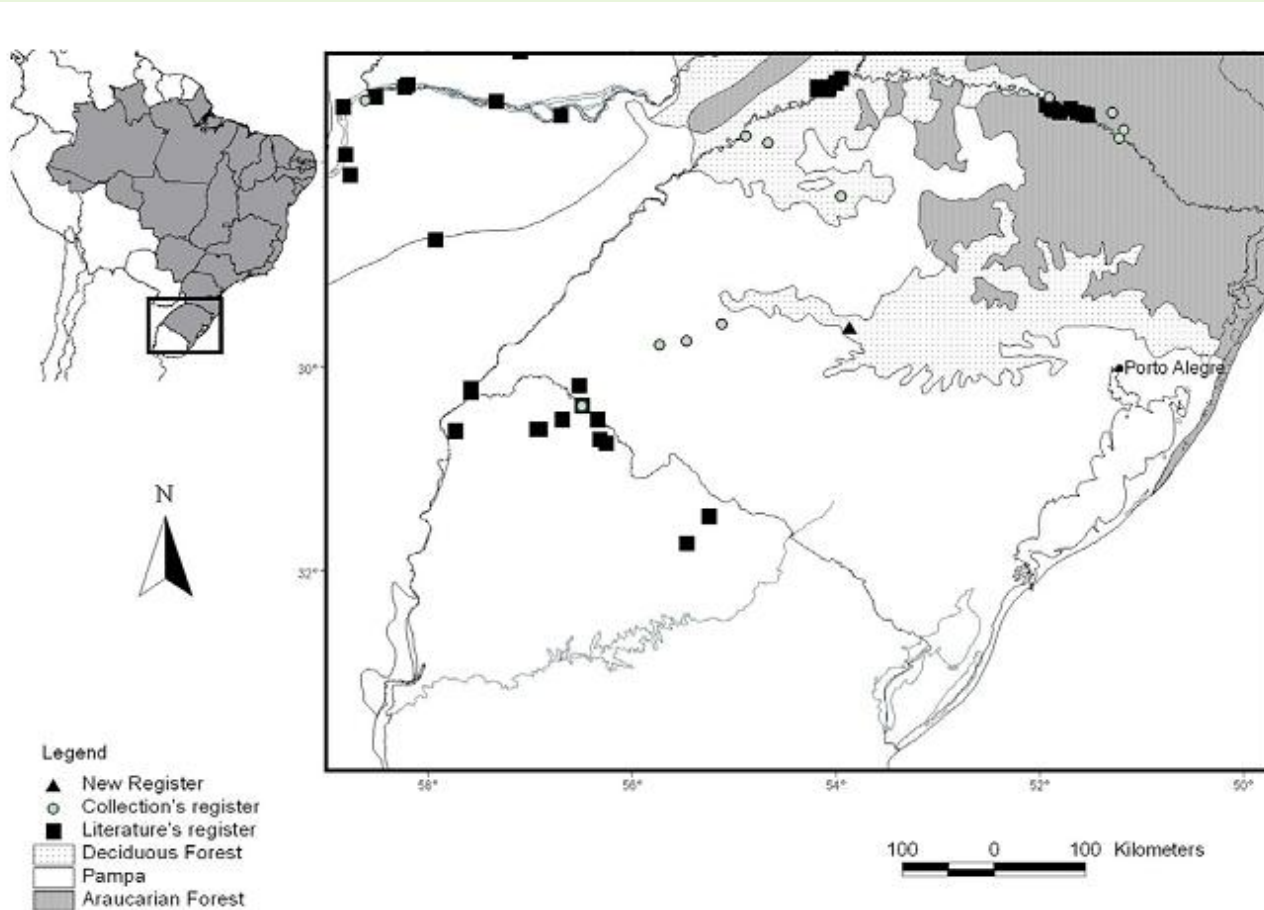
---

- A origem do seu estudo (século XVIII)
  - ✓ Linnaeu → os tipos de ambientes
  - ✓ Foster → gradientes de diversidade latitudinal
  - ✓ Humboldt → gradientes de diversidade altitudinal
  - ✓ De Candole → importância da competição, limitando a distribuição
- Desenvolveu-se no século XX → ascensão da ciência moderna



# Distribuição das espécies

- A amplitude geográfica → o uso de mapas

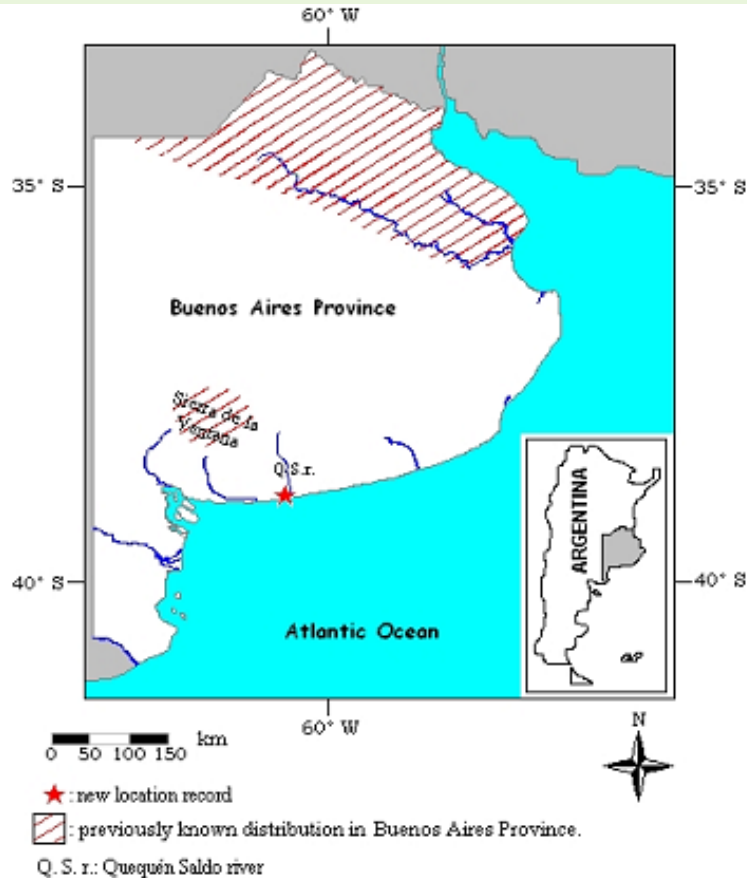


Mapa de pontos

Figure 1. Distribution of the lizard *Tropidurus torquatus* in the state of Rio Grande do Sul, southern Brazil.

# Distribuição das espécies

- A amplitude geográfica

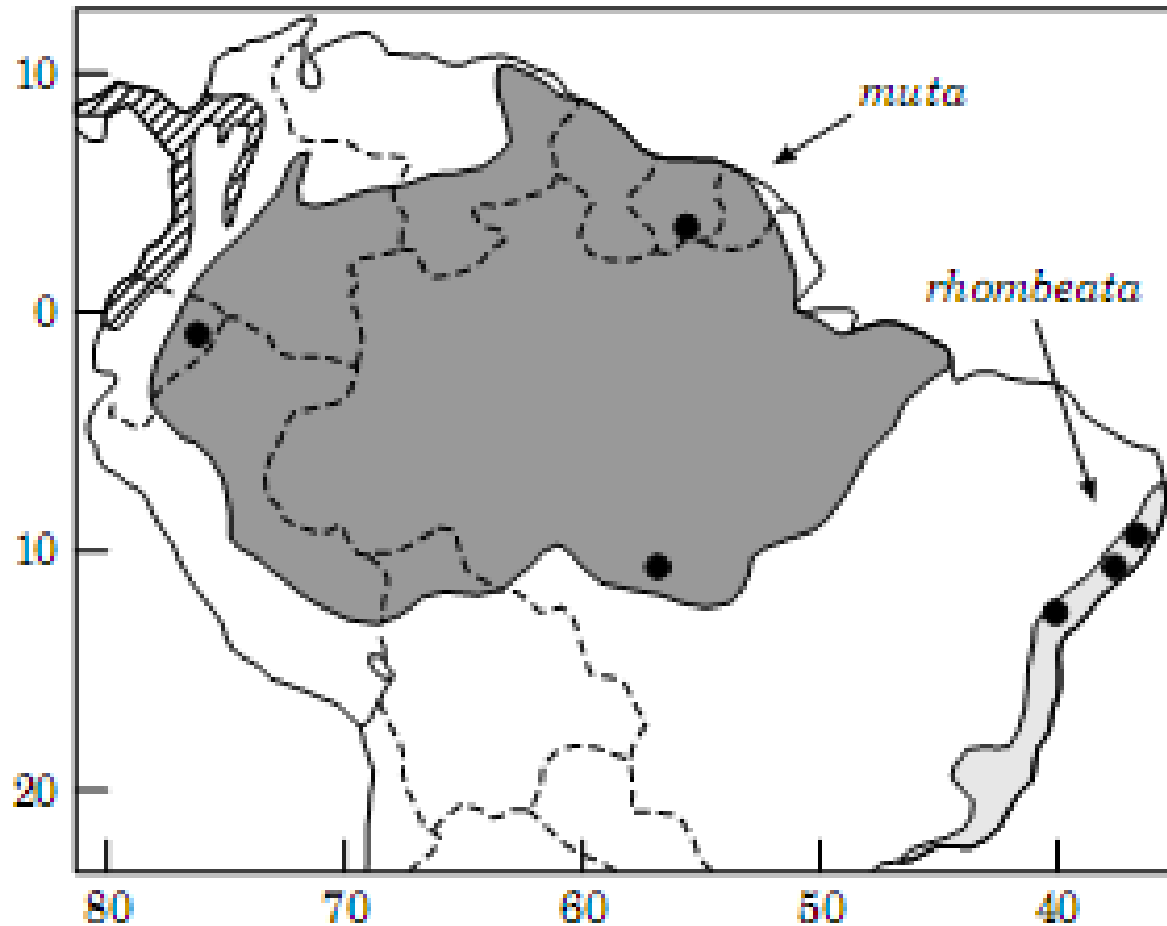


Mapa de esboço

**Figure 3.** Map of the province of Buenos Aires, Argentina, indicating previously known distribution areas and the new location record for *Philodryas aestivus*. Northern distribution based on Cei (1993).

# Distribuição das espécies

- A amplitude geográfica



Mapa de  
combinação

# Distribuição das espécies

---

Tamanho de uma amplitude geográfica

+

+

Localização de seus limites

Mudança nos padrões de abundância

**refletir**

Ocorrência de espécies onde as condições ambientais sejam favoráveis

- Natalidade
- Mortalidade
- Migração

Dinâmica das populações

+

Influência das condições ambientais na sobrevivência, reprodução e dispersão

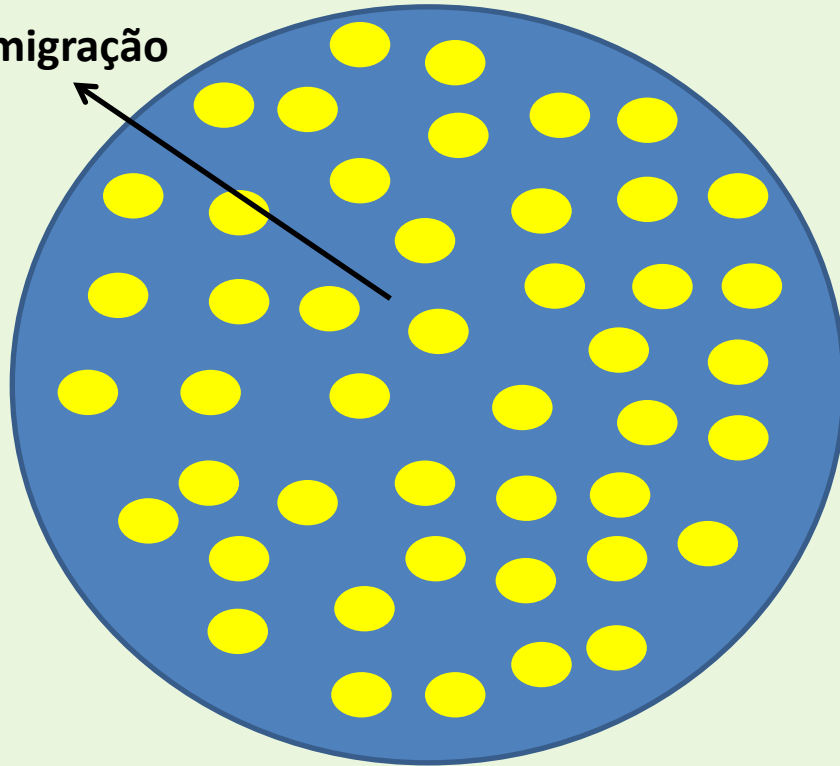
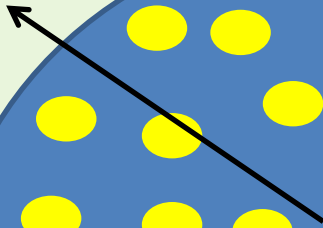


# Distribuição das espécies

Os habitats fonte



Emigração

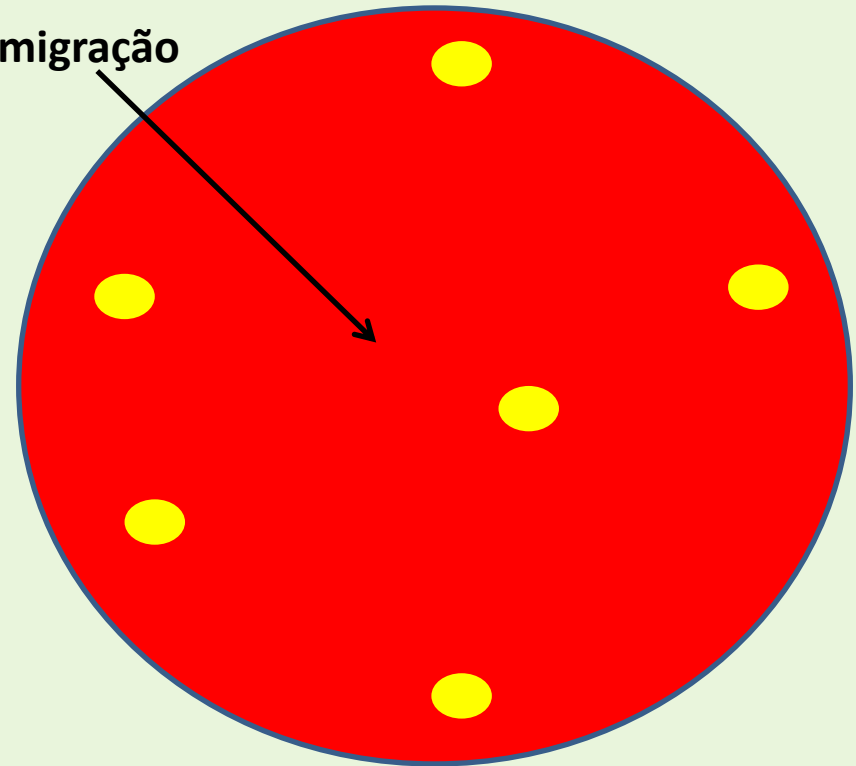
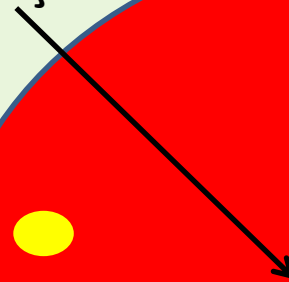


Natalidade > Mortalidade

Os habitats escoadouro



Imigração



Mortalidade > Natalidade

# Fatores limitantes da distribuição

---

- A abundância e raridade das espécies em relação aos fatores ambientais

- **Fatores bióticos**

- ✓ **Influência de outros organismos: competição, predação e mutualismo**

- **Fatores abióticos**

- ✓ **Temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de água, precipitação, textura e química do solo, etc**

**Variáveis múltiplas e interativas**

- **As faixas de tolerância**



# Biogeografia de Ilhas

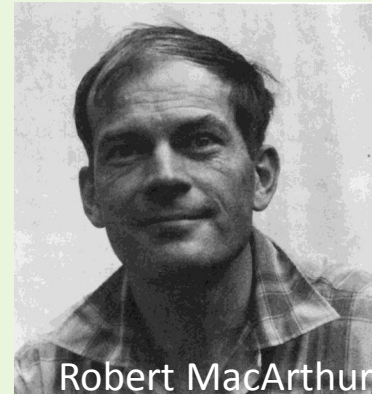
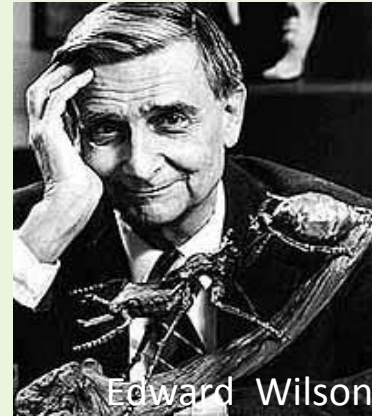
- Um breve histórico...
  - ✓ O início dos estudos em ilhas, por Foster e De Candolle, em regiões de topos de montanhas e outros ecossistemas isolados
  - ✓ Darwin, Wallace e Hooker
  - ✓ A revolução do pensamento científico da época (anos 1800)
  - ✓ Em 1900 → uma nova revolução: ecologia, evolução e biogeografia



# Biogeografia de Ilhas

- As contribuições de MacArthur e Wilson
  - ✓ A Teoria do Equilíbrio da Biogeografia de Ilhas
- Antes deles... por volta da década de 50...
  - ✓ O tema central → A Teoria Estática de Ilhas

- ❖ Comunidade insular com estrutura fixa no tempo ecológico
- ❖ Estrutura da comunidade era resultante de eventos únicos de imigração e extinção, com o número de espécies determinado pelo limitado número de nichos



# Biogeografia de Ilhas

---

- A busca de MacArthur e Wilson por questões novas
  - ✓ Suas pesquisas por padrões gerais de distribuição, independente de afinidades filogenéticas, buscando explicações ecológicas gerais ao invés de explicações históricas e idiossincráticas
- Exemplo: aves e morcegos



# Padrões Insulares

---

- **A Teoria do Equilíbrio da Biogeografia de Ilhas**
  - ✓ O entendimento dos padrões relativos à tendência do número de espécies em aumentar com a área e diminuir com o isolamento
  - ✓ Com as observações, eles concluíram que imigrações e extinções eram fenômenos relativamente frequentes
  - ✓ As pesquisas do século XX → erupções vulcânicas
- MacArthur e Wilson e a proposta de uma teoria unificadora
  - ✓ Relações espécie-área, espécie-isolamento e retorno

# A Teoria do Equilíbrio da Biogeografia de Ilhas

---

→ A Ilha é um equilíbrio dinâmico entre taxas opostas de imigrações e extinções

## 1. Relações Espécie-Área (Schoener, 1976)

- ✓ O número de espécies tende a aumentar com o aumento da área.
- ✓ Não é uma relação linear

## 2. Relações Espécie-Isolamento

- ✓ Ilhas mais isoladas possuem menor riqueza de espécies do que as mais próximas aos continentes
- ✓ Sendo assim, quanto maior o isolamento, menor a colonização

## 3. Retorno de Espécies

- ✓ Recolonização

# A Teoria do Equilíbrio da Biogeografia de Ilhas

O modelo do equilíbrio dinâmico entre imigração e extinção

**A**



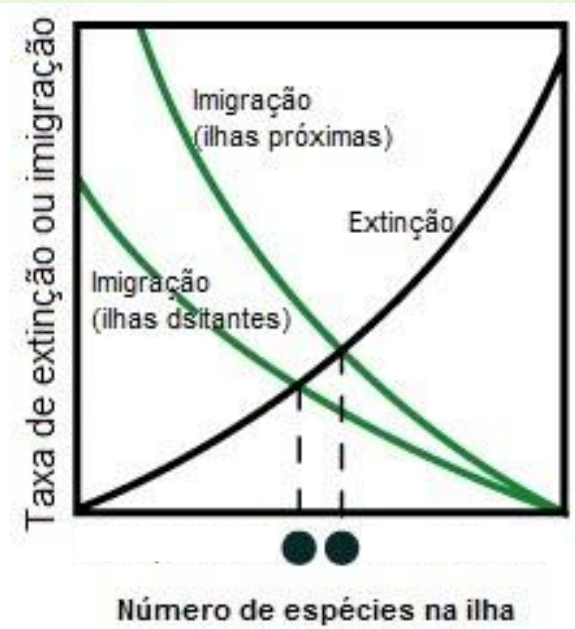
Modelo simples

**B**



Tamanho da ilha

**C**



Isolamento



# Padrões Insulares

- ❖ Krakatau (1883)
  - ✓ Recolonização rápida
  - ✓ 50 anos depois → reestabelecimento da vegetação
  - ✓ Recolonização aviária completa em 47 anos



# Defaunação experimental



D. Simberloff

- Os primeiros testes mais rigorosos da Teoria de MacArthur e Wilson
  - ✓ O papel de Daniel Simberloff
- Eliminação de todos os artrópodos de ilhas na Flórida

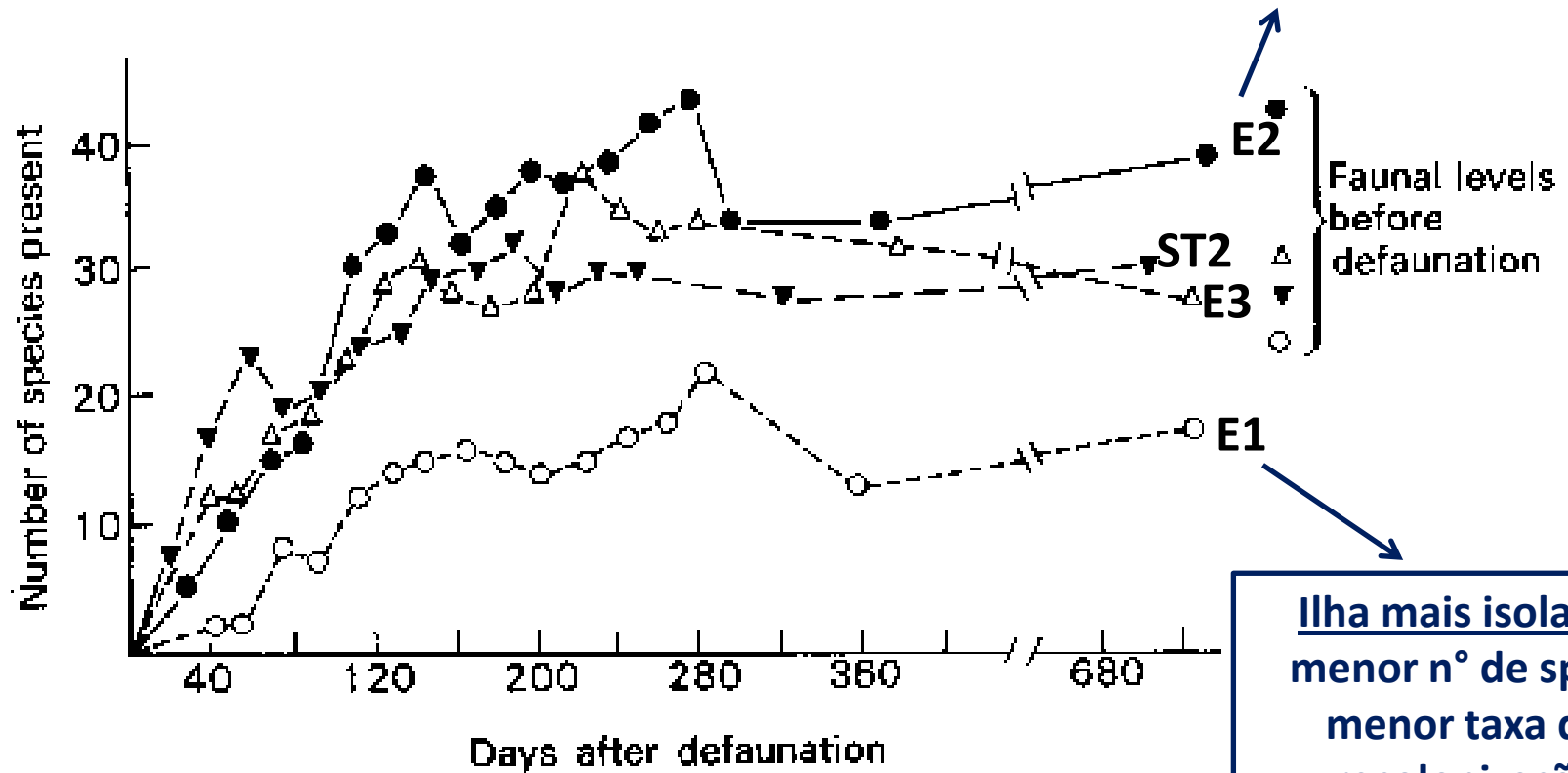


*Rhizophora mangle*



# Defaunação experimental

- A recolonização monitorada



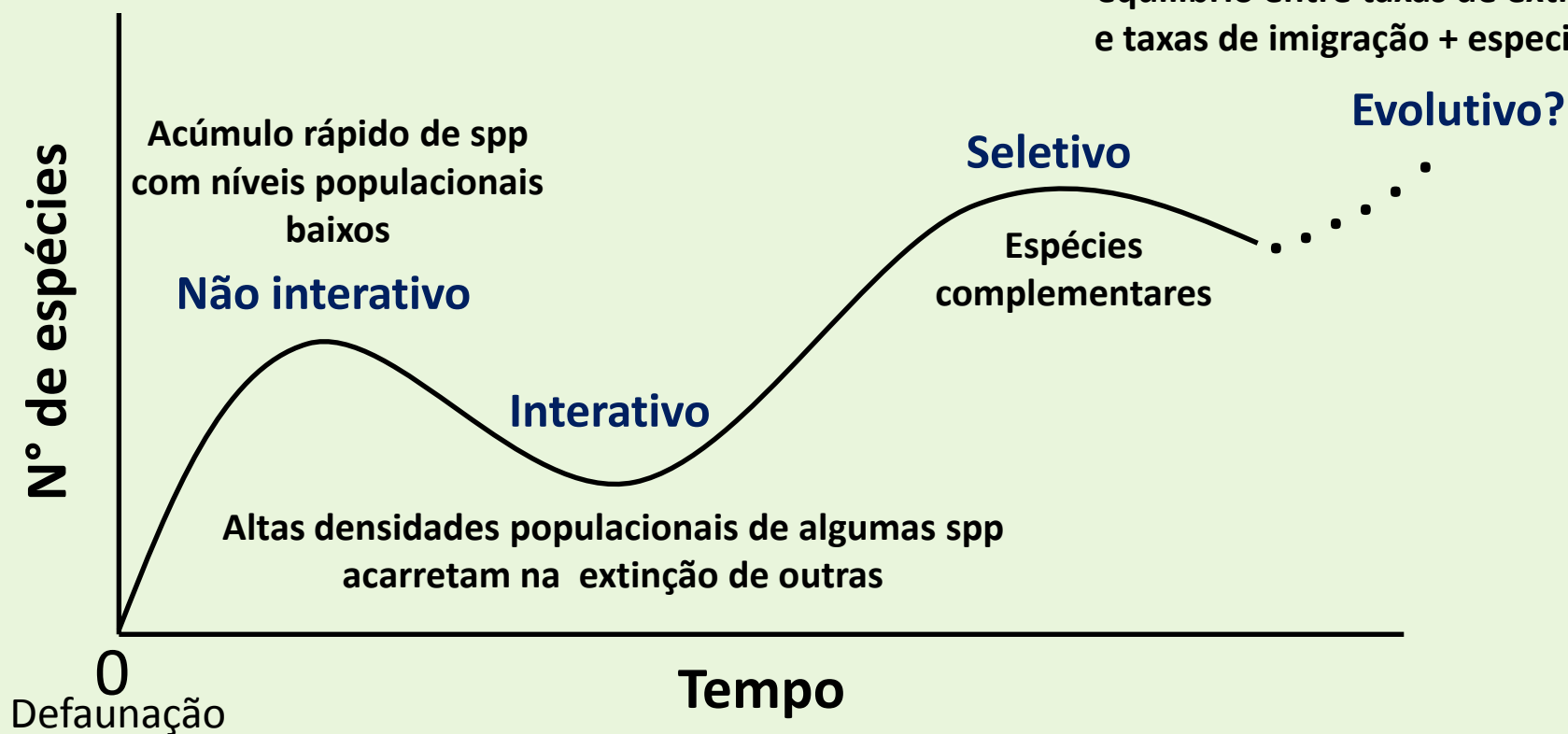
**Ilha maior e mais isolada:**  
riqueza continua a aumentar  
até atingir o equilíbrio

**Ilha mais isolada:**  
menor nº de spp e  
menor taxa de  
recolonização

# Defaunação experimental

- Os equilíbrios dinâmicos

Em ilhas mais isoladas e maiores :  
aumento da riqueza até gerar  
equilíbrio entre taxas de extinção  
e taxas de imigração + especiação



# Tendências evolutivas em Ilhas

---

- Observações de Darwin: ausência de voo e habilidade de dispersão reduzida de algumas espécies
  - ✓ Principalmente em ilhas oceânicas mais isoladas

## O pensamento de Darwin

Como poderiam essas formas relativamente sedentárias terem colonizado ecossistemas tão remotos?

- Estas formas eram fruto de um processo evolutivo gerado com a imigração de seus ancestrais
- O exemplo dos besouros na Ilha da Madeira
  - ✓ Incapacidade de voo decorrentes da seleção natural

# Tendências evolutivas em Ilhas

---

O ponto chave:

**“A seleção durante a imigração favorece os “bons nadadores”, mas uma vez que atingiram o “naufrágio” (ilha), a seleção então favorece os “maus nadadores”, aqueles que têm menos probabilidades de nadarem ou serem carregados pelos ventos para se perderem no mar.” (Darwin, 1859)**

# Um exemplo

---

## ○ As aves

- ✓ Ausência de voo e habilidade de dispersão reduzida observada em, pelo menos, 8 ordens, na maior parte dos arquipélagos oceânicos (Galápagos, Nova Zelândia, Havaí)

- ✓ Explicações:
  - ✓ Pressões seletivas associadas à ausência de predadores e de recursos limitados nas ilhas
  - ✓ Economia de energia



# Evolução do tamanho do corpo em ilhas

---

- O gigantismo e o nanismo refletem as diferenças nas pressões seletivas entre as spp
- Gigantismo → relaxamento ecológico
  - ✓ Aumento da diversidade alimentar
  - ✓ Produção de ninhos e de ninhadas maiores
  - ✓ Melhoria da eficiência na disputa territorial
  - ✓ Melhoria na eficiência geral da competição por recursos
  - ✓ Melhores reservas para o caso de condições de escassez





# Evolução do tamanho do corpo em ilhas

---

- Ser pequeno em ilhas também tem suas vantagens!
- Nanismo → limitação de recursos
  - ✓ Necessidade de menos recursos para sobreviver e reproduzir (importante em pequenas ilhas onde os recursos são mais escassos)
  - ✓ Indivíduos menores são mais especializados e eficientes na assimilação de nutrientes e energia
  - ✓ Exploração de pequenos abrigos e refúgios



**Populações insulares → combinações diversas de forças seletivas → tendência caótica**



**ARTIGOS 5 e 6**

# A NEW INSULAR SPECIES OF PITVIPER FROM BRAZIL, WITH COMMENTS ON EVOLUTIONARY BIOLOGY AND CONSERVATION OF THE *BOTHROPS JARARACA* GROUP (SERPENTES, VIPERIDAE)

OTAVIO A. V. MARQUES<sup>1</sup>, MARCIO MARTINS<sup>2,4</sup>, AND IVAN SAZIMA<sup>3</sup>

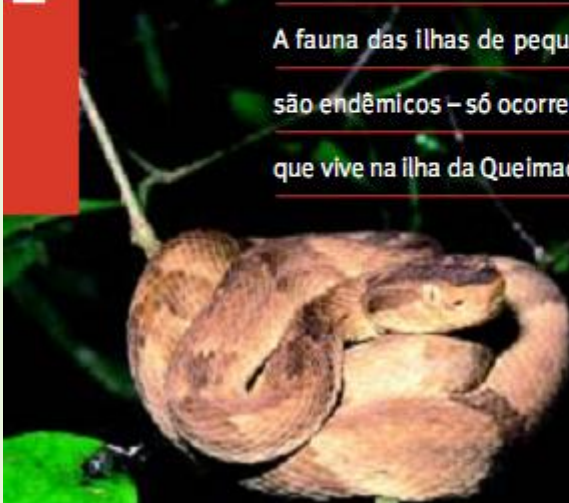
PRIMEIRA LINHA

HERPETOLOGIA Novos estudos podem ajudar a conservar serpente com características únicas

## A jararaca da ilha da Queimada Grande

A fauna das ilhas de pequeno porte é em geral pouco diversificada. Muitos animais insulares, porém, são endêmicos – só ocorrem naquela ilha. Um exemplo, no Brasil, é a jararaca-ilhoa, serpente venenosa que vive na ilha da Queimada Grande, em São Paulo. Nos últimos sete anos, o modo de vida dessa espécie

ameaçada vem sendo estudado detalhadamente, o que será útil para a sua conservação. Por **Otávio A. V. Marques**, do *Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan*, **Marcio Martins**, do *Departamento de Ecologia da Universidade de São Paulo*, e **Ivan Sazima**, do *Departamento de Zoologia e do Museu de História Natural, da Universidade Estadual de Campinas*.



# Introdução

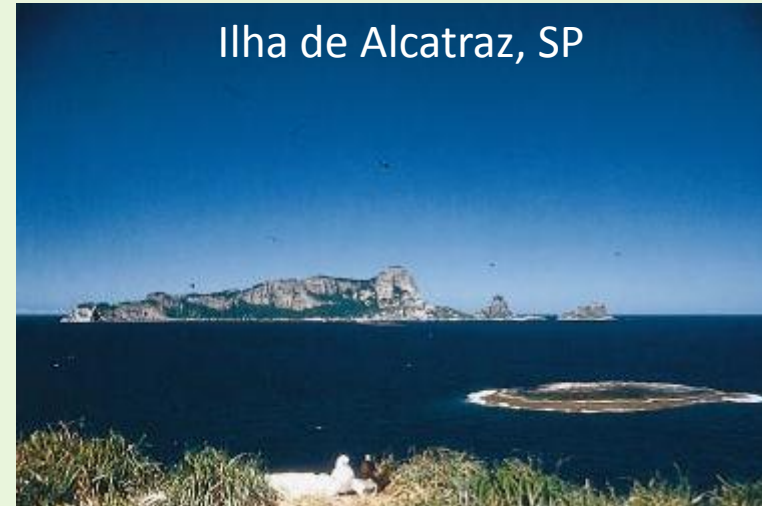
- A sistemática das jararacas (Ferrarezzi *et al.*, 2009)
- As jararacas das ilhas brasileiras
  - ✓ *Bothropoides insularis*, *B. alcatraz*, *B. jararaca* e *Bothrops jararacussu*



- As distâncias das ilhas em relação à costa
  - ✓ Menos de 1Km a 35Km
- A importância desses estudos

# A colonização de serpentes em ilhas

- Os colonizadores de ilhas
  - ✓ Répteis → bem sucedidos
  - ✓ Ectotermia
- O nanismo de espécies insulares
  - ✓ Tipo de dieta
  - ✓ Competição por recursos
  - ✓ Hábito arborícola ou semi arborícola
- Conservação (*B. alcatraz*)
  - ✓ Marinha (saco do funil)
  - ✓ Criticamente ameaçada (IUCN)



# História Natural

---

- *Bothropoides alcatraz*
  - ✓ Ilha de Alcatraz (35Km)
  - ✓ Hábito: semi arborícola e diurno
  - ✓ Dieta: lagartos, anfíbios e centopeias
  - ✓ Retenção de caracteres juvenis do ancestral → alimentação e veneno



- *Bothropoides insularis*
  - ✓ Ilha da Queimada Grande (30Km)
  - ✓ Hábito: arborícola e diurno
  - ✓ Dieta: 85% de passeriformes
  - ✓ Evolução peculiar do veneno



# A origem histórica destas espécies

---

- Transgressões marinhas durante o Pleistoceno, no período Quaternário (11.000 anos atrás)
- Especiação alopátrica



# Isolamento Ecológico – *B. insularis*

- Um evento anterior, mais antigo...
  - ✓ Presença, em altas proporções, de **hemiclítoris** nas fêmeas
  - ✓ Acredita-se que o hemiclítoris não tenha utilidade
  - ✓ Populações pequenas, indivíduos aparentados → deriva gênica
  
- A superpopulação da jararaca ilhoa
  - ✓ De 2 a 4 mil indivíduos na ilha
  - ✓ 60 indivíduos por dia x 3 no continente
  - ✓ Ausência de predadores
  - ✓ Grande disponibilidade de alimento
  
- Conservação (*B. insularis*)
  - ✓ Importância do seu veneno







**AULA 02**



**ESTUDOS DE CASO**



**ARTIGOS 7 e 8**

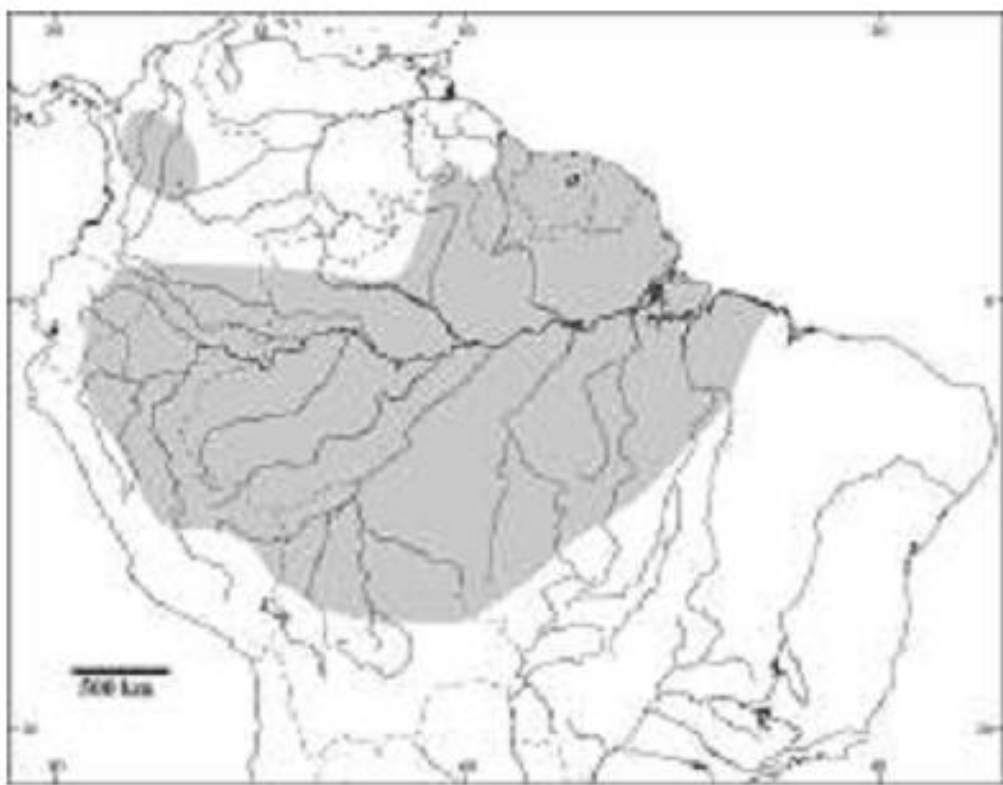
# The Emerald Puzzle: Geographic Variation in *Corallus caninus*

Robert W. Henderson

Section of Vertebrate Zoology, Milwaukee Public Museum, Milwaukee, WI 53233, USA (rh@mpm.edu)



# História Natural



Map illustrating the approximate range of the Emerald Treeboa (*Corallus caninus*).

## Habitat

- ✓ Arborícola
- ✓ Mata primária

## Comprimento

- ✓ 2 metros

## Distribuição:

- ✓ Guianas
- ✓ Venezuela
- ✓ Equador
- ✓ Peru (1000 m)
- ✓ Bolívia
- ✓ Amazônia brasileira

## Hábito e alimentação

- ✓ Noturno
- ✓ Roedores, lagartos, marsupiais e aves

# Padrões de colorido

Cobra esmeralda ou cobra papagaio



*Corallus hortulanus*



# Padrões de variação geográfica

Norte do rio Amazonas e leste do rio Negro

- ✓ Poucas ou ausentes manchas laterais
- ✓ Poucas escamas no focinho
- ✓ Região mental esbranquiçada

Pará e Maranhão

- ✓ Manchas laterais conspícuas, listras brancas no médio dorso
- ✓ Muitas escamas no focinho
- ✓ Região mental escura



# Conclusões

---

- Espécie com variação geográfica considerável
  - ✓ Guarda chuva taxonômico
- Algumas hipóteses para explicar as variações
  - ✓ Refúgios pleistocênicos
  - ✓ Rios como barreiras geográficas
  - ✓ Incursões oceânicas
- A especiação na Amazônia é complexa!
- Mais estudos são necessários para resolver este quebra cabeças



# Geographic Variation in the Emerald Treeboa, *Corallus caninus* (Squamata: Boidae)

Robert W. Henderson<sup>1</sup>, Paulo Passos<sup>2</sup>, and Darlan Feitosa<sup>3</sup>

- O trabalho de Vidal *et al.* (2005)
  - ✓ Sequências de DNA de cinco localidades
- Divergências entre população
  - ✓ Guiana e Venezuela
  - ✓ Peru e o restante das amostras
- Objetivo: reanalisar as populações de *Corallus caninus* comparando os dados moleculares com os morfológicos



# Metodologia e Resultados

- Análises
- A divisão
  - ✓ Proxim
  - ✓ Presen
  - gênico
  - ✓ Popula



pediriam o fluxo

**Grupo 1:** escudo das Guianas – norte do rio Amazonas e leste do rio Negro

**Grupo 2:** sul do rio Amazonas e leste do rio Tapajós

**Grupo 3:** oeste do rio Negro e oeste do rio Tapajós

# Resultados

- Grupo 1 difere dos demais grupos

## *Corallus caninus*

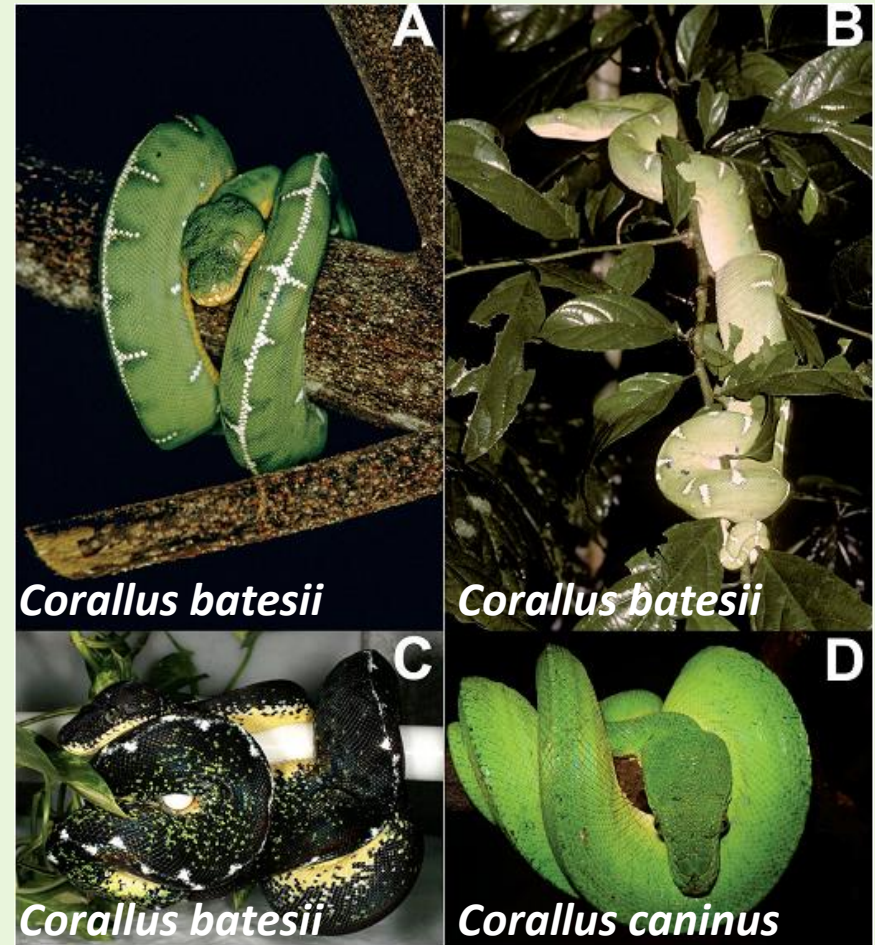
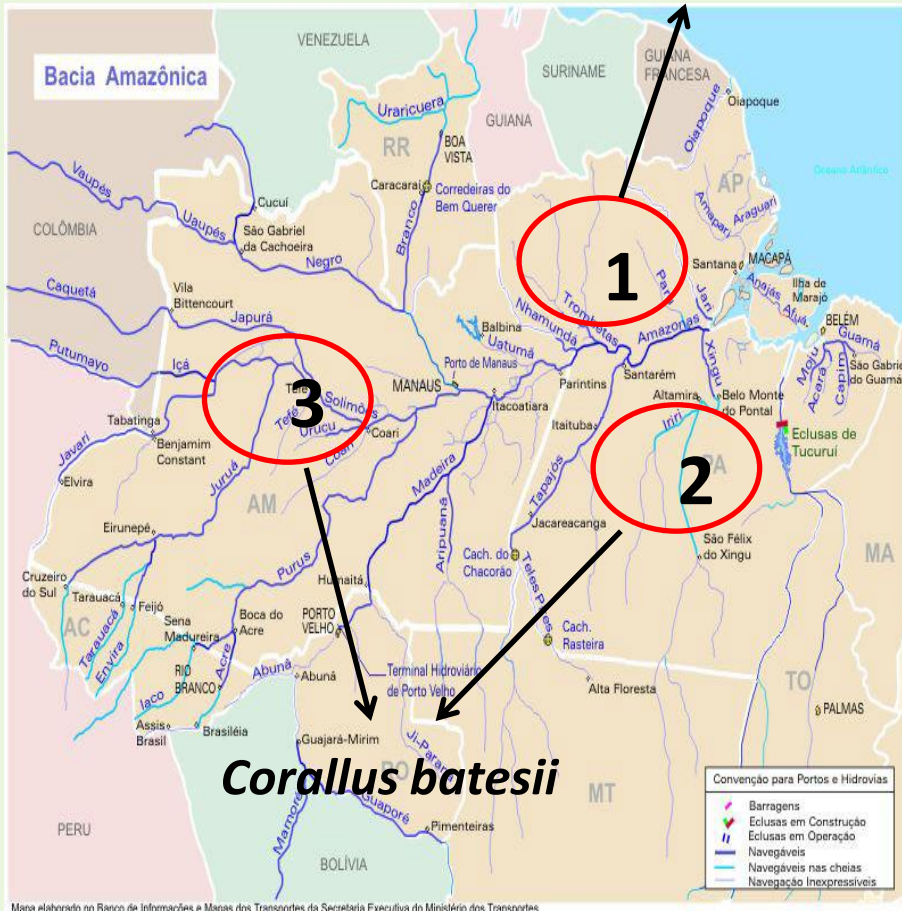


Fig. 4. (A) *Corallus batesii* from Santa Cecilia, Sucumbios, Ecuador (KU 121833); (B) *C. batesii* from Ariquemes, Rondônia, Brazil; (C) *C. cf. batesii* from an unknown locality; (D) *C. caninus* from Santa Elena de Uairen, Bolívar, Venezuela.

# Distribuição geográfica

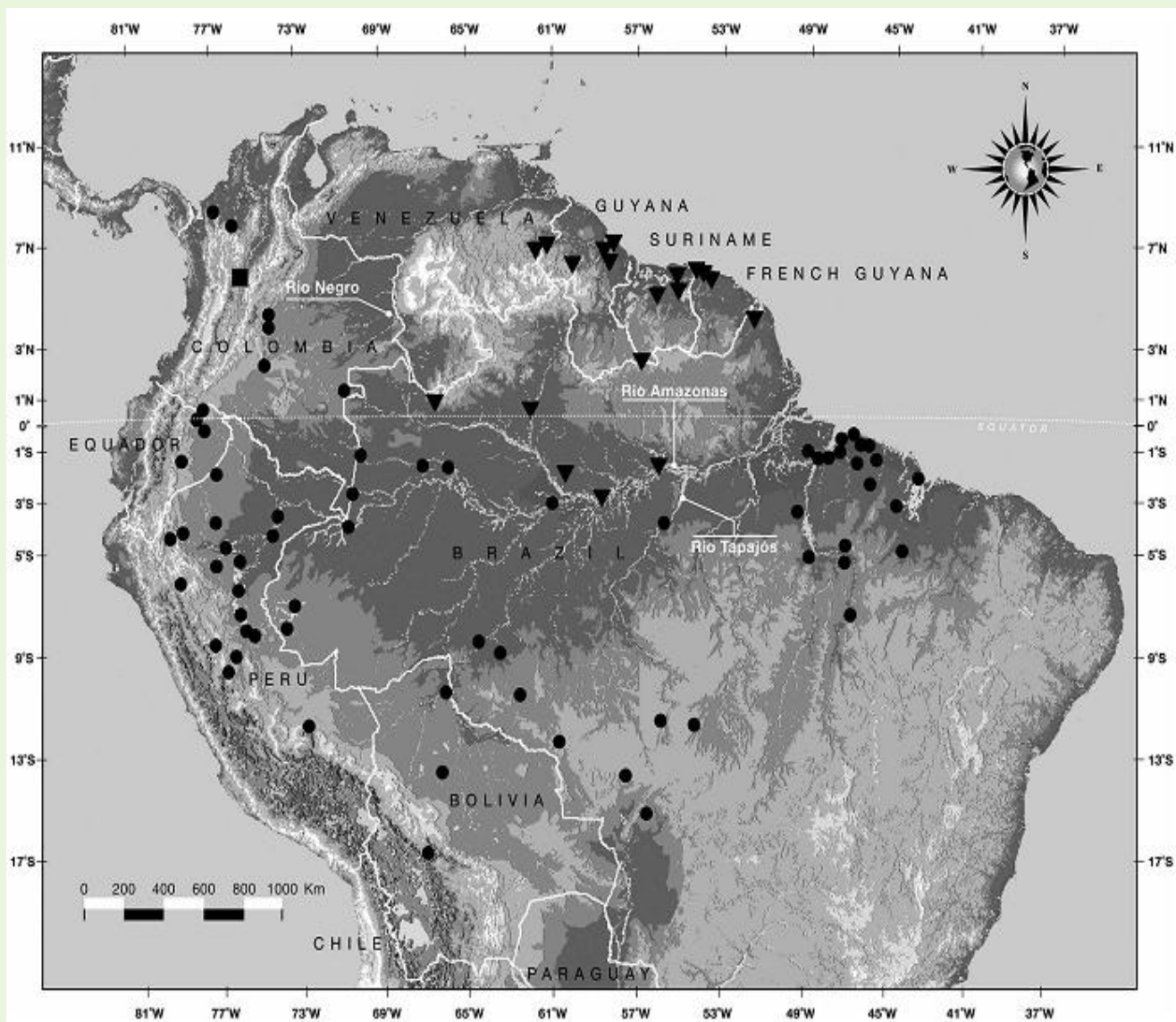


Fig. 5. Geographic distribution of *Corallus caninus* and *Corallus batesii*. Triangles = *C. caninus*, circles = *C. batesii*, square = recent record from the Rio Magdalena valley.

○ A Amazônia



○ A separação  
✓ Eventos

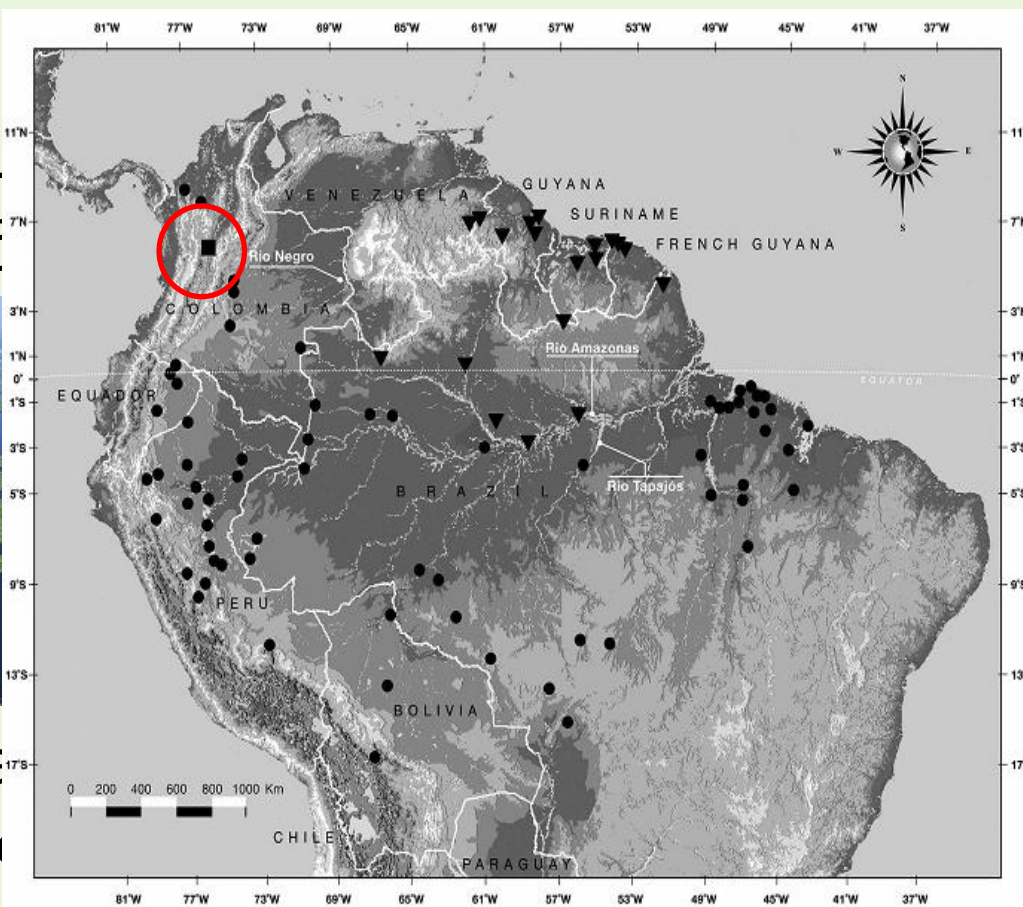


Fig. 5. Geographic distribution of *Corallus caninus* and *Corallus batesii*. Triangles = *C. caninus*, circles = *C. batesii*, square = recent record from the Rio Magdalena valley.

○ A dispersão via Cordilheira dos Andes (Colômbia)  
✓ Corredor andino entre a cordilheira central e a oriental → vale do rio Magdalena

○ Dispersão limitada pelo tamanho do corpo e habito

# Os processo biogeográficos

---

- Os três processo biogeográficos na Amazônia (25 m.a.)
  - ✓ Incursões marinhas → impactos sobre a formação dos rios
  - ✓ Barreiras fluviais
  - ✓ Formação de refúgios do Pleistoceno
- A reorientação dos rios Amazonas (Mioceno)
  - ✓ Separando as populações de *C. caninus* e *C. batesii* (5,3 e 25 m. a.)
- Barreiras do rio Amazonas e rio Negro
  - ✓ Obstáculo frágil



**ARTIGO 9**



ELSEVIER

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

 ScienceDirect

Molecular Phylogenetics and Evolution 43 (2007) 173–189

MOLECULAR  
PHYLOGENETICS  
AND  
EVOLUTION

[www.elsevier.com/locate/ympev](http://www.elsevier.com/locate/ympev)

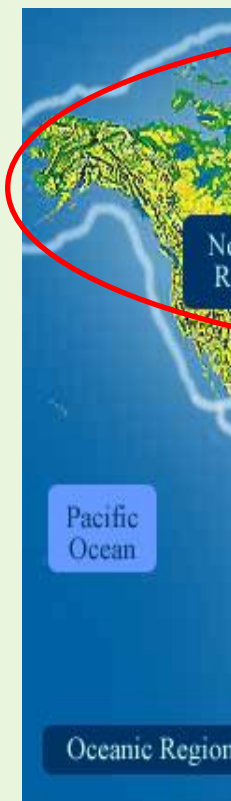
# How and when did Old World rat snakes disperse into the New World?

Frank T. Burbrink <sup>a,\*</sup>, Robin Lawson <sup>b,1</sup>





○ As intensas



ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA		
FANEROZÓICO	CENOZÓICA	Quaternário	Holoceno	0,01	
			Pleistoceno	1,8	
		Terciário	Neógeno	Plioceno	5,3
				Mioceno	24
			Paleógeno	Oligoceno	33
		Eoceno		54	
		Paleoceno	65		
	MESOZÓICA	Cretáceo		142	
		Jurássico		206	
		Triássico		248	
	PALEOZÓICA	Permiano		290	
		Carbonífero		354	
		Devoniano		417	
		Siluriano		443	
Ordoviciano		495			
Cambriano		545			
PROTEROZÓICO				2.500	
ARQUEANO				4.500 (Ma)	

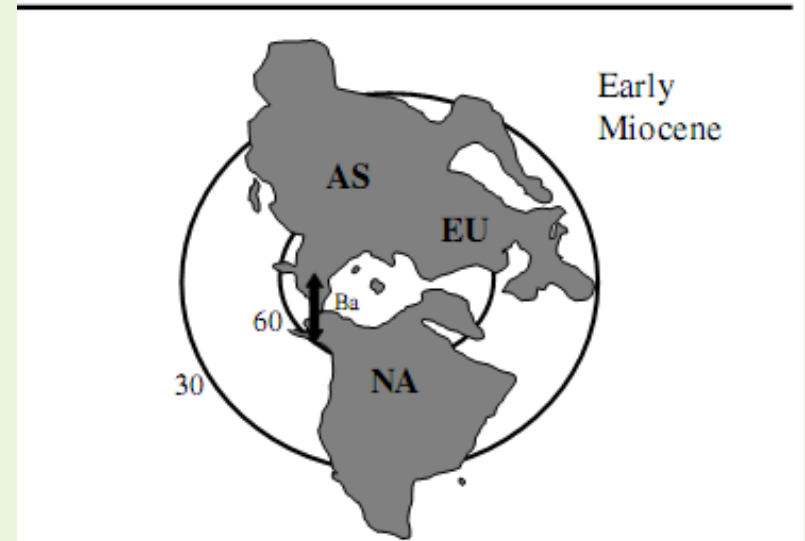
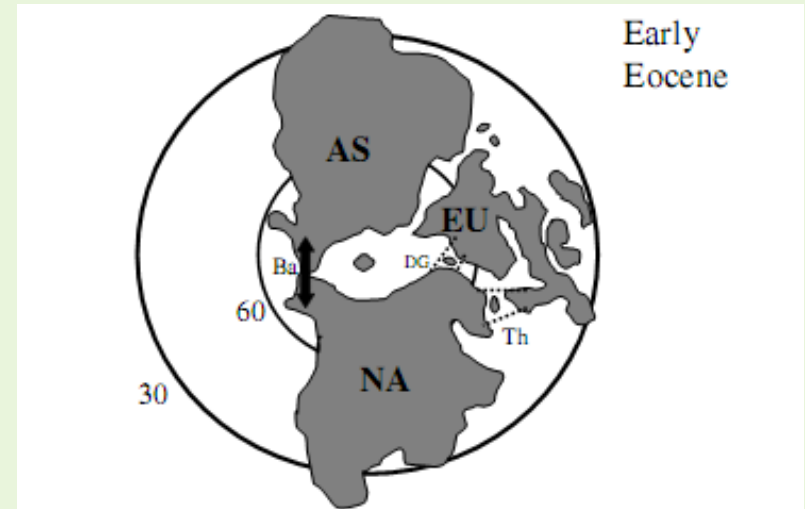
rtica, durante o



# Introdução

As duas maiores rotas de dispersão (45 – 65 m. a.)

- Trans-Atlântica
  - ✓ Mais antiga e mais comum no médio Terciário
  - ✓ Europa ao Leste da América do Norte
- Trans-Beringiana
  - ✓ Mais recente e mais comum no final do Terciário
  - ✓ Ásia oriental ao oeste da América do Norte



# Processos Históricos

---

- Moldam a distribuição dessas serpentes
  - ✓ Dispersão
  - ✓ Vicariância
  - ✓ Extinção

Filogenia de táxons existentes

+

Mapeamento das distribuições



inferir

Distribuições ancestrais

Distribuições ancestrais + Estimativas de tempo →

Rotas de dispersão ou eventos vicariantes

← Atual distribuição das espécies

# Objetivo e Metodologia

---

- Objetivo: examinar áreas e datas de origem e áreas e datas de dispersão de um determinado grupo de serpentes
- Sequência de DNA
  - ✓ DIVA (Biogeografia Cladística)
  - ✓ Método baseado em eventos (vicariância)
  - ✓ Estimar a área ancestral

# Resultados e Discussão

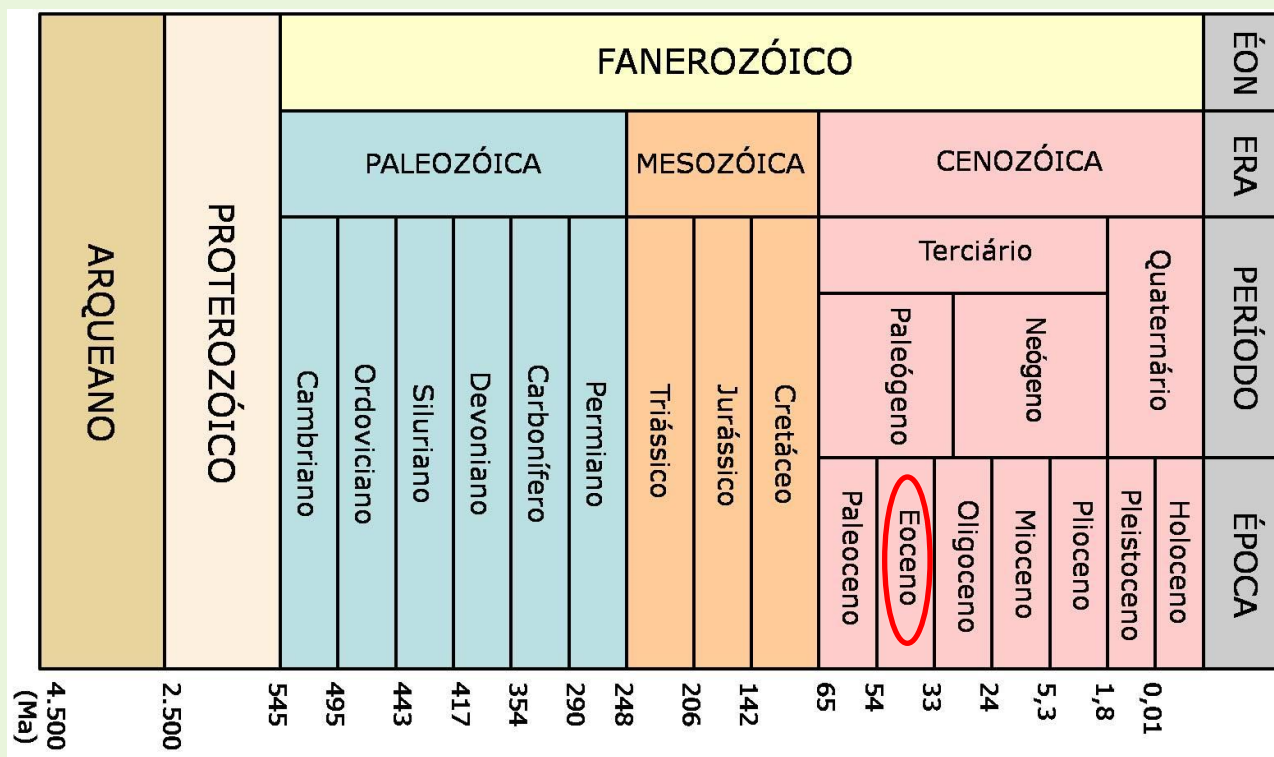
Table 3  
Ancestral area and divergence dates for nodes numbered in Fig. 3

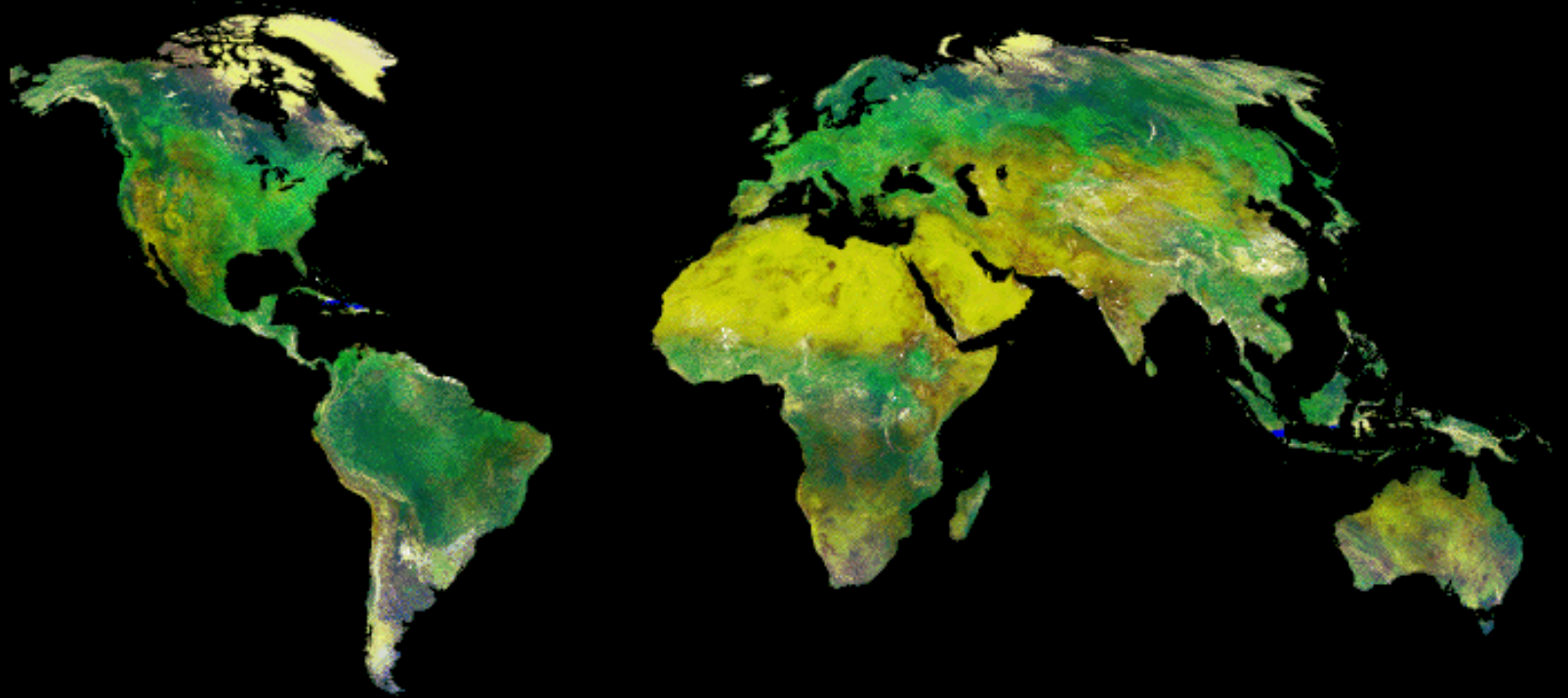
Node	Node support	DIVA	ML	Age using BI tree		Age using ML tree, BL = BS	Total mean age and CI values
				BL = BS	BL = PP		
1	0.980	WN, WN-EN	WN, O	25.633 (2.439)	24.2675 (4.197)	26.271 (2.770)	25.391 (24.920–25.860)
2	0.820	WP-WN, WP-EN, WP-EN-WN	WP	26.640 (2.671)	25.232 (4.634)	27.272 (2.981)	26.381 (25.863–26.897)
3	0.510	WP	WP	28.118 (2.974)	26.464 (5.149)	NA	27.379 (26.532–28.050)
4	0.580	WP	WP	26.039 (3.061)	24.243 (5.902)	27.967 (4.365)	26.083 (25.423–26.750)
5	0.580	WP, EP	WP-EP	28.620 (3.004)	27.389 (5.495)	NA	28.005 (27.195–28.815)
6	1.000	EP	WP-EP	23.523 (3.073)	21.368 (5.014)	23.333 (3.100)	22.744 (22.170–23.300)
7	0.600	EP	EP	21.989 (3.451)	19.545 (6.034)	NA	20.767 (19.880–21.700)
8	0.980	EP	WP-EP	20.146 (2.121)	18.044 (5.507)	NA	19.095 (18.320–19.875)
9	0.870	EP	WP-EP	29.527 (3.243)	28.234 (5.839)	NA	28.881 (28.020–29.600)
10	1.000	EP-O	EP-O	30.650 (3.451)	29.230 (6.153)	29.974 (3.465)	29.951 (29.277–30.623)
11	1.000	O	O	26.012 (3.618)	24.711 (6.099)	24.278 (3.460)	25.000 (24.330–25.670)
12	1.000	EP, O, O-EP	O	32.922 (3.860)	31.457 (7.048)	33.093 (4.073)	32.491 (31.723–33.270)
13	1.000	O, O-EP	O	33.952 (4.057)	32.792 (7.493)	33.831 (4.147)	33.525 (32.703–34.337)
14	0.650	EP, O, O-EP	EP	31.755 (4.708)	29.473 (8.233)	NA	30.614 (29.400–31.830)
15	0.990	O	O	37.470 (4.880)	35.260 (8.524)	37.075 (4.816)	36.602 (35.667–37.540)
16	1.000	O	O	25.382 (3.828)	24.209 (5.675)	24.922 (3.777)	24.838 (24.190–25.483)
17	0.660	O	O	39.292 (5.401)	37.755 (9.392)	NA	38.524 (37.140–39.910)
18	1.000	O	O	33.819 (5.056)	32.108 (9.171)	33.238 (5.637)	33.055 (32.043–34.073)
19	0.590	O	O	40.185 (5.156)	38.662 (9.450)	39.264 (5.130)	39.357 (38.340–40.400)
20	0.930	O	O	38.002 (6.126)	40.076 (9.573)	36.362 (6.409)	38.147 (37.057–39.237)
21	1.000	O	O	5.812 (1.358)	6.455 (1.395)	5.749 (1.309)	6.005 (5.833–6.180)
22	1.000	EP-O	O	27.862 (4.980)	26.431 (9.831)	26.669 (5.104)	26.987 (25.927–28.047)

The most parsimonious ancestral areas for each node using divergence–vicariance analysis (DIVA) and ML on the BI tree (Figs. 2 and 3) are presented. Zoogeographic regions analyzed for ancestral area inferences are abbreviated as follows: Western Palearctic (WP), Eastern Palearctic (EP), Oriental (O), Western Nearctic (WN), and Eastern Nearctic (EN). Mean age estimates and standard deviations (in parentheses) for the labeled nodes in Fig. 3 are presented for the BI tree (Fig. 2) with branch lengths (BL) estimated using 1000 nonparametric bootstraps (BS) or the posterior probability distribution (PP) from the BI analysis, and the ML tree (Fig. 1) with BL estimated using BS. The mean age of all three trees and BL estimates of age along with mean confidence intervals (CI) are presented.

# Resultados e Discussão

- Resultados de acordo com outras rotas propostas para lagartos através da Trans-Beringiana (Macey *et al.*, 2005)
  - ✓ Três eventos independentes de dispersão resultaram na diversidade da região Neártica
  - ✓ Início no Eoceno





---

# ARTIGO 10

---





ELSEVIER

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Molecular Phylogenetics and Evolution 45 (2007) 168–179

---

---

MOLECULAR  
PHYLOGENETICS  
AND  
EVOLUTION

---

---

[www.elsevier.com/locate/ympev](http://www.elsevier.com/locate/ympev)

# Molecular dating and phylogenetic relationships among Teiidae (Squamata) inferred by molecular and morphological data

Lilian Gimenes Giugliano <sup>a</sup>, Rosane Garcia Collevatti <sup>b</sup>, Guarino Rinaldi Colli <sup>a,\*</sup>



# Introdução

- **Teiidae (*sensu* Presch, 1974)**
  - 10 gêneros viventes



***Ameiva***



***Aspidoscelis***



***Cnemidophorus***



***Callopistes***



***Tupinambis***



***Crocodylurus***



***Dicrodon***



***Dracaena***



***Kentropyx***



***Teius***



*Callopistes*



*Tupinambis*



*Crocodilurus*



*Dicrodon*



*Dracaena*



*Kentropyx*



*Teius*



*Cnemidophorus*



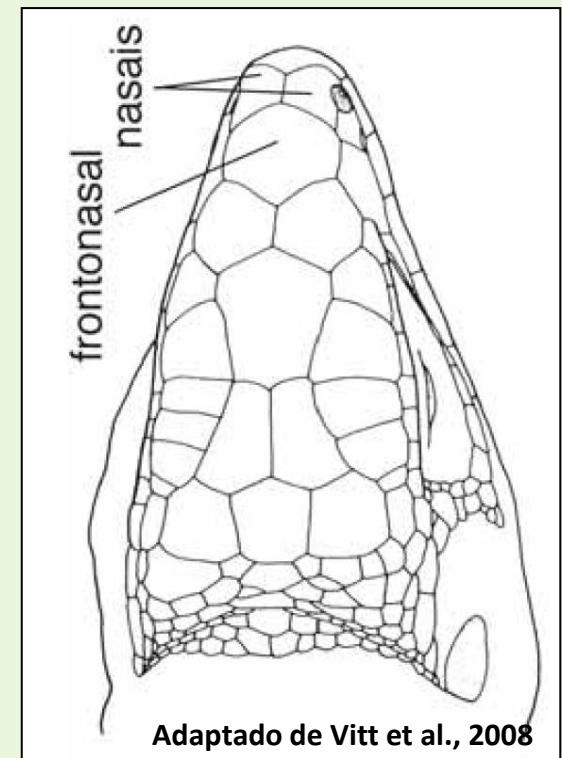
*Ameiva*



*Aspidoscelis*

# Introdução

- Teiidae
- Boulenger (1885)
  - 4 grupos
    - Morfologia externa
    - Grupo 1 (macroteídeos)
      - Ausência de escamas frontonasais separando as placas nasais anteriores, membros bem desenvolvidos e tamanho corporal de médio a grande porte.
      - Atualmente únicos elementos de Teiidae (*sensu* Presch 1974)



# Introdução

- Proposta de dois grupos monofiléticos (Presch 1983)

## – Teiinae

- *Ameiva*
- *Cnemidophorus*
- *Aspidoscelis*
- *Kentropyx*

cnemidophorinos

- *Teius*
- *Dicrodon*

???

## – Tupinambinae

- *Tupinambis*
- *Callopistes*
- *Dracaena*
- *Crocodylurus*

(grupo irmão) Vanzolini e Valencia 1965

(grupo irmão) Presch 1974

(grupo irmão) Teixeira 2003

# Introdução

- 16 gêneros fósseis do Cretáceo são conhecidos na América do Norte

**Fóssil mais antigo conhecido pertencente às subfamílias atuais data do Paleoceno, encontrado na América do Sul.**

Eon	Era	Período	Época	Milhões de anos	Principal evento	
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	Recente	0,01		
			Pleistoceno	1,6	← Aparecimento do homem	
		Terciário	Plioceno		5,3	
				Mioceno	23,7	
				Oligoceno	36,6	
			Eoceno		57,8	
				Paleoceno	66	← Extinção dos dinossauros
	Mesozóico	Cretáceo		144		
		Jurássico		208		
		Triássico		245	← Mamíferos Separação do Pangéa	
	Paleozóico	Permiano		286	← Dinossauros	
		Carbonífero		360	← Répteis	
		Devoniano		408	← Anfíbios	
		Siluriano		438	← Plantas terrestres	
		Ordoviciano		505	← Peixes	
	Pré-Cambriano	Proterozóico		570		
			2500	← Moluscos		
	Arqueano			3800		
				4600	← Primeiro registro de vida	



# Introdução

Os fósseis mais antigos representando gêneros atuais datam do Mioceno, incluindo os gêneros sul-americanos *Tupinambis* e *Dracaena*

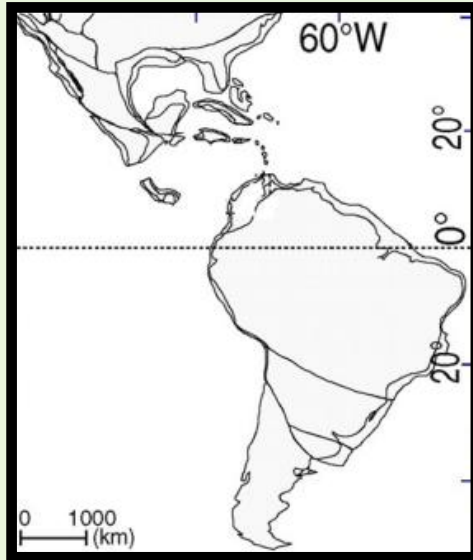


*Tupinambis*



*Dracaena*

# Introdução



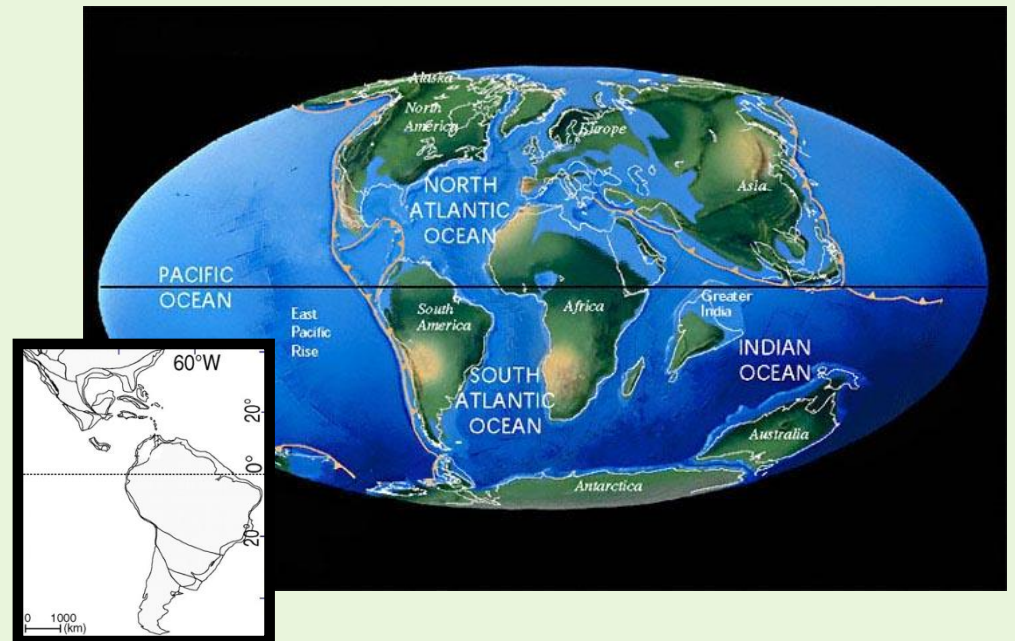
Eon	Era	Período	Época	Milhões de anos	Principal evento
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	Recente	0,01	
			Pleistoceno	1,6	← Aparecimento do homem
		Terciário	Plioceno	5,3	
			Mioceno	23,7	
			Oligoceno	36,6	
			Eoceno	57,8	
	Paleoceno	66	← Extinção dos dinossauros		
	Mesozóico	Cretáceo	144		
		Jurássico	208		
		Triássico	245	← Mamíferos	
		Permiano	286	← Separação do Pangéa	
	Paleozóico	Carbonífero	360	← Dinossauros	
		Devoniano	408	← Répteis	
		Siluriano	438	← Anfíbios	
Ordoviciano		505	← Plantas terrestres		
Cambriano		570	← Peixes		
Pré-Cambriano	Proterozóico		← Moluscos		
	Arqueano	2500			
				← Primeiro registro de vida	
				3800	
				4600	

Estudos sugerem que *Cnemidophorus* evoluiu ao norte do Istmo do Panamá e *Ameiva* ao sul, a partir de um ancestral comum amplamente distribuído. O fechamento do Istmo do Panamá no Plioceno haveria permitido a migração posterior.

# Introdução

- Grande controvérsia quanto a filogenia de Teiidae e seu registro fóssil
- Os gêneros viventes de Teiidae originaram-se entre o Paleoceno e o Mioceno, quando a América do Sul ainda estava isolada da América Central e do Norte

MAA	Época	Período	Era
0,01	Holoceno	Neogeno	Cenozóico
2	Pleistoceno		
5	Plioceno		
23	Mioceno	Paleogeno	
36	Oligoceno		
55	Eoceno		
65	Paleoceno		



# Objetivo

- O presente estudo consiste na análise filogenética de Teiidae baseado em sequências de DNAm 12S e 16S e uma datação molecular por métodos bayesianos. Também foi realizada uma análise filogenética combinada com a adição de caracteres morfológicos e ultraestruturais obtidos em Teixeira (2003). Por fim, foi proposto um novo cenário biogeográfico para a evolução de Teiidae baseado na análise das áreas ancestrais.

# Metodologia

- **Método analítico em Biogeografia Cladística**  
– *Análise de Dispersão-Vicariância (DIVA)*

*Revista da Biologia (2011) Vol. Esp. Biogeografia: 18-25*

Revisão

## **Biogeografia baseada em eventos: uma introdução**

Event-based biogeography: an introduction

**Renato Recoder**

*Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP Brasil*

# Metodologia

- ***Análise de Dispersão–Vicariância (DIVA)*** (RONQUIST, 1997; 2001)
  - Inferência de cenários biogeográficos baseados em eventos
  - Reconstrói a distribuição ancestral para cada nó de uma filogenia, através da otimização de uma matriz tridimensional de custos, produzida por meio de um conjunto de regras em que os eventos recebem custos relativos, inversamente proporcionais à chance de ocorrência dos mesmos no passado

# Metodologia

- ***Análise de Dispersão–Vicariância (DIVA)*** (RONQUIST, 1997; 2001)
  - Programa DIVA 1.1 (Ronquist 1997)
  - Quatro extensas áreas separadas por grandes barreiras geográficas do Terciário, que tiveram papel fundamental na diversificação da herpetofauna sul-americana, foram delimitadas para a análise:
    - América do Sul *trans*-Andina
    - América do Sul *cis*-Andina
    - Antilhas
    - América Central e do Norte

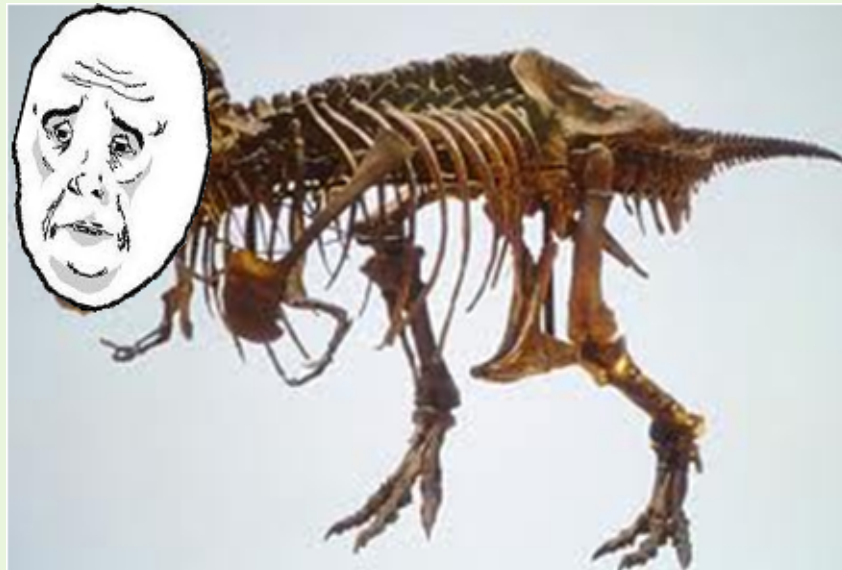
# Metodologia

- Métodos de estimativa de datação (CARVALHO & ALMEIDA, 2010)
  - 1) Com base na idade do fóssil mais antigo conhecido
  - 2) Fundamentada na idade da camada estratigráfica da qual o fóssil é endêmico
  - 3) Baseada na idade dos eventos paleográficos supostamente associados à história do táxon



# Metodologia

- Métodos de estimativa de datação (CARVALHO & ALMEIDA, 2010)
  - Qual o problemas na datação a partir de fósseis?



# INFORMAÇÃO TEMPORAL

## COINCIDÊNCIA TEMPORAL

SIM

NÃO

CONGRUÊNCIA

PESEUDOCONGRUÊNCIA

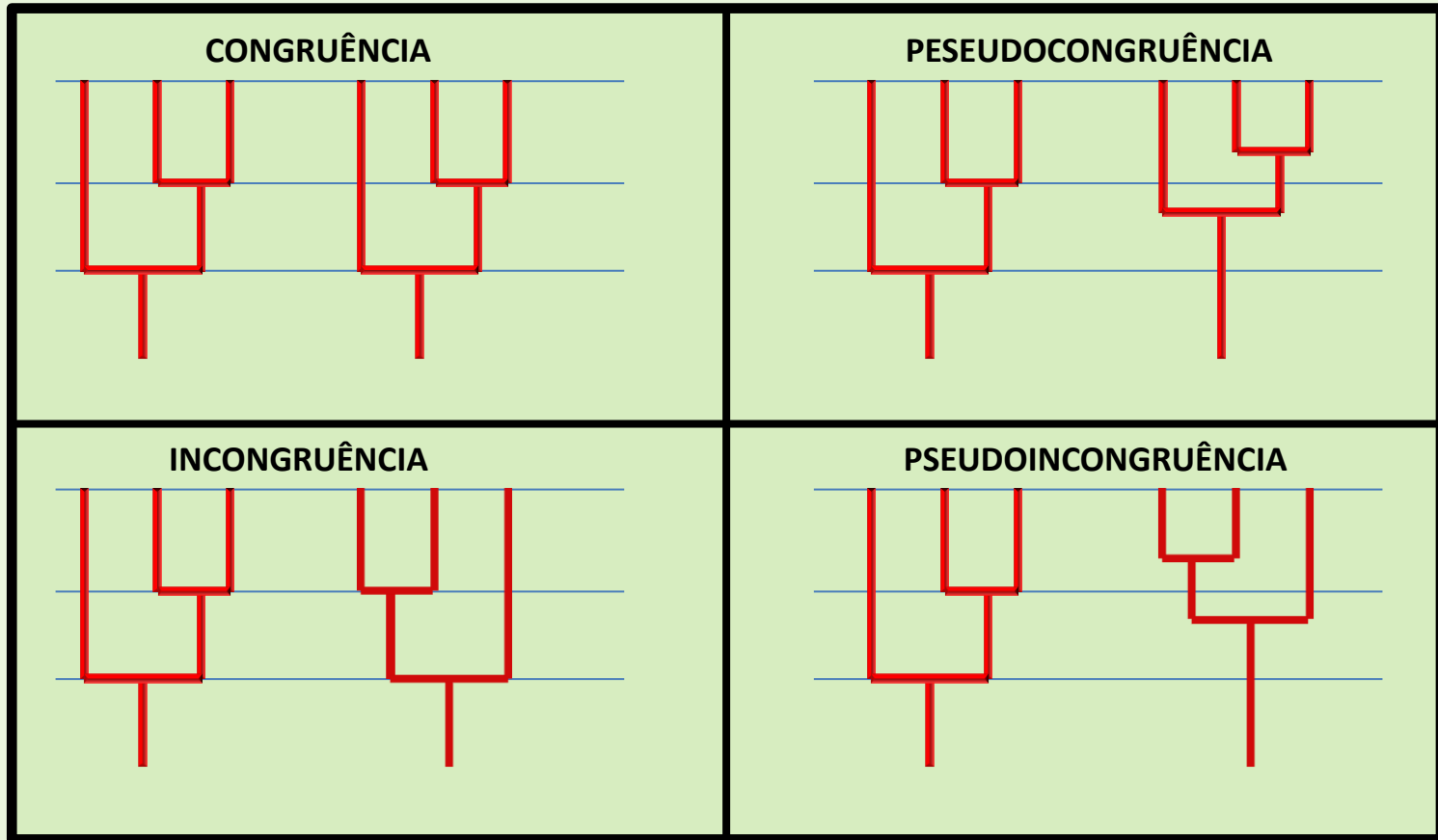
SIM

NÃO

INCONGRUÊNCIA

PSEUDOINCONGRUÊNCIA

CONGRUÊNCIA TOPOLÓGICA



# Metodologia

- **Datação molecular**

- Tempo de divergência (Multidistribute; Thome *et al.* 1998)
- Registro fóssil foi utilizado para calibração do tempo mínimo de divergência

# Resultados\*

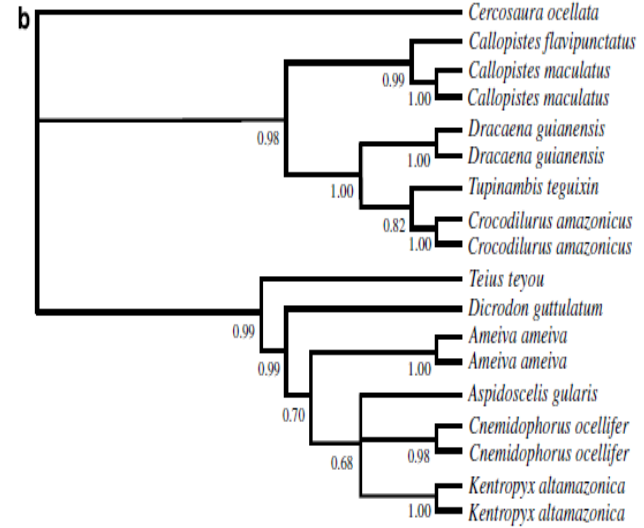
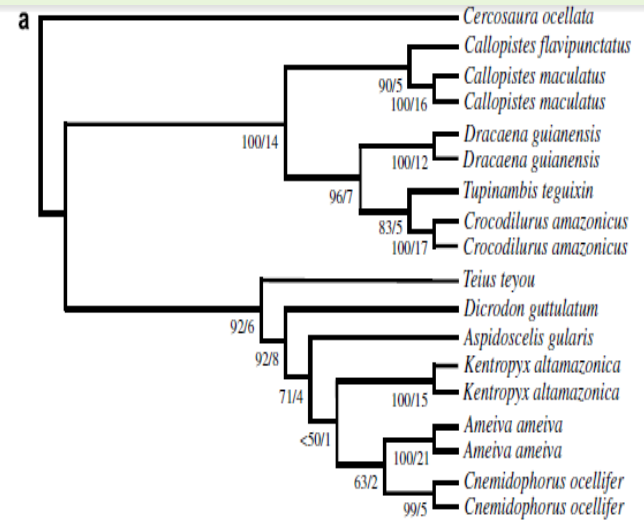
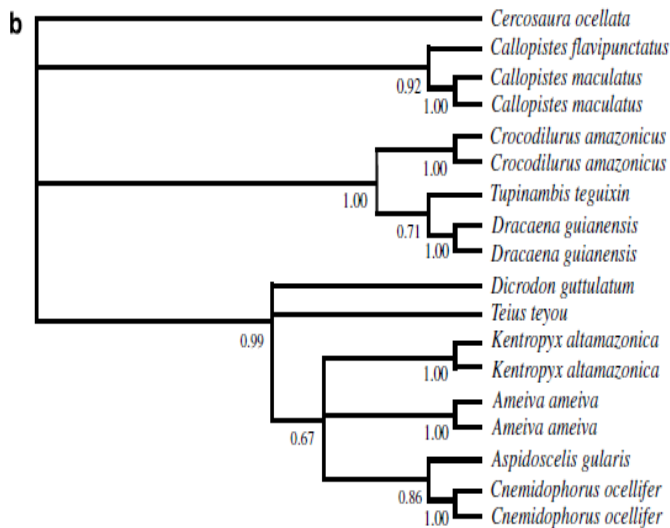
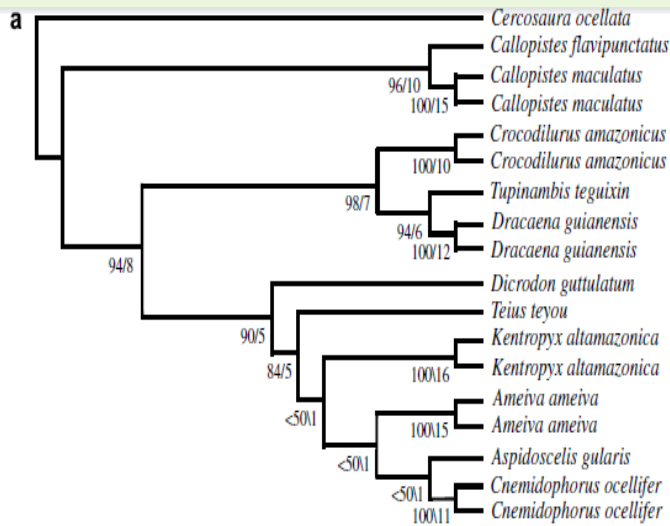


Fig. 1. Teiid phylogeny inferred from 12S sequences. (a) Most parsimonious tree, with bootstrap and Bremer support values, respectively. (b) Tree inferred by Bayesian analysis using the TrN+I+G model, with posterior probability values.

Fig. 2. Teiid phylogeny inferred from 16S sequences. (a) Most parsimonious tree, with bootstrap and Bremer support values, respectively. (b) Tree inferred by Bayesian analysis using the TrN+I+G model, with posterior probability values.

# Resultados

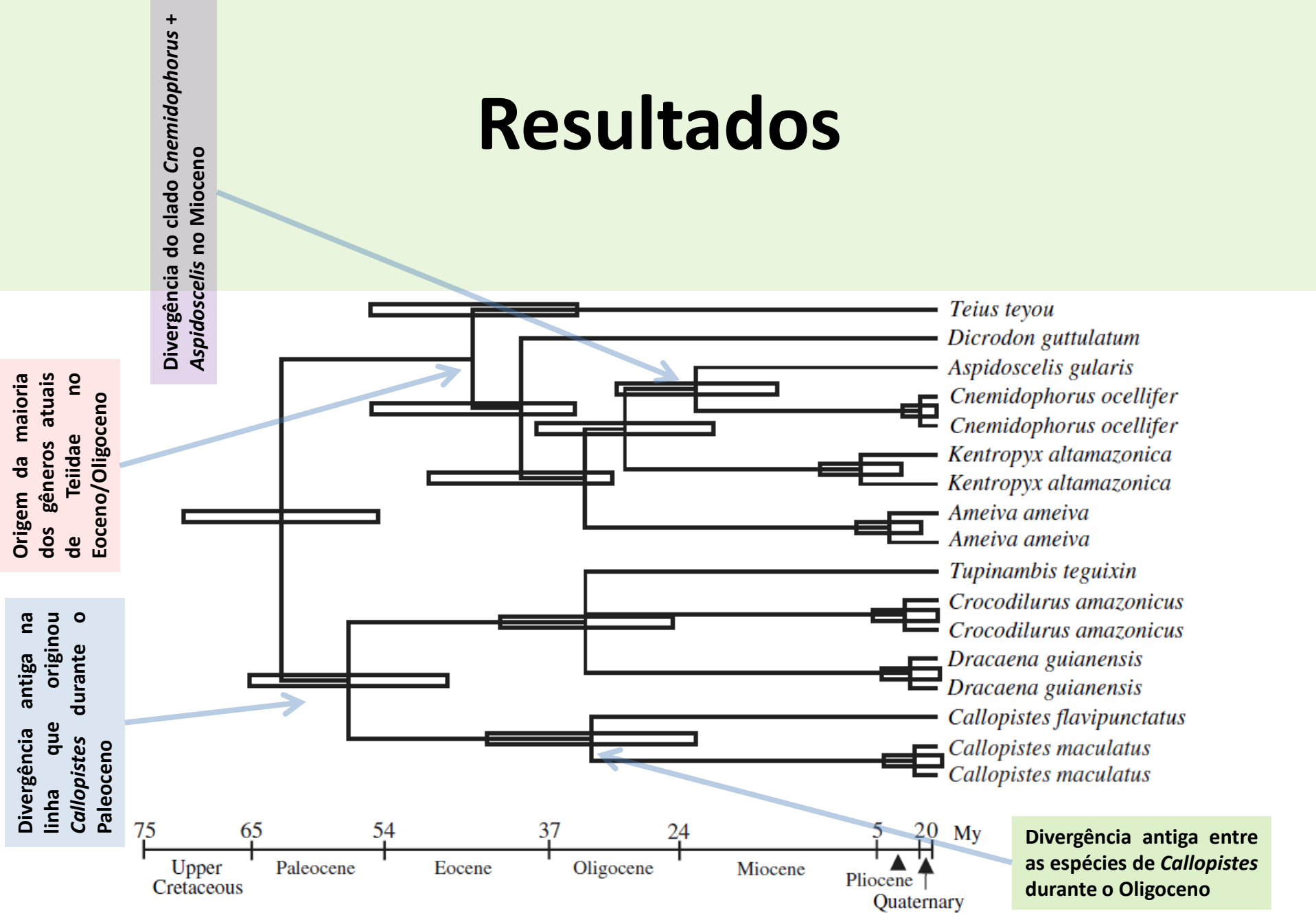


Fig. 5. Cronogram of teiid evolution based on the combined molecular data (12S + 16S), with divergence times estimated from a Bayesian relaxed molecular clock approach. Boxes indicate mean divergence time  $\pm$  one standard deviation.

# Resultados

- Cenário evolutivo (datação molecular + DIVA [abaixo] + registro fóssil + distribuição atual dos gêneros + conhecimento sobre o ambiente e mudanças geológicas durante o Terciário)

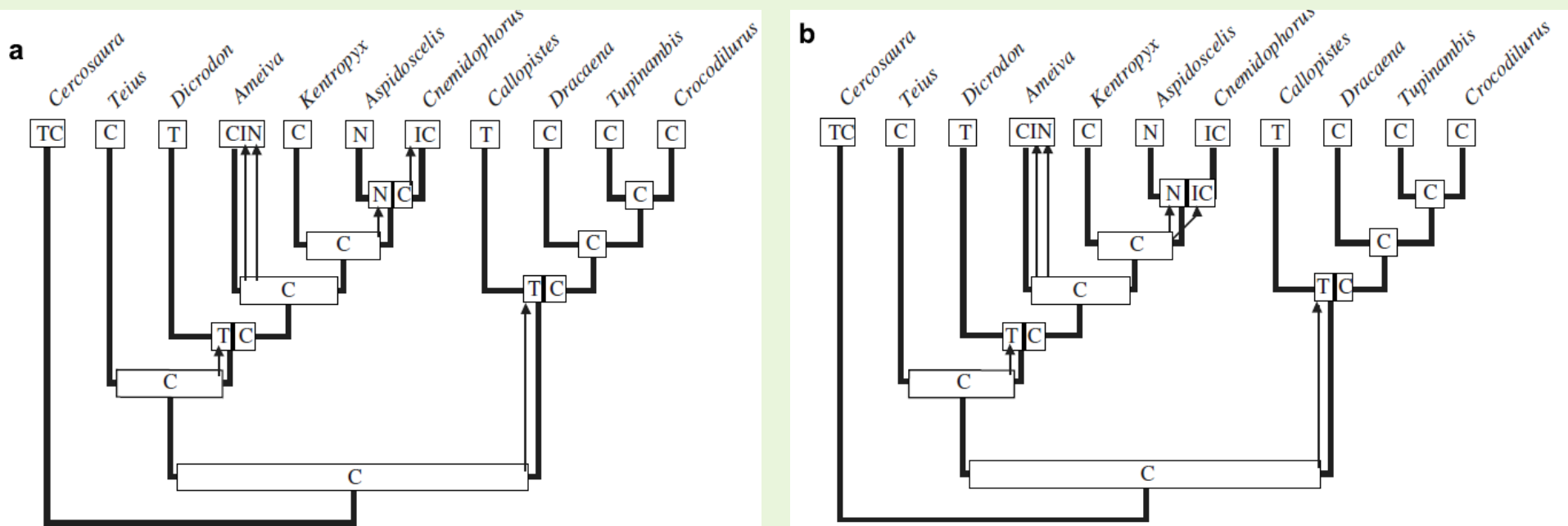
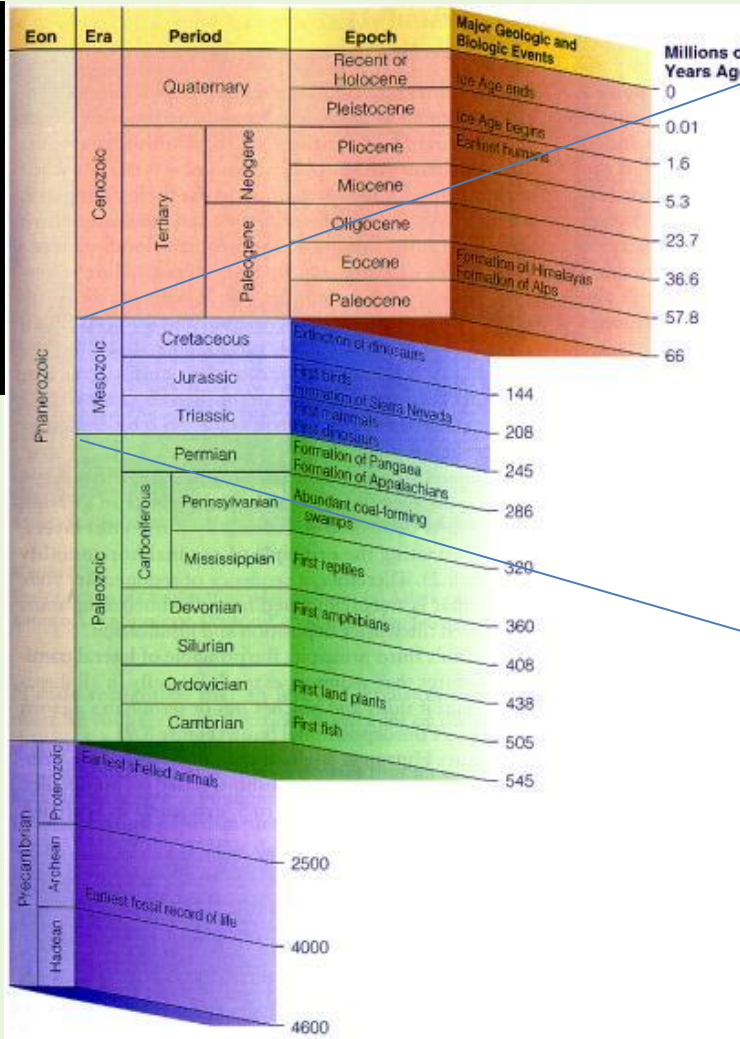
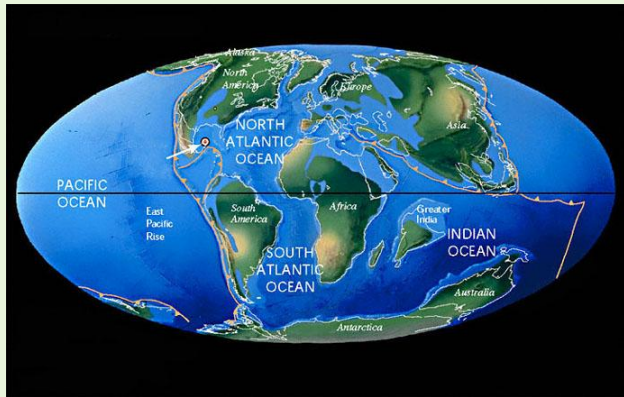


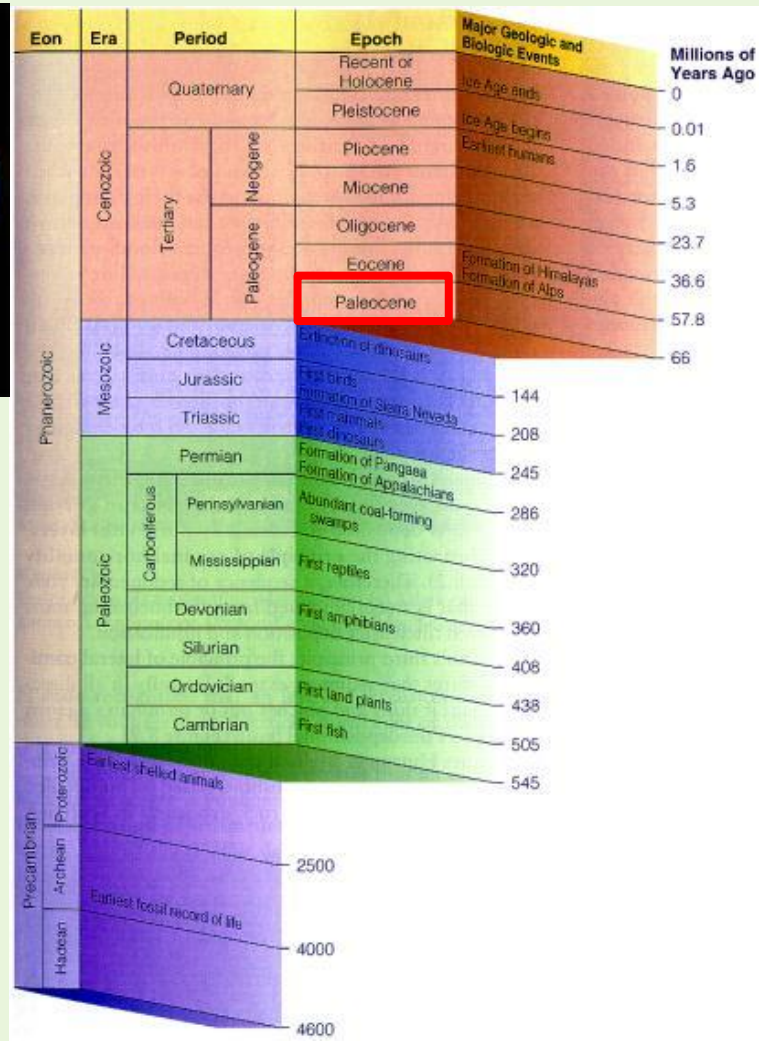
Fig. 6. Four major geographic areas used in the dispersal-vicariance analysis and reconstructed ancestral distributions for each node on the two most parsimonious solution obtained (a and b), based on the total evidence (molecules + morphology) analysis of teiids. Arrows indicate dispersals and vertical bars indicate vicariance events. C: cis-Andean South America, I: West Indies, N: Central and North America, T: trans-Andean South America.

# Mais antigos fósseis de Teiidae datam do início do Cretáceo (América do Norte)



ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE	DURAÇÃO
MESOZÓICA	CRETÁCEO	Superior	Maastrichtiano	65,5 - 70,6 Ma
			Campaniano	70,6 - 83,5 Ma
			Santoniano	83,5 - 85,8 Ma
			Coniaciano	85,8 - 89,3 Ma
			Turoniano	89,3 - 93,5 Ma
		Cenomaniano	93,5 - 99,6 Ma	
		Inferior	Albiano	99,6 - 112 Ma
			Aptiano	112 - 125 Ma
			Barremiano	125 - 130 Ma
			Hauteriviano	130 - 136,4 Ma
	Valanginiano		136,4 - 140,2 Ma	
	JURÁSSICO	Superior	Berriasiano	140,2 - 145,5 Ma
			Tithoniano	145,5 - 150,8 Ma
			Kimmeridgiano	150,8 - 155,7 Ma
			Oxfordiano	155,7 - 161,2 Ma
			Calloviano	161,2 - 164,7 Ma
		Médio	Bathoniano	164,7 - 167,7 Ma
			Bajociano	167,7 - 171,6 Ma
			Aaleniano	171,6 - 175,6 Ma
			Toarciano	175,6 - 183 Ma
Pliensbachiano			183 - 189,6 Ma	
Inferior	Sinemuriano	189,6 - 196,5 Ma		
	Hettangiano	196,5 - 199,6 Ma		
	Rhaetiano	199,6 - 203,6 Ma		
	Norian	203,6 - 216,5 Ma		
	Carniano	216,5 - 228 Ma		
TRIÁSSICO	Superior	Ladiniano	228 - 237 Ma	
		Anisiano	237 - 245 Ma	
	Médio	Olenekiano	245 - 249,7 Ma	
		Induano	249,7 - 251 Ma	

**Entretanto, os fósseis mais antigos representando a linhagem vivente datam do Paleoceno (América do Sul)**



**Provável dispersão pelo Arco Vulcânico do Cretáceo, que conectou brevemente as Américas do Sul e Norte**



## Divergência antiga na linha que originou *Callopistes* durante o Paleoceno

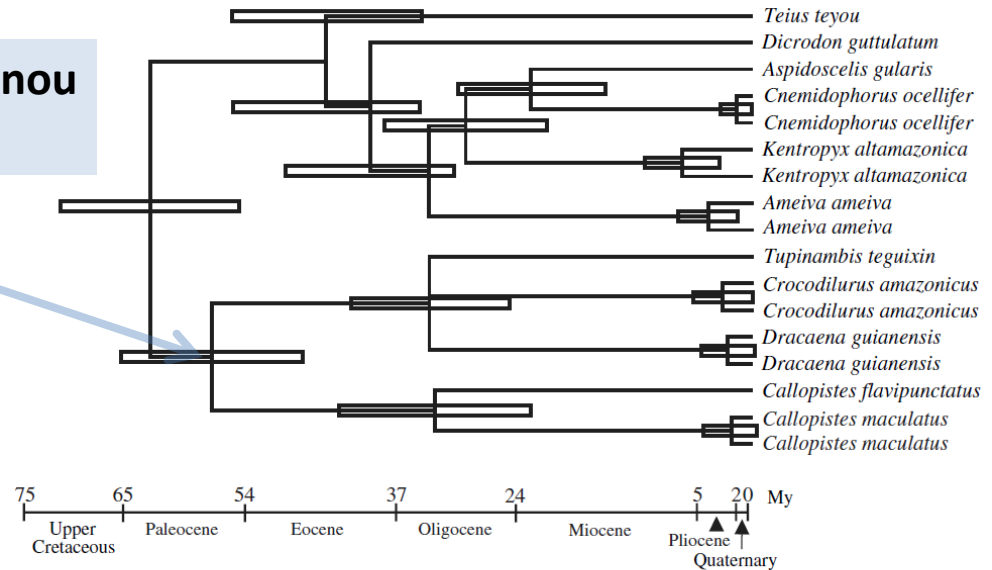
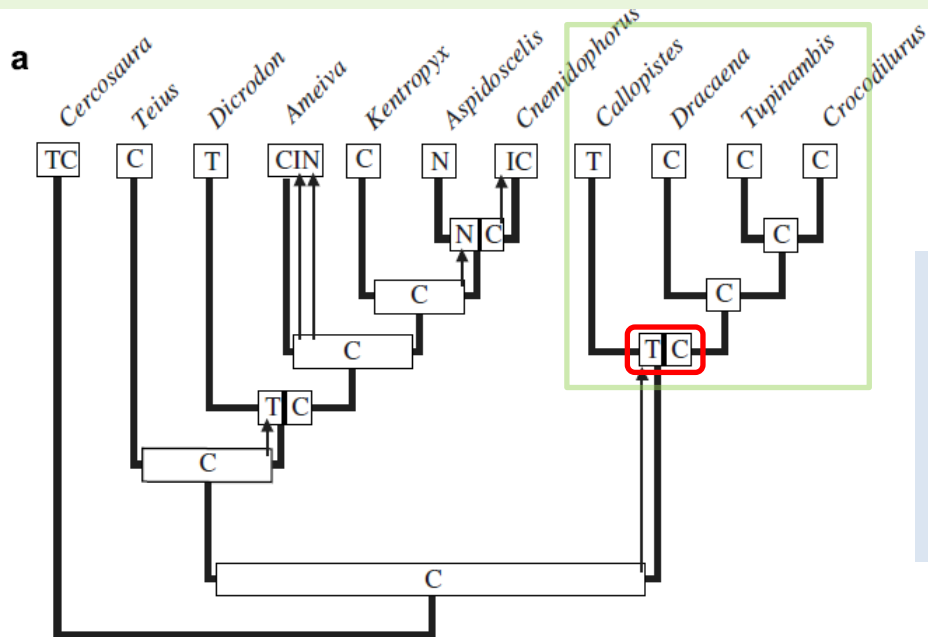


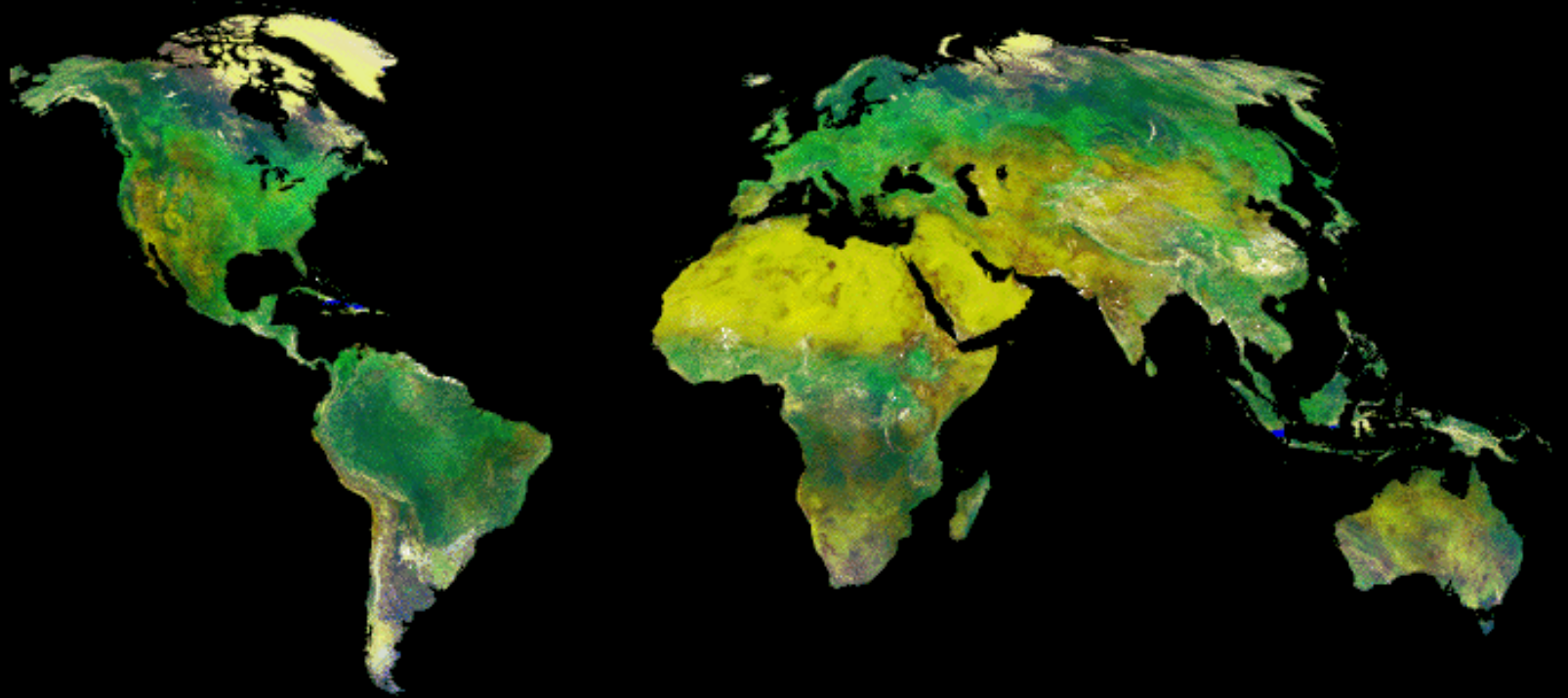
Fig. 5. Cronogram of teiid evolution based on the combined molecular data (12S + 16S), with divergence times estimated from a Bayesian relaxed molecular clock approach. Boxes indicate mean divergence time  $\pm$  one standard deviation.



**Este evento de vicariância pode estar relacionado com o Mar de Salamanca, que cobriu grande parte da América do Sul.**

A análise DIVA indicou divergência por vicariância, uma vez que a área ancestral dos Tupinambinae inclui os lados cis- trans-andinos da América do Sul, sendo que *Callopistes* é restrito ao lado trans-andino.

Fig. 6. Four major geographic areas used in the dispersal-vicariance analysis and reconstructed ancestral distributions for each node on the two most parsimonious solution obtained (a and b), based on the total evidence (molecules + morphology) analysis of teiids. Arrows indicate dispersals and vertical bars indicate vicariance events. C: cis-Andean South America, I: West Indies, N: Central and North America, T: trans-Andean South America.



---

# ARTIGO 11

---



# Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches

Barry Sinervo,<sup>1,15\*</sup> Fausto Méndez-de-la-Cruz,<sup>2</sup> Donald B. Miles,<sup>3,15</sup> Benoit Heulin,<sup>4</sup>  
Elizabeth Bastiaans,<sup>1</sup> Maricela Villagrán-Santa Cruz,<sup>5</sup> Rafael Lara-Resendiz,<sup>2</sup>  
Norberto Martínez-Méndez,<sup>2</sup> Martha Lucía Calderón-Espinosa,<sup>6</sup> Rubi Nelsi Meza-Lázaro,<sup>2</sup>  
Héctor Gadsden,<sup>7</sup> Luciano Javier Avila,<sup>8</sup> Mariana Morando,<sup>8</sup> Ignacio J. De la Riva,<sup>9</sup>  
Pedro Victoriano Sepulveda,<sup>10</sup> Carlos Frederico Duarte Rocha,<sup>11</sup> Nora Ibargüengoytia,<sup>12</sup>  
César Aguilar Puntriano,<sup>13</sup> Manuel Massot,<sup>14</sup> Virginie Lepetz,<sup>15</sup>† Tuula A. Oksanen,<sup>16</sup>  
David G. Chapple,<sup>17</sup> Aaron M. Bauer,<sup>18</sup> William R. Branch,<sup>19</sup> Jean Clobert,<sup>15</sup> Jack W. Sites Jr.<sup>20</sup>

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS

- Afetam organismo em todos os biomas e ecossistemas
- “Mudanças compensatórias”
  - Mudanças para ambientes térmicos mais favoráveis
  - Ajustes mediados pelo comportamento (plasticidade), fisiologia (plasticidade)
  - Adaptação

**FALHA EM SE AJUSTAR OU ADAPTAR PODE CULMINAR EM COLAPSO DEMOGRÁFICO E EXTINÇÃO**

# EVIDÊNCIAS DAS EXTINÇÕES?

- Evidências das extinções em escalas locais ou globais é está escassa
- Os modelos existentes
  - não são calibrados com extinções atuais, mas sim baseados em efeitos hipotéticos da fisiologia térmica na demografia
  - Os modelos são baseados em relações espécies/área, sem considerar extinções.

# **VALIDAÇÃO EMPÍRICA DAS PREVISÕES DE EXTINÇÃO GLOBAL**

- **1º - extinções devem estar ligadas ao macroclima e validadas para causas biofísicas térmicas resultantes do microclima**
- **2º - o ritmo da mudança climática deve comprometer adaptação térmica, de modo que as taxas evolutivas não são capazes de acompanhar as demandas fisiológicas**
- **3º - extinções resultantes do clima devem ser globais em sua extensão**

# METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **De 2006 a 2008**
  - Foram analisadas 48 espécies de lagarto *Sceloporus* em 200 localidades (México)
  - Analisadas entre 1975 a 1995, e 12% dos locais apresentavam extinção local em 2009



*Sceloporus jarrovi*

# METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO

- *Sceloporus*

- Heliotérmicos

- Temperaturas fisiológicas de atividade ( $T_b$ )
    - Máximo térmico crítico ( $CT_{max}$ )

CONTROLAM, VIA COMPORTAMENTO, SUA TEMPERATURA CORPÓREA, OCUPANDO REFÚGIOS MAIS FRIOS E EVITANDO A MORTE POR SUPERAQUECIMENTO

- Horas de restrição ( $h_t$ ) → restrição de forrageio → extinção

O RISCO DE EXTINÇÃO AINDA PODE AUMENTAR DEVIDO A OUTRAS ADAPTAÇÕES, COMO A VIVIPARIDADE QUE ESTÁ RELACIONADA COM AMBIENTES FRIOS, COMPROMETENDO O DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO NO ÚTERO



# METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO

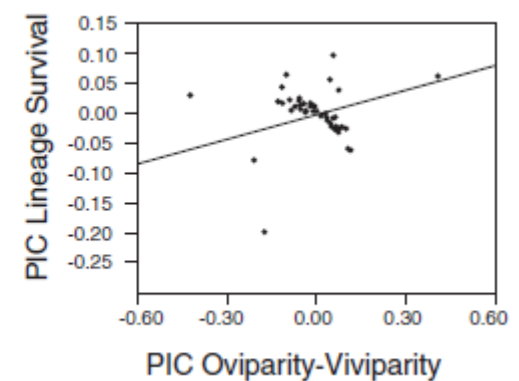
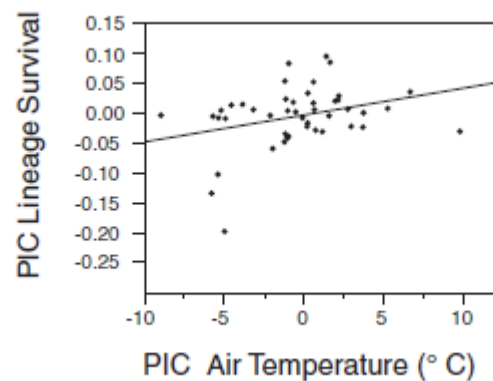
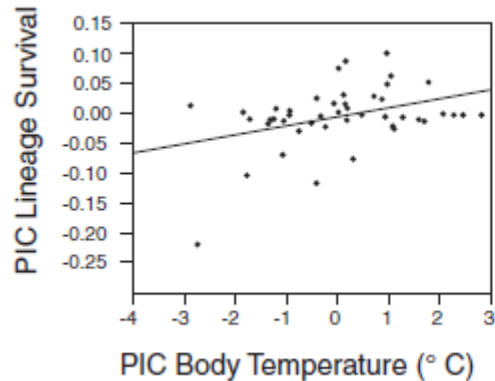
- Foi analisada a taxa de mudança na temperatura máxima do ar ( $T_{\max}$ ) em 99 estações climáticas
  - Maior para janeiro-maio e aumentou no norte e centro do México e em elevadas altitudes
  - Encontrada correlação entre taxa de mudança de  $T_{\max}$  e extinções locais de *Sceloporus*

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **Análises de correlações filogenéticas (risco de extinção de lagartos)**
  - **Vivíparos (18%)**
  - **Ovíparos (9%,  $n=10.000$  bootstrap replications  $P<0.001$ )**

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Regressão múltipla baseada em contrastes filogenéticos independentes
  - Extinção de vivíparos foi significativamente relacionada a baixas  $T_b$  ( $T_{b, \text{viviparous}} = 31.8^\circ\text{C} \pm 0.31$  [SE],  $T_{b, \text{oviparous}} = 34.8^\circ\text{C} \pm 0.40$ ,  $t = 5.92$ ,  $P < 0.0001$ ) e habitats frios elevados ( $T_{\text{air, viviparous}} = 22.4^\circ\text{C} \pm 1.79$ ,  $T_{\text{air, oviparous}} = 28.39^\circ\text{C} \pm 1.38$ ,  $t = 2.89$ ,  $P < 0.006$ )



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

- A relação entre  $h_t$  como uma função de  $T_{max}$  relativa a  $T_b$  de *S. serrifer* é uma fórmula geral para predição de extinção

$$h_{restriction}[T_{operative\ model} > T_{b\ preferred}] = slope \times (T_{max} - T_{b, preferred}) + intercept2$$

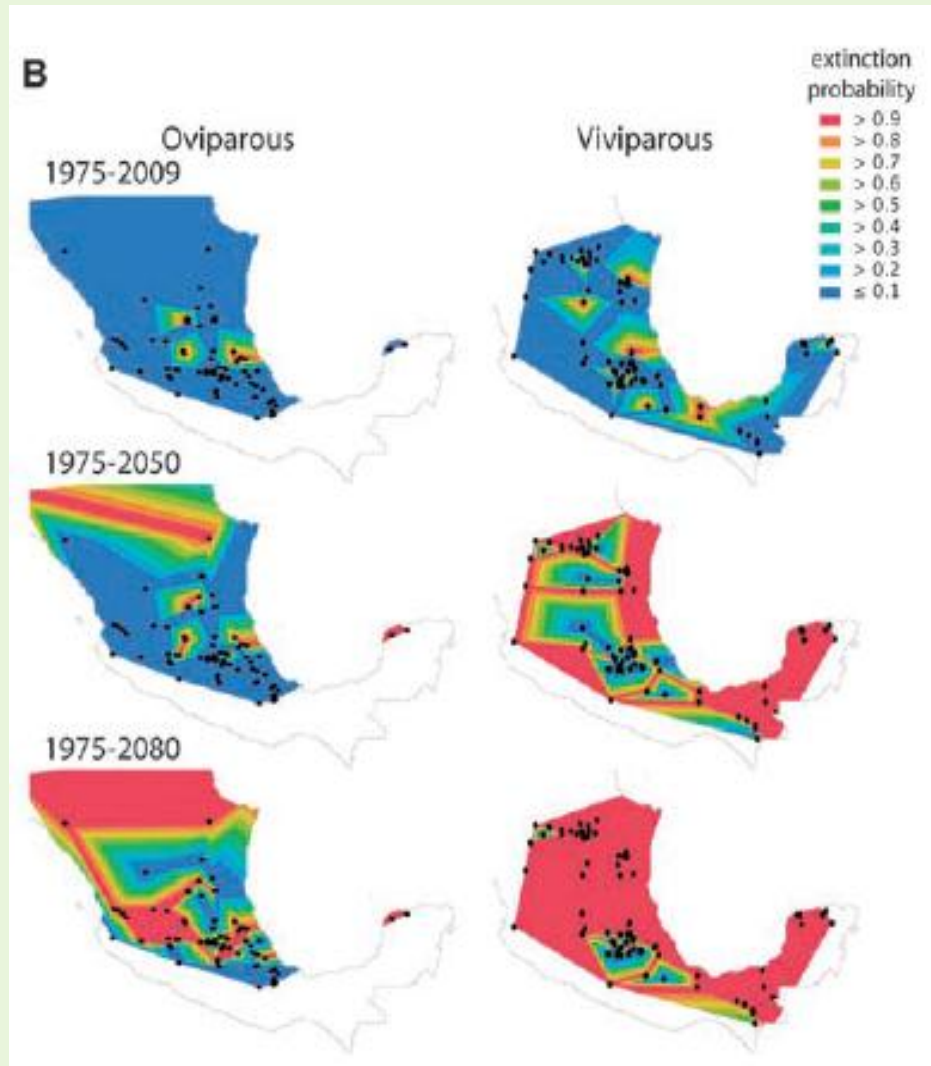
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

- A relação entre  $h_t$  como uma função de  $T_{\max}$  relativa a  $T_b$  de *S. serrifer* é uma fórmula geral para predição de extinção

$$h_{\text{restriction}}[T_{\text{operative model}} > T_{b \text{ preferred}}] = \text{slope} \times (T_{\max} - T_{b, \text{preferred}}) + \text{intercept2}$$

- Associação entre a predição e as extinções observadas a partir deste modelo foram significativas para oviparos ( $\chi^2 = 49.0$   $P < 0.001$ ) e viviparos ( $\chi^2 = 4.2$ ,  $P < 0.04$ ) em *Sceloporus*

# RESULTADOS E DISCUSSÃO



If climate change  $T_{\max}$  continues unabated in México, 56% of viviparous sites will be extinct by 2050 and 66% by 2080 (Fig. 2B). For oviparous sites, 46% will be extinct by 2050 and 61% by 2080. Based on local extinction of all populations surveyed for species, we project 58% species extinction of Mexican *Sceloporus* by 2080. Species extinction (58% by 2080) mirrors local population extinction (61 to 66%) because high-elevation endemics will go completely extinct as widespread lowland taxa expand to high elevations.

**Fig. 2. (A)** Sustained selection differentials per year required for  $T_b$  to keep pace with global warming. **(B)** Extinctions of Mexican *Sceloporus* lizards (1975 to 2009, 2009 to 2050, 2050 to 2080).

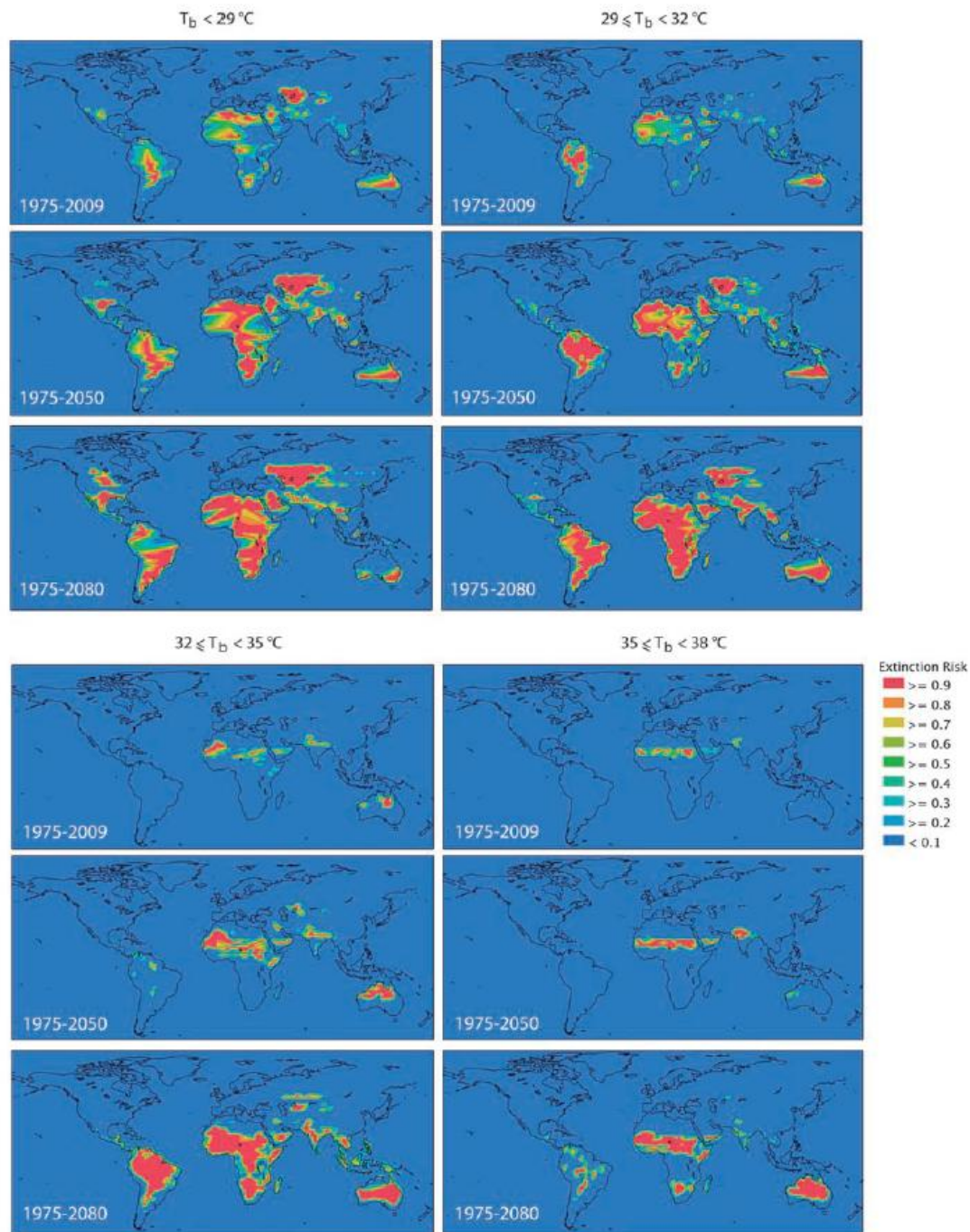


Fig. 3. Contour plots of global levels of local extinction for heliothermic lizards (1975 to 2009, 1975 to 2050, 1975 to 2080), assuming  $\bar{h}_r = 4.55$  (23) and various  $T_b$  values.

# Modelagem de Distribuição

- **Modelagem de distribuição**
  - **Pontos de distribuição:**
    - **Dados primários**
    - **Dados secundários (coleções científicas e literatura)**

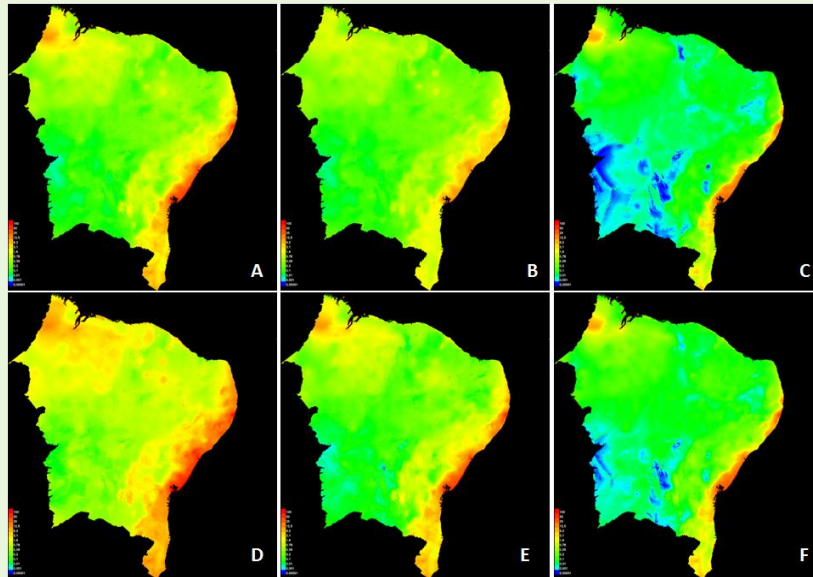


# Modelagem de Distribuição

- **Caracterizar distribuições geográficas baseadas em conjuntos de dados que não correspondem à área total de distribuição da espécie**
- **Converter registro de espécies em mapas de distribuição geográfica indicando a provável presença ou ausência da espécie**

# Modelagem de Distribuição

- Nicho ecológico fundamental
- Algoritmos
  - Relações não-aleatórias (dados de ocorrência + dados ambientais)



# Modelagem de Distribuição

- **Algoritmo de Máxima Entropia**
  - **Maxent** (Phillips *et al.*, 2006)
  - **Capaz de realizar previsões a partir de informações para um conjunto de dados pequeno** (Pearson *et al.*, 2007)
  - **O modelo de saída é uma superfície contínua (valores entre 0 e 100)**

# Modelagem de Distribuição

- **Variáveis climáticas**
  - Base de dados do WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005)
- **Correlações entre as variáveis de temperatura e precipitação** (software R, R *Development Core Team*, 2010)
  - Permite, dentre cada grupo de variáveis correlacionadas, a escolha de uma variável que melhor representasse as outras do grupo
- **Construção ou adequação dos mapas**
  - AcrGIS 9.3 (ESRI, 2008)
- **Validação do modelo**
  - *Bootstrap* etc...

# A RÉPTIL DATABASE

**NEW** [27 jan 2012] Nova versão do banco de dados disponível. 126 novas espécies em 2011. [mais ...](#)

[www.reptile-database.org](http://www.reptile-database.org)

- [O que há de novo? \(Jan '12\)](#)
- [Sobre](#)
- [Publicações](#)
- [Quantas espécies?](#)
- [Links](#)
- [Répteis como animais de estimação](#)
- [Referências](#)
- [Créditos](#)
- [Pesquisar](#)



[Lagartos](#)



[Snakes](#)



[Tuataras](#)



[Tartarugas](#)



[Crocodilos](#)

[Anfisbenídeos](#)



SOCIEDADE BRASILEIRA DE  
**HERPETOLOGIA**



[www.sbherpetologia.org.br](http://www.sbherpetologia.org.br)

Home | A Sociedade | Links | Notícias anteriores

### Loja SBH

Assine SAJH  
Compre volumes anteriores  
Inscrição em Eventos

### Atenção Sócios!

Prezado sócio da SBH

Com o intuito de evitar despesas desnecessárias, estamos implementando uma nova política de envio da SAJH para os sócios efetivos. Continue lendo »

### Últimas notícias

SBH LANÇARÁ REVISTA EM 2012

SOUTH AMERICAN JOURNAL OF  
**HERPETOLOGY**  
ENTRE/ENTER

LISTA DE  
ANFÍBIOS  
DO BRASIL  
2010  
877 Espécies

LISTA DE  
RÉPTEIS  
DO BRASIL  
2011  
732 Espécies

[Pesquisar](#)

[www.noap.ufba.br](http://www.noap.ufba.br)

NOAP

NÚCLEO REGIONAL DE OFIOLOGIA E ANIMAIS PEÇONHENTOS DA BAHIA



[www.cienciaartemagia.ufba.br](http://www.cienciaartemagia.ufba.br)



[www.redezoo.ufba.br](http://www.redezoo.ufba.br)



[www.salaverde.bio.ufba.br](http://www.salaverde.bio.ufba.br)



Clique na imagem acima para acessar o site do Biota Bahia



Répteis e Aracnídeos da Bahia

Apresentação  
Répteis  
Aracnídeos  
Publicações  
Zooamigos  
Vídeos  
Equipe

APRESENTAÇÃO



Bem-vindo ao Biota Bahia - Acervo impresso e digital de répteis e aracnídeos da Bahia, Brasil

Coordenação: Prof.ª Dr.ª Rejâne Maria Lira da Silva

# Obrigada!

[danipcoelho@hotmail.com](mailto:danipcoelho@hotmail.com)

[rosario.igor@hotmail.com](mailto:rosario.igor@hotmail.com)