

Bases da BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA

Distribuição dos táxons pode ser usada para reconstruir a seqüência de eventos geológicos e geográficos da Terra – estudo em paralelo com estudo semelhante na Geologia.

Reconstrução da história genealógica dos organismos:

- taxonomistas**
- paleontólogos**

TEMPO GEOLÓGICO

Morrone 2009

Era	Period	Epoch	Approximate Duration (millions of years)	Approximate Date of Commencement (millions of years)
Cenozoic	Quaternary	Holocene	0.01	0.01
		Pleistocene	1.59	1.6
	Tertiary	Pliocene	3.7	5.3
		Miocene	21.9	23.5
		Oligocene	10.5	34.0
		Eocene	19.0	53.0
		Paleocene	12.0	65.0
Mesozoic	Cretaceous		70	135
	Jurassic		70	205
	Triassic		40	245
Paleozoic	Permian		50	295
	Carboniferous		65	360
	Devonian		50	410
	Silurian		25	435
	Ordovician		71	500
	Cambrian		70	570
Proterozoic			4,000	4,600

Fósseis

- provêm **idades mínimas para linhagens taxonômicas**
- provêm **idades mínimas para ocupação de uma área por um táxon**
- documentam **extinção** de um grupo uma área
- permitem **reconstruções paleoclimáticas e paleoambientais**

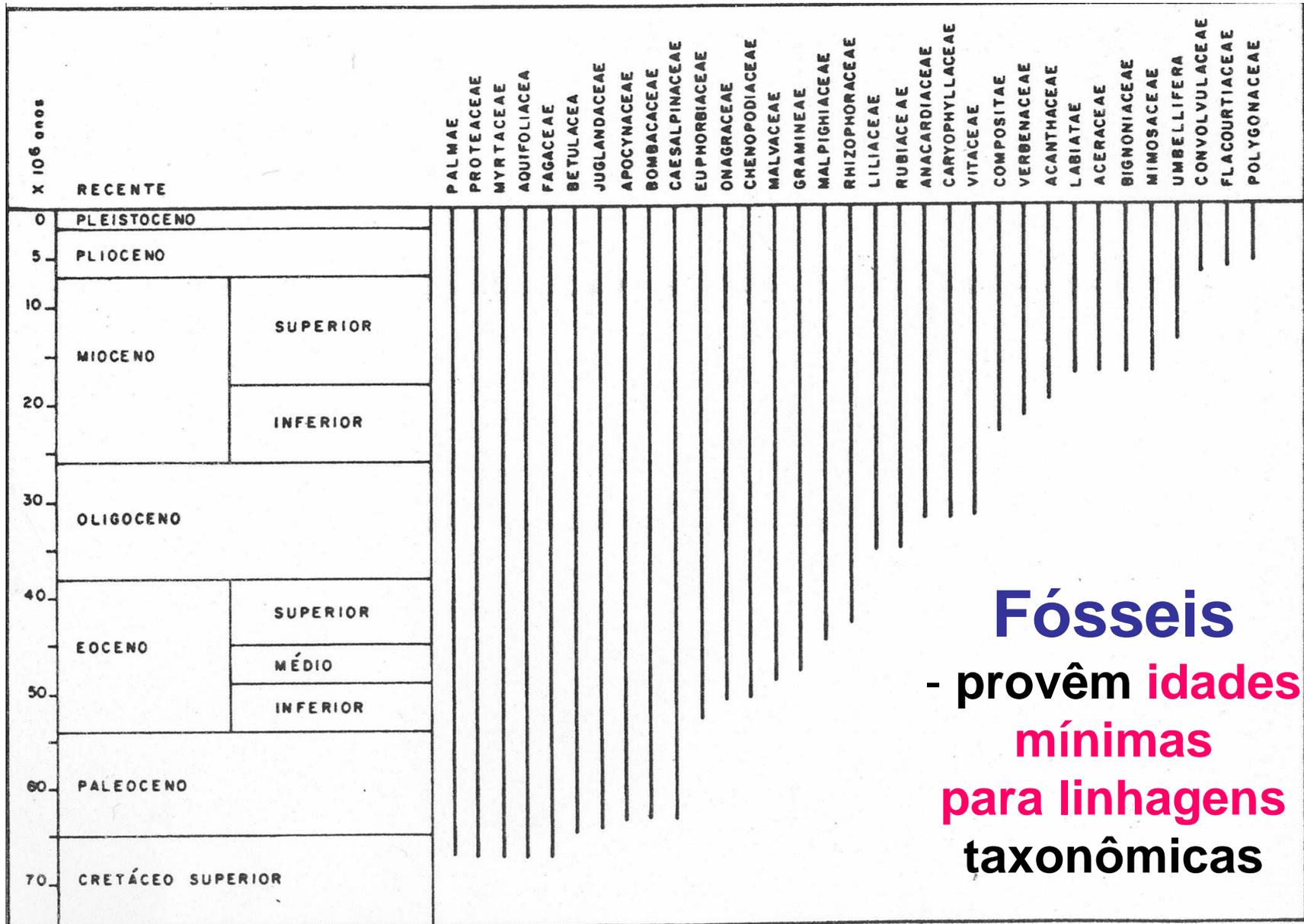
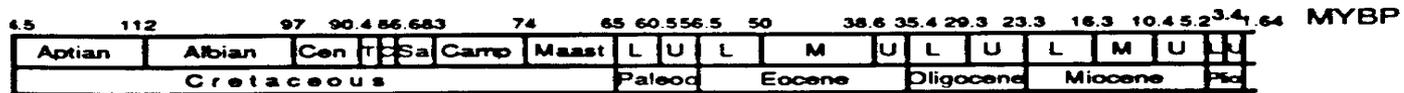
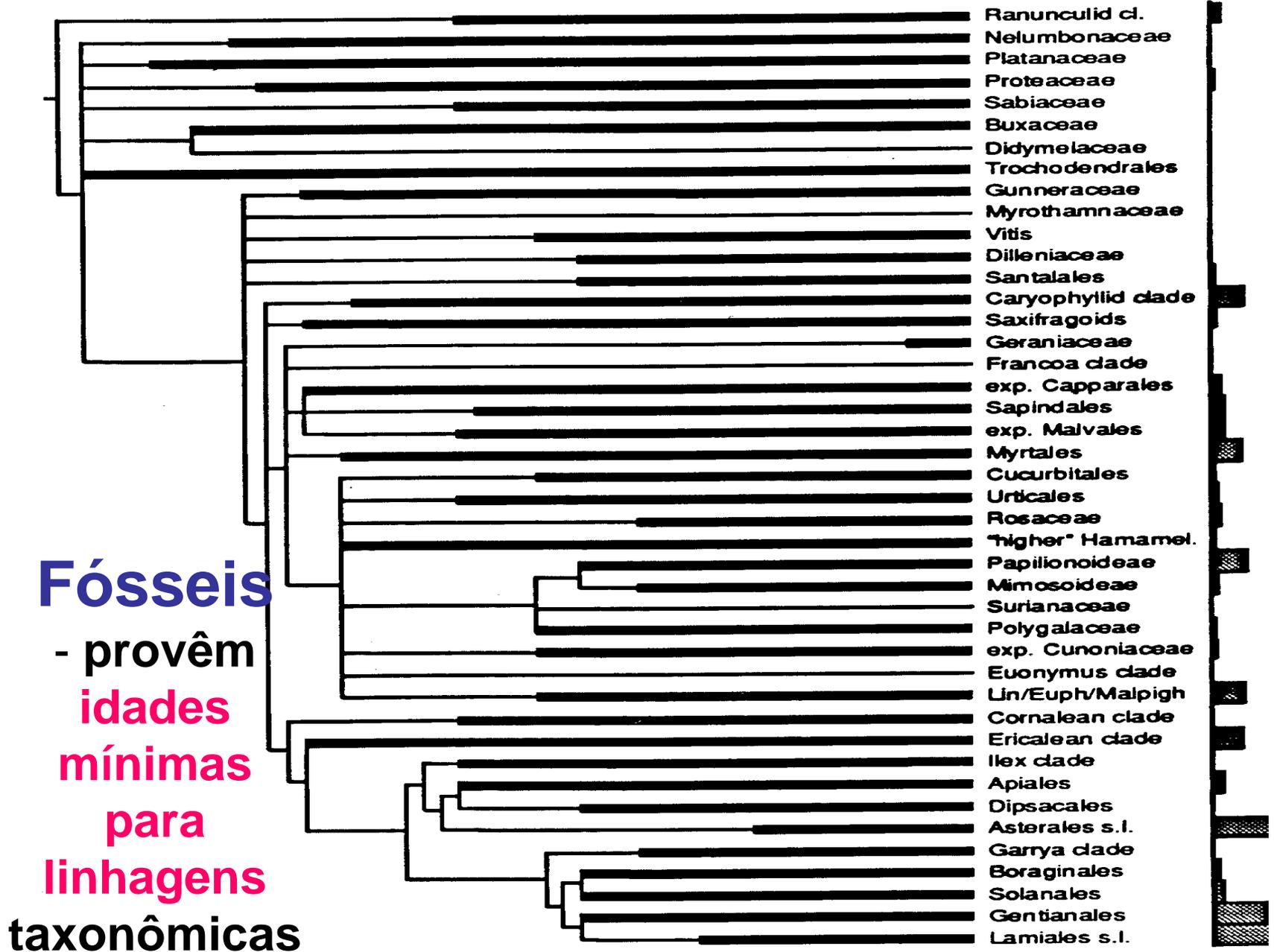


Fig. 6.3. Início de algumas famílias selecionadas de Angiospermas modernas. Pesquisas futuras poderão levar mais para baixo a idade na qual surge o primeiro gênero destas famílias. Adaptado de Salgado Labouriau (1984).

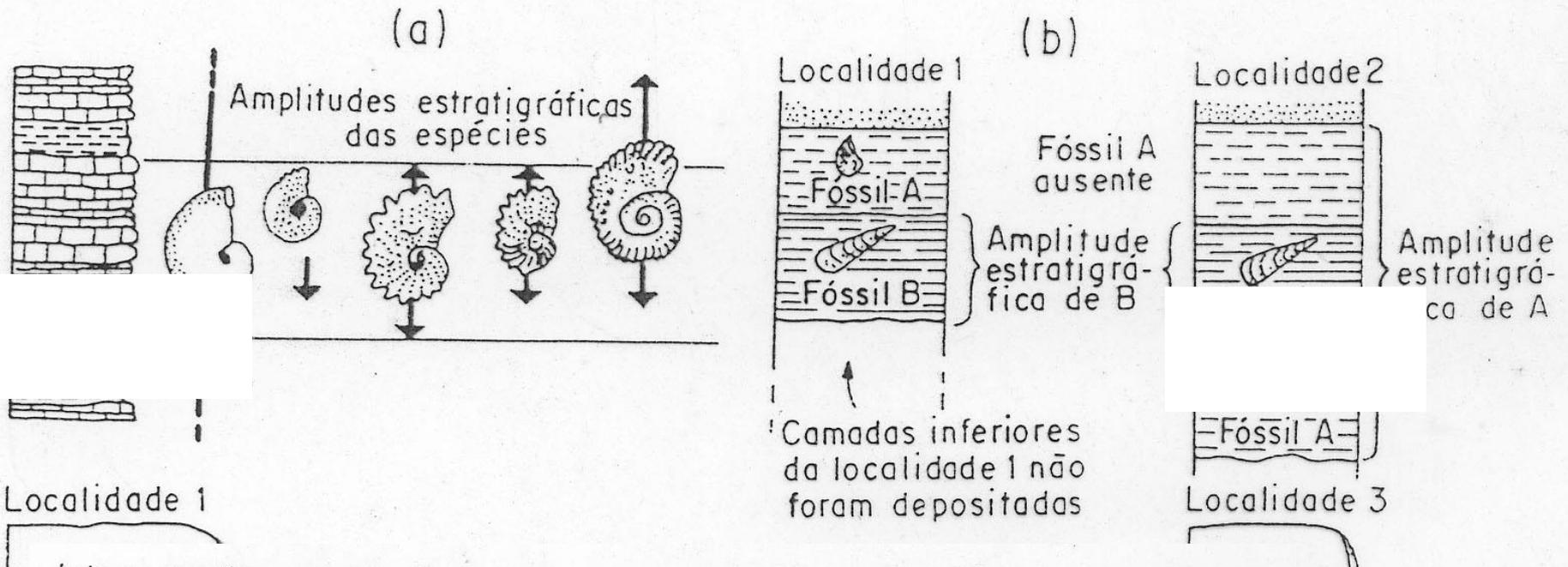


Magallon et al. 1999

Fósseis

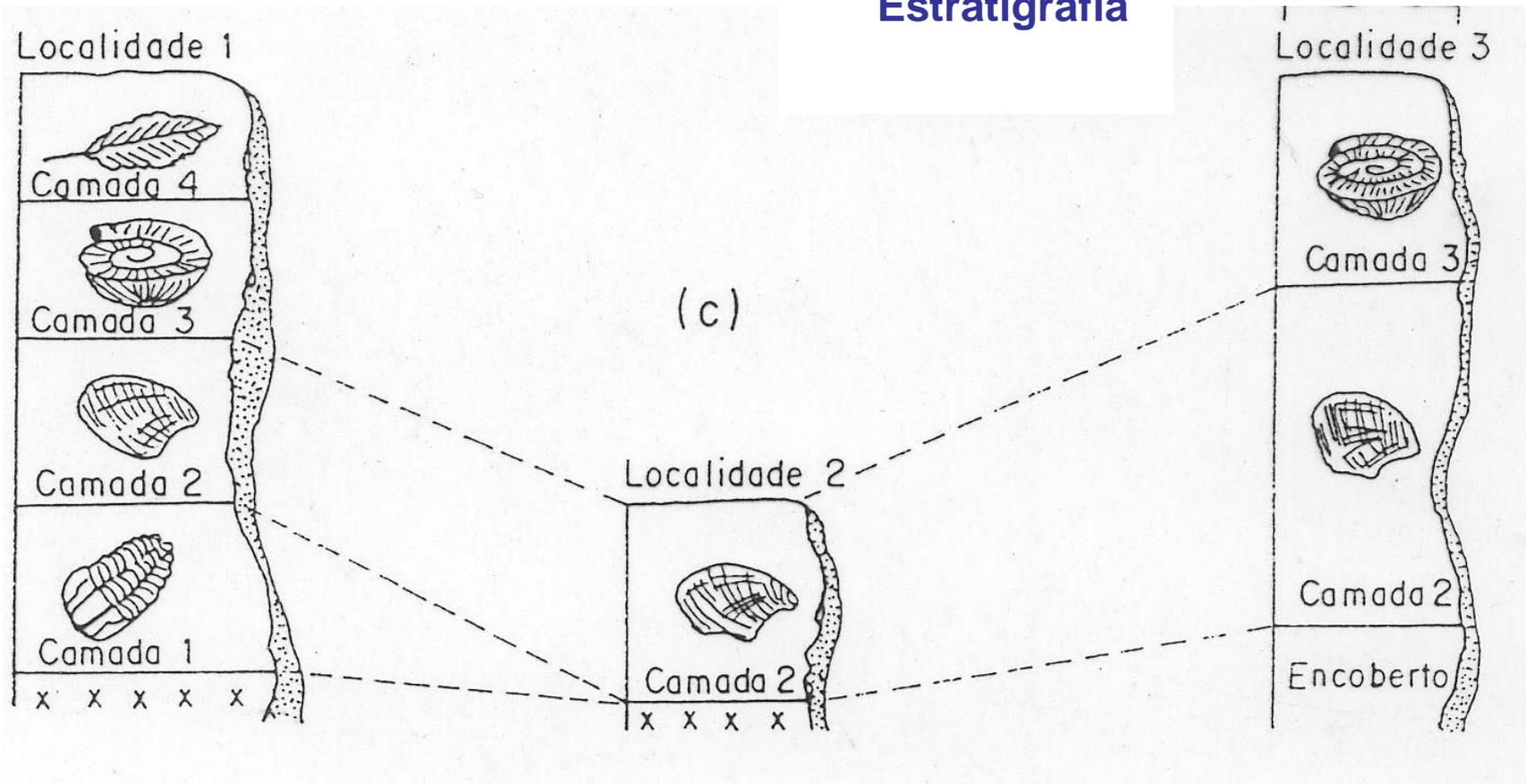
- provêm **idades mínimas para ocupação de uma área** por um táxon
- documentam **extinção** de um grupo uma área

Estratigrafia



- Interpretação e correlação de camadas sedimentares expostas em afloramentos através de seus estudos paleontológicos (modificada de Gilluly *et al.* 1968).
- a) Amplitudes estratigráficas de várias espécies de fósseis em uma localidade.
- b) Amplitudes estratigráficas de fósseis das espécies A e B, baseadas em estudos de afloramentos de duas localidades, eventualmente separadas por vários quilômetros.

Estratigrafia

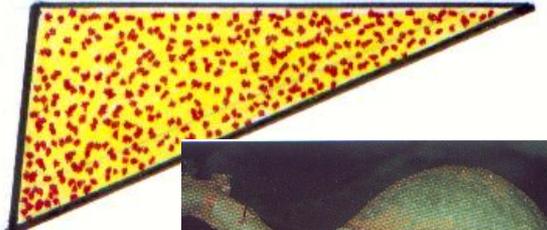
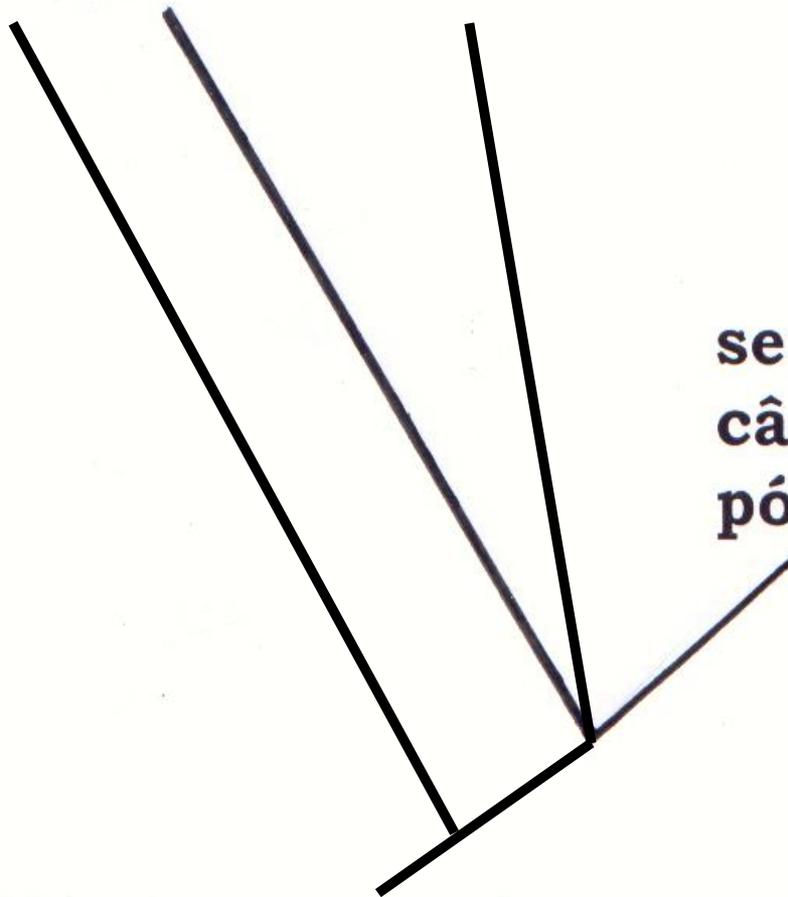


c) Correlação de camadas sedimentares aflorantes em três localidades, eventualmente distantes de vários quilômetros, baseada em fósseis.

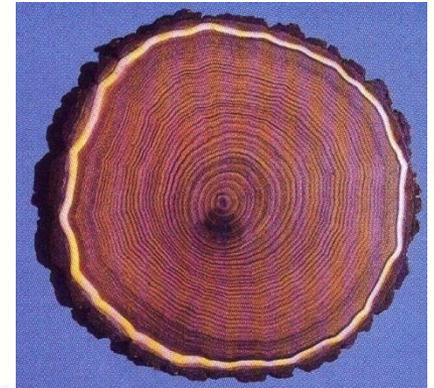
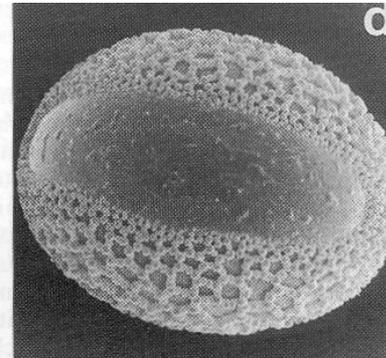
IMPORTÂNCIA DOS FÓSSEIS NA FILOGENIA

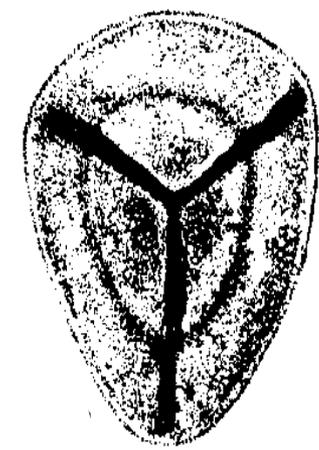
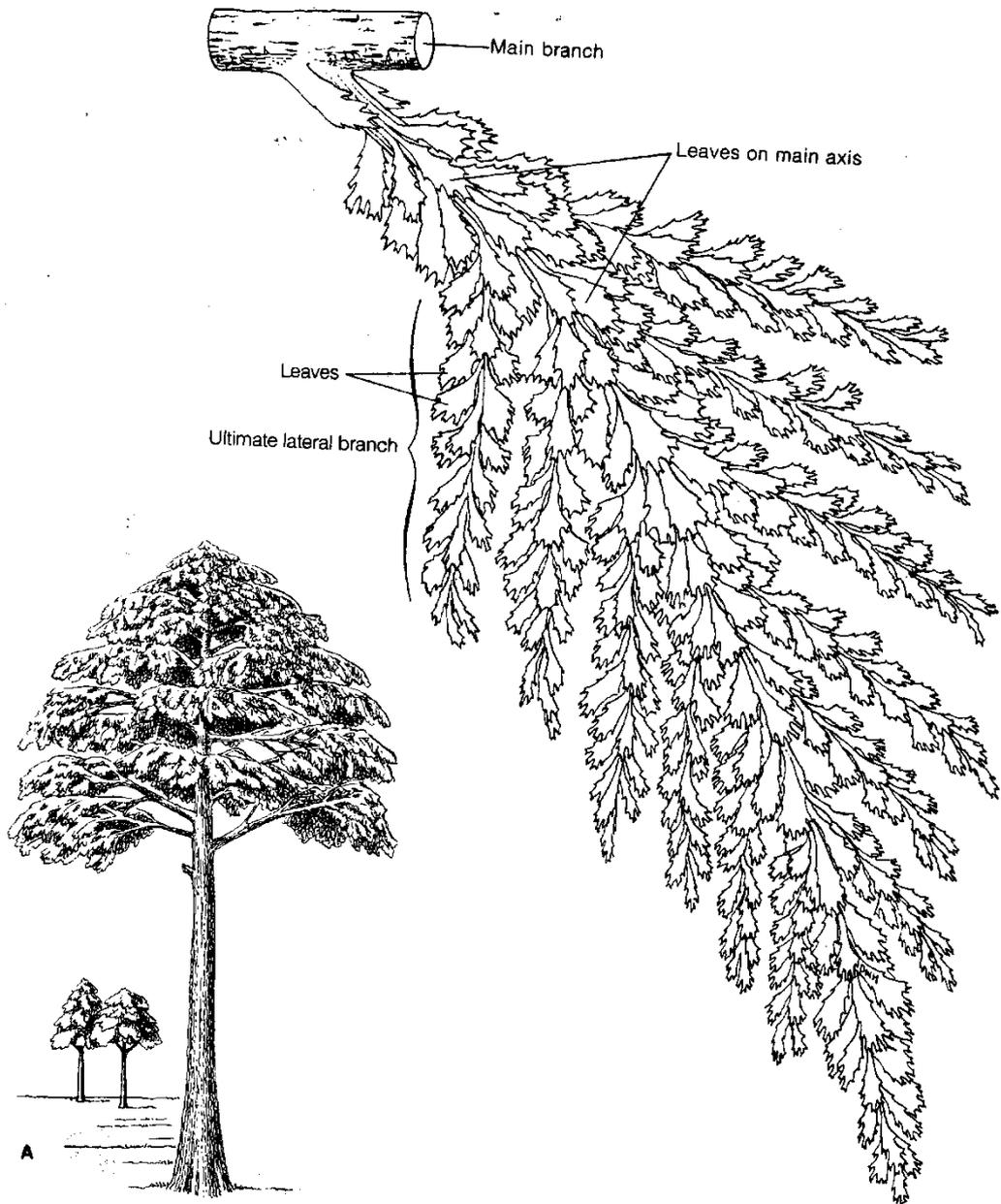
Plantas sem sementes

Espermatófitas



semente
câmbio bifacial
pólen





Archaeopteris
Progymnospermophyta

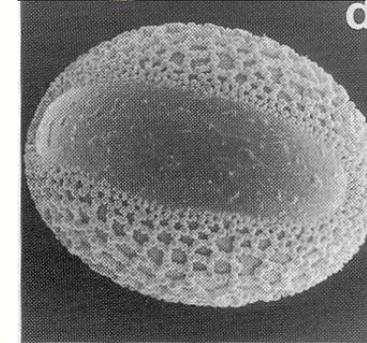
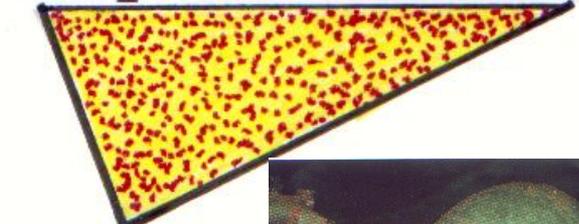
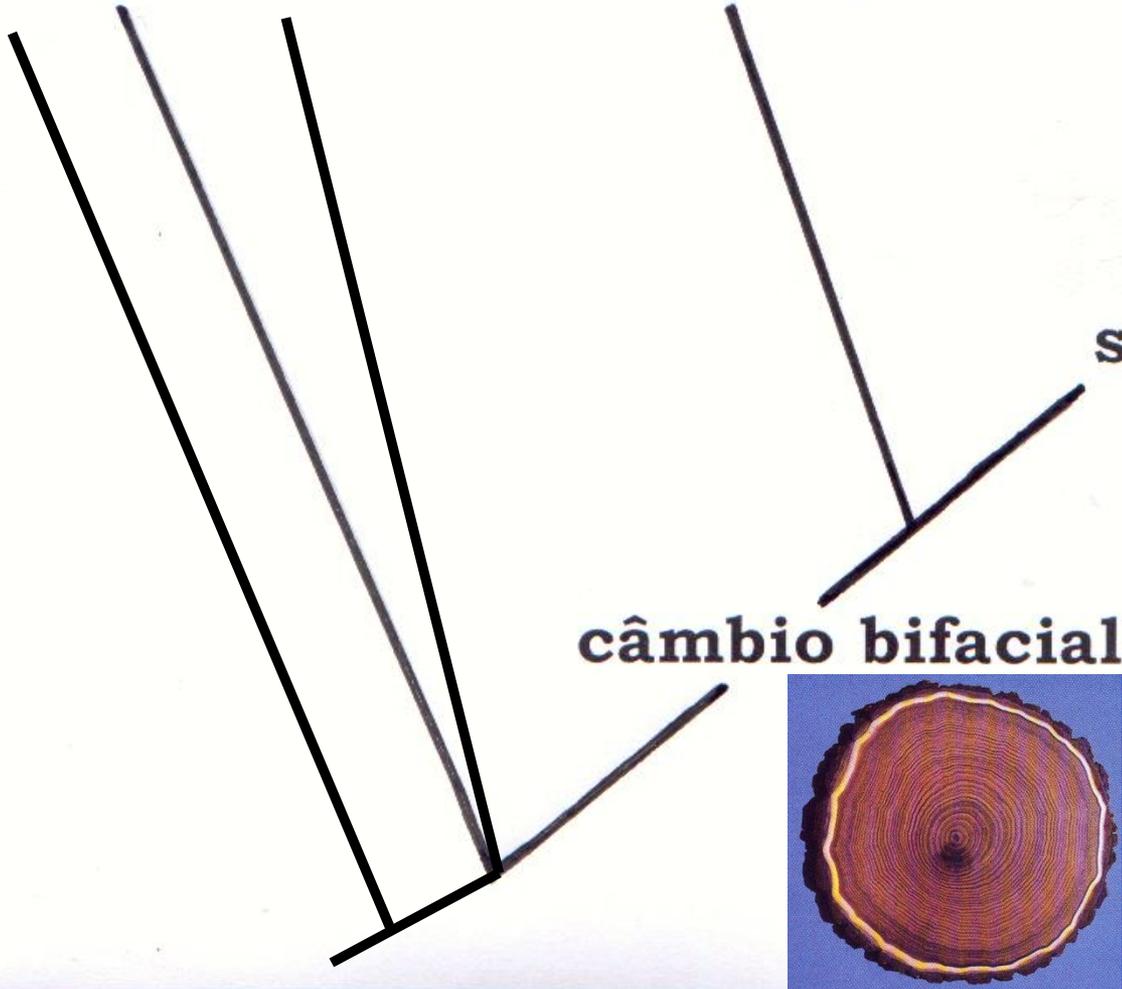
Gifford & Foster 1988

IMPORTÂNCIA DOS FÓSSEIS NA FILOGENIA

Plantas sem
sementes

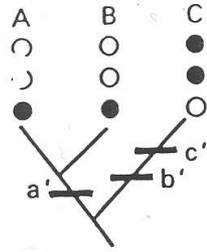
Archaeopteris

Espermatófitas

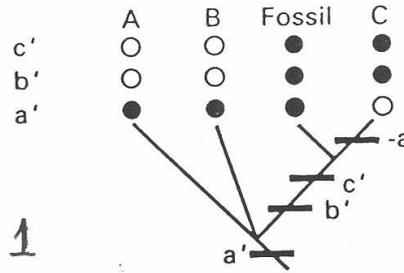


d

Recent only

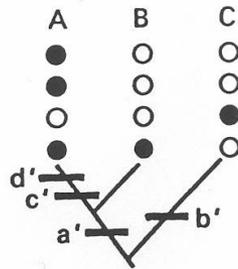


1

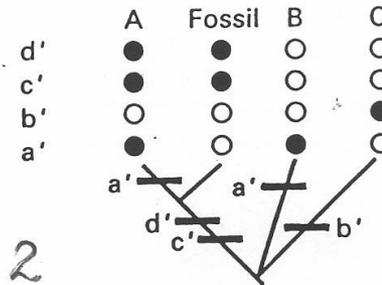


Importância dos fósseis na filogenia

Recent only



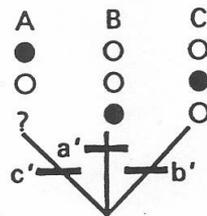
2



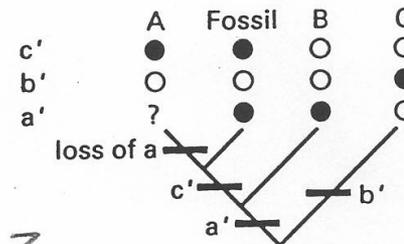
Gee 1999

In search of deep time
The Free Press, New York.

Recent only



3



Importância dos fósseis na filogenia e na paleogeografia

Iturralde-Vincent & MacPhee 1999

A, C, F – viventes
B, C, D, E - extintos

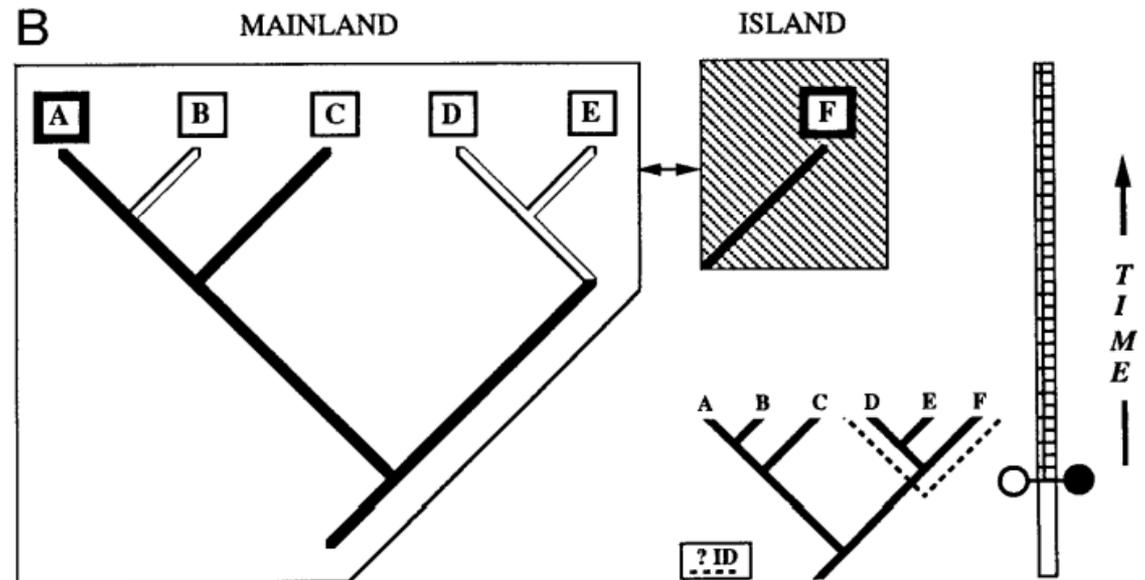
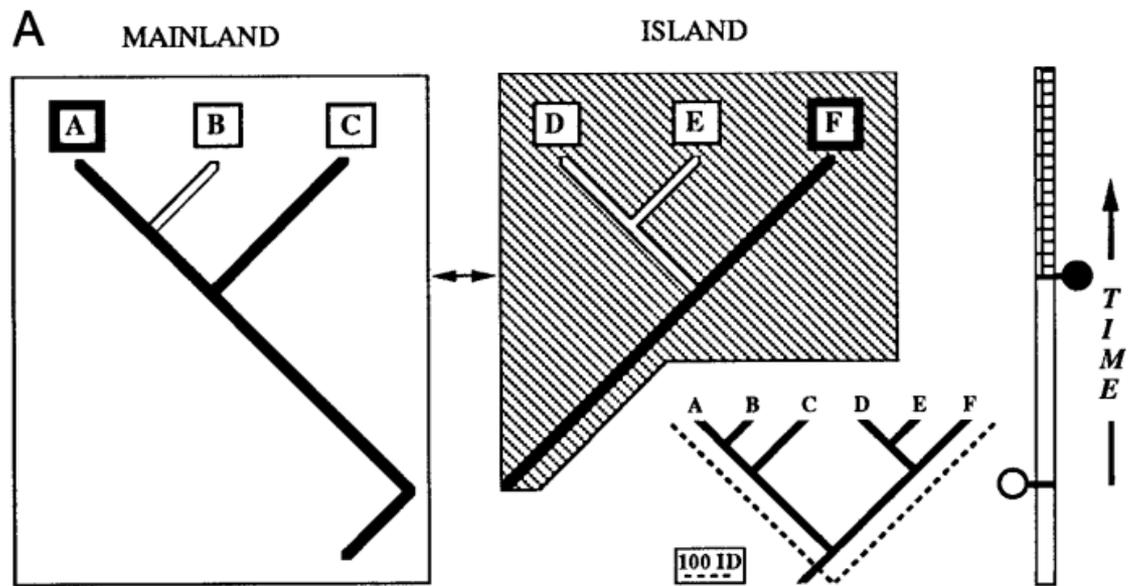
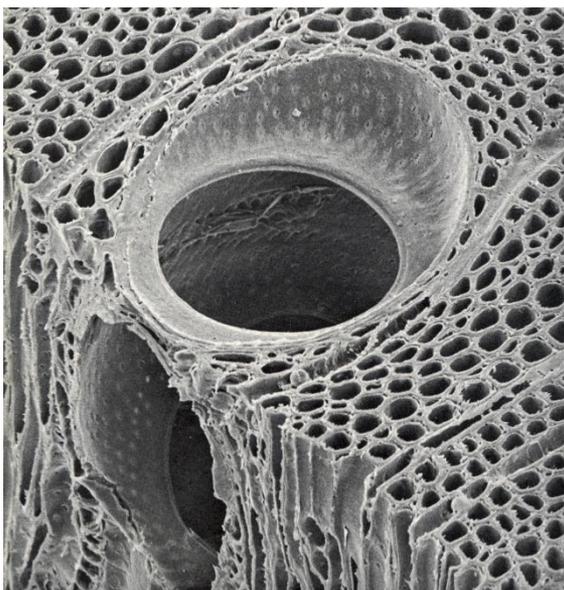


Fig. 9. Splitting lineages vs. splitting lands: Limitations on interpretation (see text).

Natureza das evidências paleontológicas

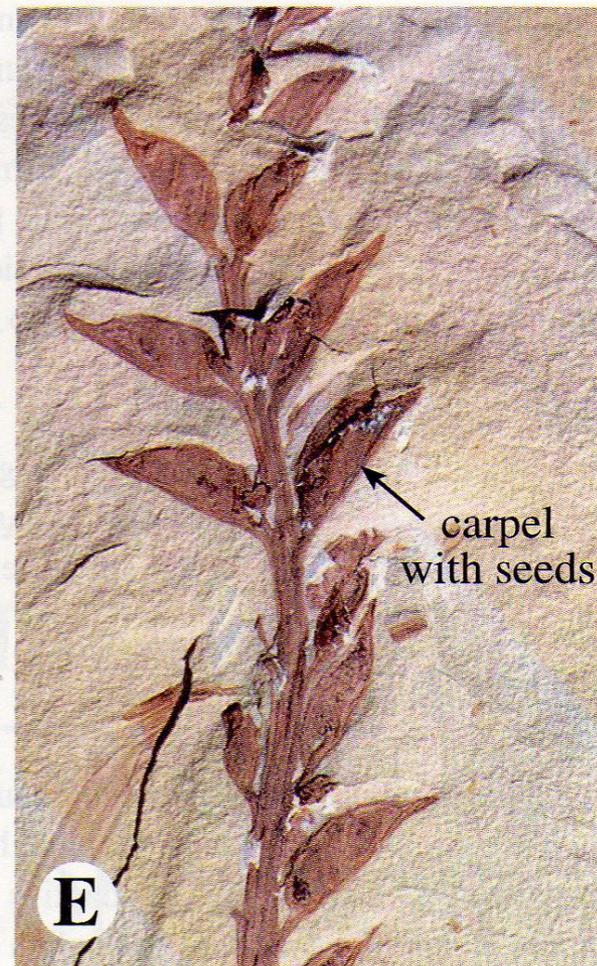
MACROFÓSSEIS

madeiras



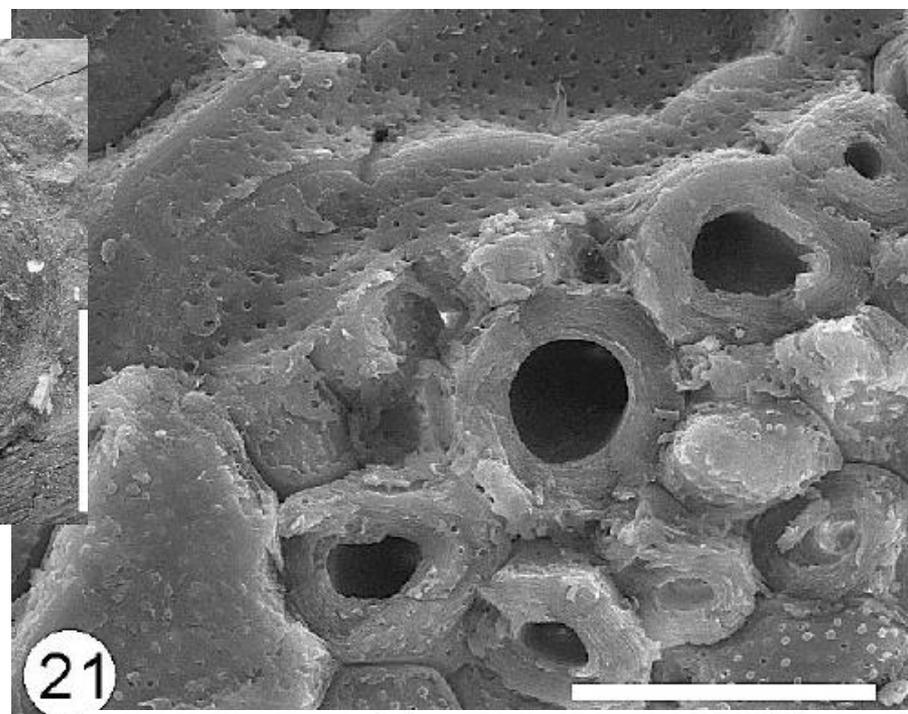
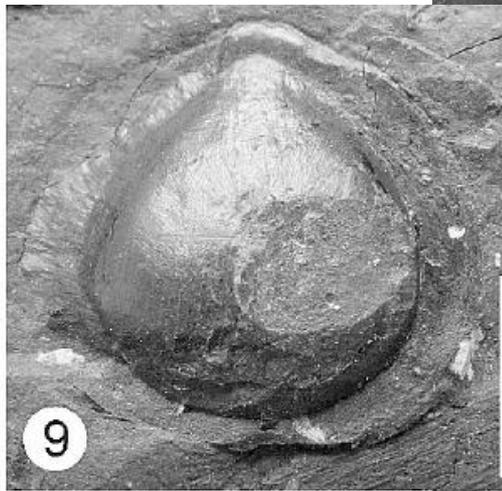
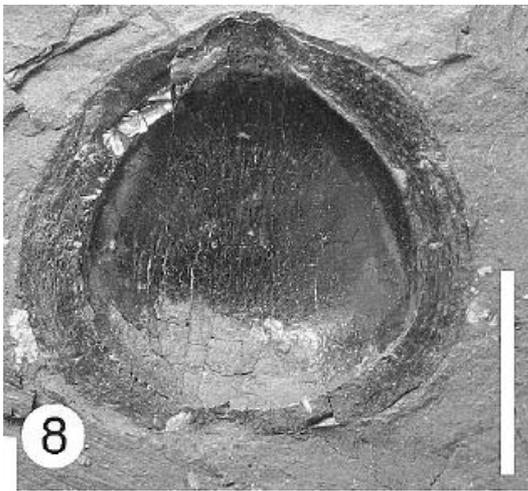
Meylan & Butterfield
1972

ervas, estruturas reprodutivas



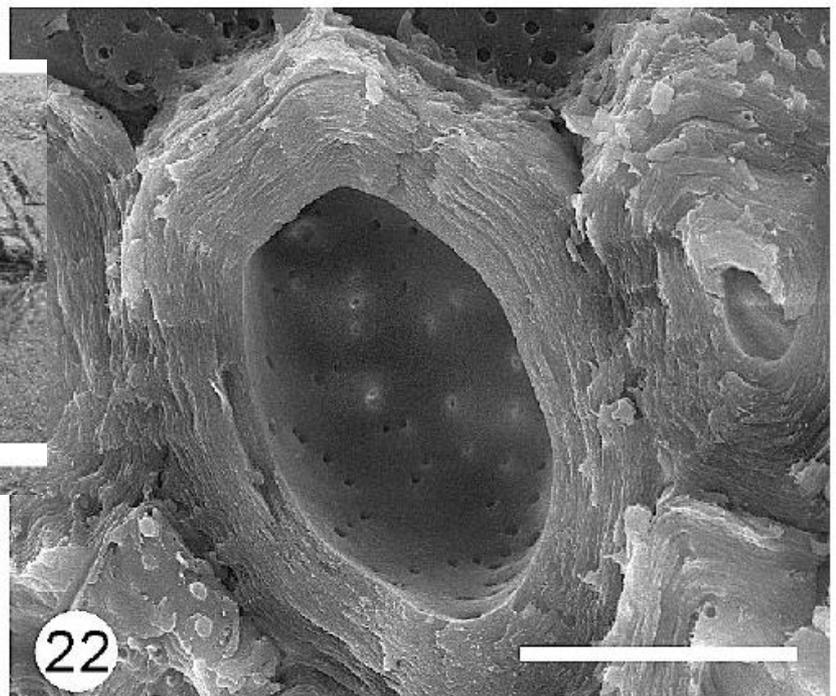
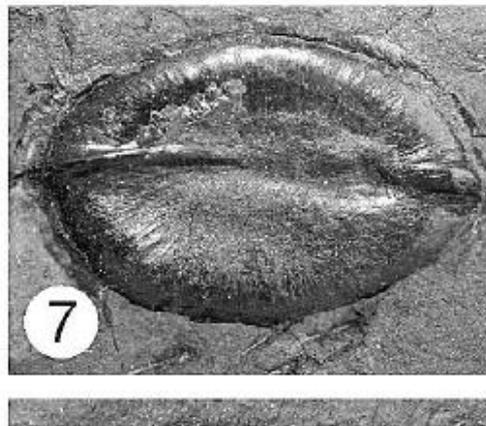
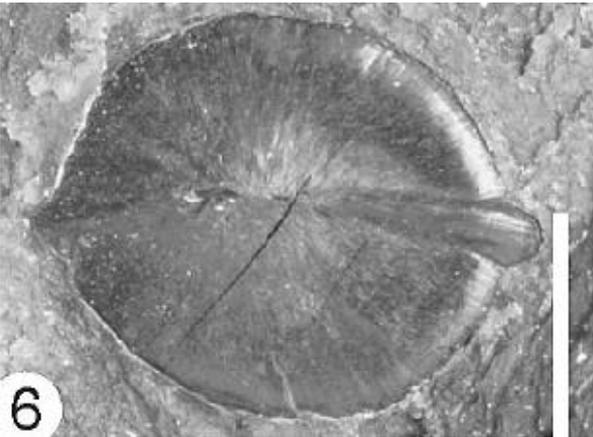
Archaeoфраuctus sinensis 130 m.a.

Simpson 2006



Endocarpos e embriões fósseis
***Prunus*, Rosaceae**
EOCENO - 55 m.a.
Wutu, China

21



22

Li et al. 2011

FÓSSEIS

Malvaciphyllum macondicus



FÓSSIL

A

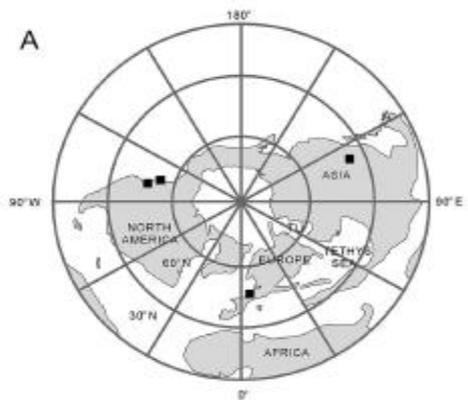
Proximal branching
Costal secondaries

Proximal branching
Minor secondaries
Primary Veins

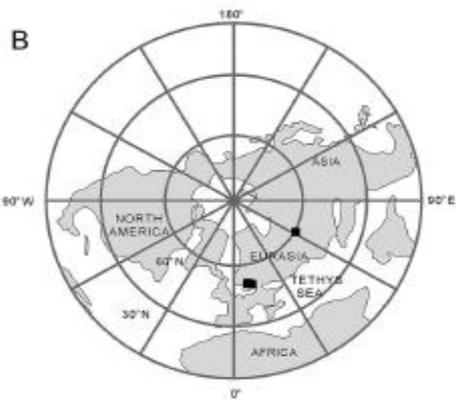
Malvaceae - Colômbia
PALEOCENO médio

ATUAL

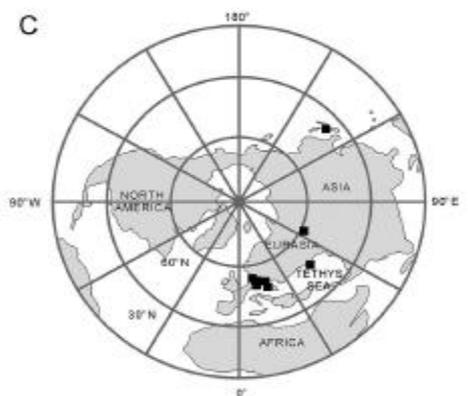
Carvalho et al. 2011



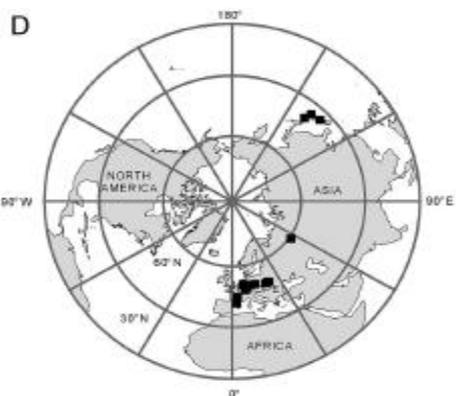
Eocene (ca. 55 Ma)



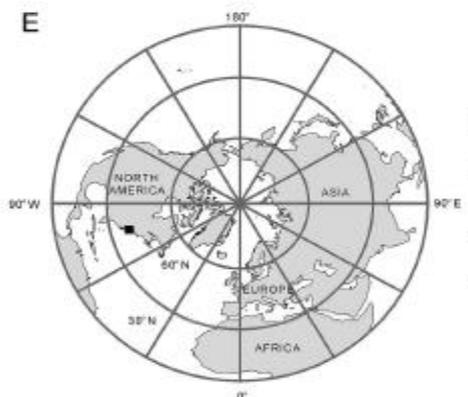
Oligocene (ca. 30 Ma)



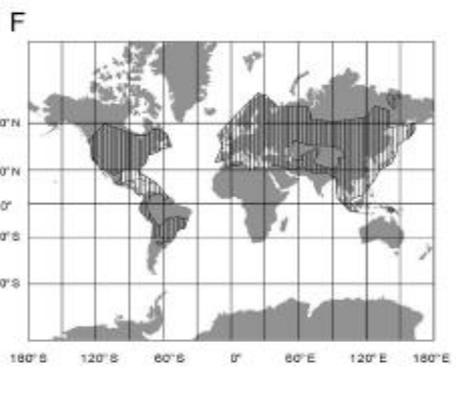
Miocene (ca. 14 Ma)



Pliocene (ca. 3 Ma)



Pleistocene (ca. 1 Ma)



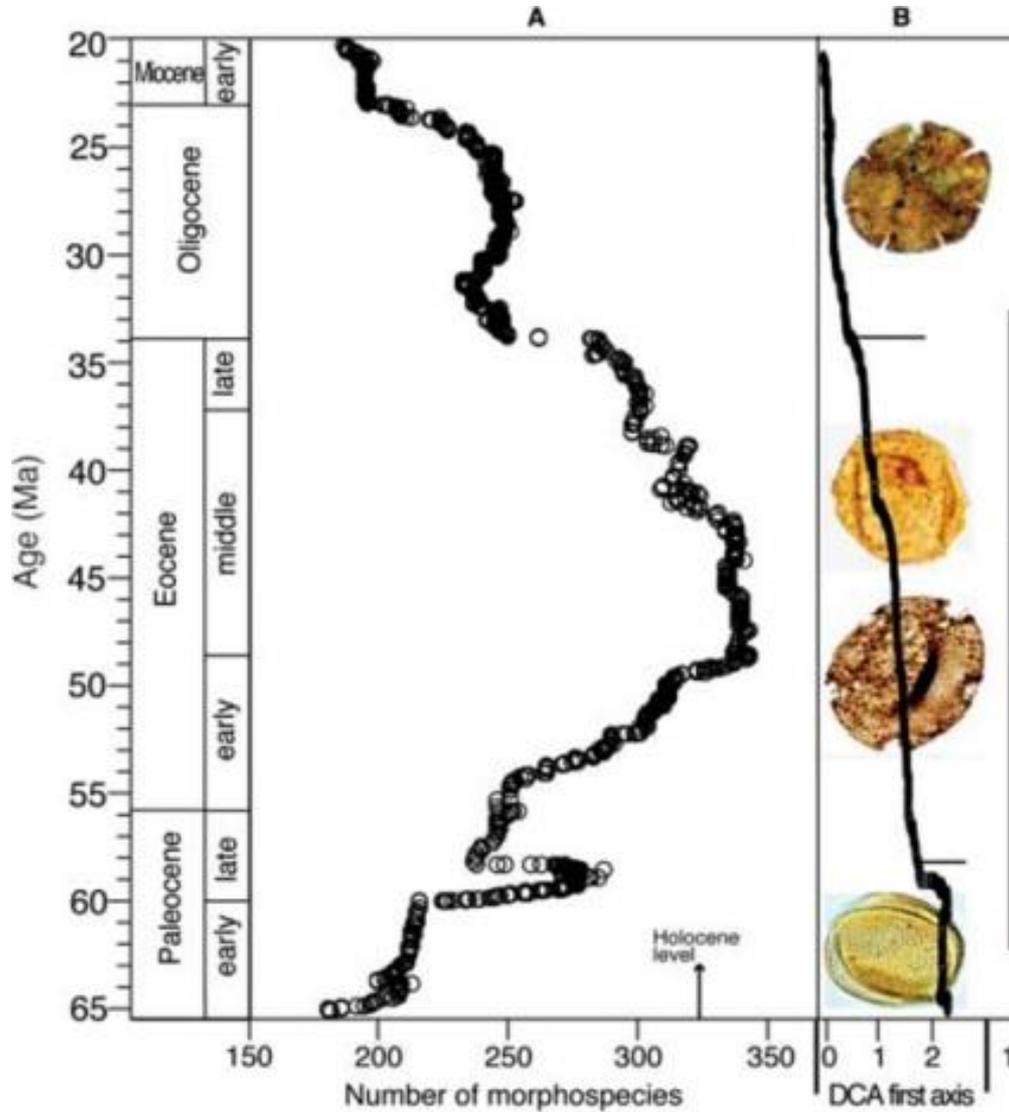
Present

Paleocorologia de *Prunus*, Rosaceae no Cenozóico

Li *et al.* 2011

Evidências paleontológicas

MICROFÓSSEIS - PÓLEN



Mudanças na diversidade e composição palinoflorais durante o Cenozóico Médio na Colômbia e Venezuela

Jaramillo et al. 2006



Figura 6. Lago estudado de Carajás.

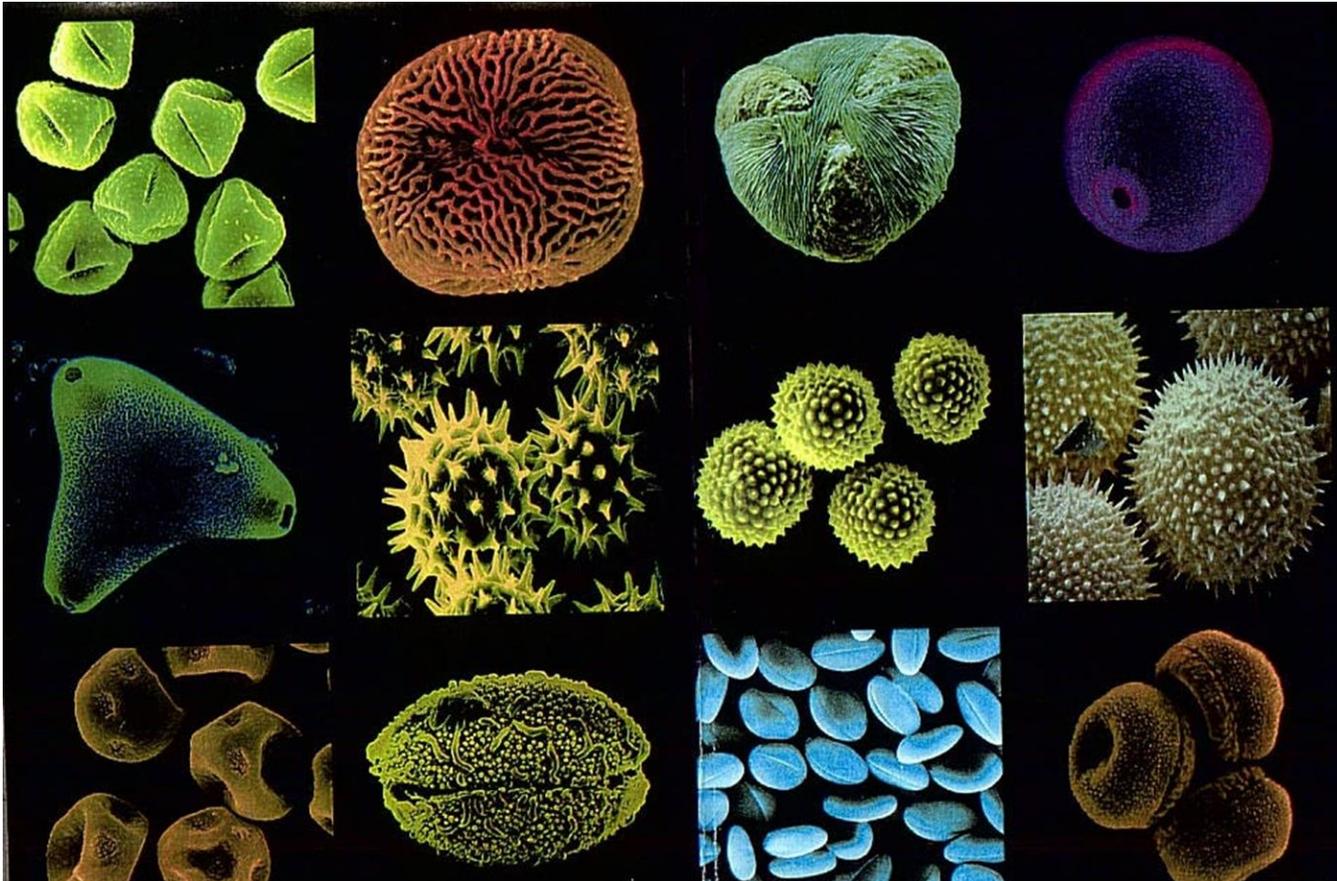


Figura 7. Esporos de *Isoetes*, Pteridófitas aquáticas encontradas nas amostras de sedimentos da sondagem CSS2 - Carajás, focalizados ao microscópio. Profundidade das amostras: 4,63-4,65 m.

Absy et al. 1993

Paleopalynologia

1. Coleta de sedimentos e amostragem
2. Tratamento químico - extração dos palinomorfos
3. Contagem
4. Representação gráfica (programas Tilia e TiliaGraph)
5. Sinais modernos/Chuva polínica/Coletores de Pólen



1. Coleta de sedimentos e subamostragem

Vibrocore - sedimentos consolidados



1. Coleta de sedimentos e subamostragem

Amostrador Manual Russo



1. Coleta de sedimentos e amostragem

Amostrador de Livingstone

- Sedimentos lacustres

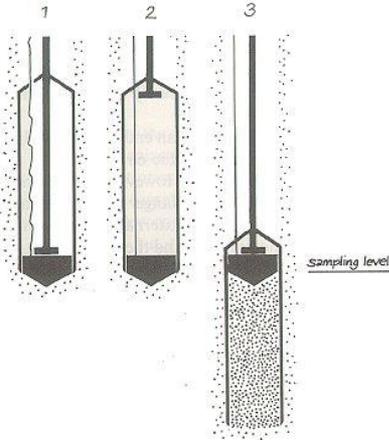


Fig. 4.8. Working principle of Livingstone sampler. (1) Closed sampler pushed down to sampling level; (2) pushing rod pulled up and locked in upper position, wire pulled tight; (3) chamber pushed down its own length, filled and ready for extraction, wire kept tight.



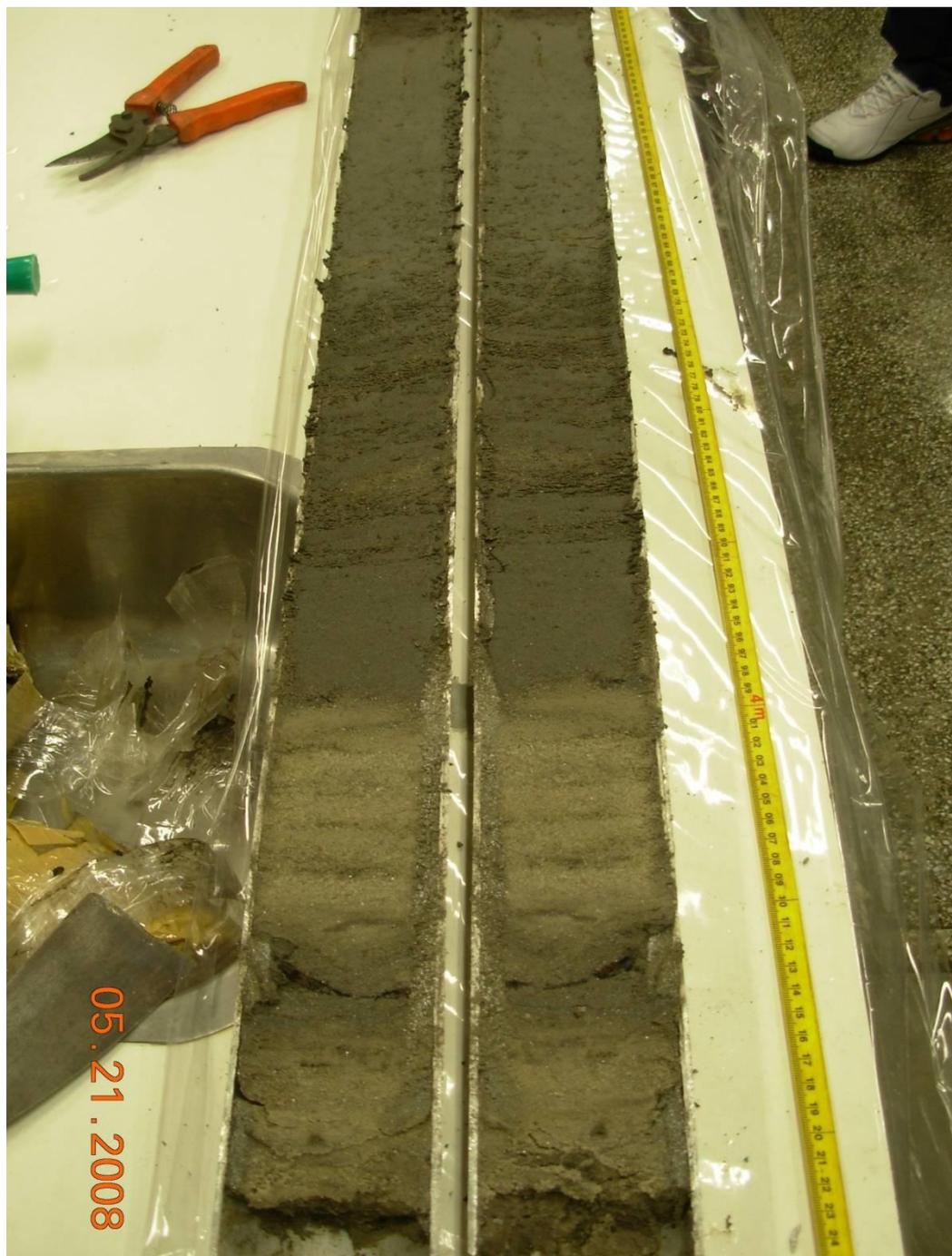
**Plataforma de madeira
e barcos infláveis**

**Dr. Paulo Eduardo Oliveira,
IG-USP**



Reconstituição da vegetação
das fases de ocupação humana
em Lagoa Santa (MG)

Raczka et al. 2013



1. Amostragem dos sedimentos

1. Litologia (tipo do sedimento)
2. Cor
3. Transições (datação)
4. Raios X

1. Amostragem dos sedimentos



- Pólen/esporos
- Datação ^{14}C
- Isótopos ^{13}C ^{12}C
- Geoquímica
- Diatomáceas
- Fitólitos
- Pigmentos vegetais

2. Tratamento químico - extração dos palinomorfos



- Introdução de esporo exótico (% x concentração)
- HF – remoção de minerais
- Acetólise – remoção de matéria orgânica dos palinomorfos
- Preparação de lâminas para microscopia

3. Contagem - Material de Referência – Representação gráfica

Uso de palinoteca de referência e identificação



Programa Tilia-graph

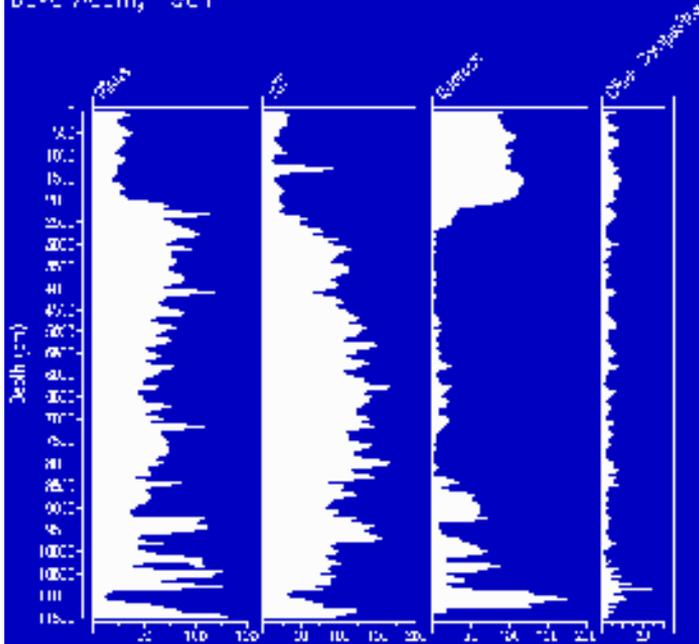
Eric Gimm 1991

Tilia-graph

Version 2.0.b.5



CLEAR LAKE
Lake Co., Calif.
Core Acqm, 981



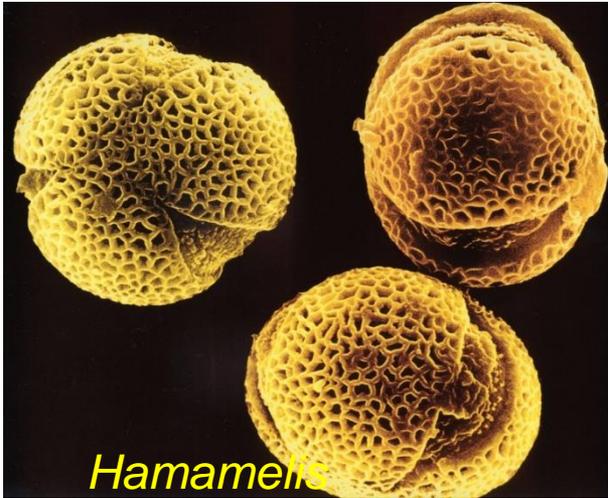
Copyright © Eric C. Gimm, 1991. All rights reserved.
Illinois State Museum, Research & Collections Center,
1920 South 10th Street, Springfield, IL 62703, USA

**Contagem, porcentagens e
representação gráfica:**

PALINODIAGRAMA

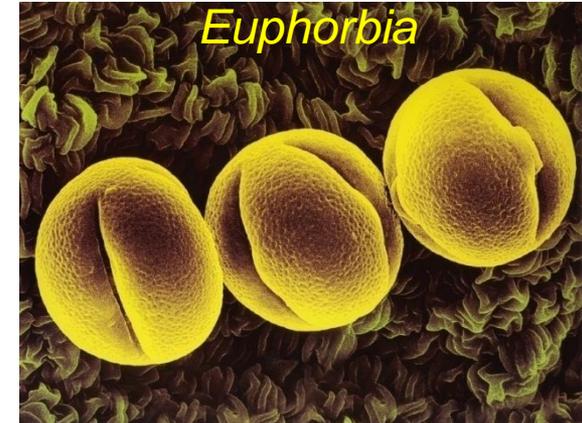
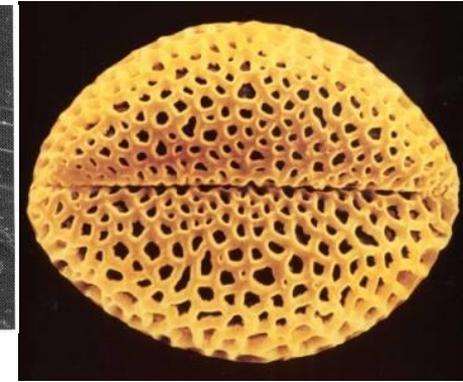
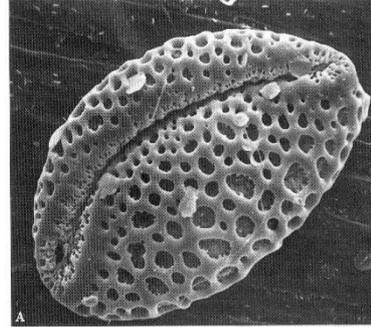
Diversidade de PÓLEN de angiospermas atuais

pólen monossulcados



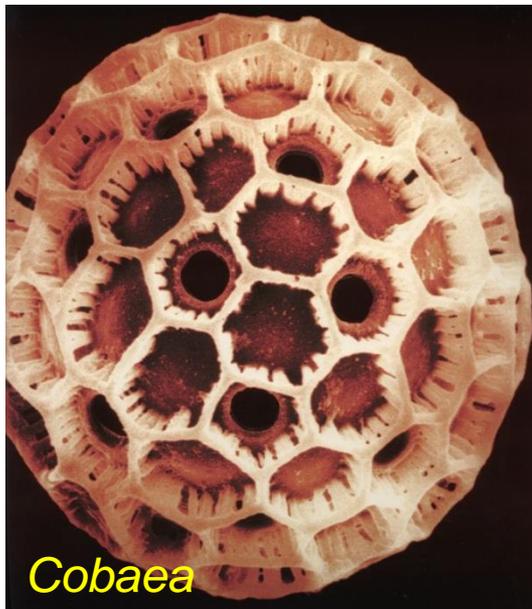
Hamamelis

pólen tricolpados



Euphorbia

pólen tricolporados



Cobaea

pólen porados

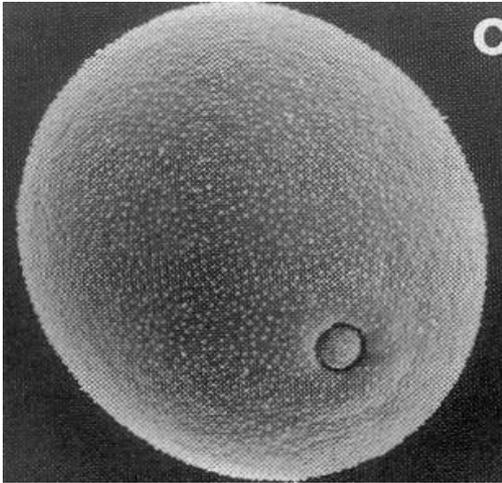


Silene

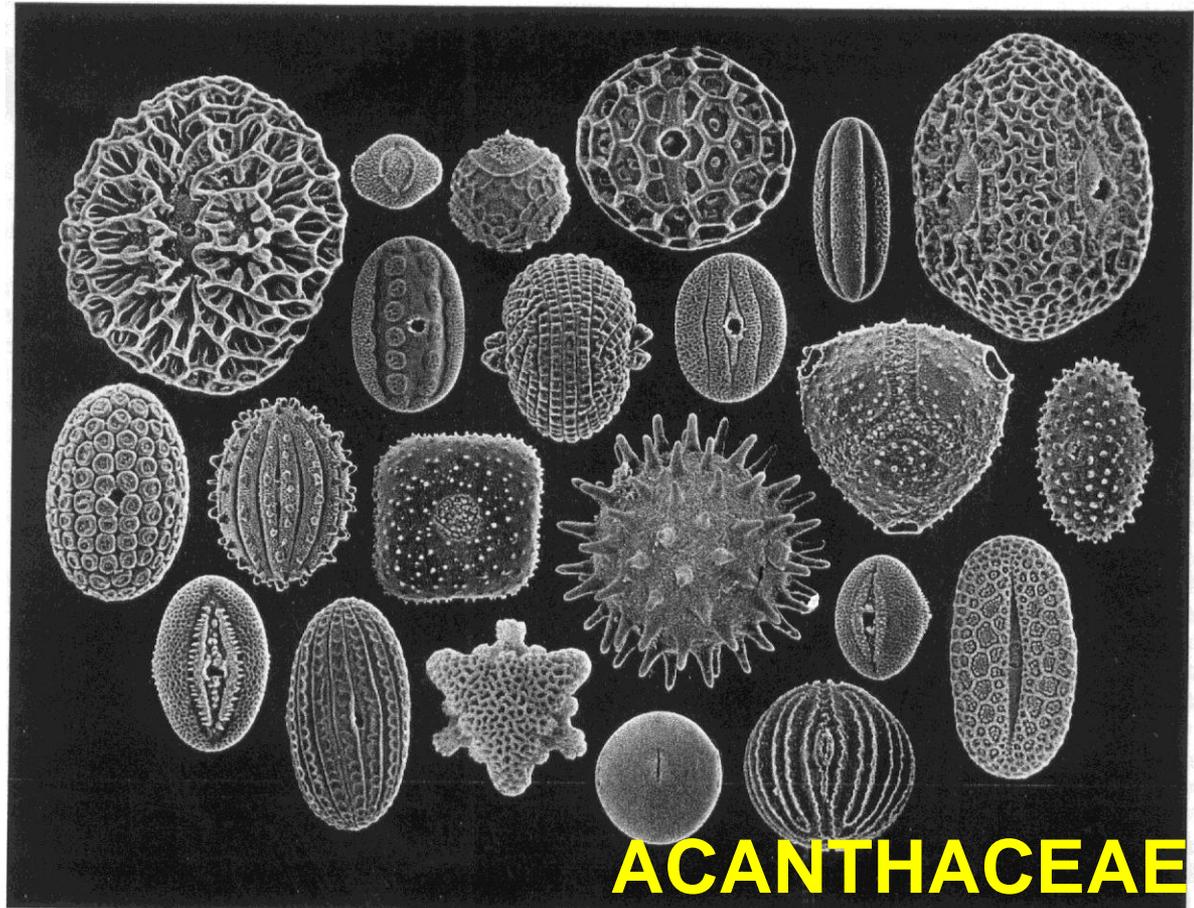


Aesculus

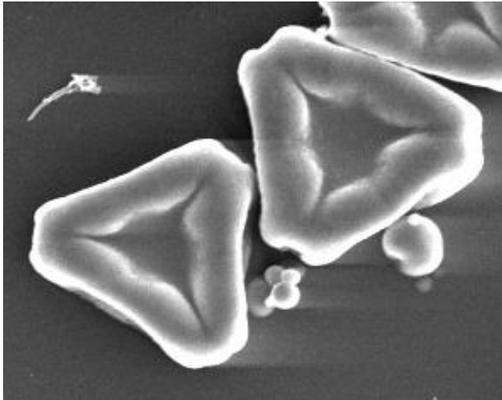
Diversidade de PÓLEN de angiospermas atuais



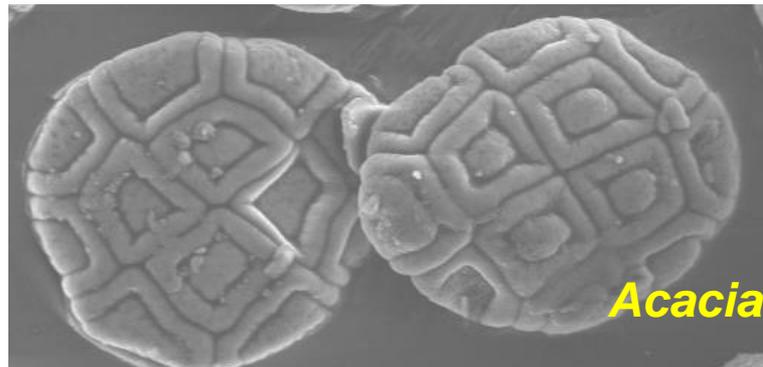
GRAMINEAE
Família estenopolínica



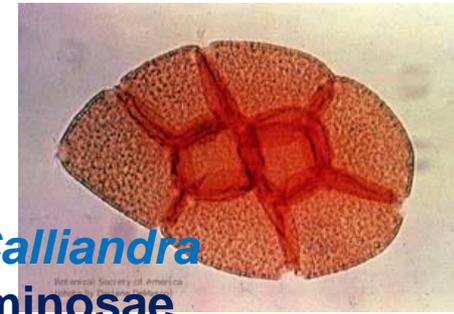
ACANTHACEAE
Família euripolínica



Myrtaceae
Eucalyptus



Acacia



e Calliandra
Leguminosae

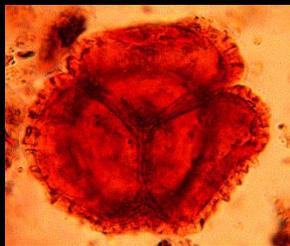
Floresta de Araucária



Araucaria



Podocarpus



Drimys



Myrtaceae



Ilex



Cyatheaceae

Floresta Atlântica



Myrtaceae



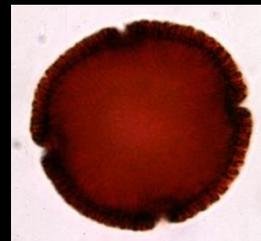
Podocarpus



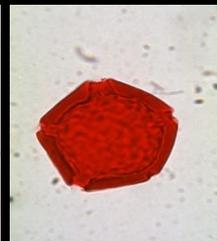
Ilex



Myrsine



Chorisia



Symphonia

Cerrado



Caryocar



Mauritia



Poaceae



Asteraceae

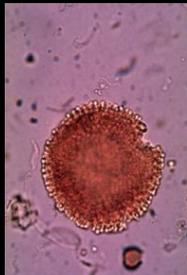


Pseudobombax

Caatinga



Cuphea



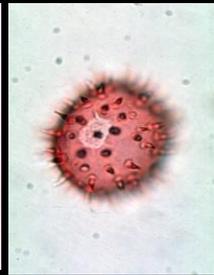
Cnidoscolus



Poaceae



Eriocaulon



Mauritia



Asteraceae

BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA

ENFOQUES FUNDAMENTAIS

Dispersalismo – Darwin 1859, Wallace 1876

Biogeografia filogenética – Hennig 1966, Brundin 1966

Áreas ancestrais – Bremer 1992, Ronquist 1994

Panbiogeografia – Croizat 1958, Craw 1988, Page 1987

Biogeografia cladística – Nelson 1974, D. Rosen 1976, Nelson & Platnick 1981

Análise de parcimônia de endemismos (PAE) - B. Rosen 1988, Craw 1988, Morrone 1988

Métodos baseados em eventos – Page 1994, Ronquist 1997

Filogeografia – *Avise et al.* 1987

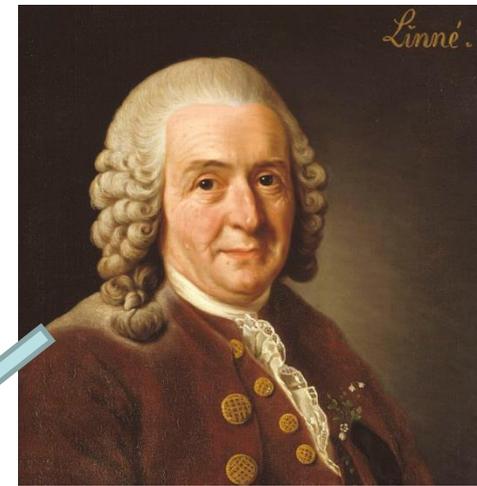
Biogeografia experimental – Haydon, Tadtkey & Pianka 1994

Biogeografia Integrativa – Donoghue & Moore 2003

DISPERSIALISMO



Buffon 1786



Linnaeus 1781



Figure 2.1 Two early hypotheses proposed to account for the diversity and distributions of terrestrial organisms. Both scenarios assume that there was just one center of origin for all life forms. Linnaeus hypothesized that terrestrial plants and animals survived the biblical Flood along the slopes of Mount Ararat, near the present-day border of Turkey and Armenia, and spread to suitable environments from that point (thin arrows). Buffon, on the other hand, hypothesized that species originated in a region much farther to the north and then spread southward, adapting or “evolving” as they colonized climatically and ecologically diverse landmasses in both the New and Old Worlds (thick arrows).

Brown & Lomolino 1998

ON
THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

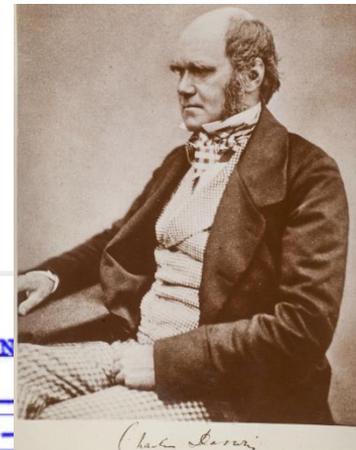
FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE
ROUND THE WORLD.'

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

The right of Translation is reserved.

Dispersialismo

Darwin 1859



CHAPTER XI.

ON THE GEOLOGICAL SUCCESSION OF ORGANISMS.

On the slow and successive appearance of new species — rates of change — Species once lost do not reappear — follow the same general rules in their appearance and disappearance as do single species — On Extinction — On simultaneous changes in the forms of life throughout the world — On the affinities of extinct species to each other and to living species — On the state of development of ancient forms — On the succession of the same types within the same areas — Summary of preceding and present chapter 290-315

CHAPTER XII.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION.

Present distribution cannot be accounted for by differences in physical conditions — Importance of barriers — Affinity of the productions of the same continent — Centres of creation — Means of dispersal, by changes of climate and of the level of the land, and by occasional means — Dispersal during the Glacial period — Alternate Glacial periods in the north and south 316-342

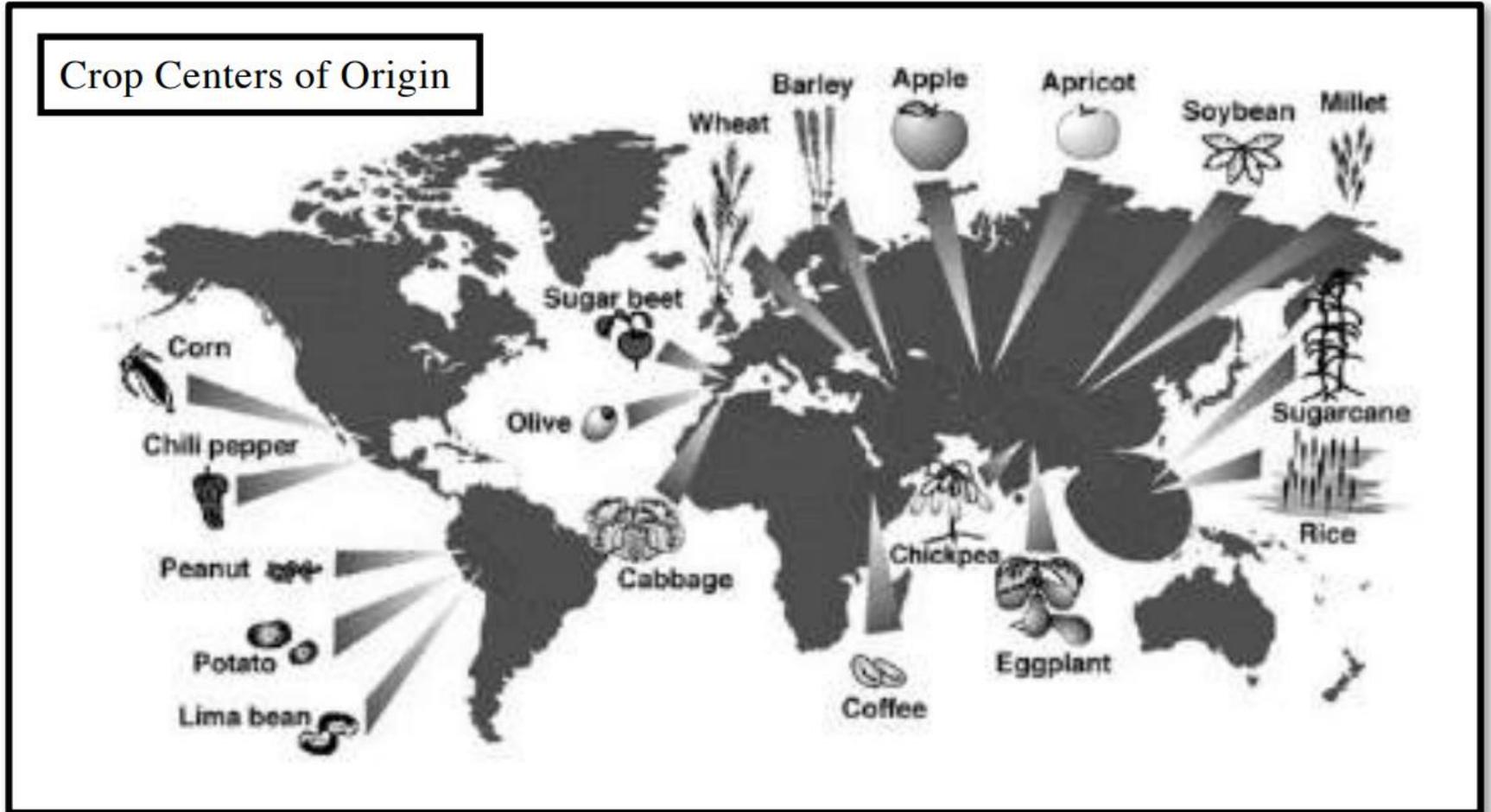
CHAPTER XIII.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION—continued.

Distribution of fresh-water productions — On the inhabitants of oceanic islands — Absence of Batrachians and of terrestrial Mammals — On the relation of the inhabitants of islands to those of the nearest mainland — On colonization from the nearest source with subsequent modification — Summary of the last and present chapter 343-362

E también Wallace, Matthews,
Darlington, Mayr, Simpson.

Centros de origem das plantas cultivadas



G. T. Prance 1994 in Forey et al.

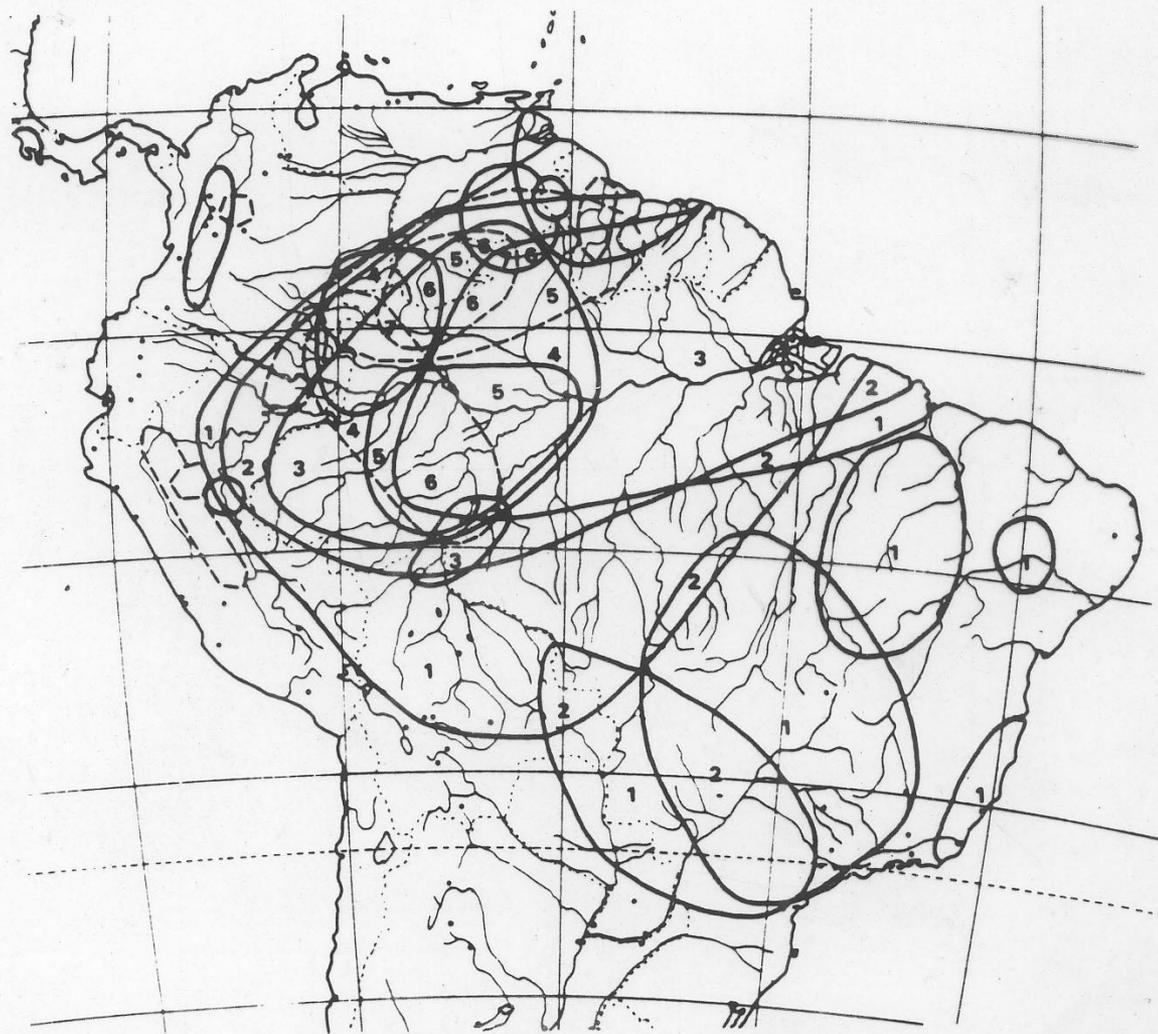


Fig. 11.8 Isoline map showing the distribution of the Caryocaraceae where the greatest diversity is in the Venezuela-Brazil border region.

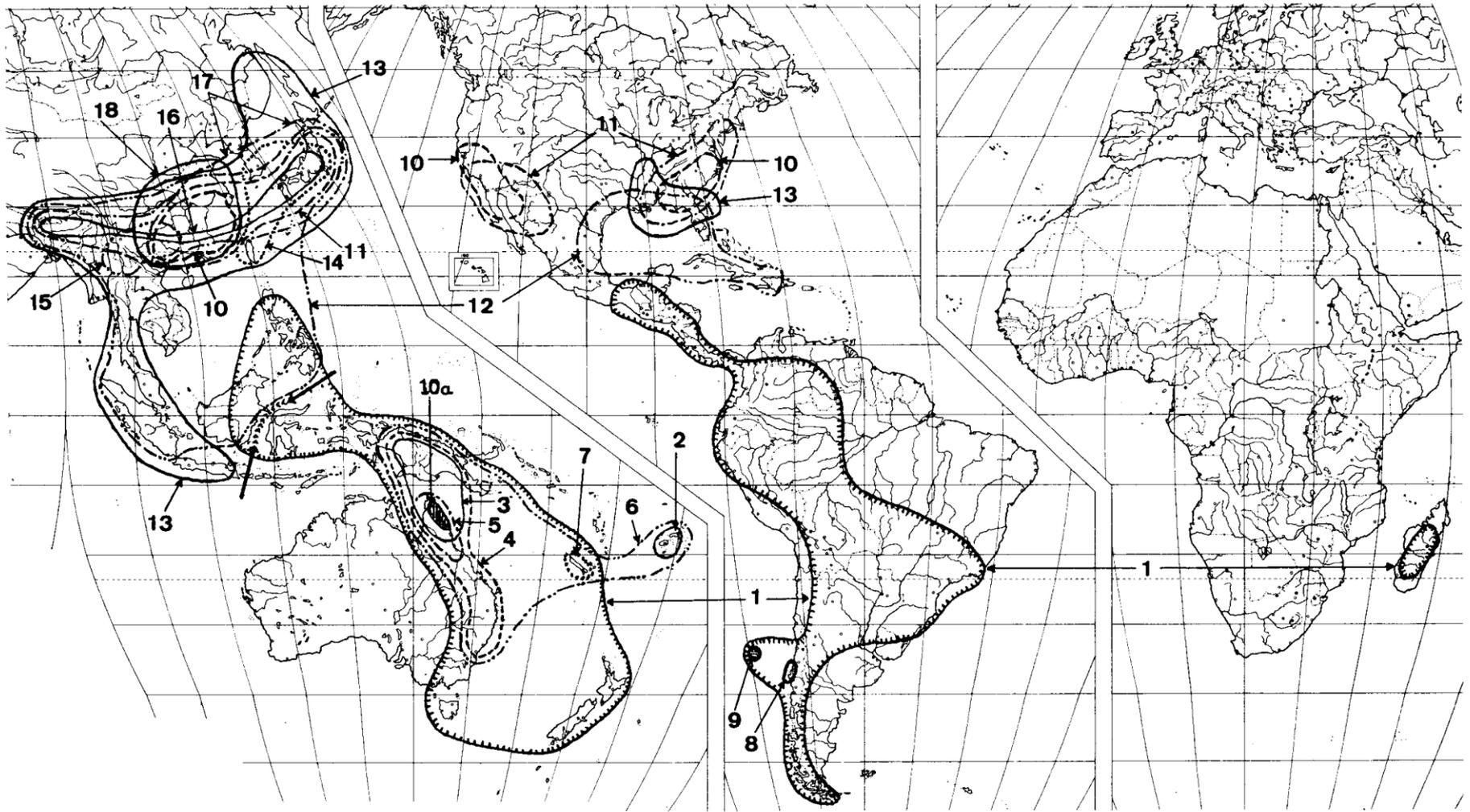


Fig. 11.9 Map based in Fig. 11.8 showing probable original dispersal of Caryocaraceae.

Matthew 1915:

**Centro de origem dos mamíferos = Holártico,
onde formas novas e mais adaptadas suplantaram
as antigas,
forçando-as para o sul, para habitats periféricos**

**Centro de origem é o local onde se acham hoje
as formas mais “evoluídas”**

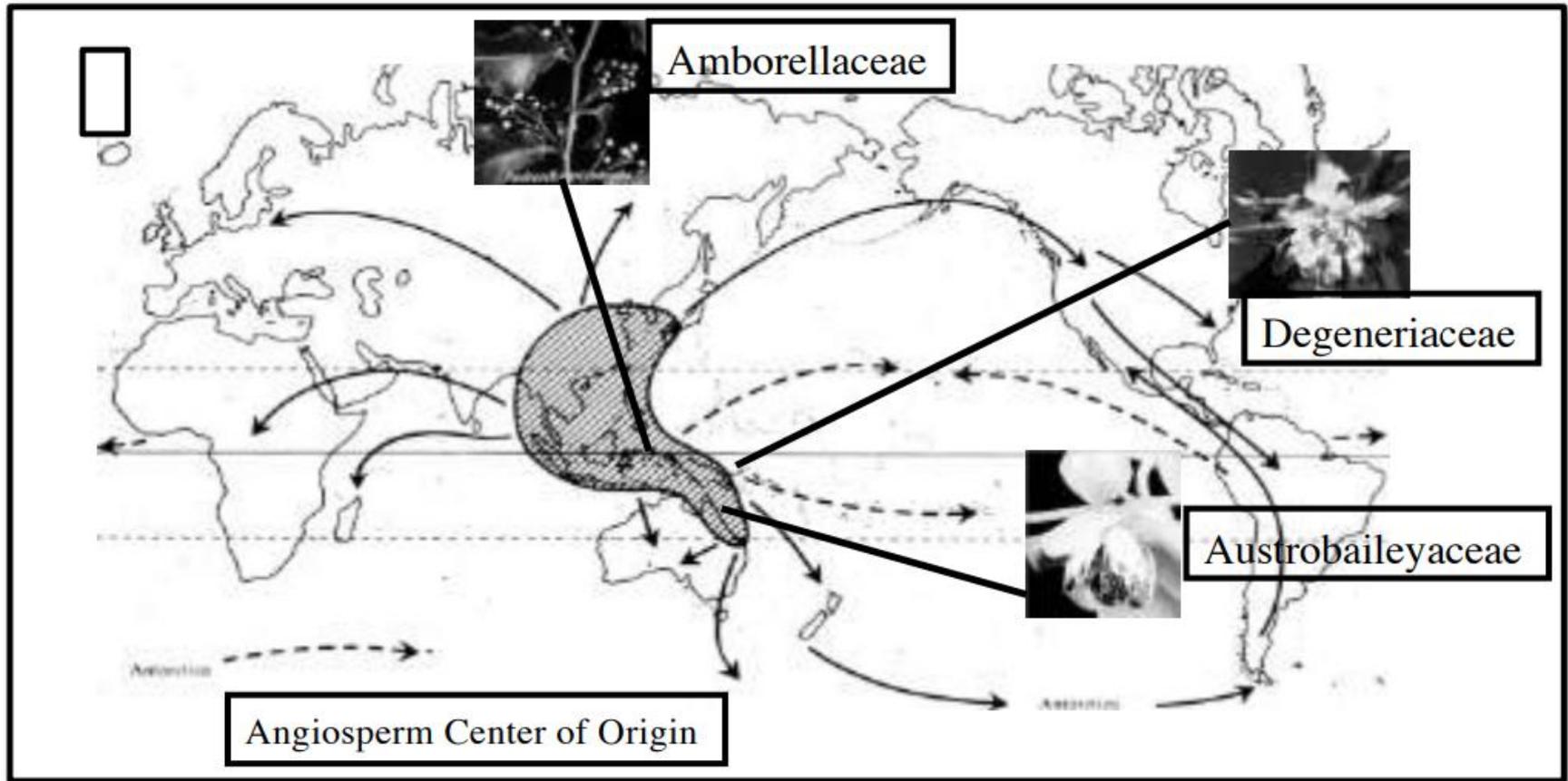


Generalized distribution of 19 primitive families of woody Dicotyledonae. (1) Winteraceae. (2) Degeneriaceae. (3) Himantandraceae. (4) Eupomatiaceae. (5) Austrobaileyaceae. (6) Trimeniaceae; 1 species reaches Marquesas. (7) Amborellaceae. (8) Gomortegaceae. (9) Lactoridaceae. (10) Calycanthaceae. (10a) Idiospermataceae. (11) Saururaceae. (12) Illiciaceae. (13) Schisandraceae; *Kadsura* reaches Amboina and peninsular India. (14) Trochodendraceae. (15) Tetracentraceae. (16) Eupteleaceae. (17) Cercidiphyllaceae. (18) Eucommiaceae. The extension of Winteraceae beyond Australasia is by means of 1 species (out of about 90 known). Arrows indicate the approximate position of Wallace's Line. Distribution is generalized and in part schematized, for maximal clarity; the families involved are often very strongly disjunct and absent from many of the intermediate areas from which they are indicated.

Schuster in Beck 1976

Recent dispersalist ideas: Center of Origin

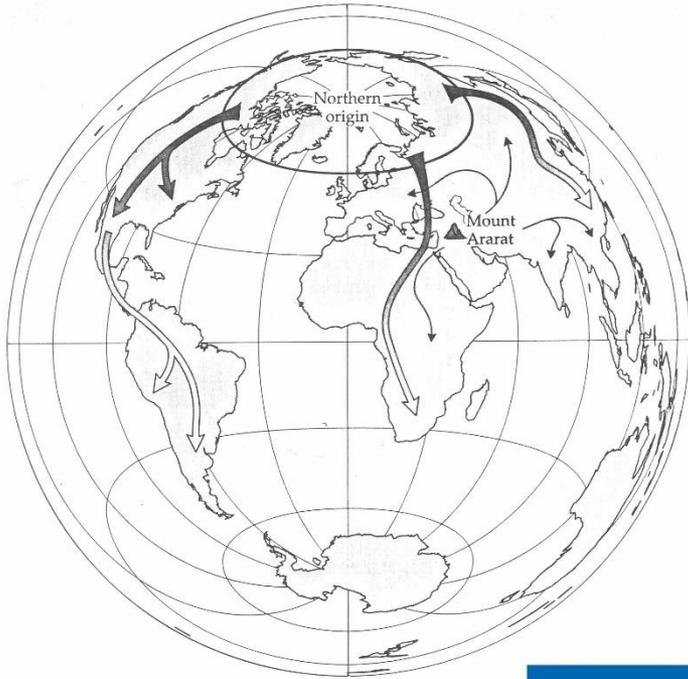
Angiosperm Center of Origin often placed in Australasia as many putative primitive families are endemic there [*The location of the most “primitive” forms*]



Centro de origem é o local onde se acham hoje as formas mais “primitivas” – Schuster 1976



Figure 1. Geographic distribution (yellow) with overlaid areas of species concentration (orange) of *Croton* sect. *Cyclostigma* s.s.



Dispersialismo -

**“Efeito Sherwin Williams”
segundo os biogeógrafos antidispersialistas**



**TINTAS
SHERWIN
WILLIAMS®**

BIOGEOGRAFIA FENÉTICA

Índices de Similaridade Florística:

Jaccard: $C/N1 + N2 - C$

Dice: $2C/N1 + N2$

Simpson: $C/N1$

Braun-Blanquet: $C/N2$

C = n° de spp. presentes em ambas áreas comparadas
N1 = n° total de spp. presentes na área 1 (a com menor n°)
N2 = n° total de spp. presentes na área 2

Análise de agrupamento

Índice de Sørensen

Pinto-da-Rocha et al. 2006

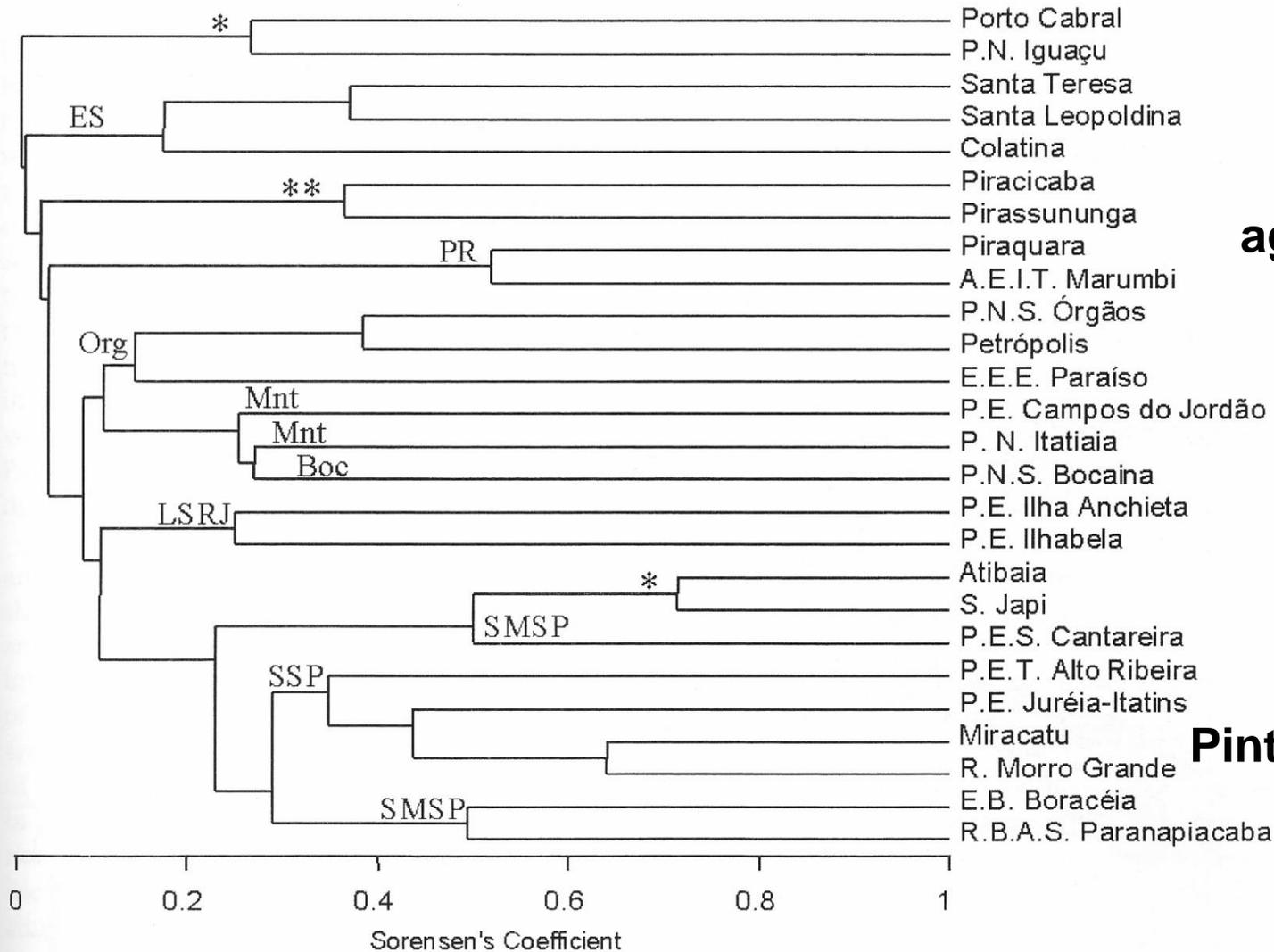


Figure 2.—Cluster analysis (Sørensen index) showing the similarity among harvestmen faunas (Lan-
 iatores and Eupnoi) of 26 areas in south and southern Brazil. Abbreviations in Table 1. * = areas not
 included in biogeographic analyses; ** = Cerrado (savanna).

Análise de **Gêneros** de de altitude e de outras elevações da Am. Sul

Coeficiente de Jaccard

Safford 2007

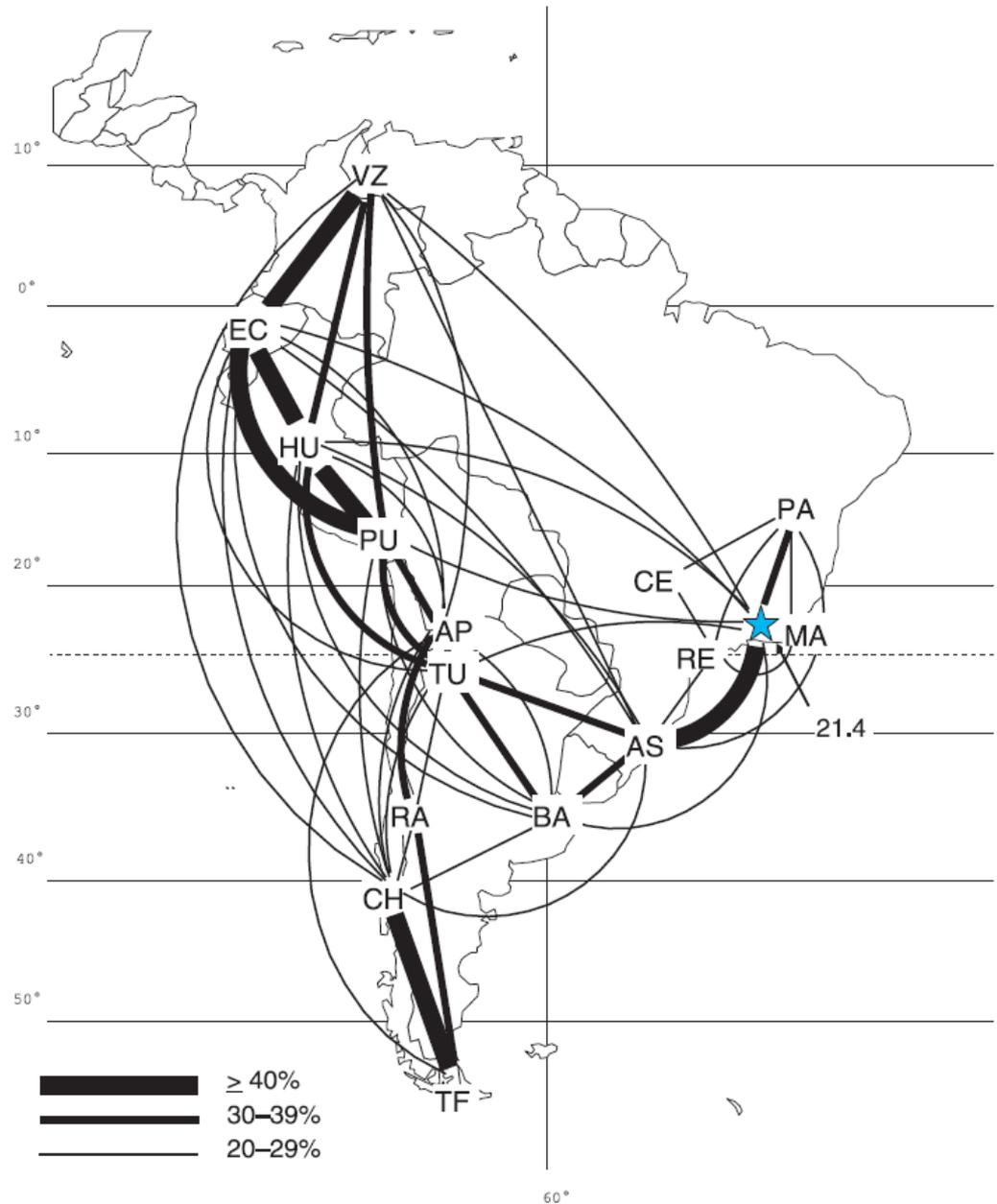


Figure 4 Geographical patterns in Jaccard similarities at the level of genus for the sites treated in this paper. The campos de altitude are represented by a star. '21.4' is the Jaccard similarity between the campos de altitude and Macaé de Cima. Values from Table S2 (in *Supplementary Material*), site codes as in Table 1.

SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Hennig 1950, 1966

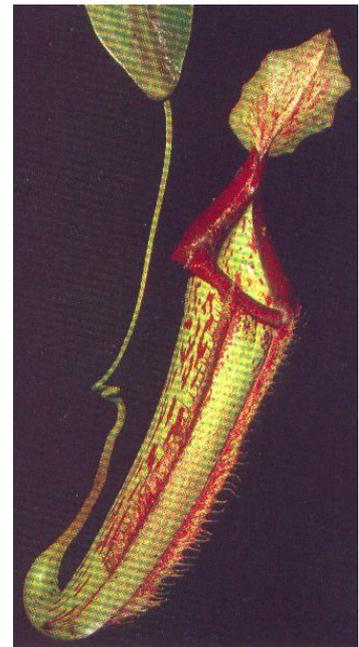
paradigma nos diversos campos

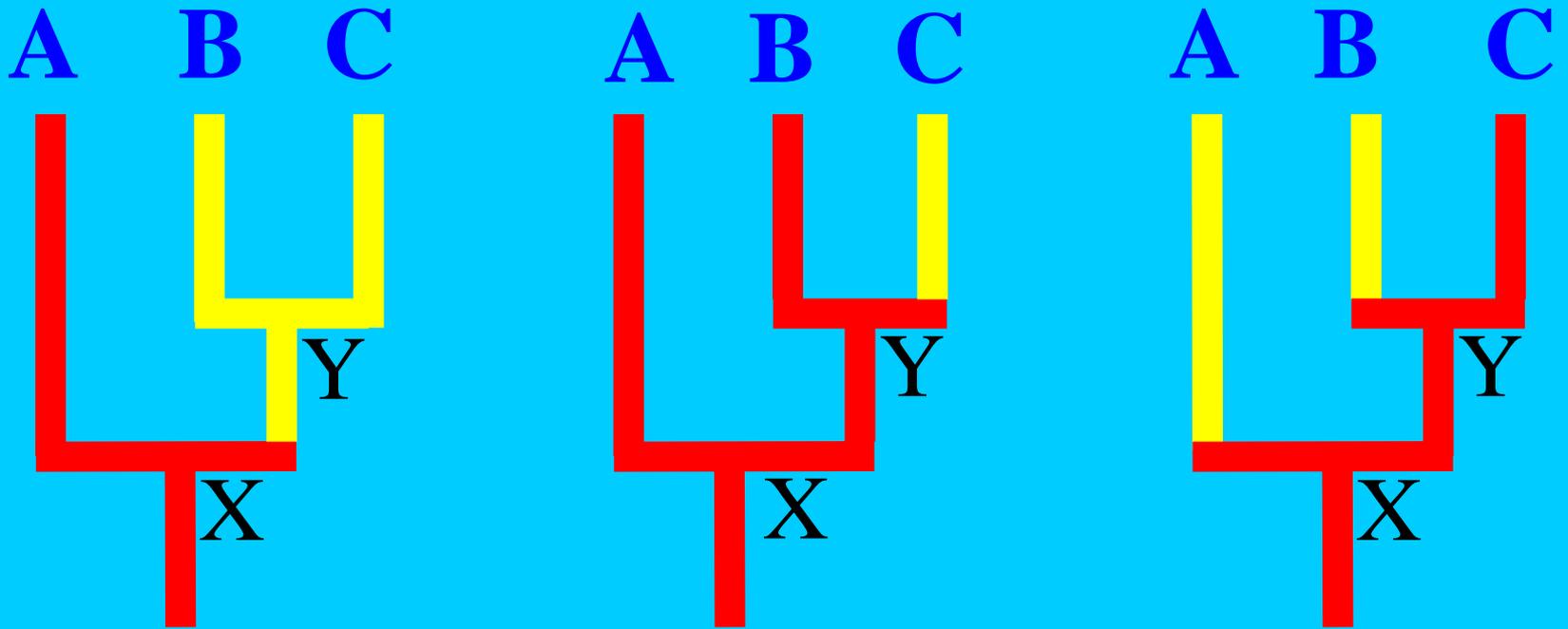
da Biologia Comparada - mais objetivo,

reproduzível e estatisticamente embasado.



- caracteres em estados plesiomórficos ou apomórficos (não táxons)
- estados apomórficos informativos para recuperação de parentesco
- só grupos monofiléticos devem ser reconhecidos





**Diagramas filogenéticos (cladogramas)
de 3 táxons recentes hipotéticos **A**, **B** e **C**
e seus ancestrais **X** e **Y**.**

BIOGEOGRAFIA FILOGENÉTICA

Hennig 1950, 1966; Brundin 1966, 1981

Emprego da filogenia de grupos monofiléticos para inferir sua história biogeográfica individual no tempo e espaço.

Padrões de dispersão são únicos para cada grupo e cada grupo têm uma história independente.

1. Regra da Progressão:

Dada a distr. contínua de diferentes espécies de um grupo monofilético, a **série de transformação dos caracteres progride paralelamente à sua progressão no espaço** = os membros primitivos de um táxon acham-se mais próximos do seu centro de origem, e os mais derivados na periferia.
Baseia-se num modelo de especiação alopátrida (isolamento periférico).

2. Regra do Desvio:

Todo evento de especiação produz uma separação desigual da pop. original = a sp. filha periférica sempre tem mais novidades evolutivas, e a outra permanece mais parecida com a ancestral.

BIOGEOGRAFIA FILOGENÉTICA

Métodos:

- obtenção de filogenia de um grupo;
 - projeção do cladograma sobre o mapa das áreas habitadas pelo grupo;
 - individualização do **centro de origem do grupo**, mediante aplicação da regra de progressão e do desvio, e determinação da **direção de dispersão**;
- formulação de hipótese sobre a história biogeográfica do grupo
confrontar a hipótese com a geologia da área.

Exemplo: Biogeogr. Filogen. de grupo de coleópteros carabídeos da Australásia (Brundin 1972).

Biogeografía Filogenética de grupo de coleópteros carabídeos da Australásia (Brundin 1972).

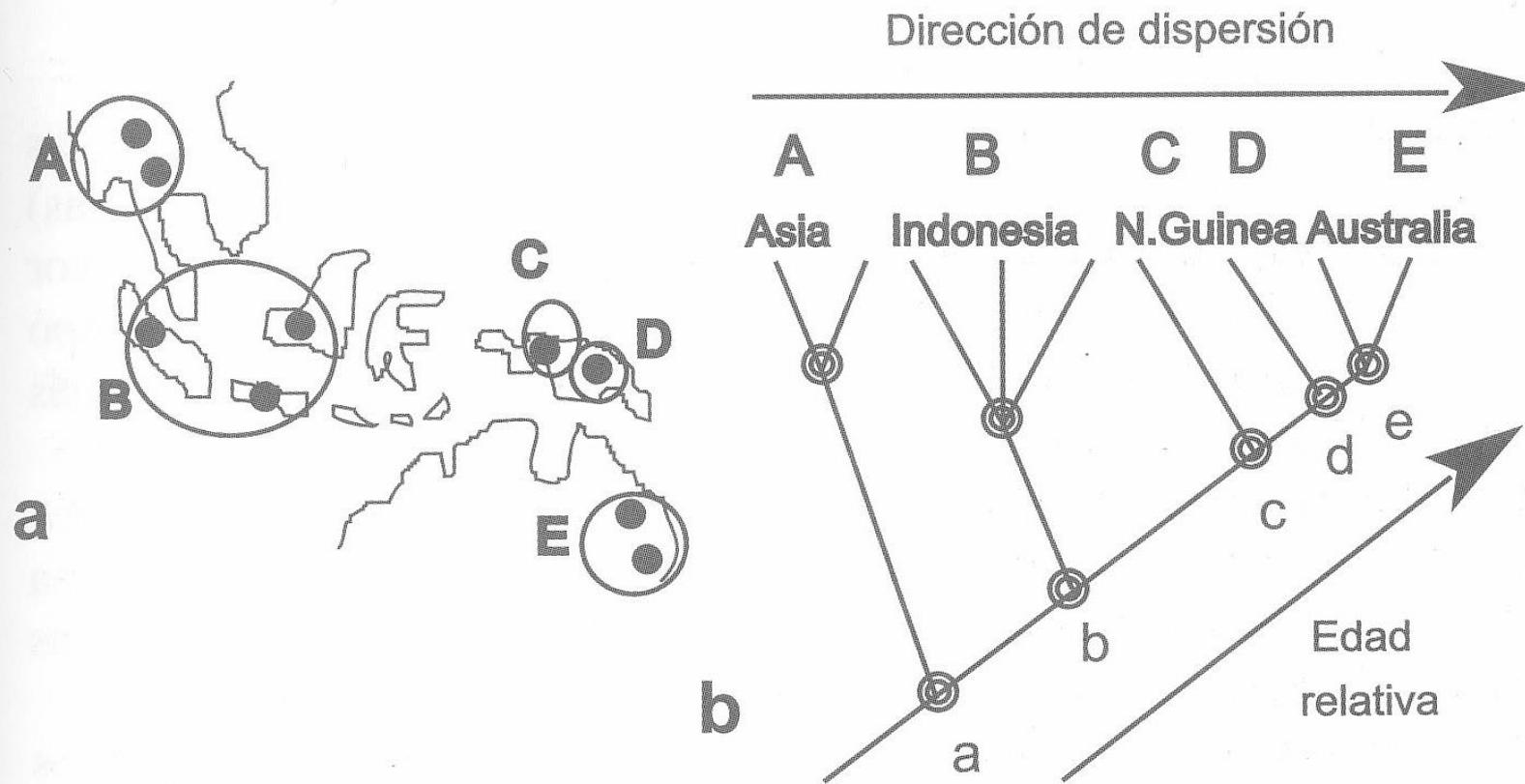


Fig. VI-1. Biogeografía filogenética. a, Mapa de Australasia con la distribución de las especies hipotéticas A, B, C, D y E; b, relaciones filogenéticas de las especies A-E, se observa la dispersión paso a paso desde el sudeste de Asia vía Indonesia y Nueva Guinea hacia Australia (modificado de Brundin, 1972).

Áreas Ancestrais

Bremer 1992, 1995

Busca identificar a área ancestral de um grupo individual a partir da informação topológica de sua filogenia, assumindo-se que:

- áreas posicionadas em ramos “basais” do cladograma são parte da AA do grupo;**
- áreas representadas em muitos ramos do cladograma são mais provavelmente parte da AA do grupo.**

Métodos:

Otimização de Camin-Sokal (Bremer 1992)

– algoritmo irreversível de parcimônia

Otimização de Fitch (Ronquist 1994)

- algoritmo reversível de parcimônia

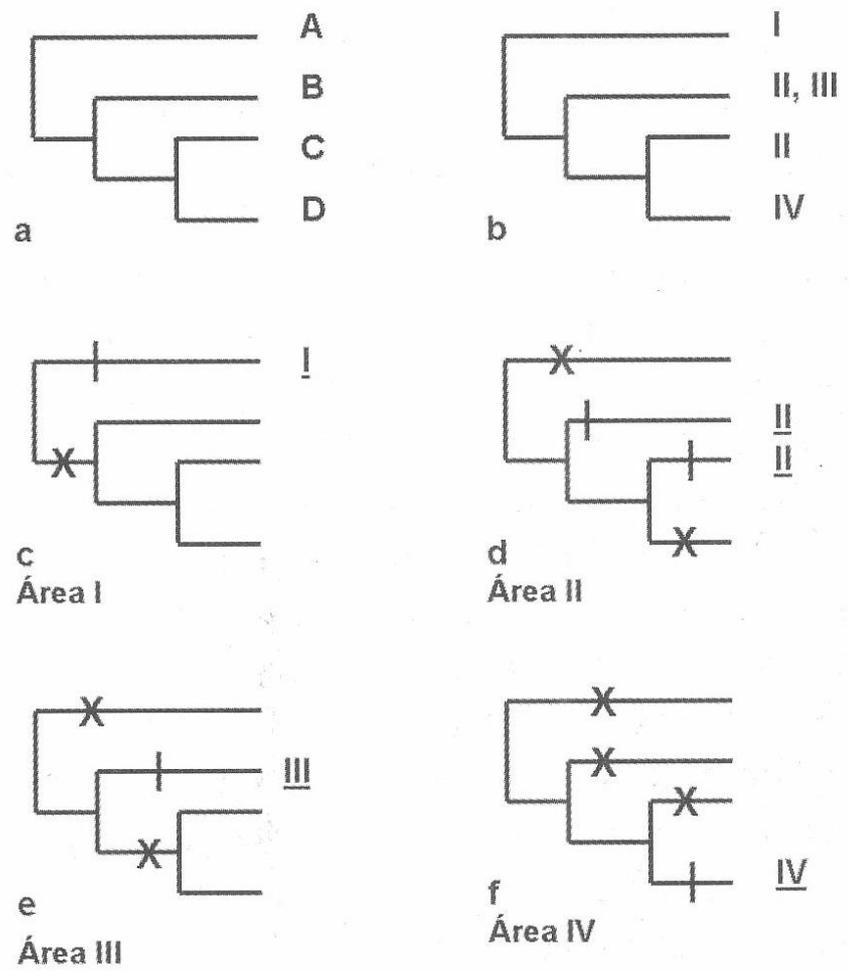
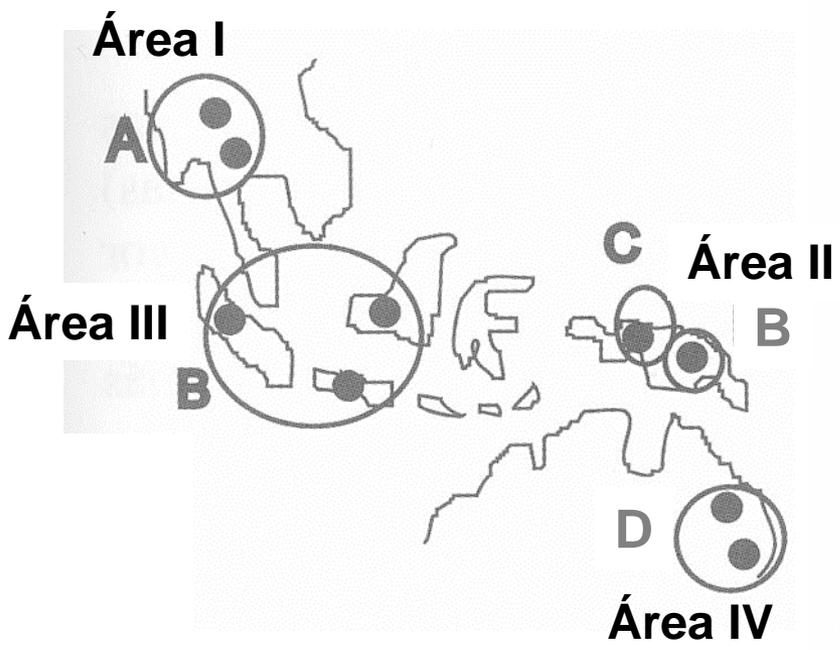
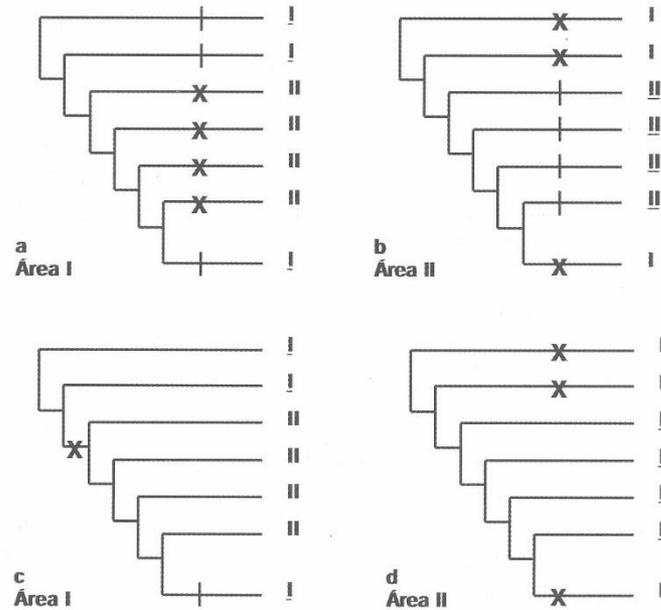


Fig. VII-1. Aplicación del método de áreas ancestrales con optimización de Camin & Sokal. a, Cladograma de las especies A-D; b, cladograma de las áreas I-IV; c-f, ganancias (barras) y pérdidas (cruces) mediante el algoritmo de Camin & Sokal para las cuatro áreas: c, I; d, II; e, III; f, IV. g, Estimación del área ancestral para las especies A-D. G= número de ganancias necesarias con el algoritmo de Camin & Sokal; L= número de pérdidas necesarias con el algoritmo de Camin & Sokal; G/L= cociente de ganancias sobre pérdidas; AA= cociente G/L estandarizado a un máximo valor de 1 al dividir por el mayor valor obtenido de G/L (modificado de Bremer, 1992).

	ÁREAS	G	L	G/L	AA
g	I	1	1	1	1
	II	2	2	1	1
	III	1	2	0,5	0,5
	IV	1	3	0,33	0,33



ÁREAS	Método de Bremer				Método de Ronquist	
	G	L	G/L	AA	S	RP
<u>I</u>	3	4	0,75	0,56	2	1
<u>II</u>	4	3	1,33	1	3	0,67

Fig. VII-2. Áreas ancestrales: comparación del método de Bremer (con optimización de Camin & Sokal) y el método de Ronquist (con optimización de Fitch). a-b, Optimización de las áreas I y II, respectivamente, mediante el algoritmo de Camin & Sokal; c-d, optimización de las áreas I y II, respectivamente, mediante el algoritmo de Fitch. Para cada caso el área correspondiente está subrayada. e, Tabla comparativa de los resultados de ambos métodos. G= número de ganancias; L= número de pérdidas; G/L= cociente de ganancias sobre pérdidas; AA= cociente G/L estandarizado a un máximo valor de 1 dividiendo por el mayor valor de G/L; S= número de pasos necesarios si el área fuera parte del área ancestral; RP= valor S estandarizado a un máximo valor de 1, invirtiendo el valor S y multiplicando por el menor valor de S (modificado de Ronquist, 1994).

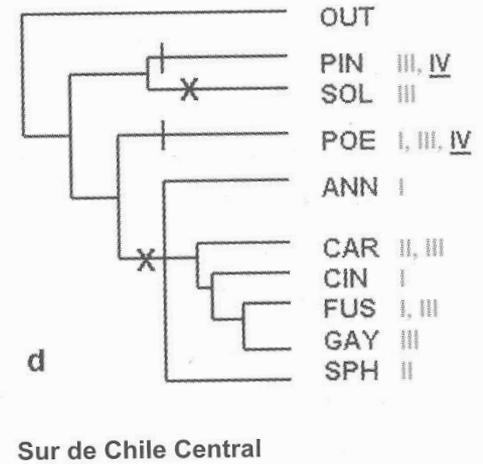
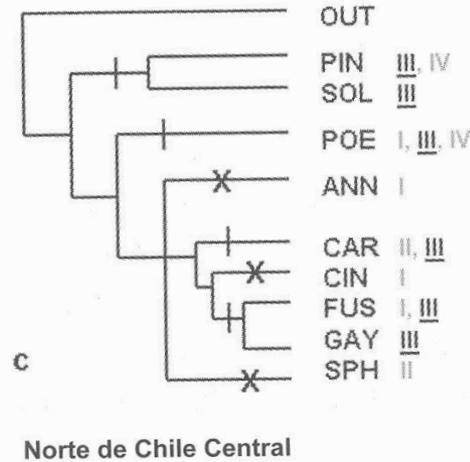
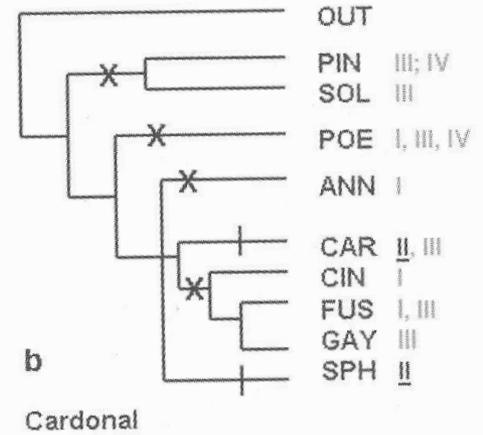
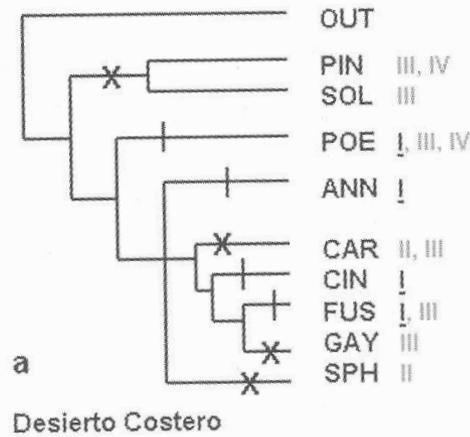
Exemplo:

Katinas & Crisci 2000

Compositae - Mutisieae

***Moscharia* – 2 spp.**

***Polyachyrus* – 7 spp.**



e

ÁREAS	G	L	G/L
I	4	4	1
II	2	4	0,5
III	4	3	1,3
IV	2	2	1

Exemplo:
Muellner et al. 2006
MELIACEAE

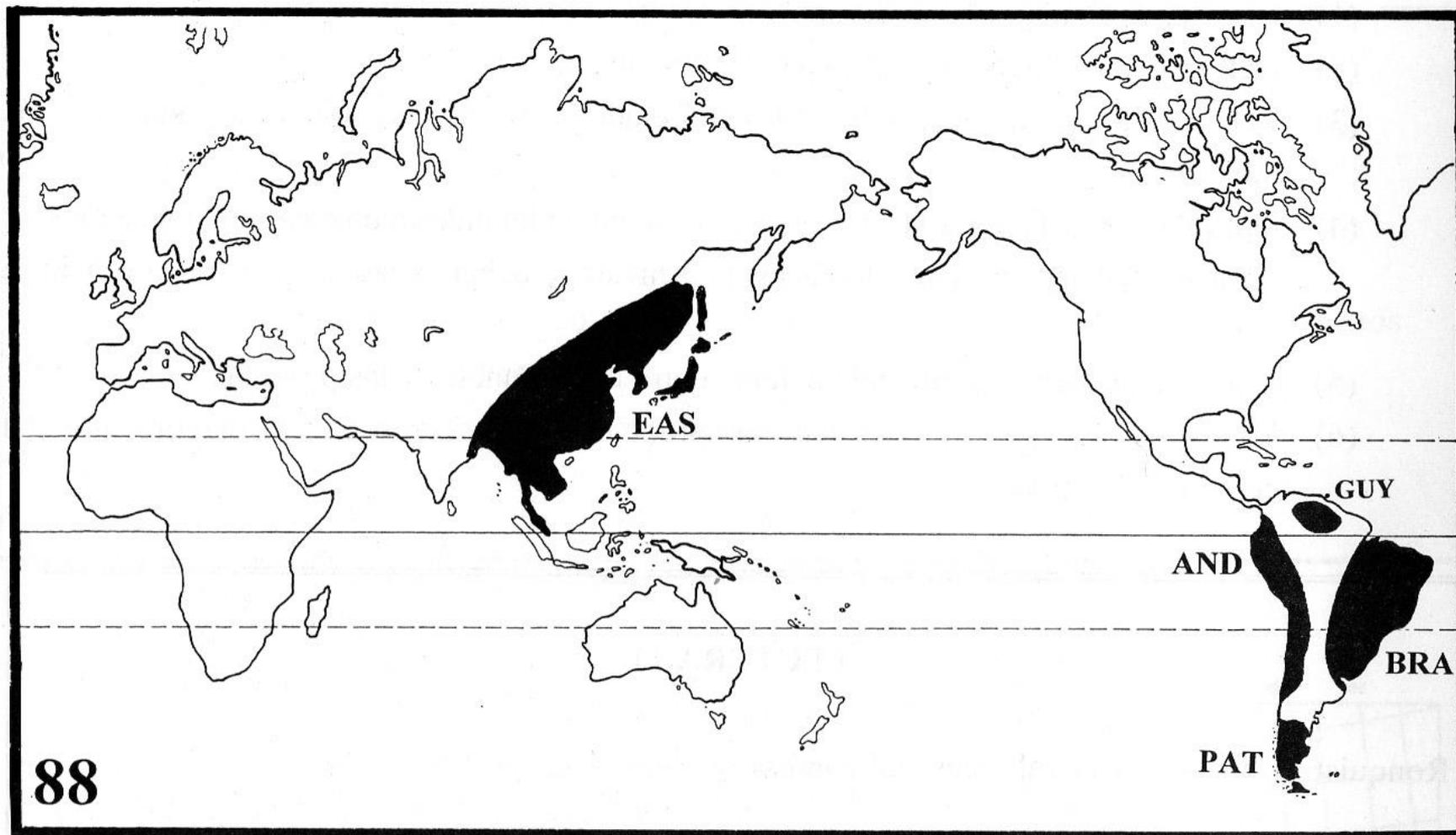
The mahogany family “out-of-Africa”: Divergence time estimation, global biogeographic patterns inferred from plastid *rbcL* DNA sequences, extant, and fossil distribution of diversity

Alexandra N. Muellner ^{a,*,1}, Vincent Savolainen ^a, Rosabelle Samuel ^b, Mark W. Chase ^a

Estimation of the ancestral areas for data set MEL (Meliaceae) using Bremer’s ancestral area analysis (1992)

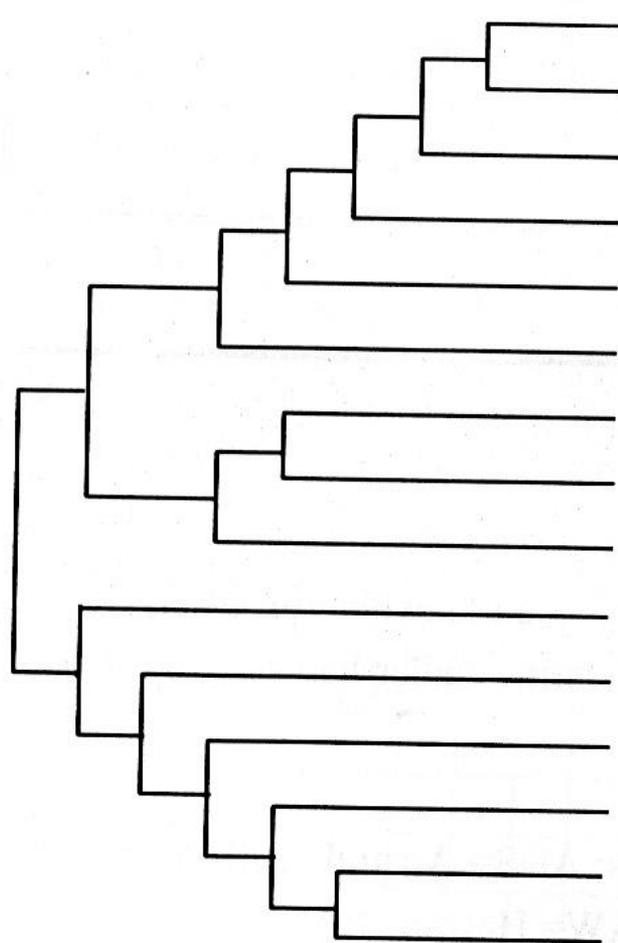
Areas	<i>G</i>	<i>L</i>	<i>G/L</i>	<i>AA</i>
Africa	16	15	1.07	1.00
Malesia	13	21	0.62	0.58
Indo-China	14	24	0.58	0.54
Australasia	12	21	0.57	0.53
Madagascar	8	17	0.47	0.44
India	10	25	0.40	0.37
South America	8	21	0.38	0.36
Central America	7	21	0.33	0.31

G, number of necessary gains under forward Camin-Sokal parsimony. *L*, number of necessary losses under reverse Camin-Sokal parsimony. *AA*, *G/L* quotients rescaled to a maximum value of 1 by dividing with the largest *G/L* value.



Exercício: Morrone et al. 1996

Determinar as áreas ancestrais de COMPOSITAE (ASTERACEAE)



Huarpea AND

Barnadesia BRA-AND

Fulcaldea AND

Arnaldoa AND

Dasyphyllum BRA-AND

Chuquiraga AND-PAT

Doniophyton AND-PAT

Duseniella PAT

Schlechtendahlia BRA

Stenopadus GUY

Hesperomannia HAW

Wunderlichia BRA

Ainsliaea EAS

Gochnatia BRA-AND-EAS-NAM

Resto de las Asteraceae BRA-AND-PAT-GUY-HAW-EAS-NAM-EUR-AFR-AUS-AMA

Exercício: Morrone et al. 1996

Determinar as áreas ancestrais de COMPOSITAE (ASTERACEAE)