DIVERSIDADE DAS ANGIOSPERMAS (Filo ANTHOPHYTA ou MAGNOLIOPHYTA)


Clusia


Passiflora


Alpinia

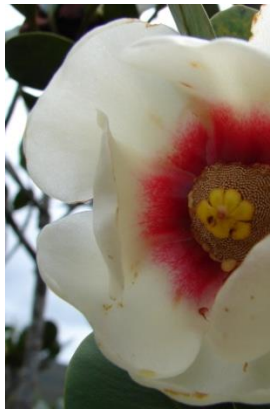

Aristolochia


Stanhopea


Couroupita


Iris

DIVERSIDADE DAS ANGIOSPERMAS (Filo ANTHOPHYTA ou MAGNOLIOPHYTA)



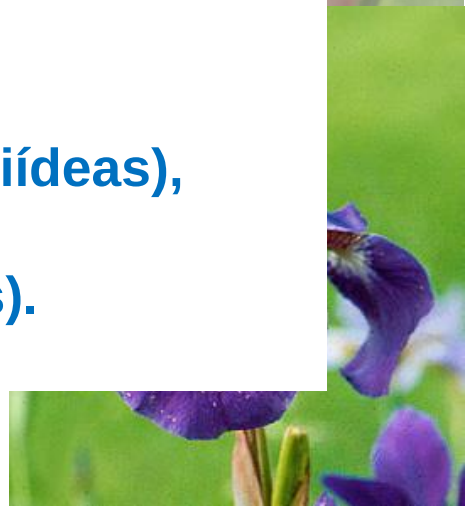
Estrutura da aula:

1. Diversidade morfológica, de formas de vida e habitats

2. Origem do grupo e possíveis causas da rápida diversificação

3. Grandes grupos - a classificação tradicional e as evidências das filogenias modernas: o Sistema APG

4. Grandes grupos - caracterização geral:
clados basais (grado ANA e clado magnoliídeas), monocotiledôneas
e eudicotiledôneas (Rosídeas e Asterídeas).

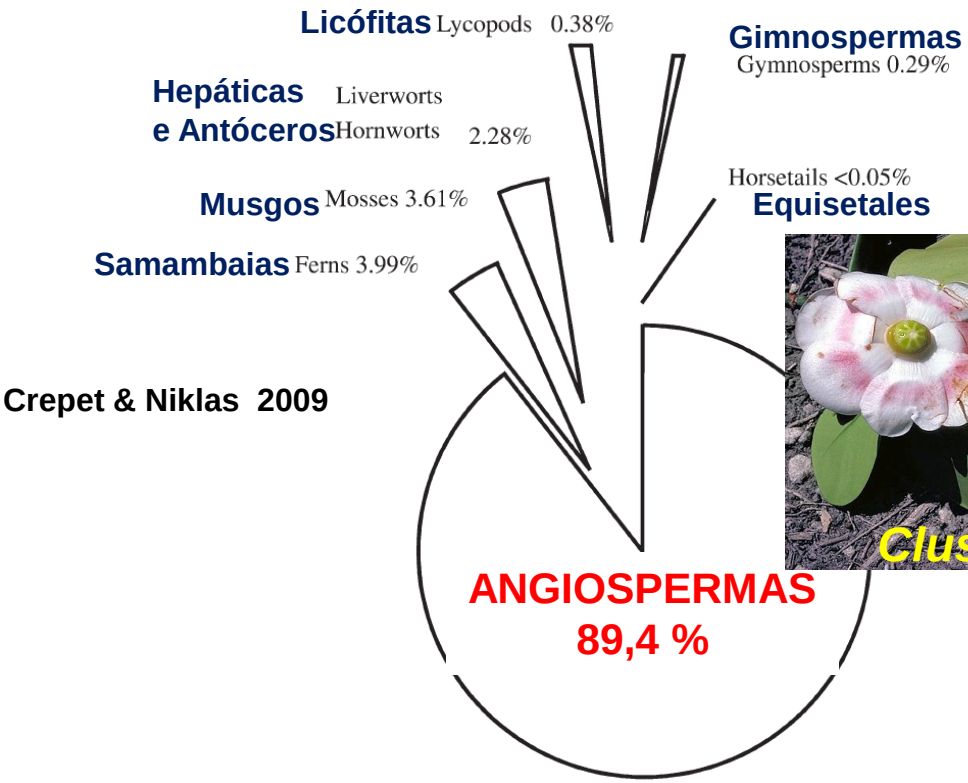


Plantas floríferas (ANGIOSPERMAS) - fruto

295 mil espécies (revisão de todos táxons publicados - Christenhusz & Bing 2016)

ou 450 mil espécies (estimativa - Pimm & Joppa 2015)

Diversidade relativa das Embriófitas - plantas terrestres



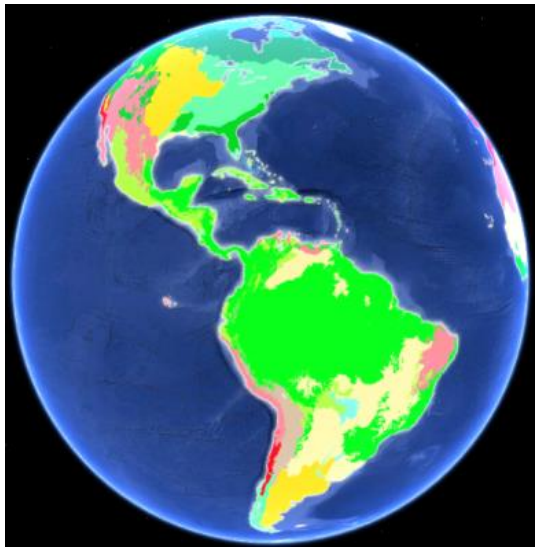
Crepet & Niklas 2009

Região NEOTROPICAL

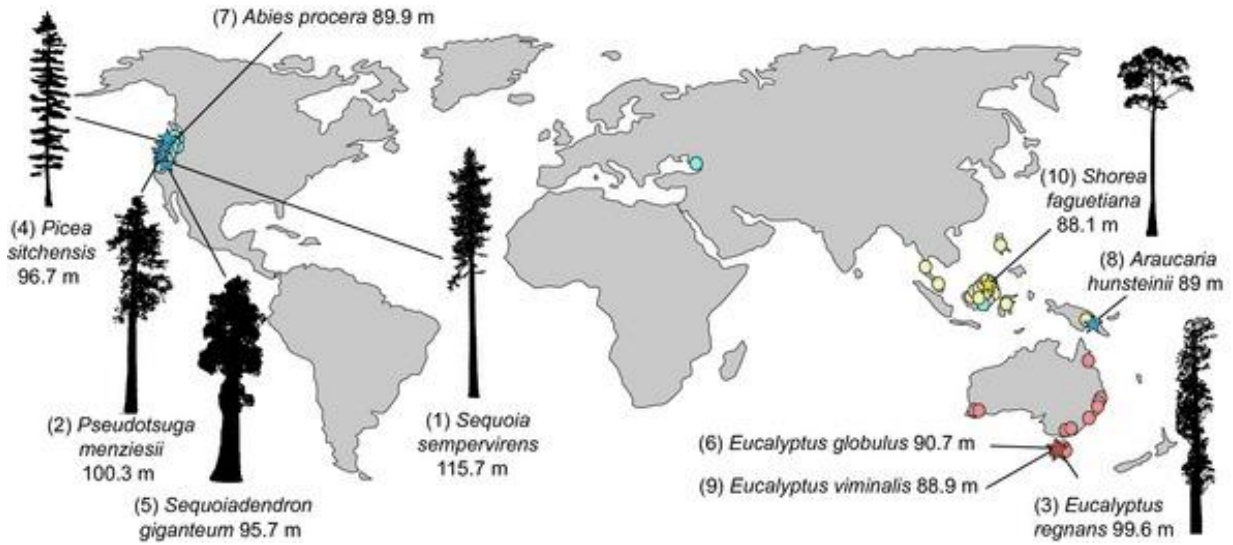
ca. 100.000 especies de plantas com sementes:

ca. 37% das espécies conhecidas

(Antonelli & Sanmartín 2011)



ANGIOSPERMAS-
imensa diversidade morfológica

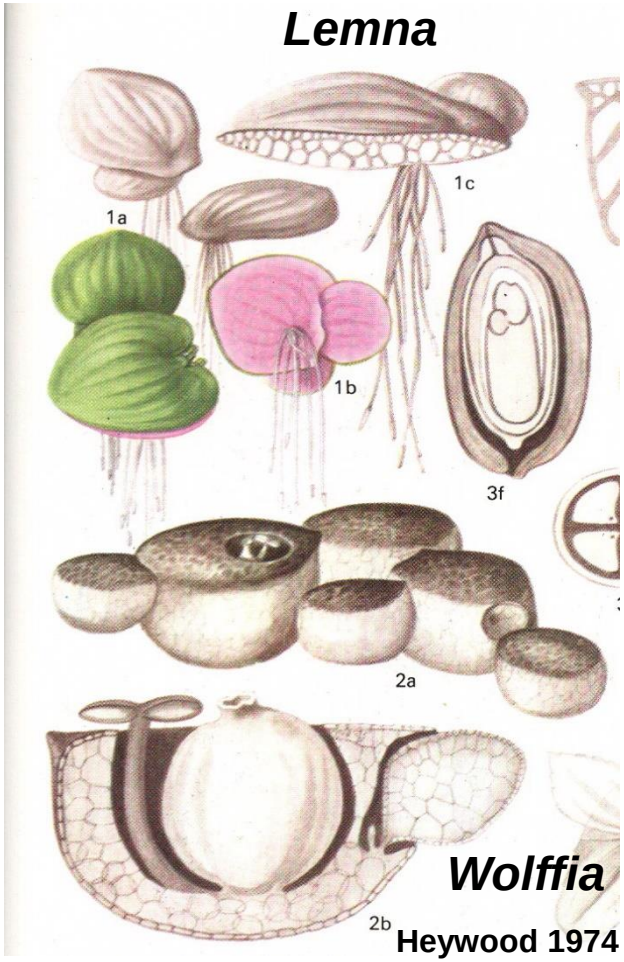


Distribuição global distribution das espécies de árvores conhecidas ultrapassando 70 m de altura - todas coníferas, exceto *Eucalyptus* (Myrtaceae) e *Shorea* (Dipterocarpaceae). (Tng et al. 2012)

***Eucalyptus regnans*, Myrtaceae - 99,6 m – a mais alta angiosperma do mundo**

Eucalyptus regnans **na Tasmânia**

Lemna



Wolffia

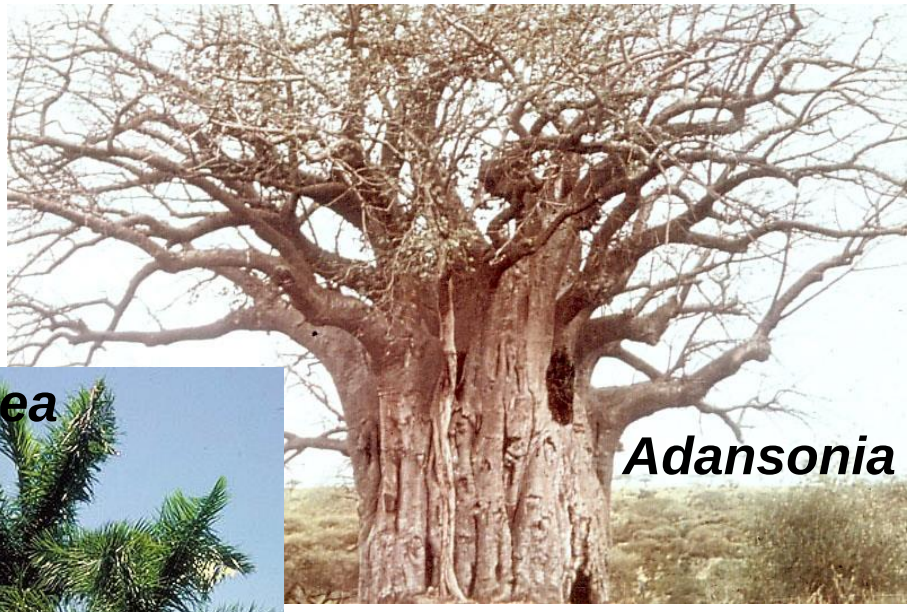
Heywood 1974

Araceae

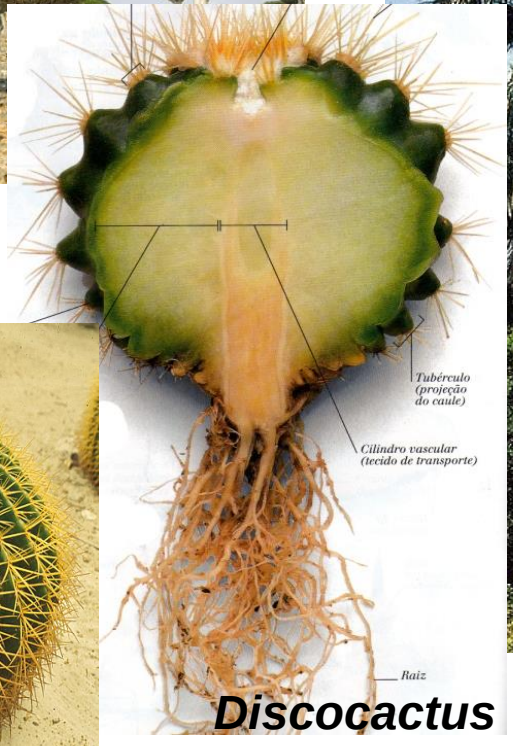
aquáticas flutuantes, milimétricas

DIVERSIDADE de formas de vida e habitats


Dracaena

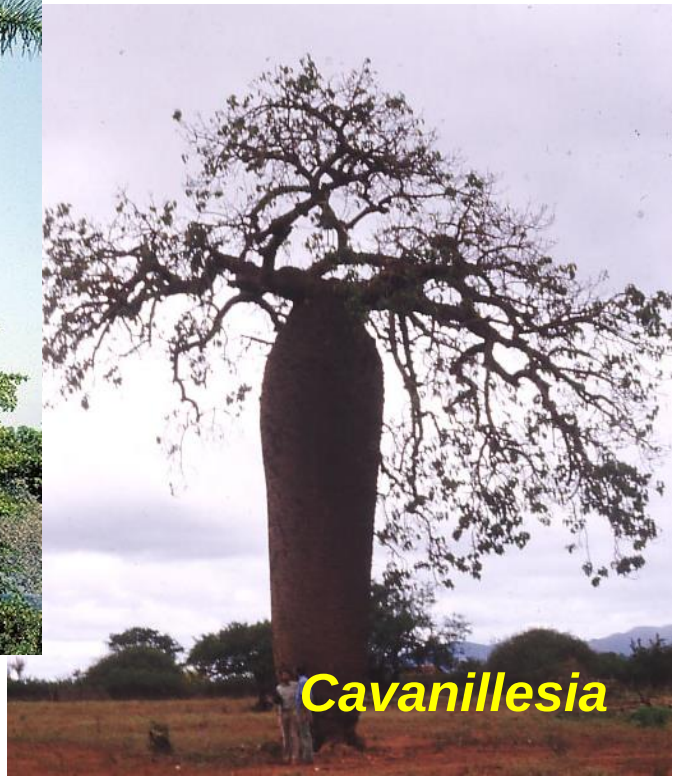

Adansonia


Roystonea

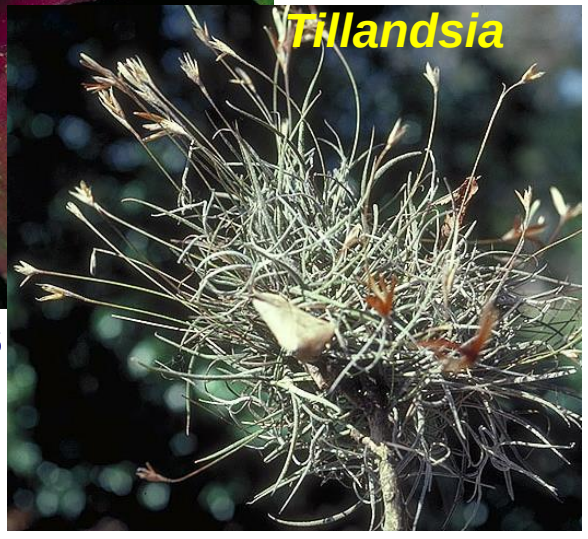


Discocactus

Ferocactus


Cavanillesia

DIVERSIDADE de formas de vida e habitats



Epífitas

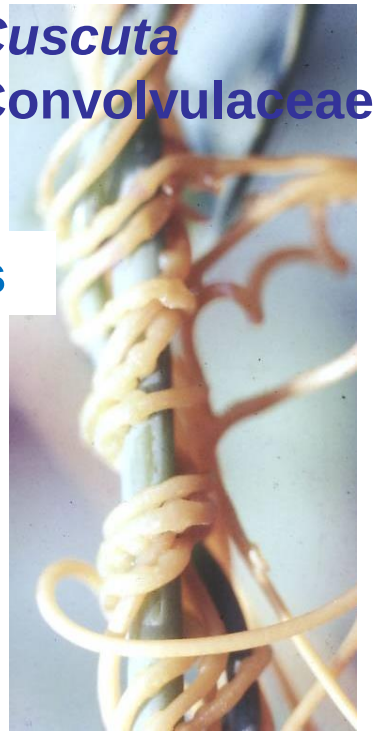
Exemplos: Bromeliaceae

Marinhas submersas (2 famílias de monocotiledôneas)

DIVERSIDADE de formas de vida e habitats

parasitas

Rafflesia
Rafflesiaceae



Cuscuta
Convolvulaceae

Sarracenia
Sarraceniaceae

carnívoras

Drosera

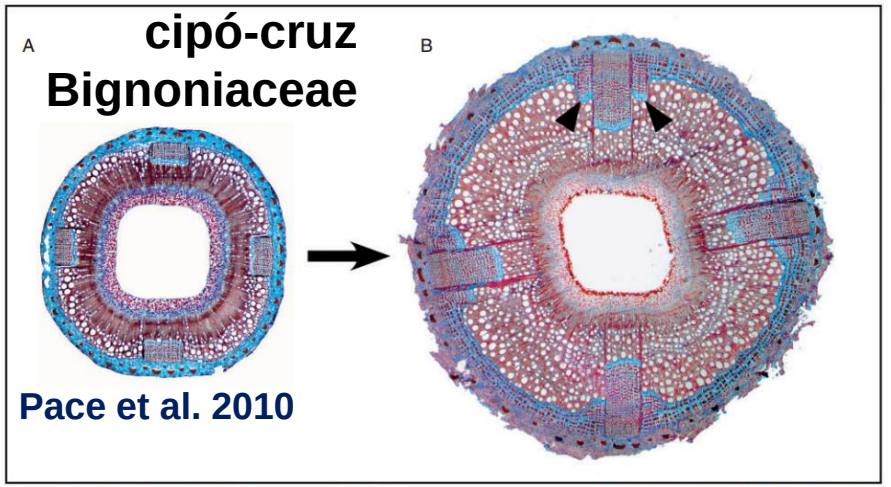
Dionaea

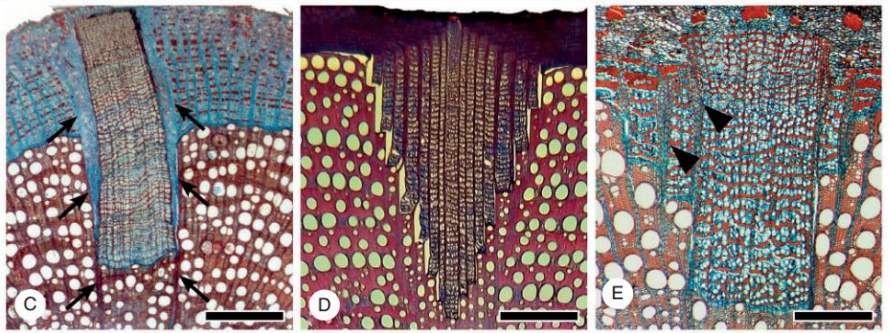
Droseraceae

DIVERSIDADE de formas de vida e habitats

Anatomias variantes

LIANAS



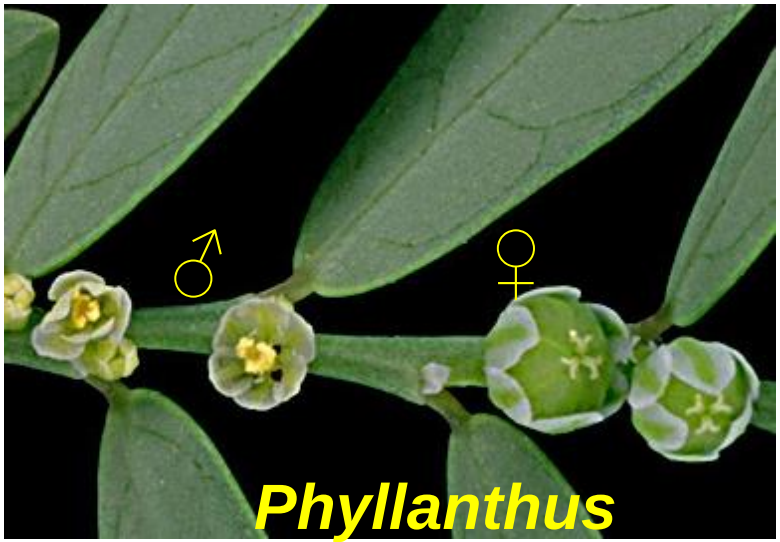


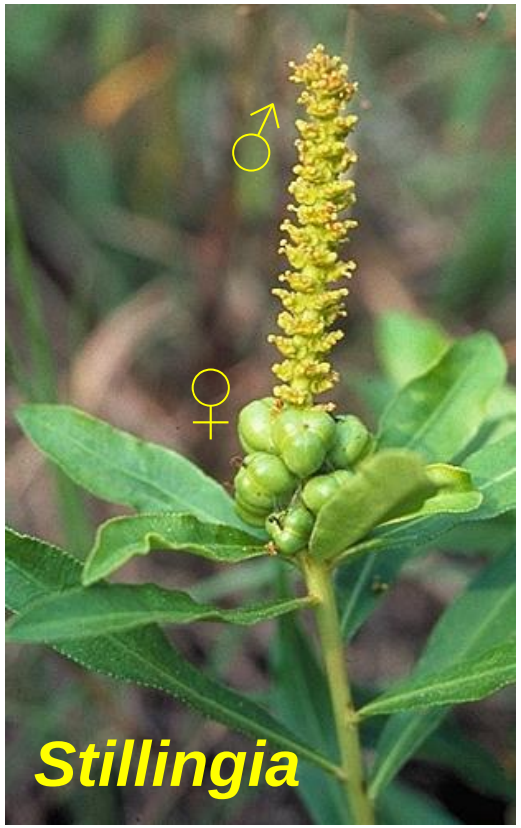
Flores e sexualidade

* Grupos viventes de Gimnospermas são monoicos ou dioicos

Maioria das Angiospermas é <u>hermafrodita:</u> flores bissexuadas, 70 % das spp atuais)

Flores unissexuadas





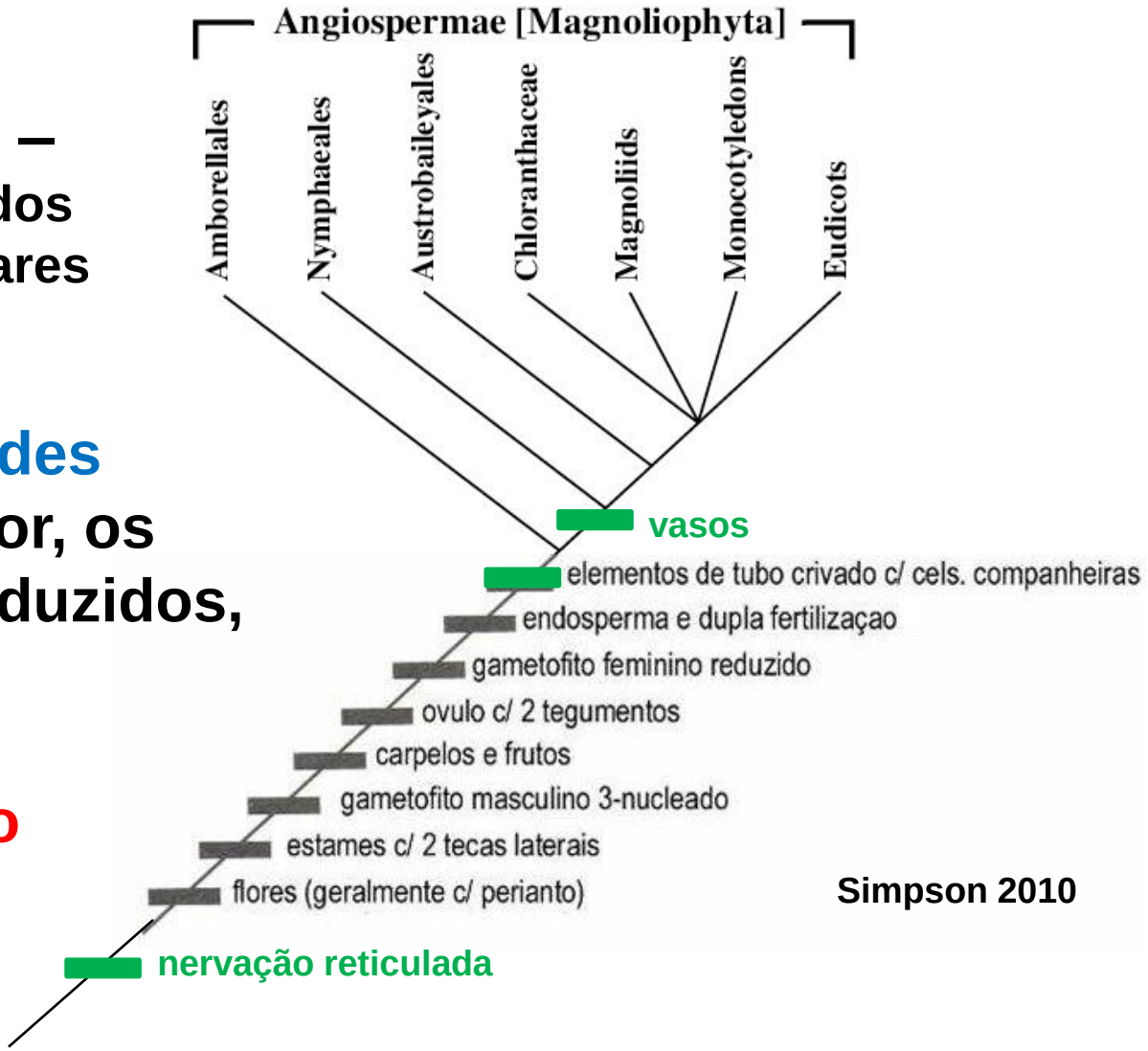
Exemplos: EUPHORBIACEAE, PHYLLANTHACEAE

Na aula anterior:

❖ **Angiospermas**:

Grupo monofilético –
alta sustentação por dados morfológicos e moleculares

❖ **Sinapomorfias (muitas delas novidades evolutivas, como a flor, os gametófitos muito reduzidos, o carpelo, o fruto e o endosperma) -**
Podem ser causas do sucesso e da rápida diversificação do grupo?



Simpson 2010

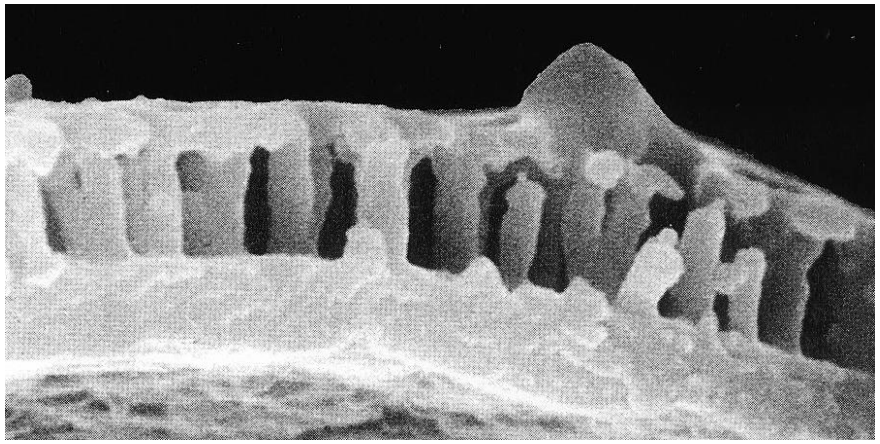
Origem das angiospermas

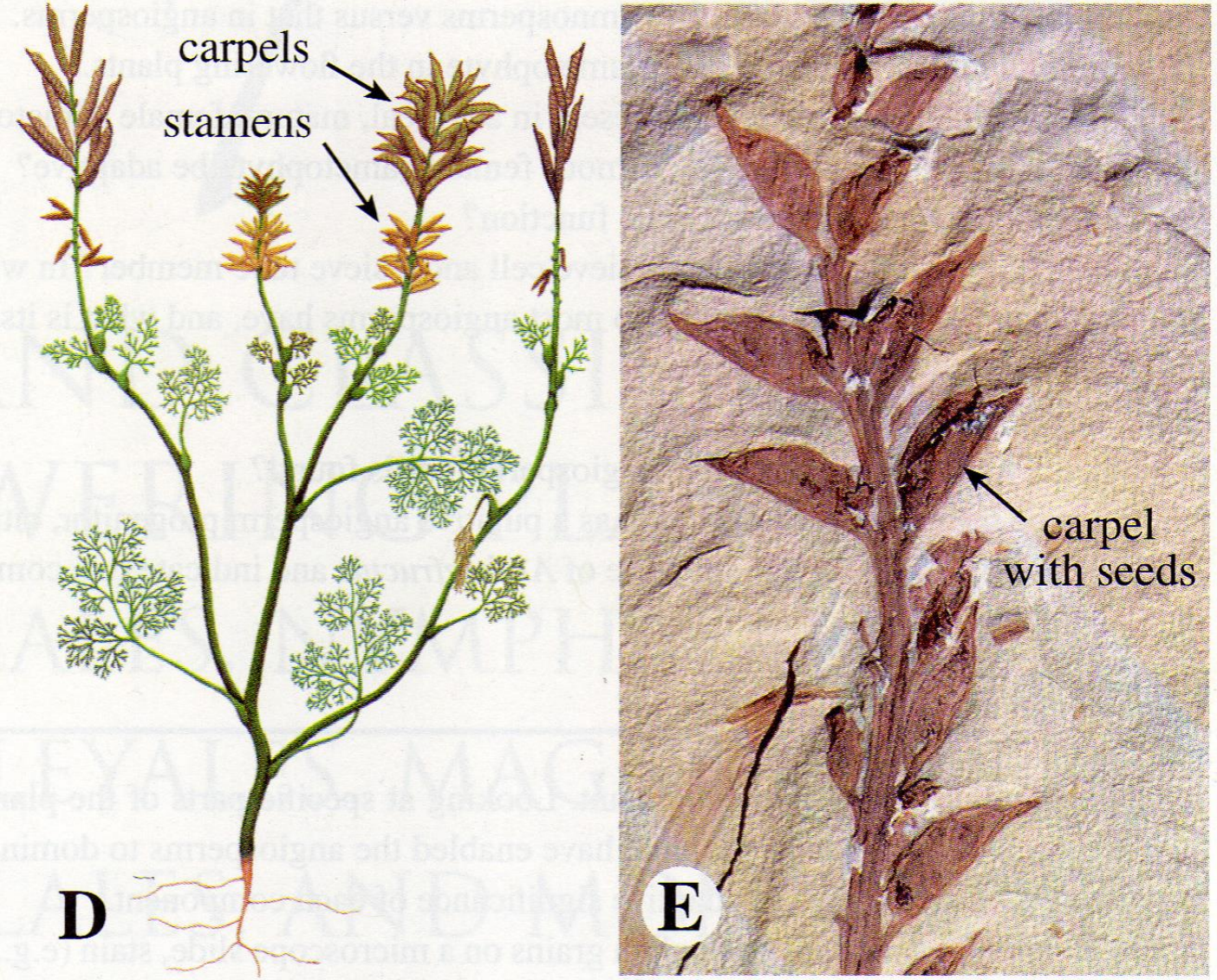
ca. 144 M.a. - limite Jurássico/Cretáceo - sem evidências de angiospermas

ca. 136 M.a. - Valanginiano-Hauteriviano (Cretáceo inferior):

***Clavatipollenites* – pólen mais antigo de angiospermas (Zavada 2004)**

pólen monossulcado com exina columelada – primeira evidência inconteste de angiospermas





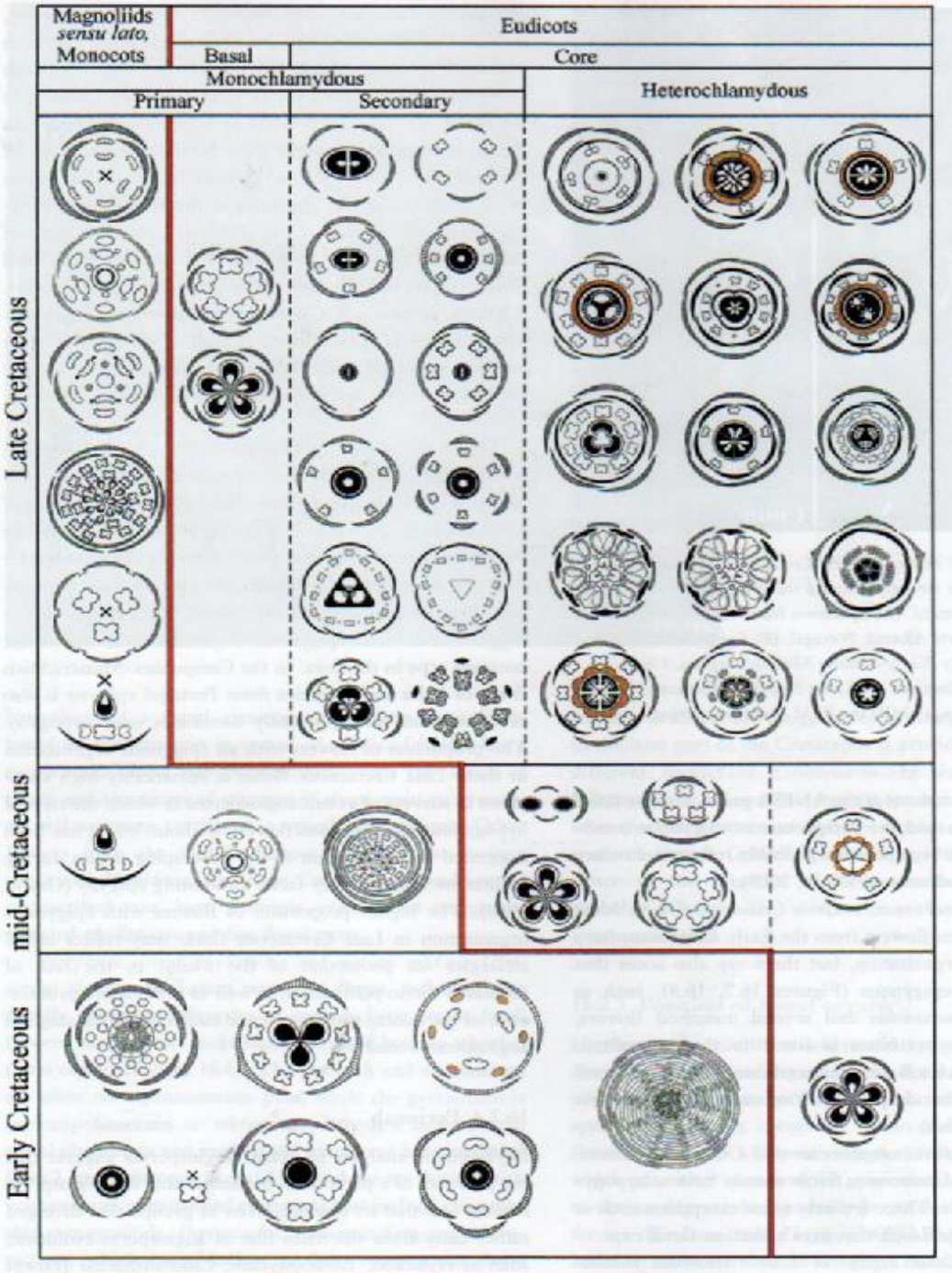
Archaefructus sinensis **- herbácea da China - 130 M.a.**
O fóssil completo mais antigo de Angiosperma

Simpson 2006

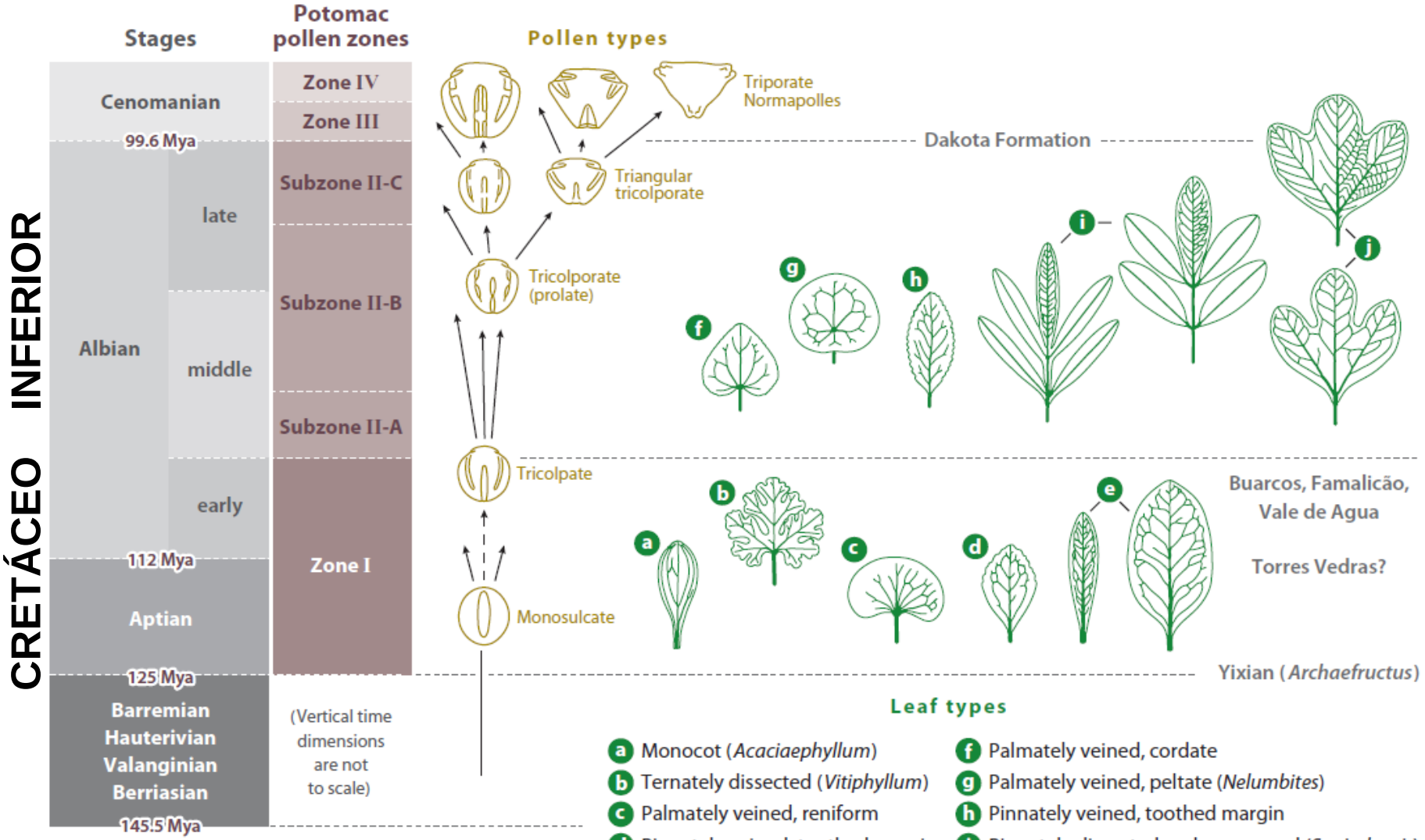
Diagramas florais - do Cretáceo Inferior (130 m.a.) ao Superior (70 m.a.) - Cada diagrama denota uma linhagem distinta (família, por exemplo)

Rápida diversificação das angiospermas

Friis et al. 2011



Angiospermas - Origem e registro fóssil – síntese em Doyle 2012



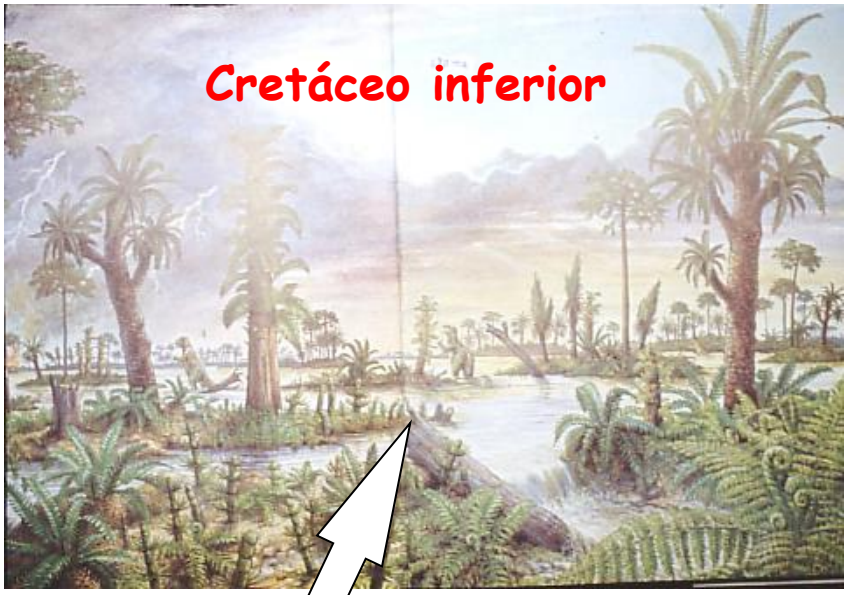
Pólen e folhas do Cretáceo Inferior :

Várias famílias já diversificadas logo após o surgimento das primeiras angiospermas

Figure 1

Stratigraphic sequence of major angiosperm pollen and leaf types in the Potomac Group of eastern North America (modified from Doyle & Hickey 1976), with correlations of plant-bearing localities in other geographic areas. Abbreviation: Mya, million years ago.

Domínio de coníferas e cicadófitas



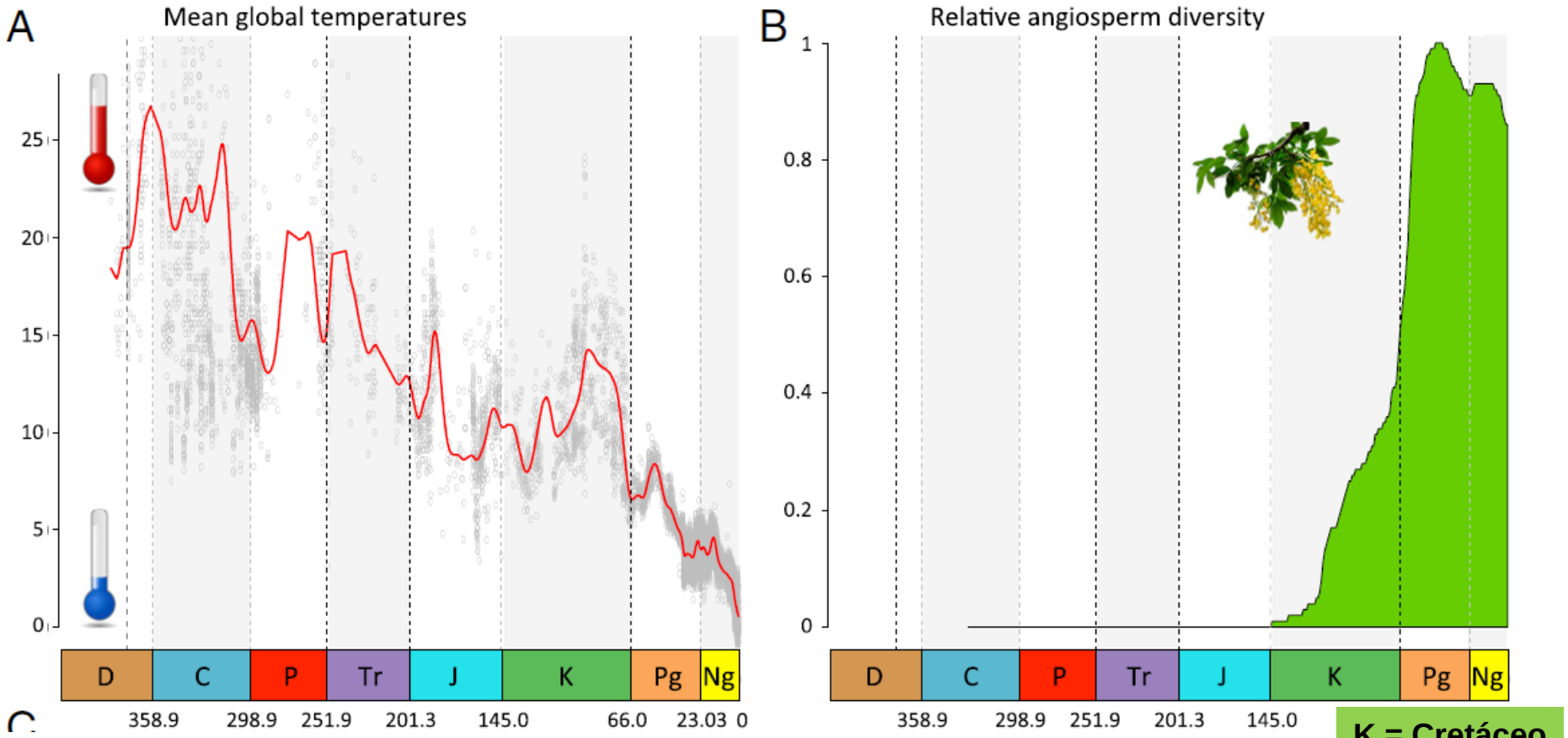
Origem das angiospermas - 136 m.a.

Irradiação, diversificação e domínio das angiospermas: Cenozoico

The rise of angiosperms pushed conifers to decline during global cooling

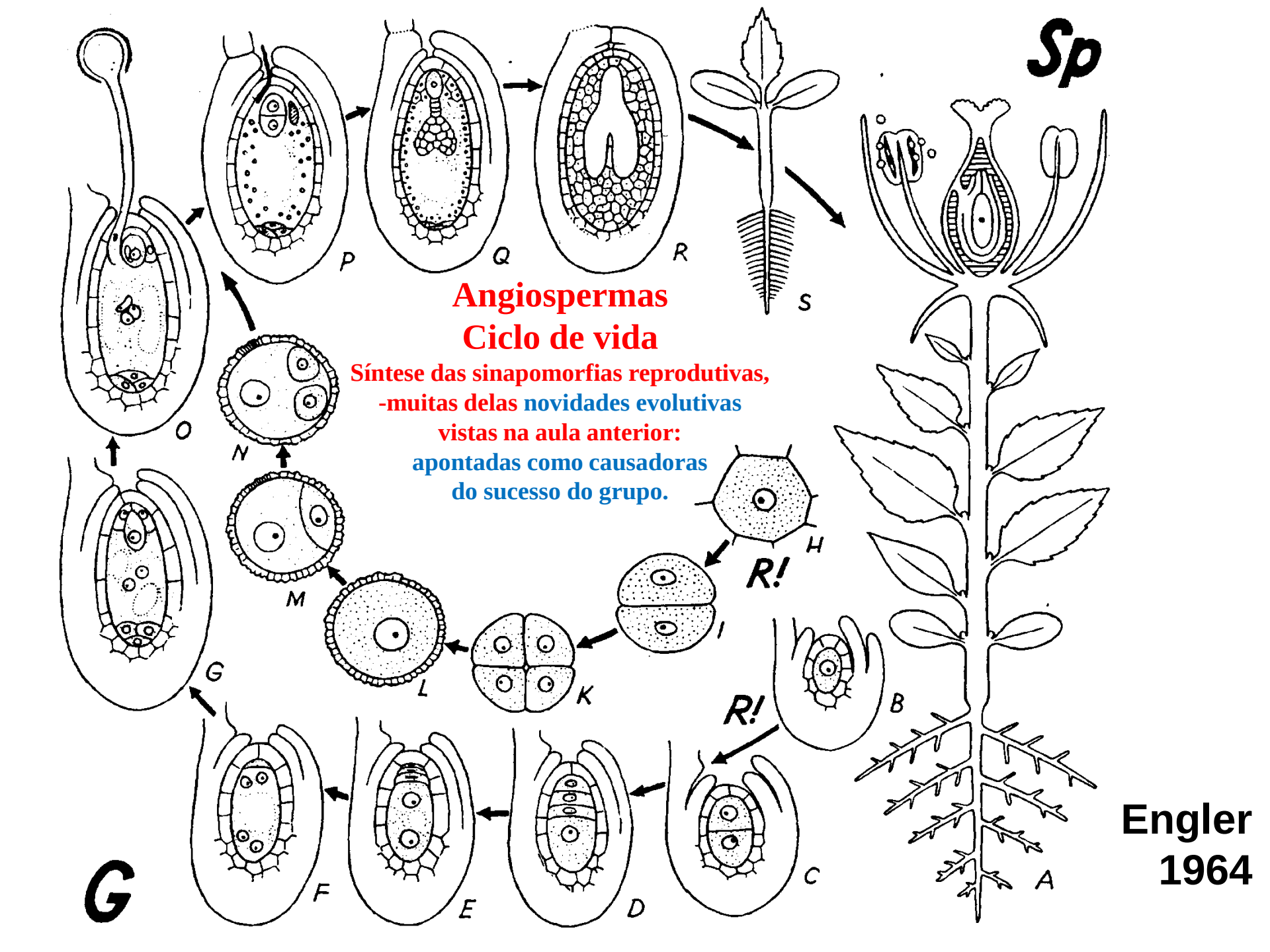
Condamine et al. 2020

Fabien L. Condamine[a,b,1], Daniele Silvestro[c,d,e], Eva B. Koppelhus[b], and Alexandre Antonelli[d,e,f,g]



K = Cretáceo

Estudos paleontológicos e moleculares mostram que:
Extinção das coníferas aumentou a partir do Cretáceo médio (100-110 M.a.);
Competição direta com as angiospermas provocou aumento da extinção das coníferas ao "empurrar" para fora das regiões tropicais sua diversidade remanescente e dominância.



Angiospermas
Ciclo de vida

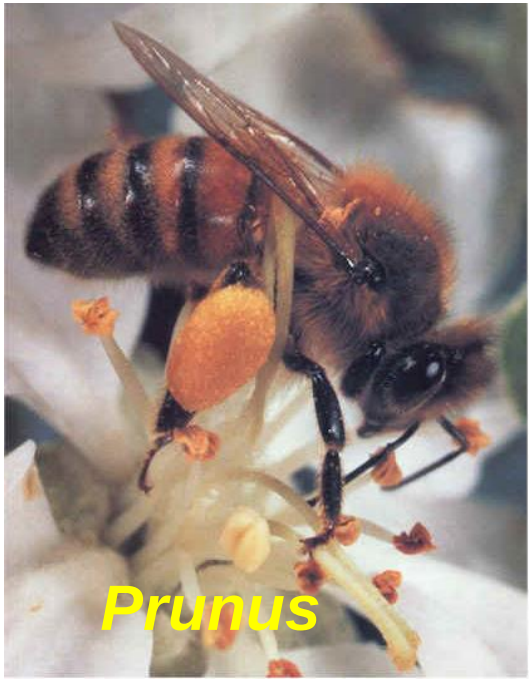
Síntese das sinapomorfias reprodutivas,
-muitas delas novidades evolutivas
vistas na aula anterior:
apontadas como causadoras
do sucesso do grupo.

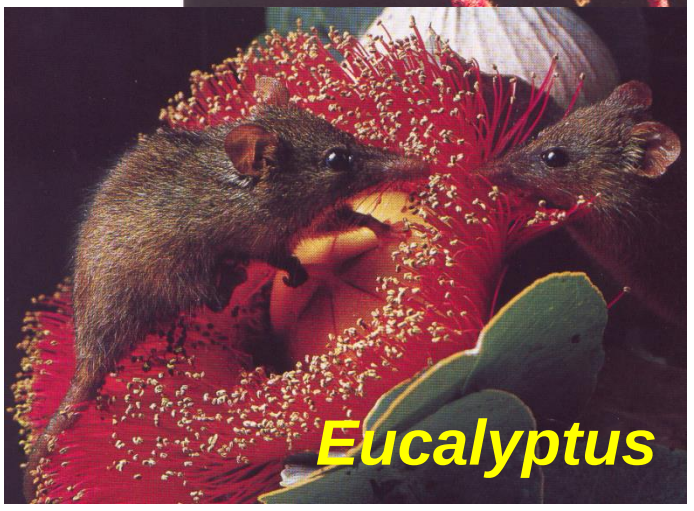
Engler
1964

POLINIZAÇÃO

Ampla diversidade de vetores nas angiospermas

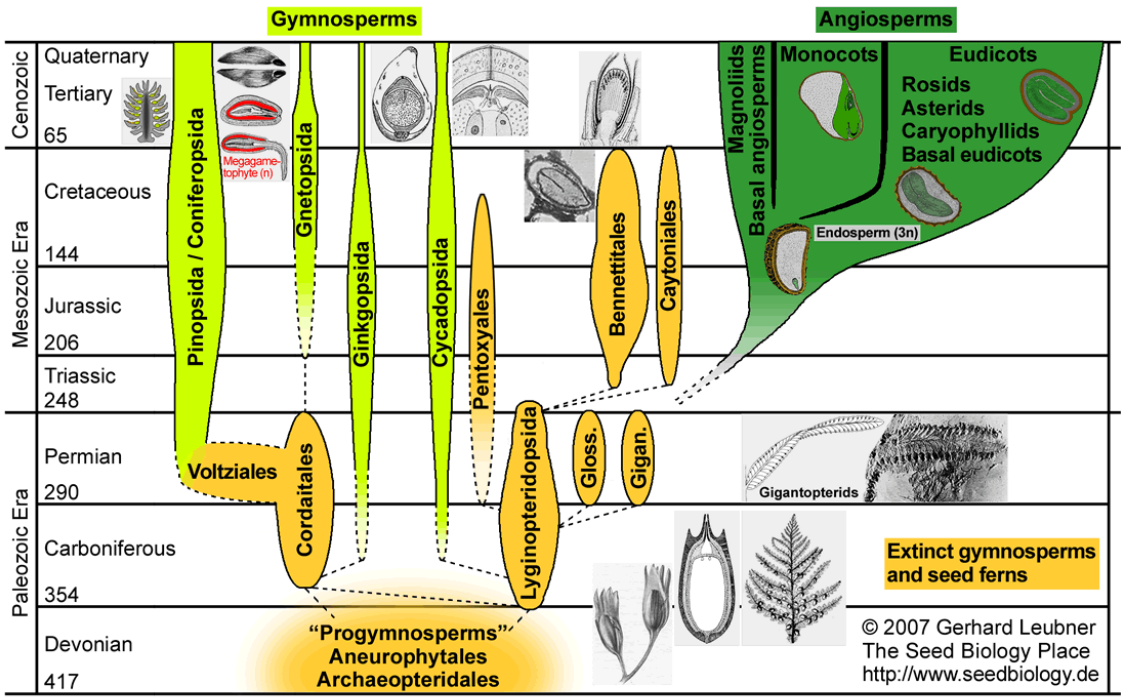
BIÓTICA





Diversificação concomitante de angiospermas e grupos de insetos – mutualismo (e muitos casos de coevolução) : polinização

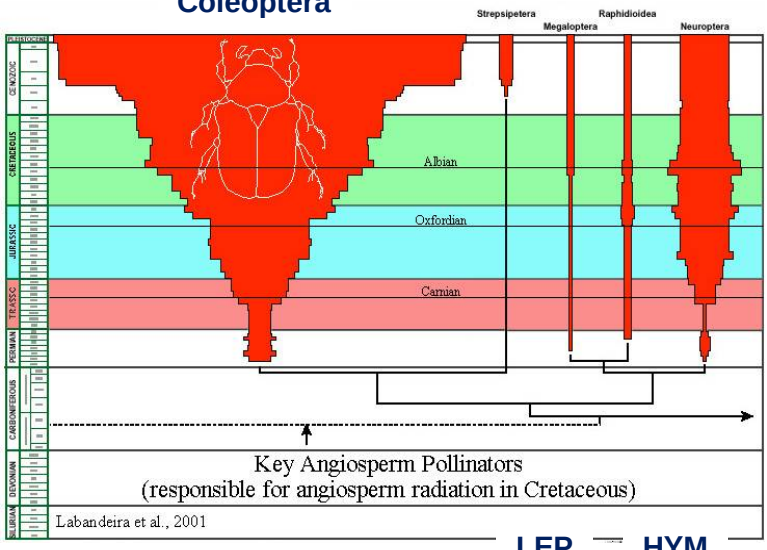
“Gimnospermas” Angiospermas



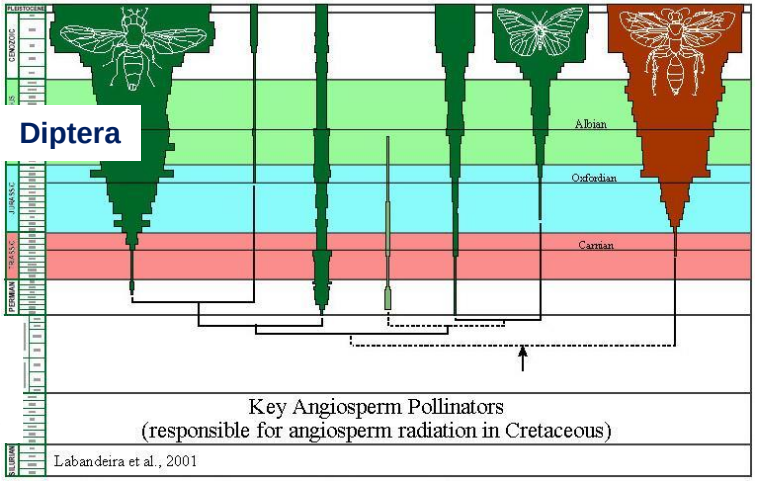
Seed plant phylogenetic tree considering major gymnosperm and angiosperm clades. Note that the precise evolutionary connections between the different gymnosperm groups are unknown and that the ancestors of angiosperms are unknown. Typical seed types visualize steps in the evolution of the seed. Extinct gymnosperm groups (fossils): Lyginopteridopsida (seed ferns, “Samenfarne”, includes Devonian/Carboniferous Lyginopterids and Carboniferous/ Permian Medullosans and other subgroups), Cordaitales, Voltziales, Pentoxylales. Bennettitales (cycadeoids), Caytoniales, Glossopteridales (glossopterids), Gigantopteridales (gigantoperids). Extant gymnosperm groups: Pinopsida/Coniferopsida (conifers, “Nadelbäume”), Ginkgopsida (ginkgos), Cycadopsida (cycads, “Palmfarne”), Gnetopsida (gnetophytes: Ephedridae, Gnetidae, Welwitschiidae). Angiosperms (flowering plants): Most important groups depicted. Time scale: Geological eras, periods, time in MYBP (million years before present). © 2007 G. Leubner, “The Seed Biology Place”, http://www.seedbiology.de

Leubner 2007
“The seed biology place”
www.seedbiology.de

Coleoptera



LEP **HYM**



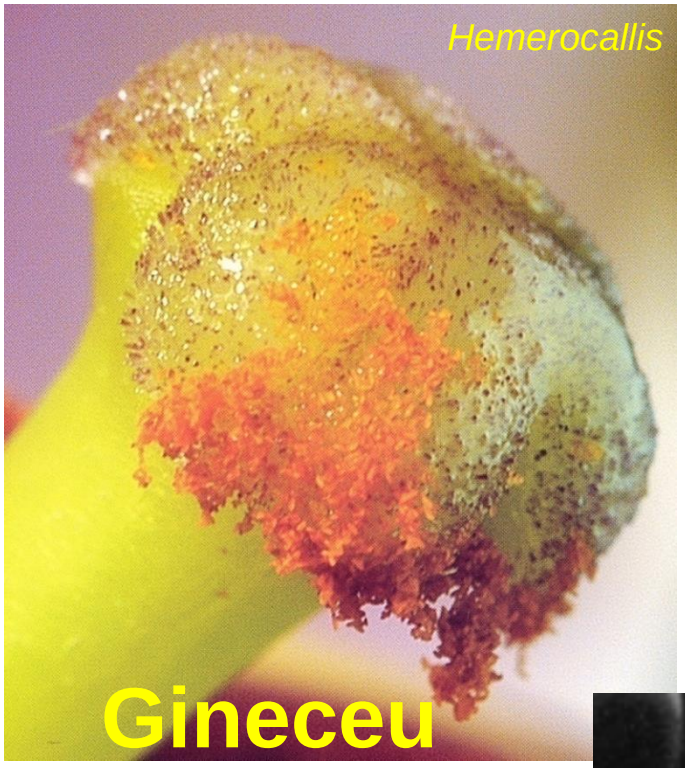
Diptera

LEP – Lepidoptera

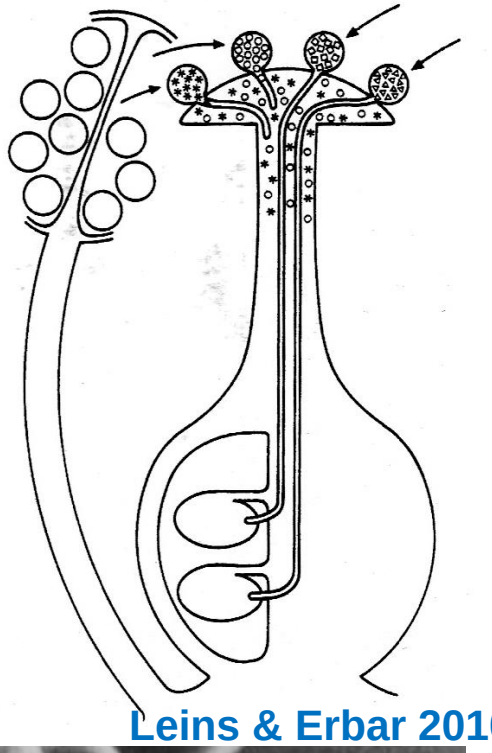
HYM - Hymenoptera

Labandeira et al. 2001

Vinca



Gineceu



Leins & Erbar 2010

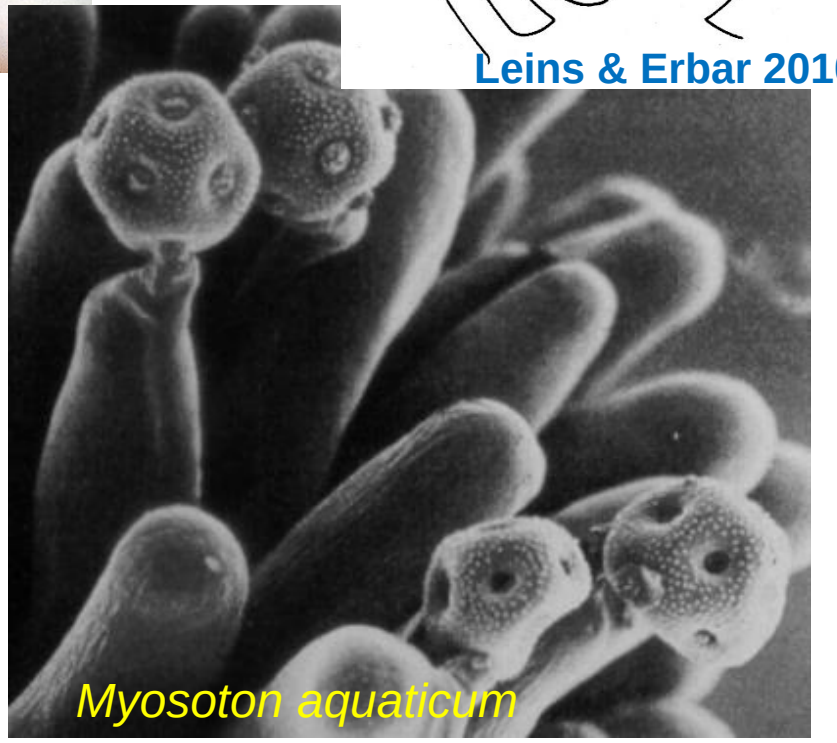
seleção dos pólens no estigma

+

autoincompatibilidade

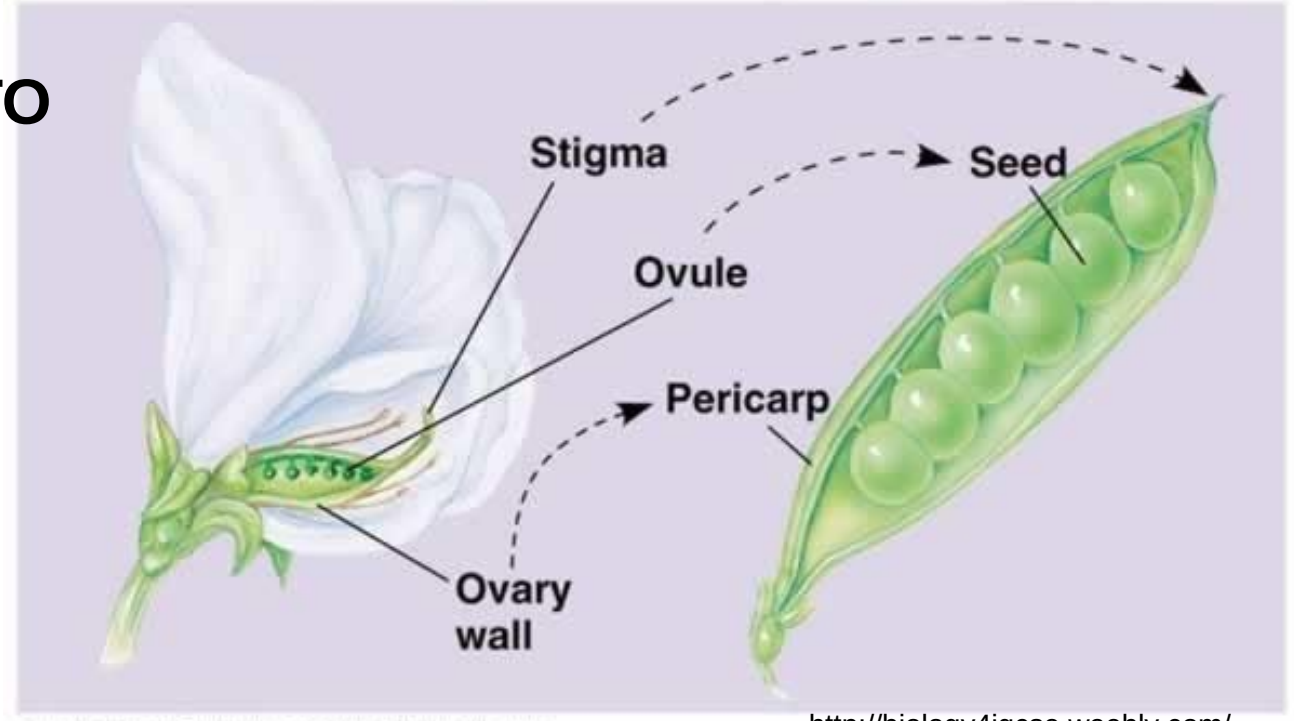
=

incremento da variabilidade genética das sementes e do sucesso reprodutivo do grupo

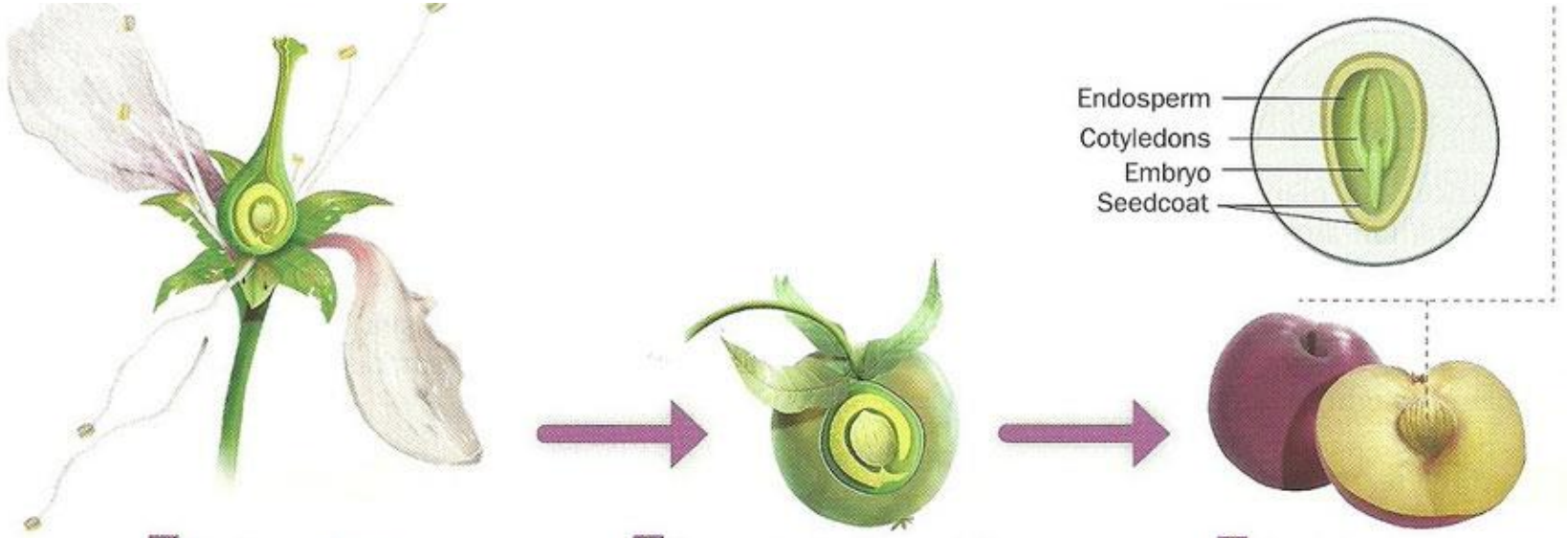


Myosoton aquaticum

Formação do FRUTO (a partir do ovário) após a fecundação dos óvulos (que originam as sementes)



http://biology4igcse.weebly.com/



https://evaprofebio.jimdo.com

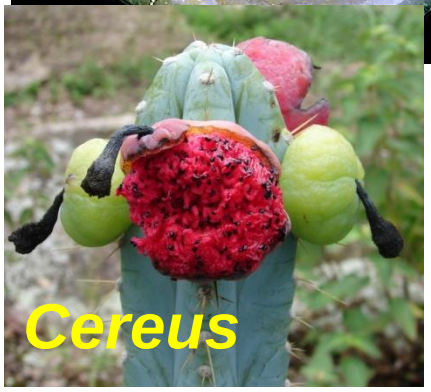
DISPERSÃO

Ampla diversidade de vetores nas angiospermas

BIÓTICA

Passiflora


Blighia


Cereus


Sorbus


Bidens


Asclepias

ABIÓTICA


Talinum


Viola


Taraxacum

Did insect pollination cause increased seed plant diversity?

Gorelick 2001

record; (c) the family Poaceae (grasses) are wind pollinated, yet are exceptionally diverse and species-rich; and (d) the family Formicidae (ants) were not pollinators, yet are exceptionally species-rich and ecologically dominant. I enumerate many alternate (and seldom investigated) hypotheses for these patterns of seed plant diversity, keeping in mind that although I show that insect pollination was neither a necessary nor sufficient condition for large numbers of species, it may have played a substantial role in both plant and insect speciation. Alternatively, existing

ALTERNATE HYPOTHESES FOR ANGIOSPERM DIVERSITY

I list 20 hypotheses for angiosperm radiation and the apparent lack of radiation in other seed plants. I have categorized these hypotheses as coevolution models, breeding system models, and all other models. Many of these hypotheses may be related to each other (especially the coevolution models). Many of the mechanisms may, in reality, be occurring in tandem. Each of these hypo-

Hipóteses alternativas

para a rápida diversificação das Angiospermas

Coevolution models

(1) Insect pollination resulted in increased speciation rates (Grant, 1949) and decreased extinction rates (Janzen, 1970; Raven, 1977; Burger, 1981).

(2) Coevolution of flowering plants and seed dispersing animals resulted in increased speciation rates (McKey, 1975; Regal, 1977; Herrera, 1989) and decreased extinction rates (Tiffney & Mazer, 1995).

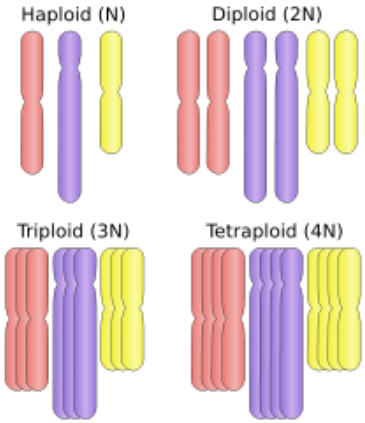
(3) Proliferation of secondary chemical compounds in plants to deter herbivory resulted in increased plant speciation rates (Ehrlich & Raven, 1964; Raven, 1977; Pellmyr & Thien, 1986; Farrell, Dussord & Mitter, 1991; Pellmyr *et al.*, 1991; Scott *et al.*, 1992) and decreased extinction rates.

(4) Closed carpels precluded animals from eating ovules (Arber & Parkin, 1907; Mulchay, 1981; Stewart, 1983), thereby decreasing extinction rates.

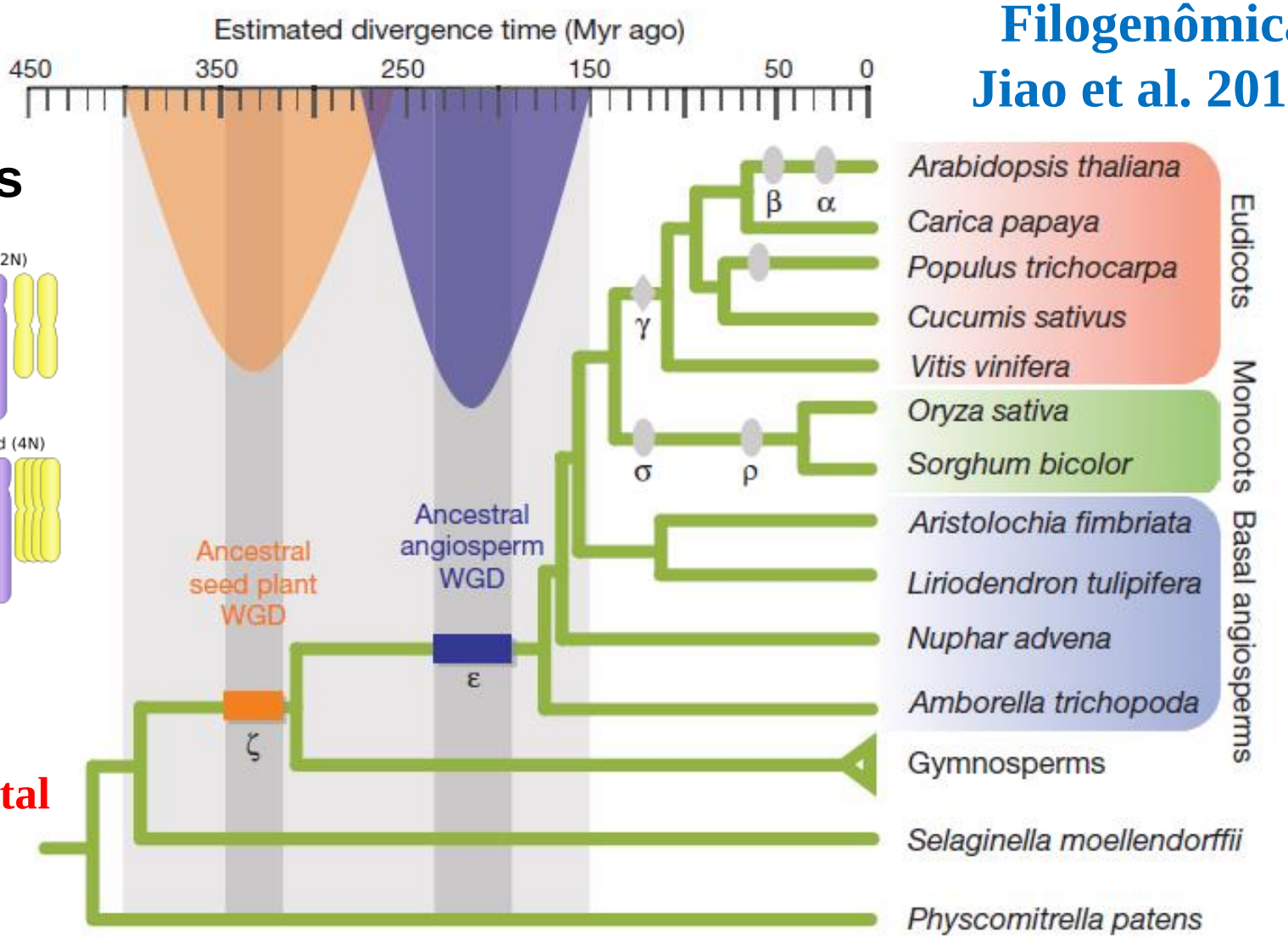
(5) Speciation rates increased with increased stratification of shoot apices when in the presence of specialized meristematic herbivores, especially with clonal plants (Klekowski, Kazarinova-Fukshansky & Mohr, 1985; Marcotrigiano, 2000). Angiosperms have greater stratification than other seed plants.

Filogenômica
Jiao et al. 2011

Hipóteses alternativas



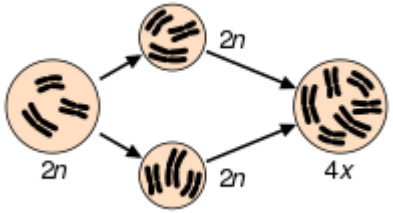
WGD: Duplicação de genoma total



12,6 milhões de sequências de linhagens-pivôs: 2 grupos de WGDs (whole-genome duplication) antigos: 319 m.a. e 192 m.a. (poliploidização seguida de perda de genes e diploidização)

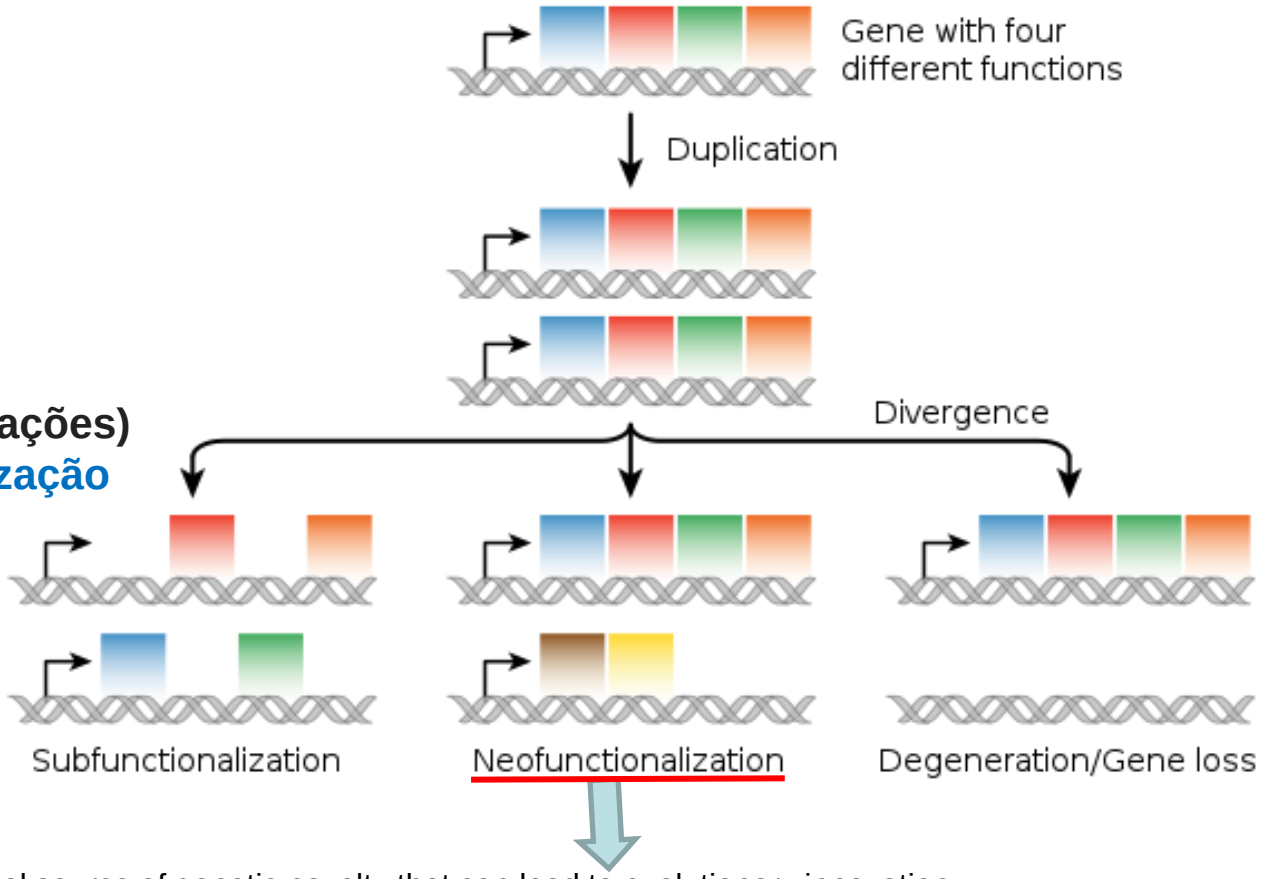
Figure 3 | Ancestral polyploidy events in seed plants and angiosperms. Two ancestral duplications identified by integration of phylogenomic evidence and molecular time clock for land plant evolution. Ovals indicate the generally accepted genome duplications identified in sequenced genomes (see text). The diamond refers to the triplication event probably shared by all core eudicots. Horizontal bars denote confidence regions for ancestral seed plant WGD and ancestral angiosperm WGD, and are drawn to reflect upper and lower bounds of mean estimates from Fig. 2 (more orthogroups) and Supplementary Fig. 5 (more taxa). The photographs provide examples of the reproductive diversity of

Evolutionary fate of duplicate genes



Speciation via polyploidy: A diploid cell undergoes failed meiosis, producing diploid gametes, which self-fertilize to produce a tetraploid zygote.

As duplicações (poliploidizações) permitiram a neofuncionalização de genes, surgindo assim novas funções gênicas (por exemplo aquelas relacionadas ao desenvolvimento floral).



Gene duplications are an essential source of genetic novelty that can lead to evolutionary innovation.
Duplication creates genetic redundancy, where the second copy of the gene is often free from selective pressure —that is, mutations. If one copy of a gene experiences a mutation that affects its original function, the second copy can serve as a 'spare part' and continue to function correctly.
Thus, duplicate genes accumulate mutations faster than a functional single-copy gene, over generations of organisms, and it is possible for one of the two copies to develop a new and different function.

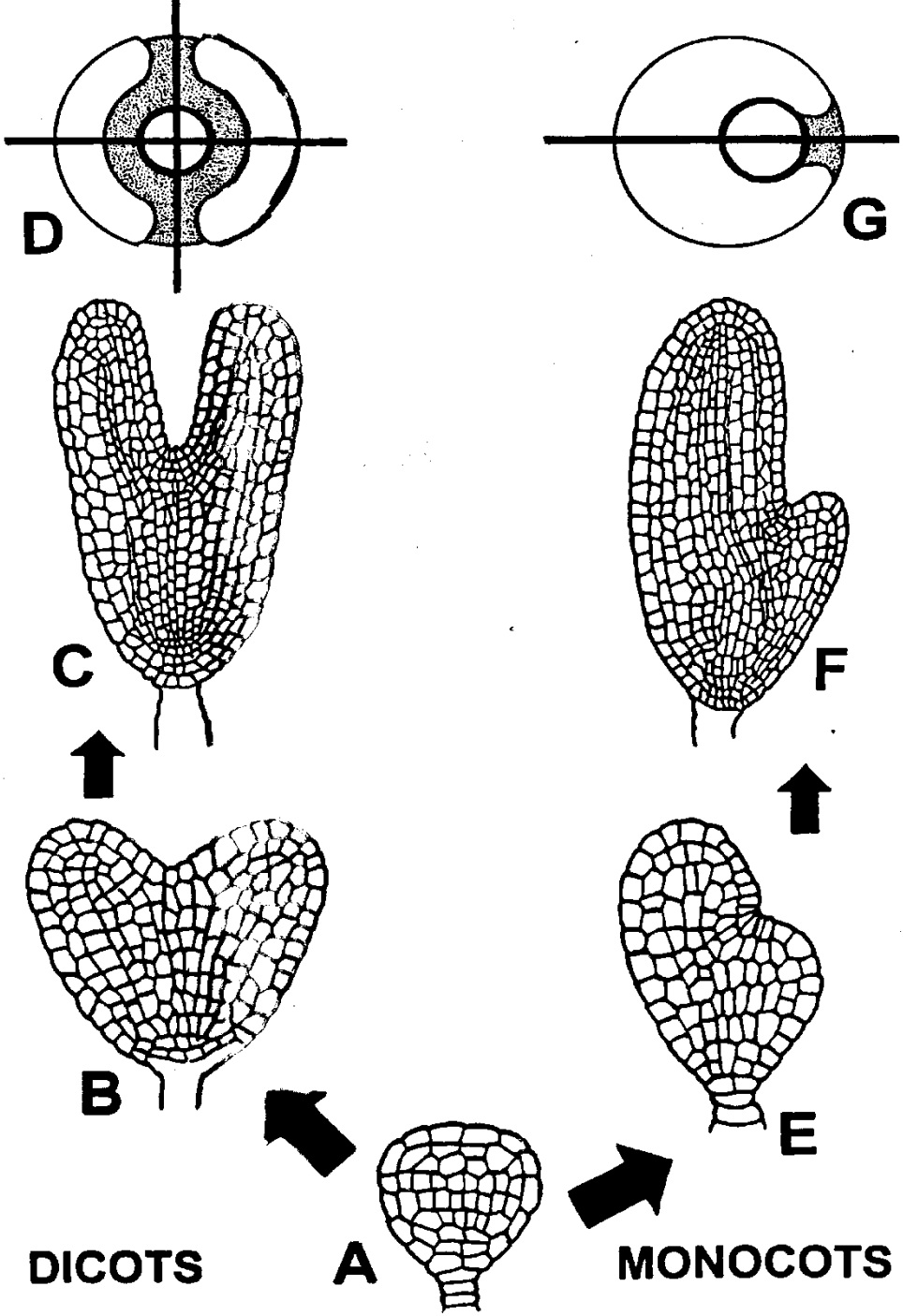
Plants with double genomes might have had a better chance to survive the Cretaceous–Tertiary extinction event

Filogenômica
Fawcett et al. 2009

Grandes grupos de Angiospermas

Embrião nas Espermatófitas

N° de cotilédones foi usado para definir 2 grandes grupos em angiospermas



Gifford & Foster 1988,
Yamashita 1976

Grandes grupos de Angiospermas

Engler – Syllabus: 1892 (1964 - ed. 12, póstuma)

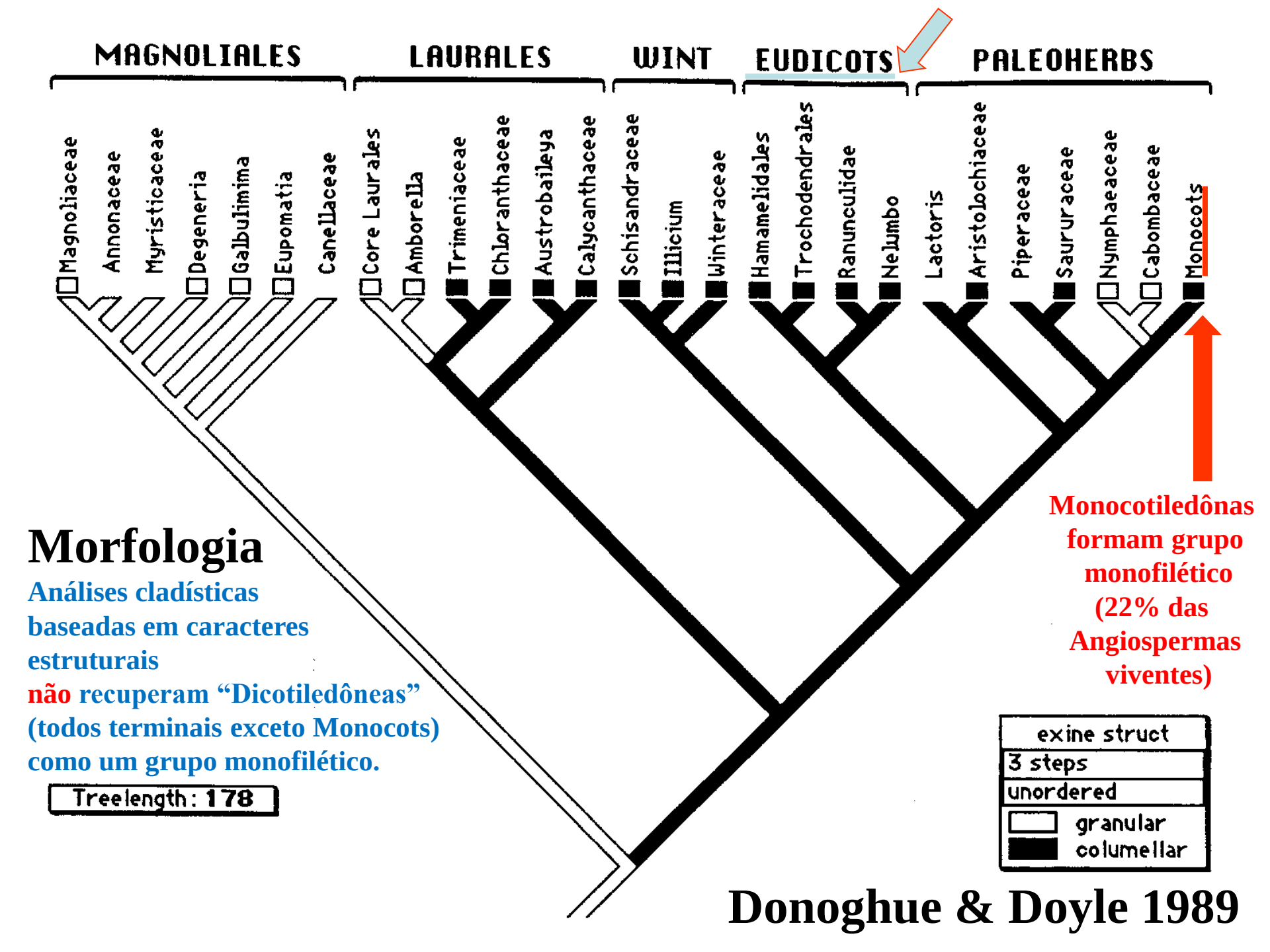
Divisão Angiospermae ou Anthophyta:

FIGURE 11.11 Adolf Engler (1844–1930), who, with his associate Karl Prantl, became famous for completing the only detailed classification of plants from algae to flowering plants.

SOURCE: Photo courtesy of the Royal Botanic Gardens, Kew.

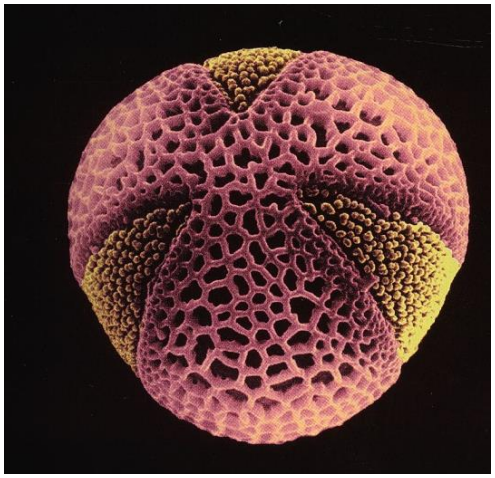
Classe Monocotyledoneae
Classe Dicotyledoneae

Classificação perdurou por décadas; reavaliada com análises cladísticas a partir dos anos 80

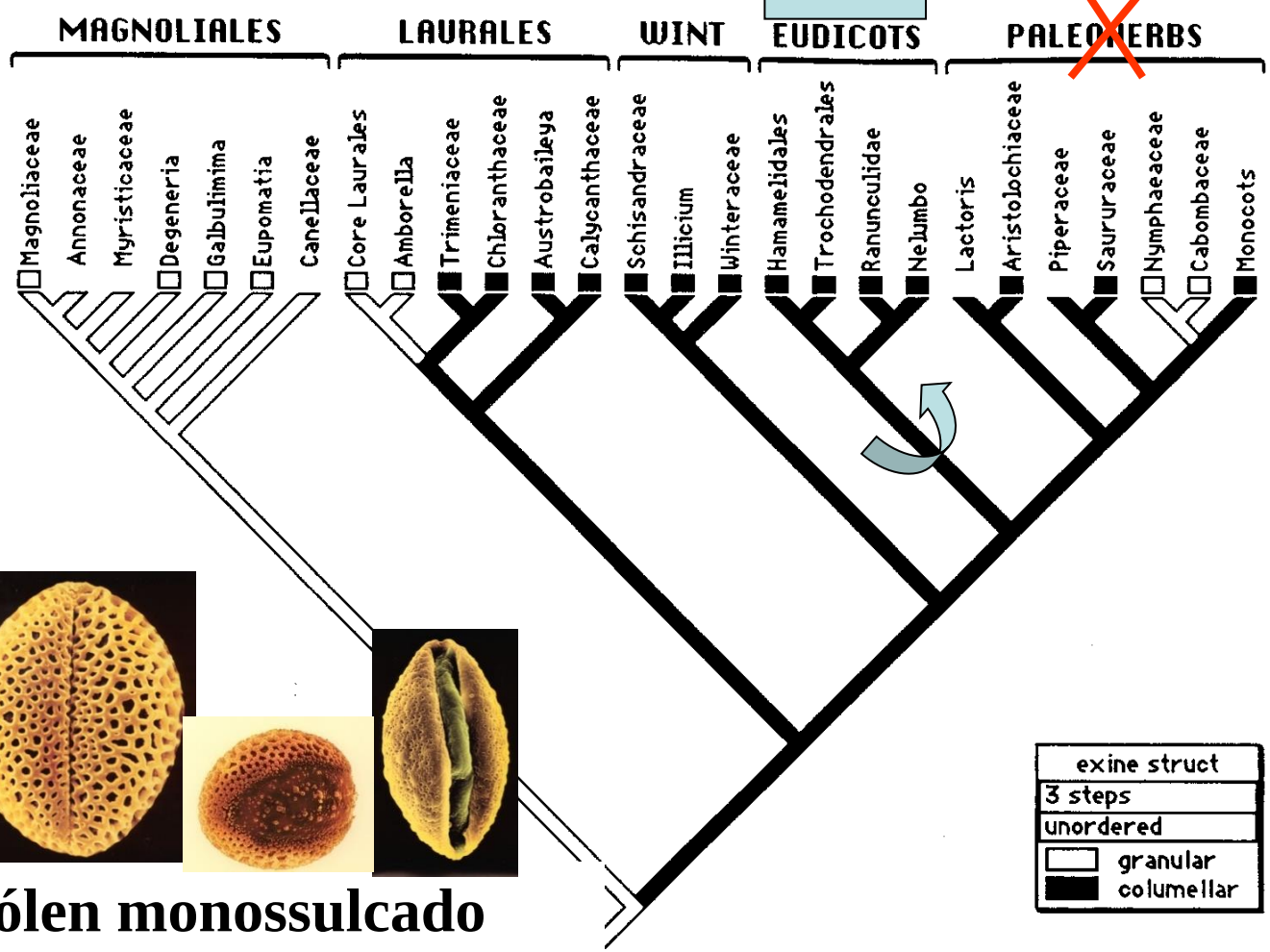

MAGNOLIALES
LAURALES
WINT
EUDICOTS
PALEOHERBS
Magnoliaceae
Annonaceae
Myristicaceae
Degeneria
Galbulimima
Eupomatia
Canellaceae
Core Laurales
Amborella
Trimeniaceae
Chloranthaceae
Austrobaileya
Calycanthaceae
Schisandraceae
Illicium
Winteraceae
Hamamelidales
Trochodendrales
Ranunculidae
Nelumbo
Lactoris
Aristolochiaceae
Piperaceae
Saururaceae
Nymphaeaceae
Cabombaceae
Monocots
Morfologia
Análises cladísticas baseadas em caracteres estruturais
não recuperam "Dicotiledôneas" (todos terminais exceto Monocots) como um grupo monofilético.
Treelength: 178
Monocotiledônas formam grupo monofilético (22% das Angiospermas viventes)
exine struct
3 steps
unordered
granular
columellar
Donoghue & Doyle 1989

A análise revelou um clado bem sustentado com 75% das Angiospermas viventes:

Eudicotiledôneas

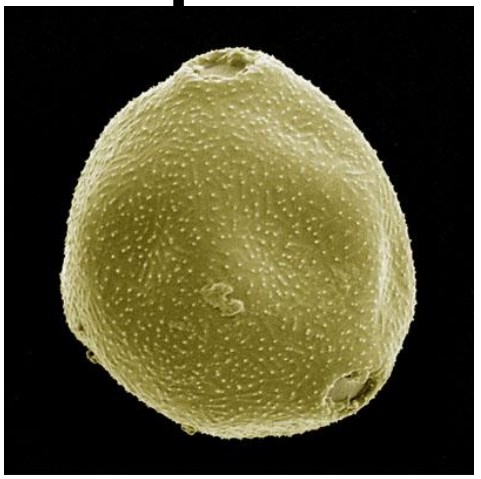


Pólen triapertuado - sinapomorfia

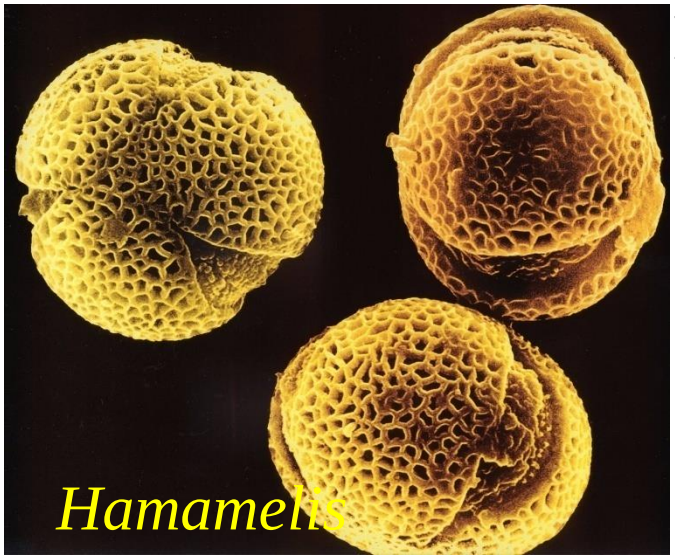


Pólen monossulcado

Simplesiomorfia mantida desde as primeiras Espermatpoftas)

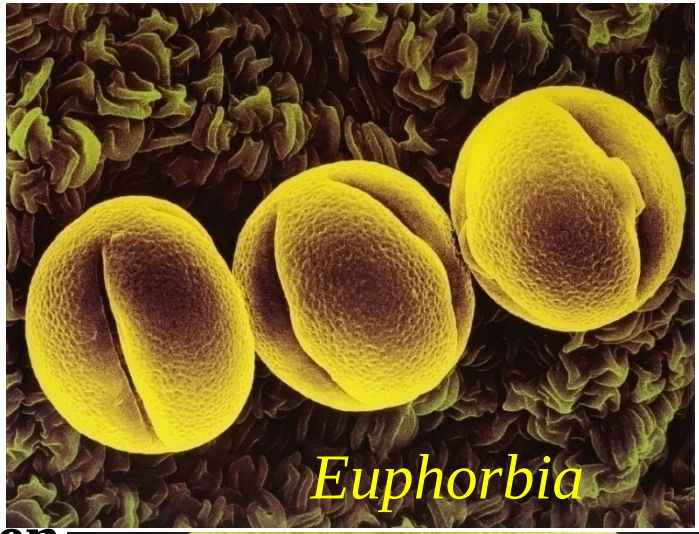


Donoghue & Doyle 1989



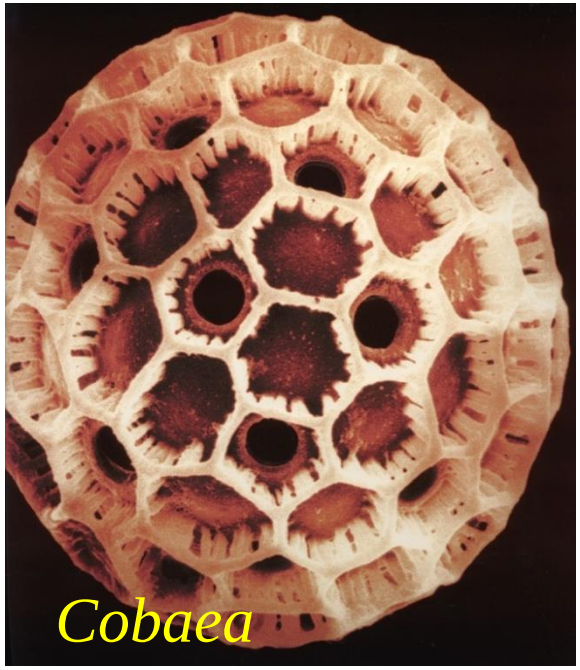
pólen tricolpado

Pólen de Eudicotiledôneas - muito diversificado



pólen tricolporado

Aesculus



pólen porado

Kesseler & Harley 2004

Primeiras filogenias moleculares

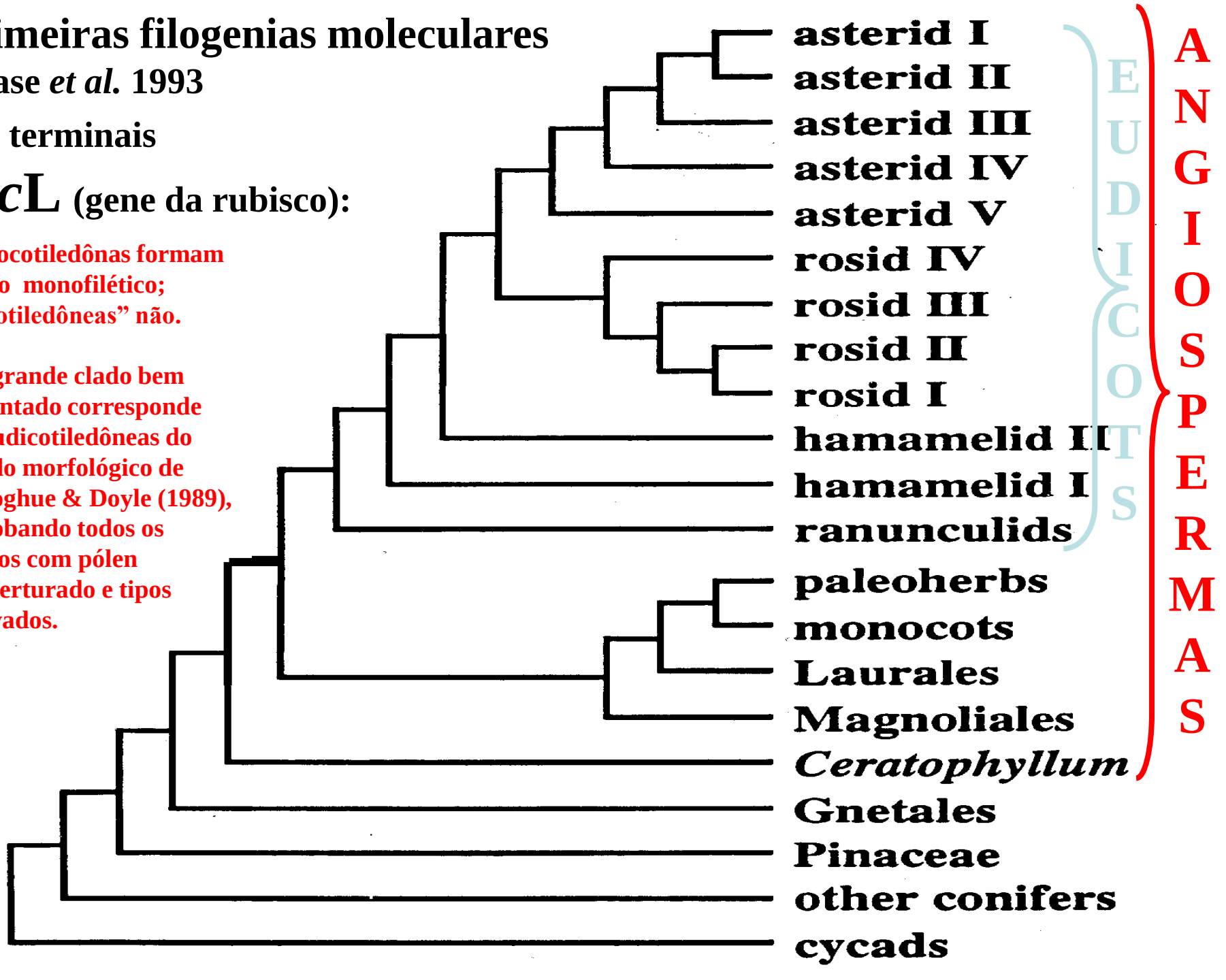
Chase *et al.* 1993

500 terminais

***rbc*L (gene da rubisco):**

Monocotiledônas formam grupo monofilético; "Dicotiledôneas" não.

Um grande clado bem sustentado corresponde às Eudicotiledôneas do estudo morfológico de Donoghue & Doyle (1989), englobando todos os grupos com pólen triaperturado e tipos derivados.



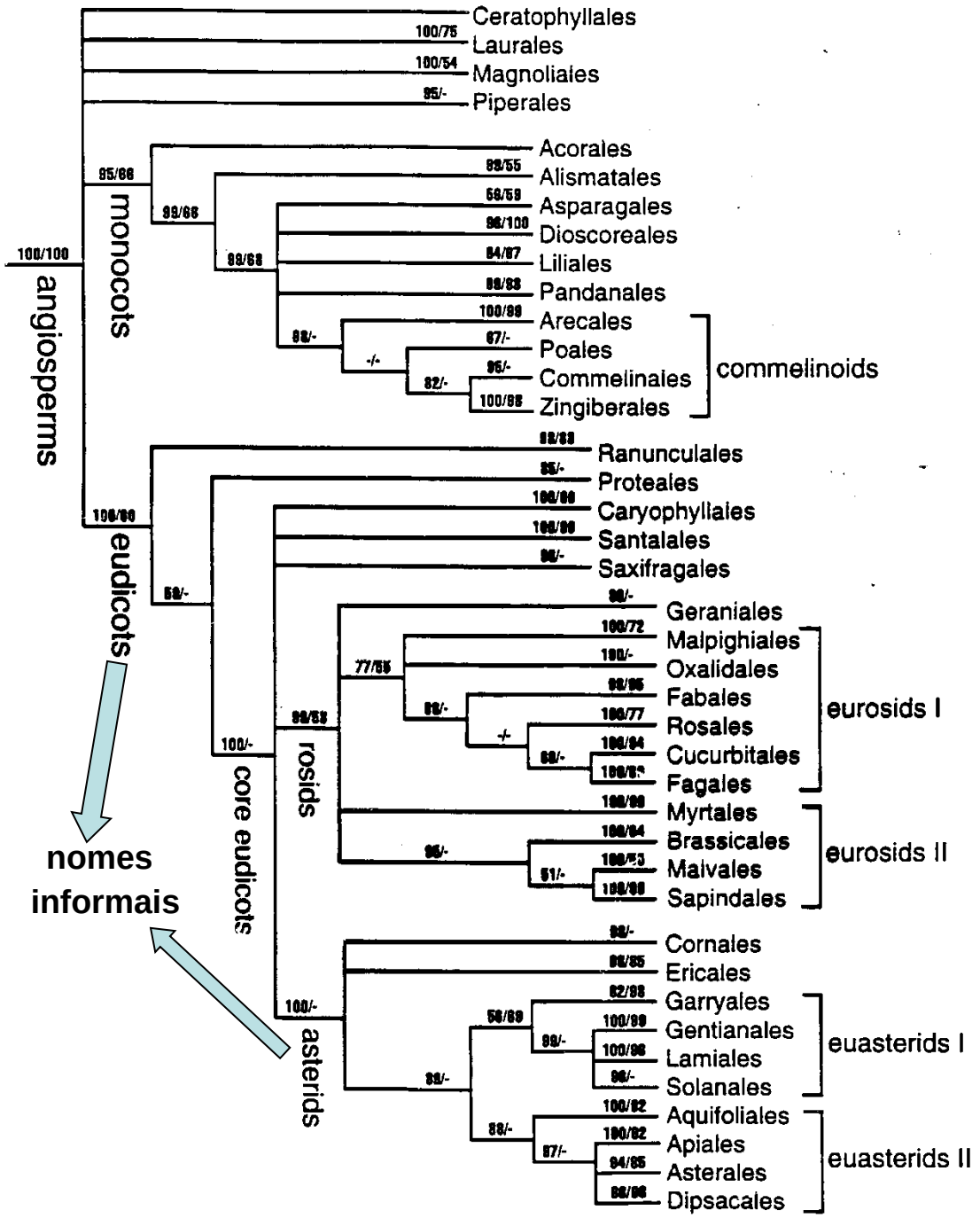
Com a adição de novos genes e de muito mais espécies estudadas, vários autores estabelecem um consórcio denominado:

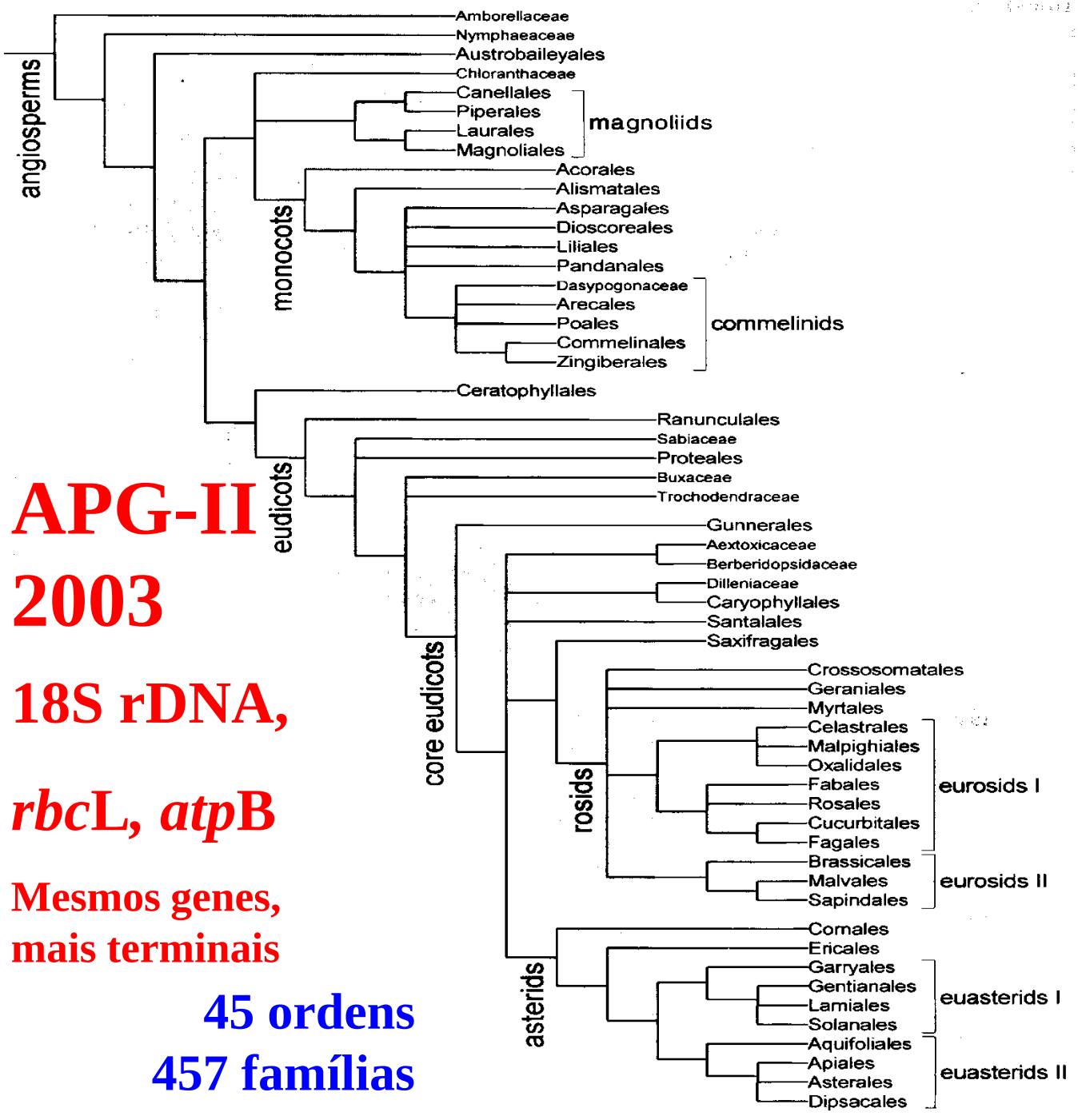
Angiosperm Phylogeny Group (APG) 1998

*rbc*L, *atp*B 18S rDNA

- sistema de classificação em ordens (sufixo ALES)

- nomeados somente os grupos monofiléticos





APG-II 2003

18S rDNA,

*rbc*L, *atp*B

Mesmos genes, mais terminais

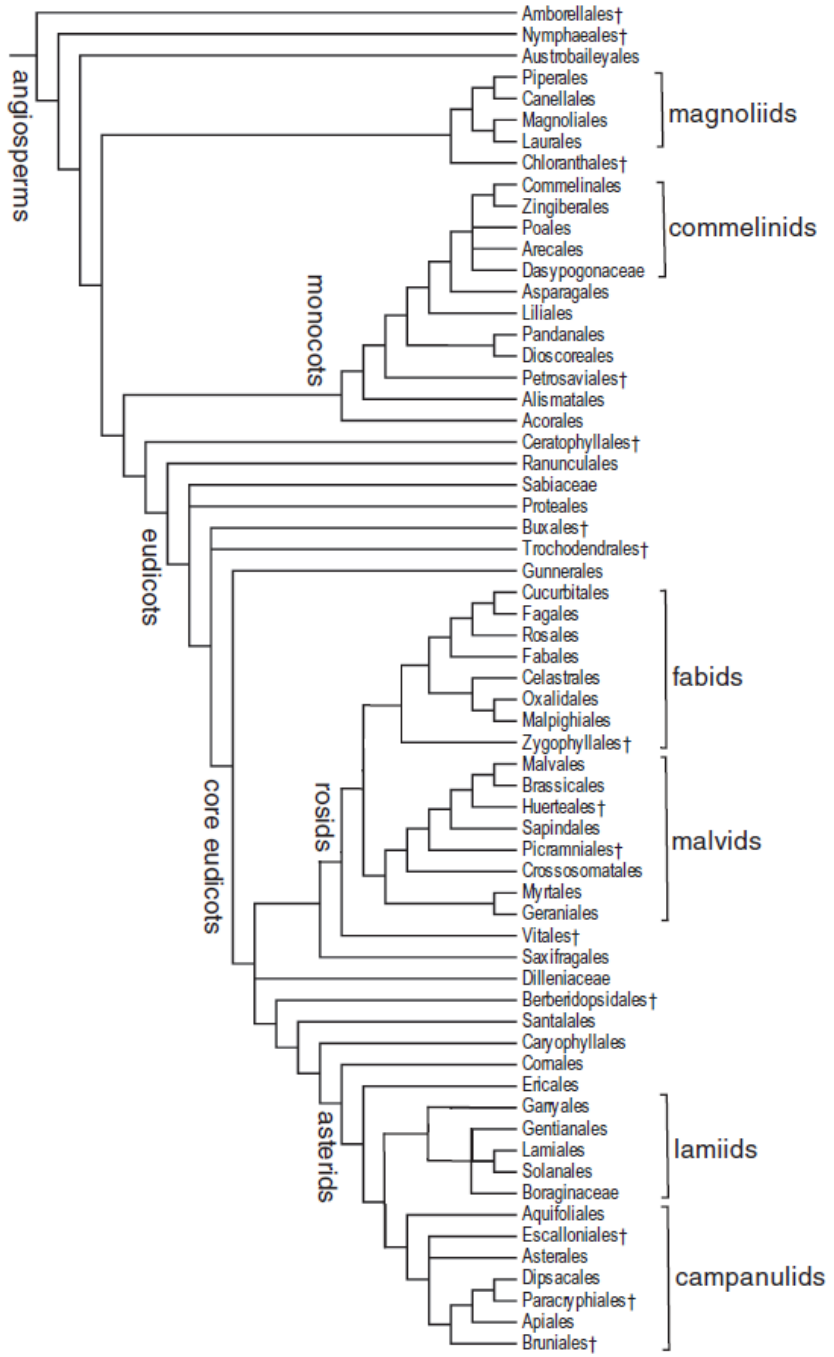
45 ordens

457 famílias

APG-III 2009

18S rDNA
***rbc*L**
atp*B*
***atp*1**
***mat*R**

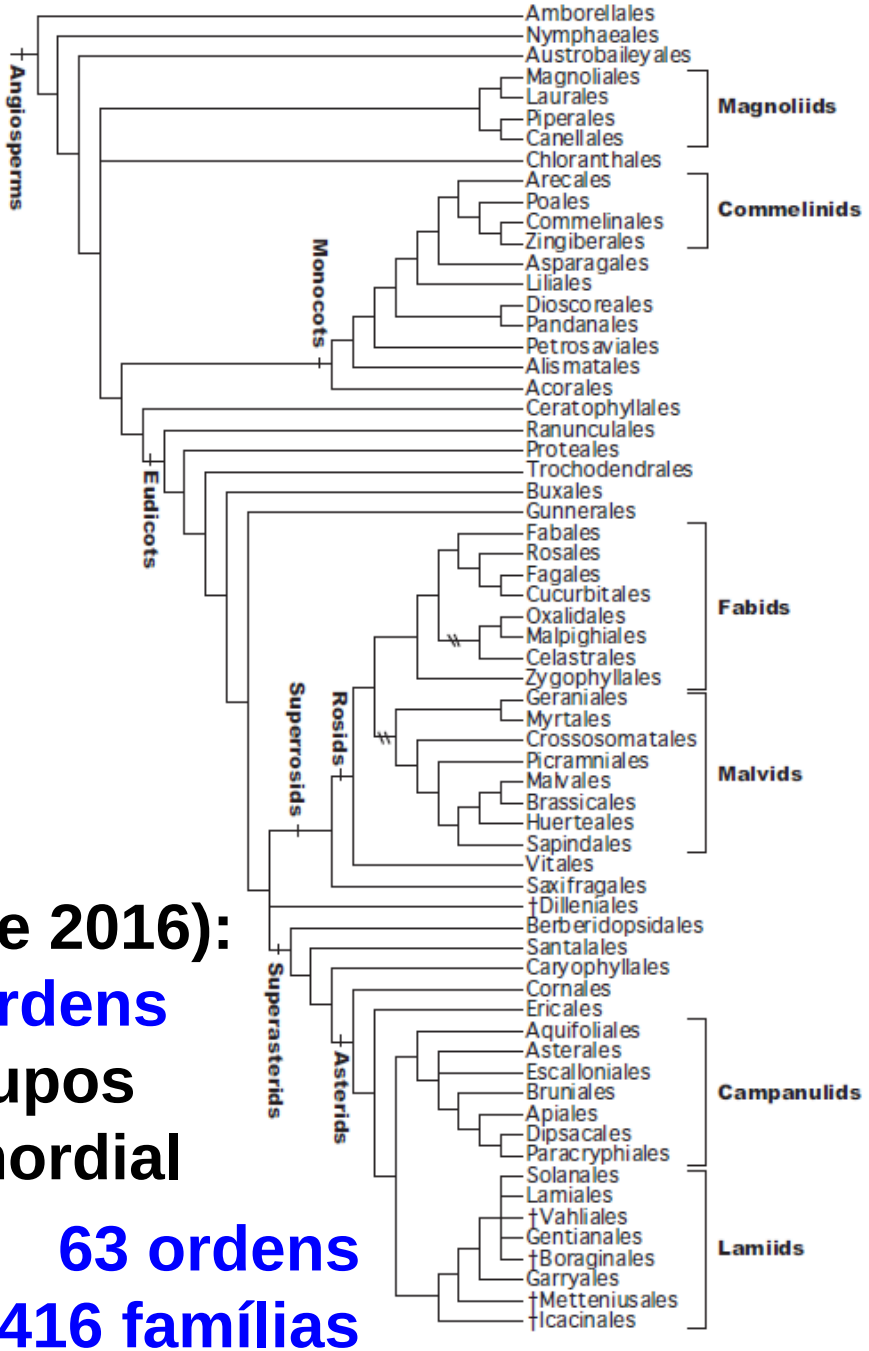
+ 61 genes de 45 táxons



APG-IV - 2016

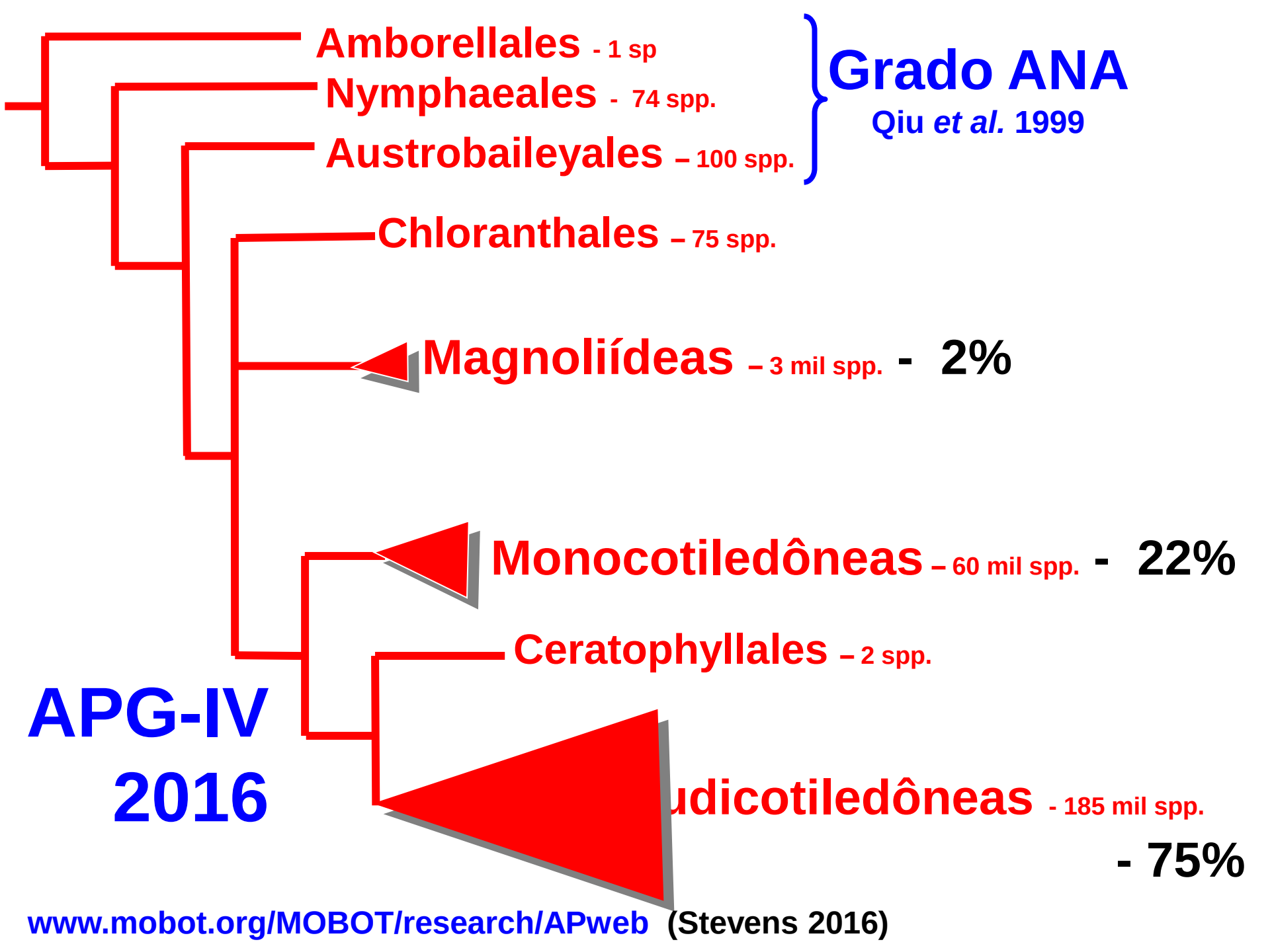
18S rDNA
***rbc*L**
atp*B*
***atp*1**
***mat*R**
+ 61 marcadores de 45 táxons

+ 17 genes dos 3 genomas de 640 táxons de angiospermas (Soltis et al. 2011)
+ 78 marcadores plastidiais codificadores de proteínas de 360 táxons de plantas verdes (incluindo algas) (Ruhfel et al. 2014)

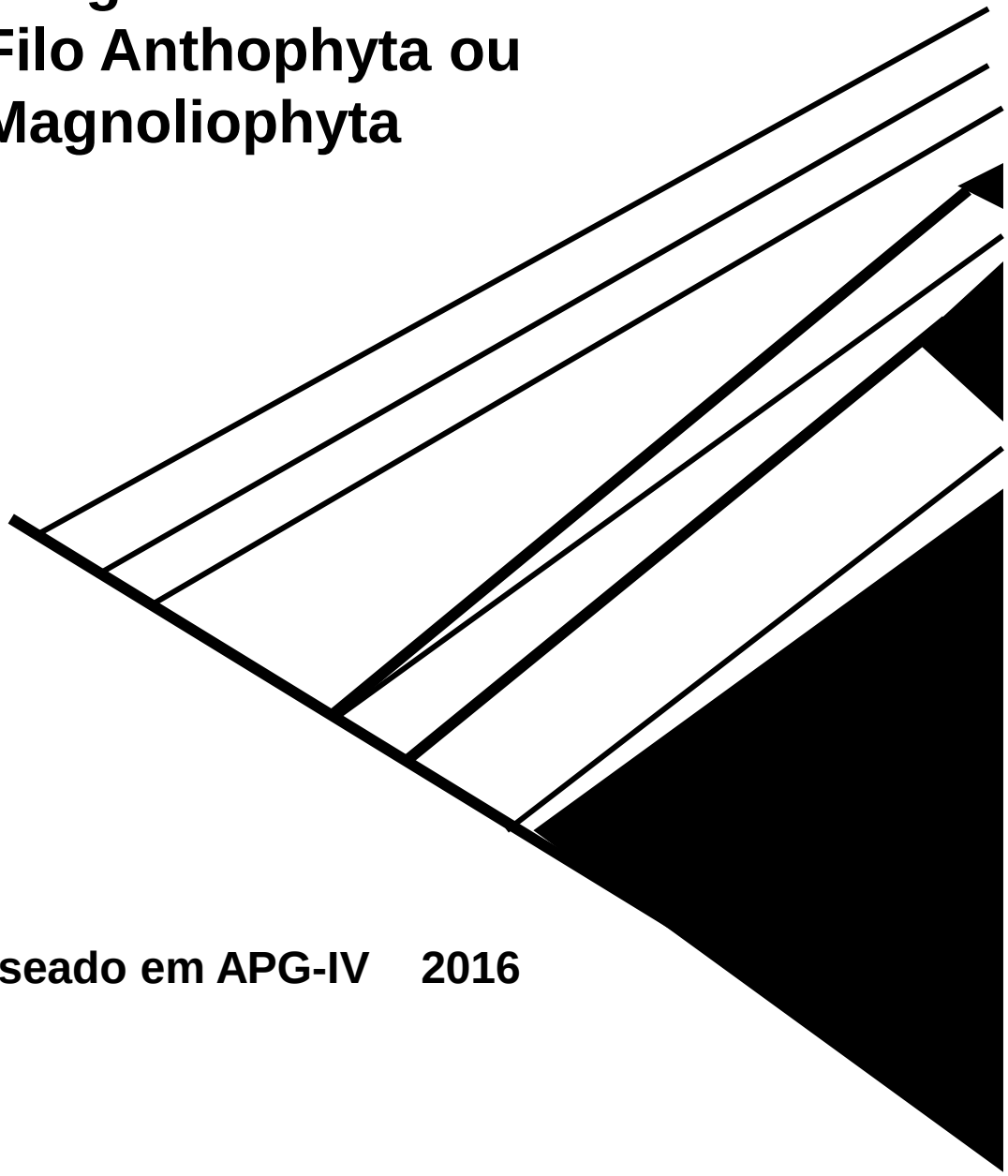


Sistema APG (1998, 2003, 2009 e 2016):
- sistema de classificação em ordens
- são nomeados somente os grupos que satisfazem a condição primordial de monofiletismo

63 ordens
416 famílias


Amborellales - 1 sp
Nymphaeales - 74 spp.
Austrobaileyales – 100 spp.
Grado ANA
Qiu et al. 1999
Chloranthales – 75 spp.
Magnolíideas – 3 mil spp. - 2%
Monocotiledôneas – 60 mil spp. - 22%
Ceratophyllales – 2 spp.
APG-IV
2016
udicotiledôneas - 185 mil spp.
- 75%
www.mobot.org/MOBOT/research/APweb (Stevens 2016)

Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta



Nymphaeales } Grado ANA

Magnoliídeas 2%

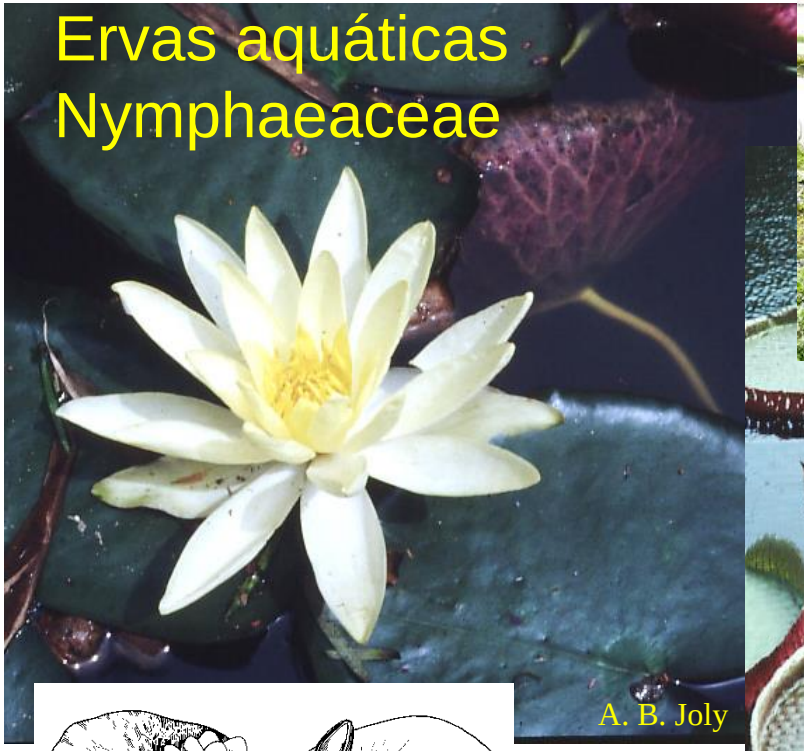
Monocotiledôneas 22%

Eudicotiledôneas 75%

Baseado em APG-IV 2016

NYMPHAEALES

Ervas aquáticas
Nymphaeaceae



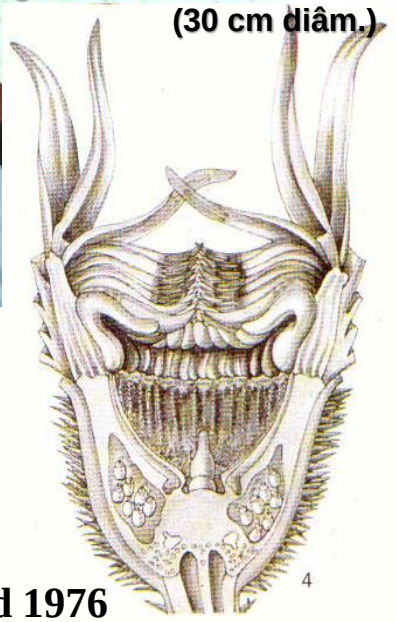
A. B. Joly

Nervação reticulada

J.R. Pirani

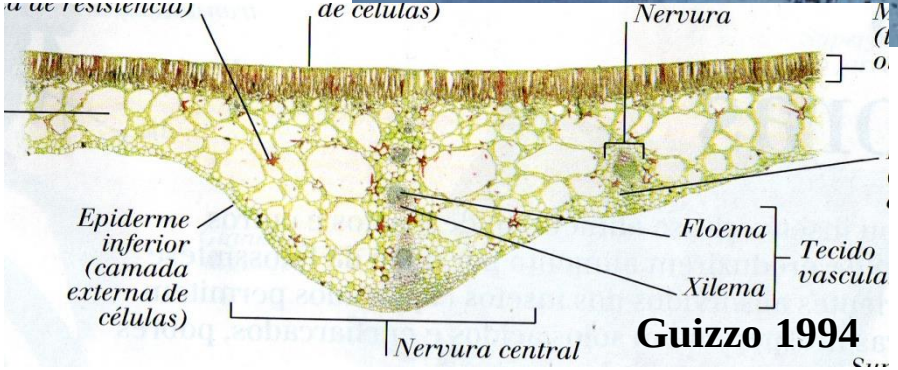
Victoria amazonica

Maior flor das Américas e segunda maior do mundo (30 cm diâm.)



Heywood 1976

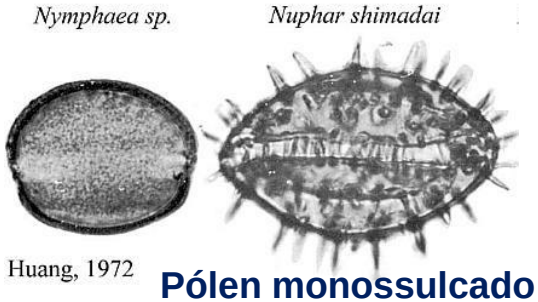
Nymphaea



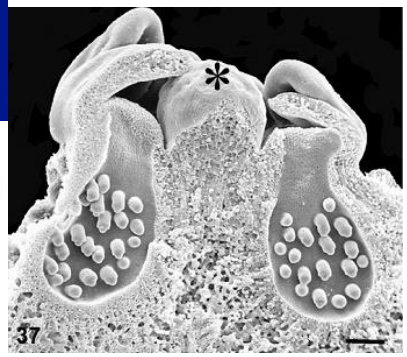
Guizzo 1994

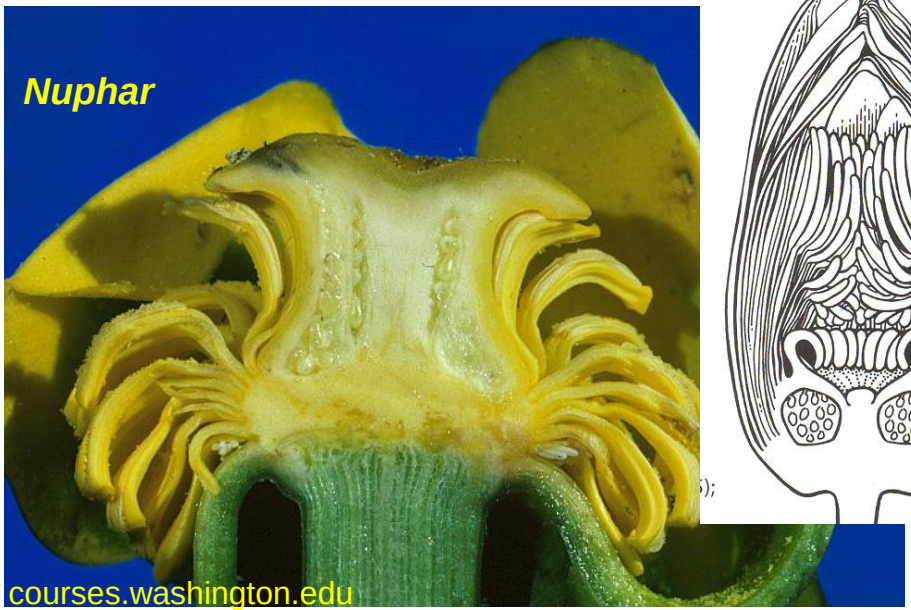
NYMPHAEALES - Nymphaeaceae

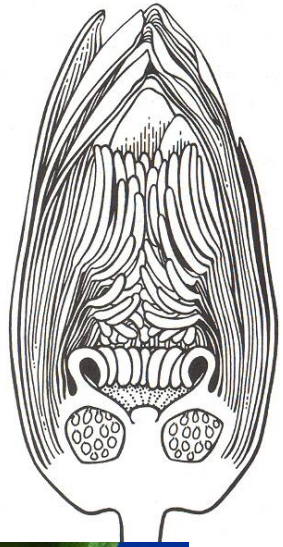
Flores polímeras: Sépalas 4-14, pétalas 8 - muitas, estames 8 – muitos, carpelos 3 – muitos.

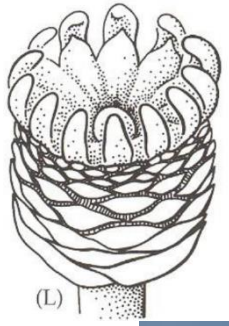


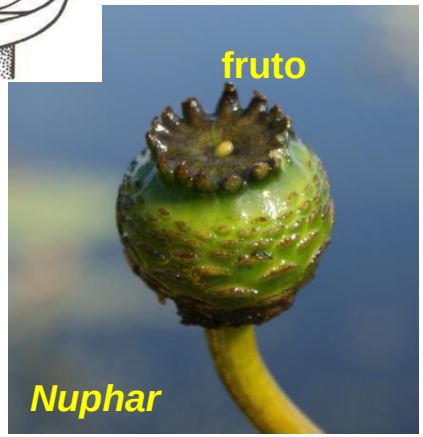
Pólen monossulcado



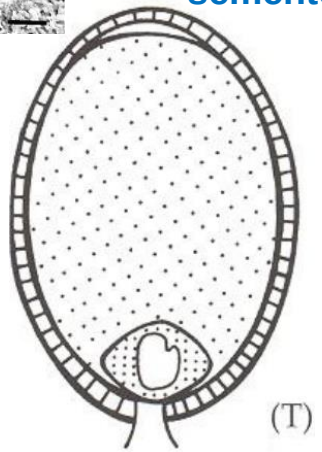








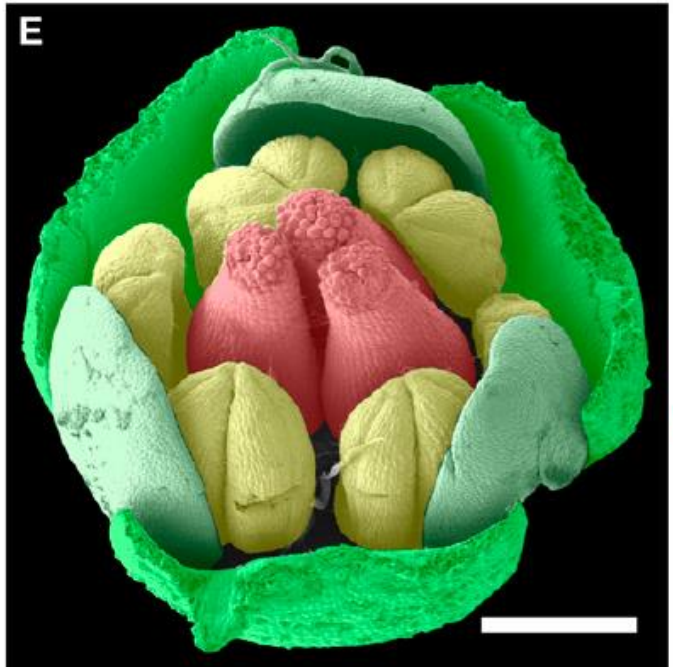
semente

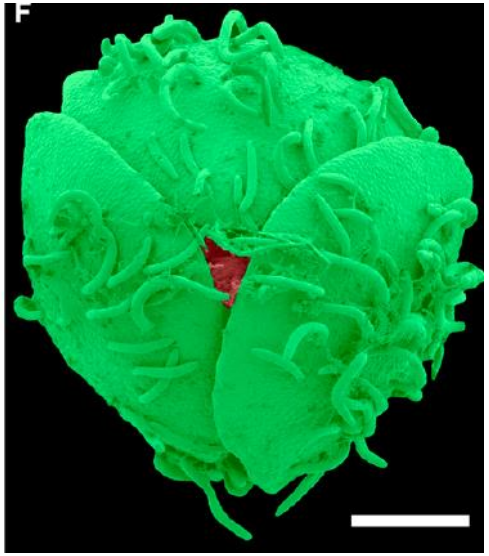


Judd et al. 2002

Flores trímeras:

3 sépalas e 3 pétalas,
6 estames, 3 carpelos



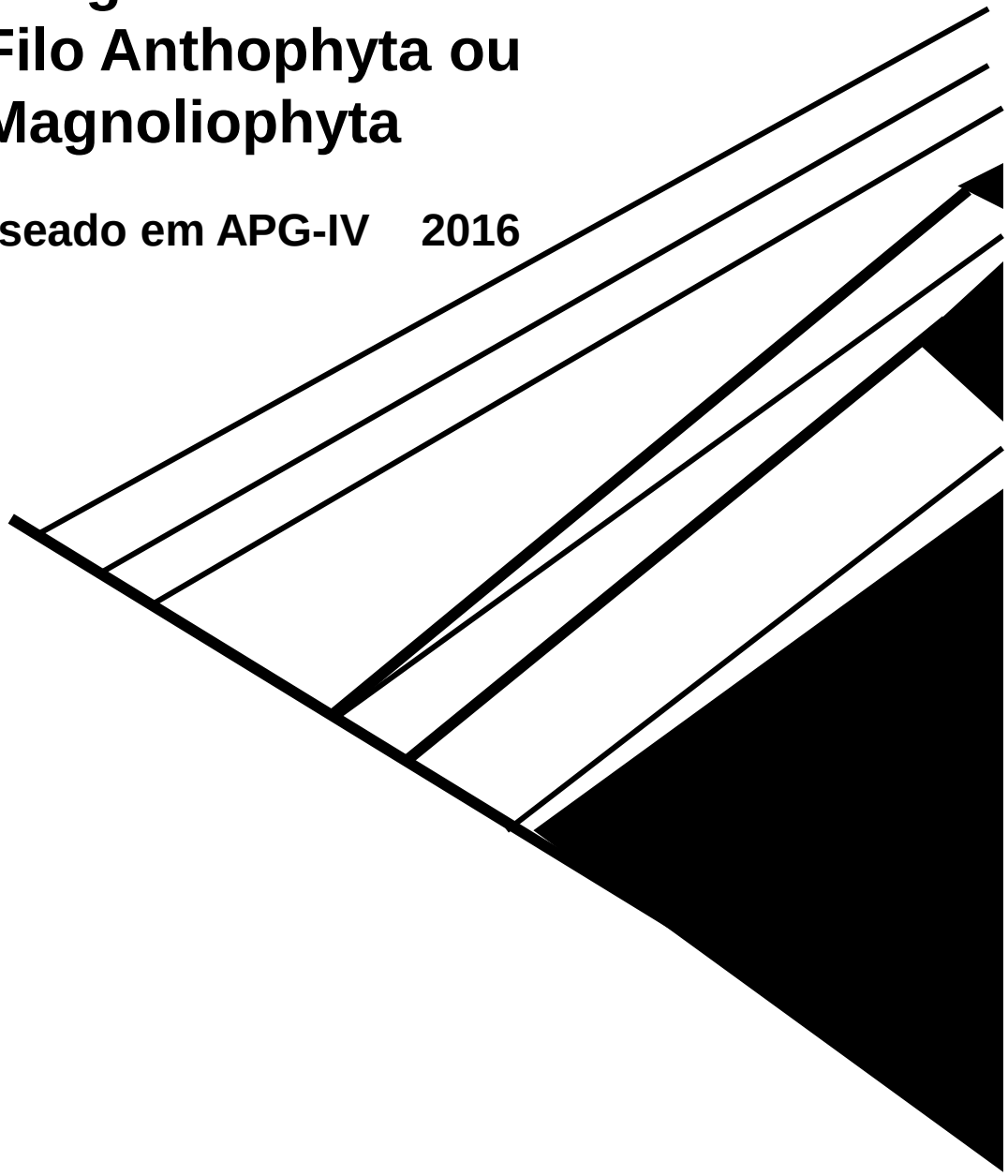


NYMPHAEALES
CABOMBACEAE
Cabomba aquatica

Rudall et al. 2009

Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta

Baseado em APG-IV 2016



Nymphaeales } **Grado ANA**

Magnoliídeas 2%

Sinapomorfia: Alcaloides benzilisoquinolínicos

Monocotiledôneas 22%

Eudicotiledôneas 75%

Pólen monossulcado

Clado Magnoliídeas
4 ordens

Folhas simples com nervação reticulada

Liriodendron tulipifera

MAGNOLIACEAE (227 spp.)

Árvores com flores trímeras,
estames numerosos,
carpelos numerosos e livres entre si

Clado Magnoliídeas

pólen monossulcado

Gineceu apocárpico

Estames numerosos

MAGNOLIACEAE

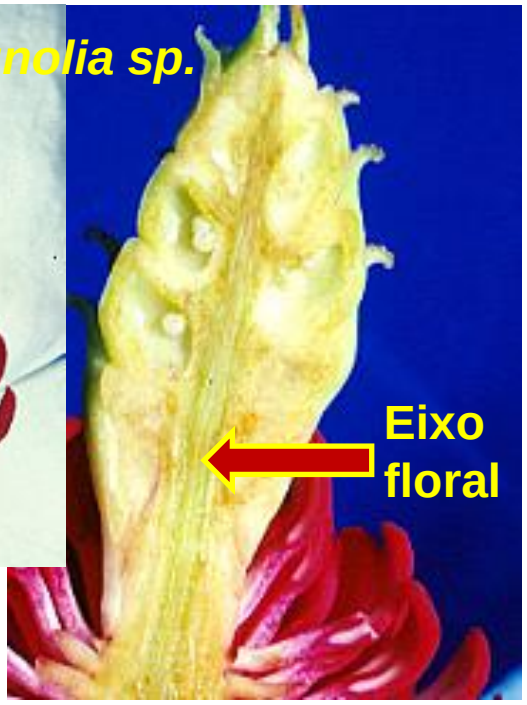
Magnolia grandiflora

Flor na abertura

Flor solitária
(uma flor no ápice de cada ramo)
Polinização por besouros

Flores trímeras, aromáticas, protogínicas,
com estames numerosos,
carpelos numerosos e livres entre si,
dispostos em espiral

Estames numerosos



MAGNOLIACEAE

Magnolia grandiflora

Flor após fecundação

Flor com eixo alongado, Gineceu apocárpico (carpelos livres entre si)

carpelos numerosos individualizados, dispostos em espiral

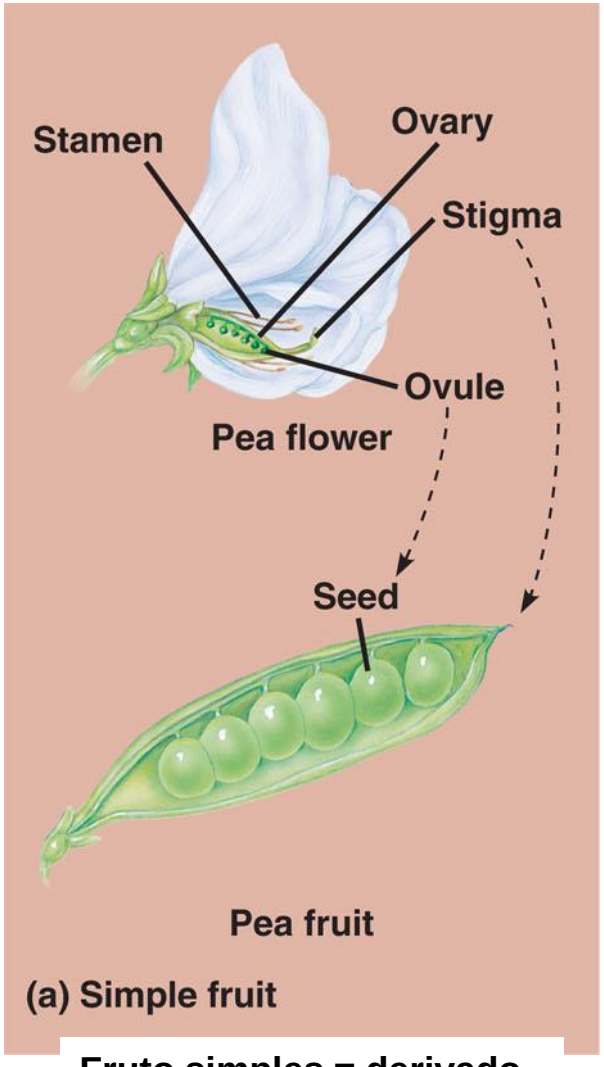
semente vermelha (dispersão por aves)

MAGNOLIACEAE

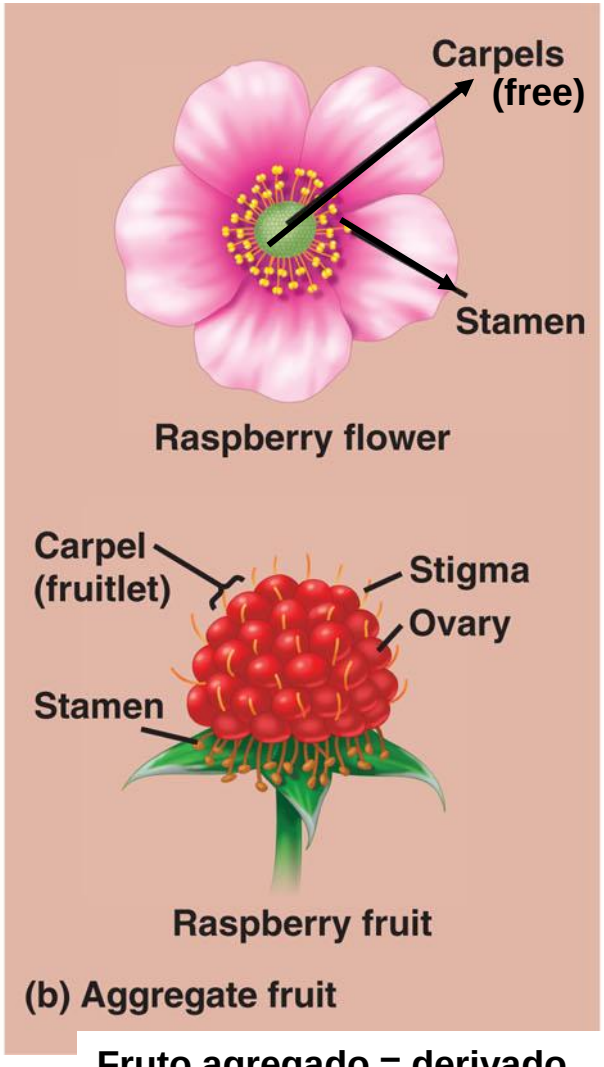
Magnolia grandiflora

Gineceu apocárpico originando o FRUTO AGREGADO

Relembrando os tipos de FRUTO: simples x agregado



Fruto simples = derivado do ovário de uma flor



Fruto agregado = derivado de ovários livres de uma flor

MAGNOLIACEAE

Clado Magnolíideas

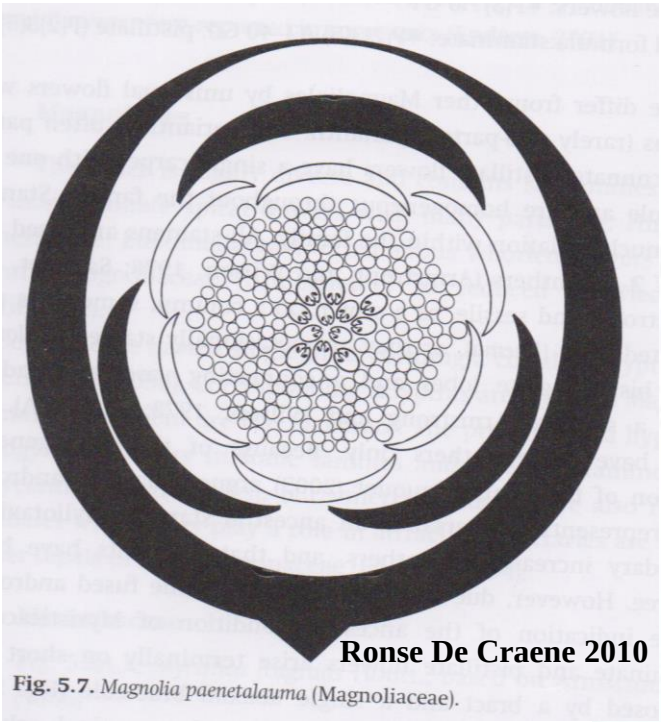
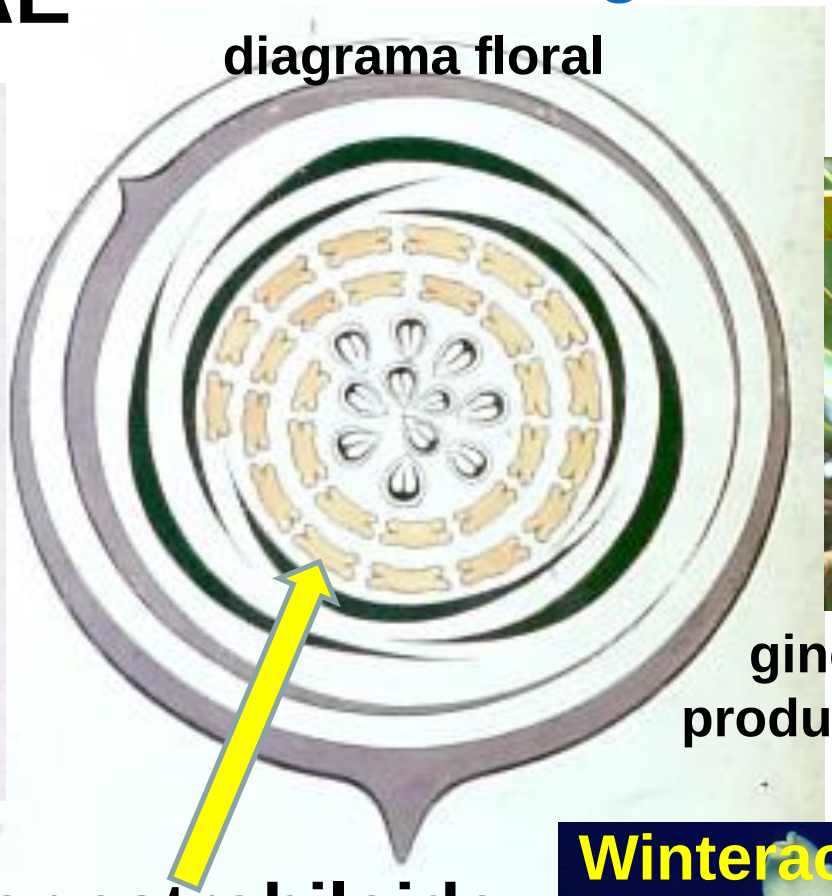
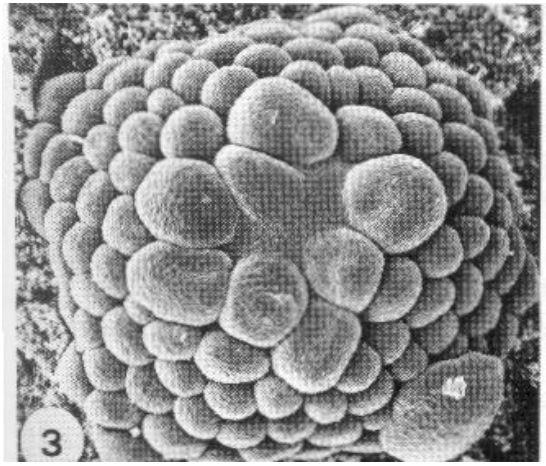


Fig. 5.7. *Magnolia paenetalauma* (Magnoliaceae).

diagrama floral



gineceu apocárpico
produz fruto agregado

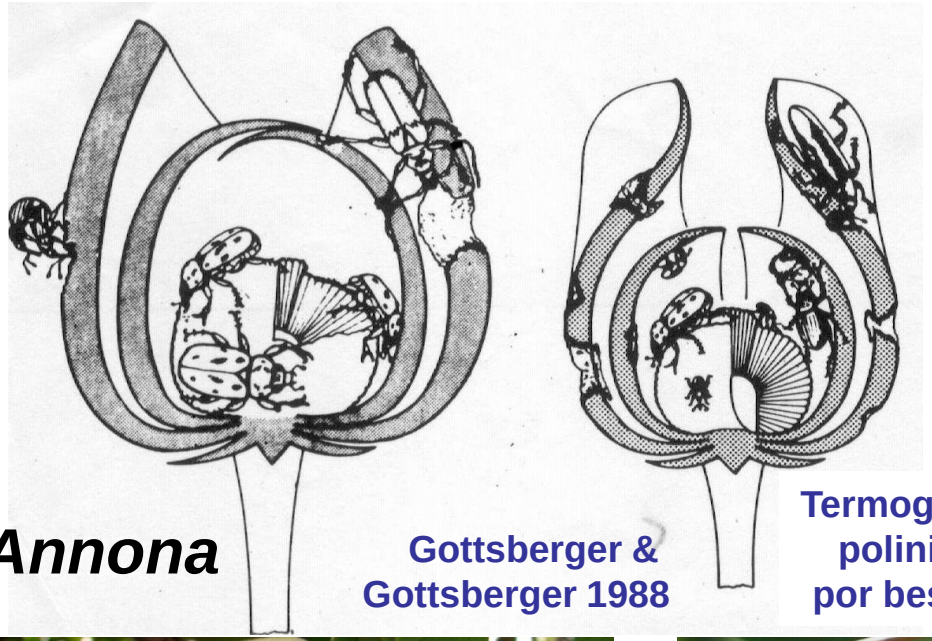


-flor estrobiloide
(eixo alongado, estames e carpelos espiralados)

- perianto trímero
- polinização por besouros

Clado Magnoliídeas

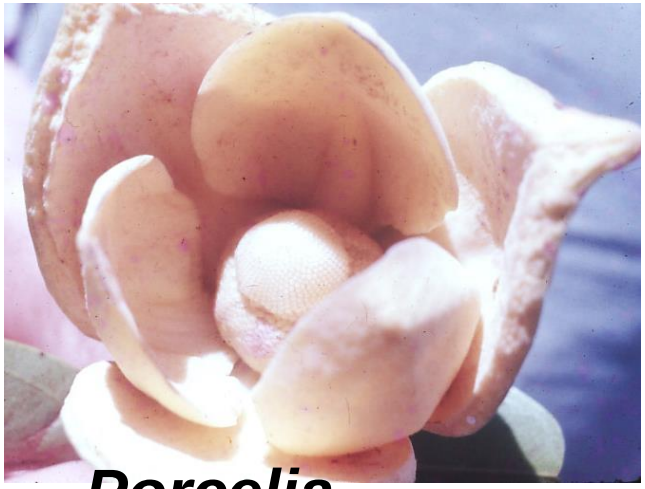
ANNONACEAE - 2.400 spp.



Annona

Gottsberger & Gottsberger 1988

Termogênese, polinização por besouros



Porcelia

Xylopia

Flores trímeras, carnosas, aromáticas,
com estames numerosos,
carpelos numerosos e livres entre si

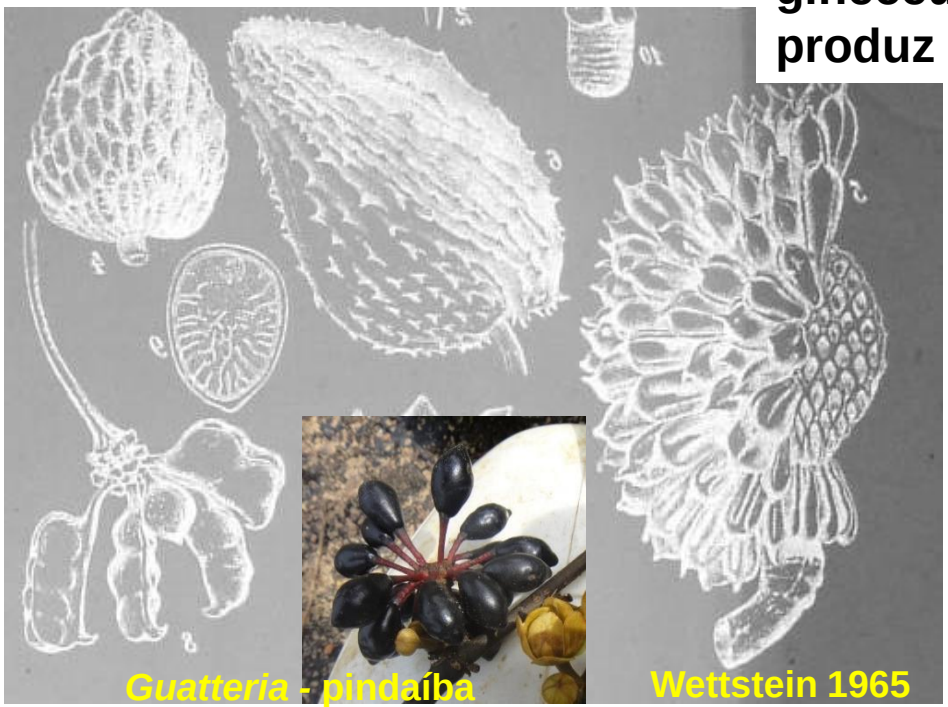
Clado Magnoliídeas Annonaceae

Annona muricata - graviola

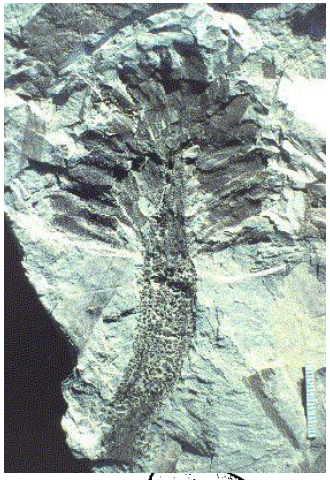
Heywood 1976

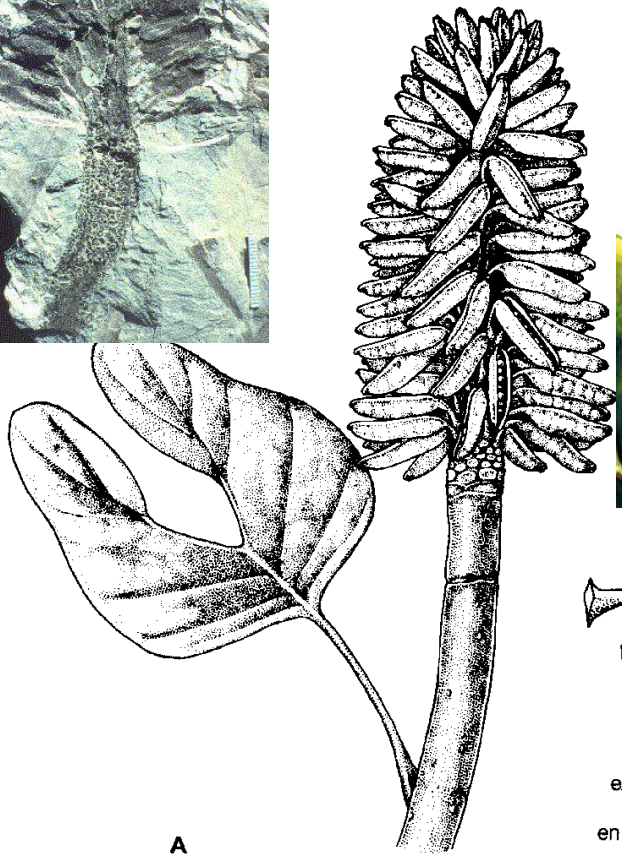
Annona squamosa - pinha

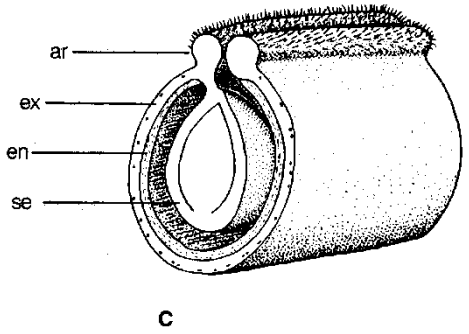
gineceu apocárpico
produz fruto agregado



Grupo extinto com flor estrobiloide, similar a Magnoliaceae

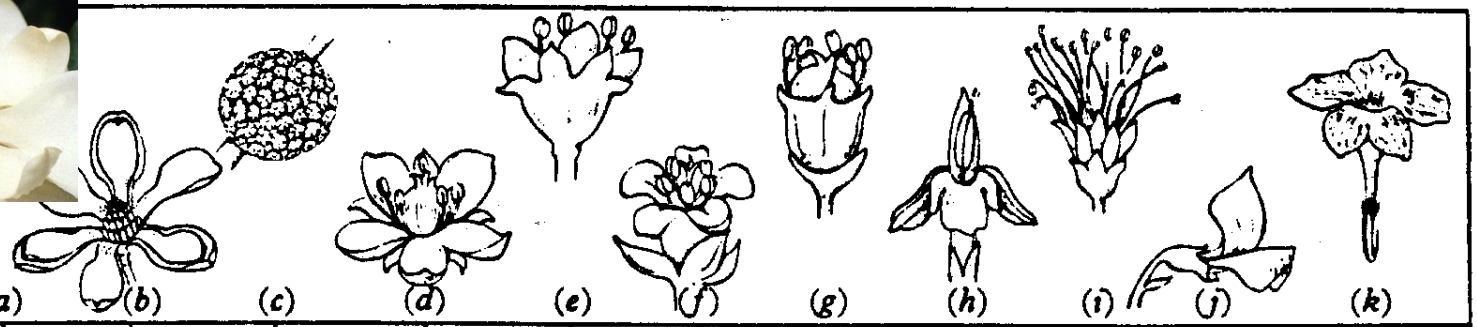






Archaeanthus linnenbergerii

Cretáceo inferior - Dilcher 1985



Early Tertiary
- Oligocene
- Eocene
- Paleocene

Late Cretaceous
- Maastrichtian
- Campanian
- Santonian
- Coniacian
- Turonian
- Cenomanian

Early
- Albian
- Aptian

Flores gamopétalas e flores zigomorfas surgem mais recentemente

Flores verticiladas, surgem depois

No registro fóssil, as flores estrobiloides estão entre as mais antigas

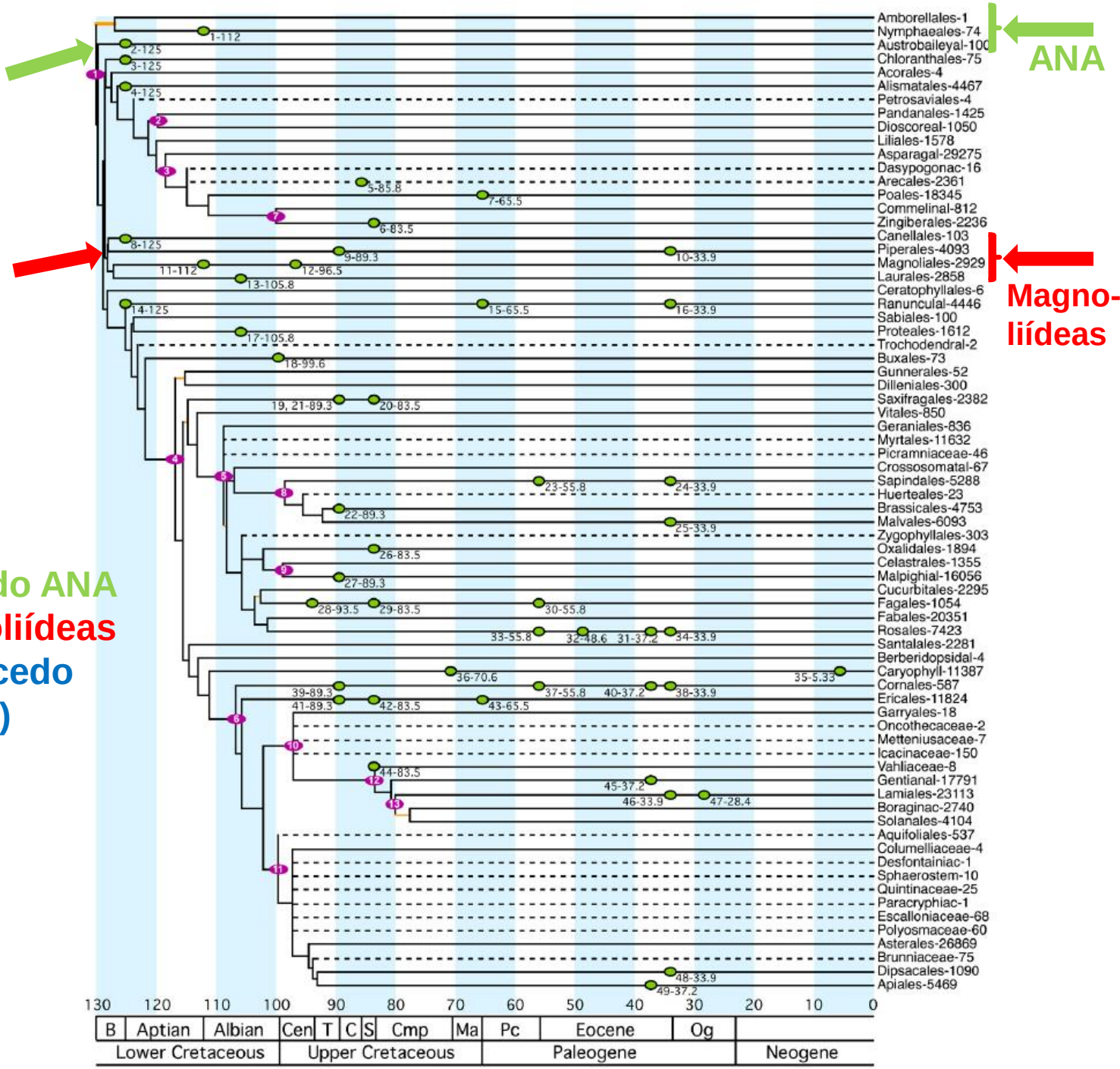
Friis & Endress 1990

ANGIOSPERMAS

Árvore filogenética das ordens com datação molecular de clados:

atestam que as linhagens do grado ANA e do clado Magnolíideas derivaram muito cedo (Cretáceo inferior)

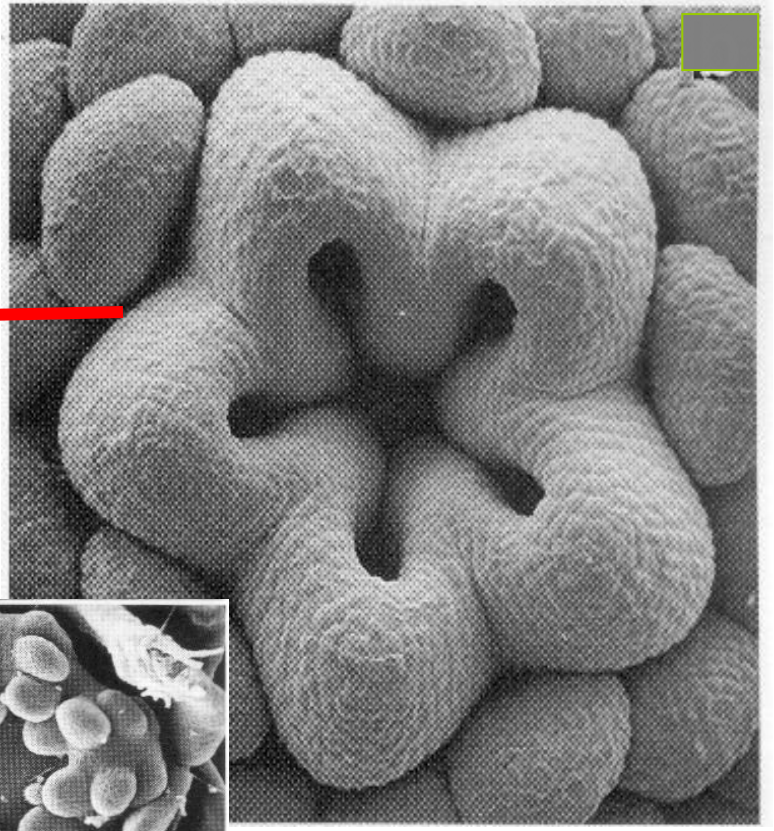
Magallón & Castillo 2009

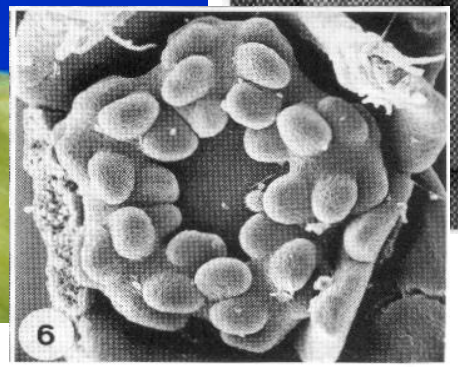


Etapa importante da evolução floral

80% das angiospermas - ovário com partes unidas

União possibilitada pela organização verticilada dos elementos da flor

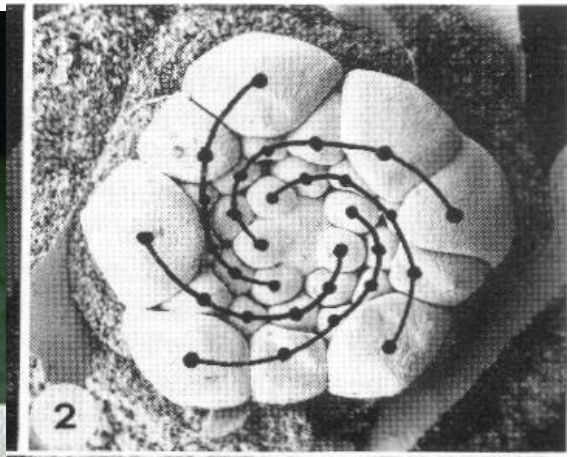


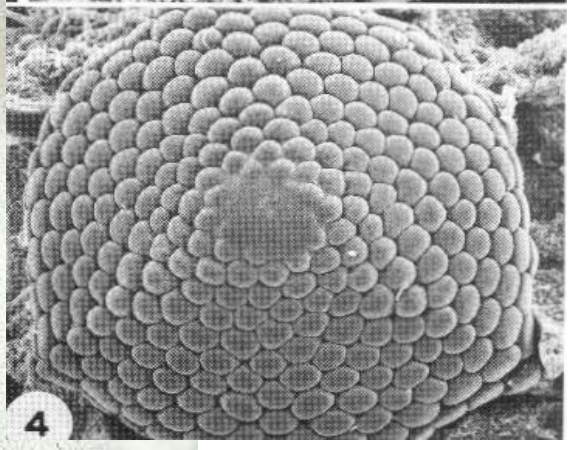


Leins 2000

Hypericum hookerianum

Magnolia grandiflora
Magnoliaceae





Carpelos livres entre si, de disposição espiralada (flor dita estrobiloide)

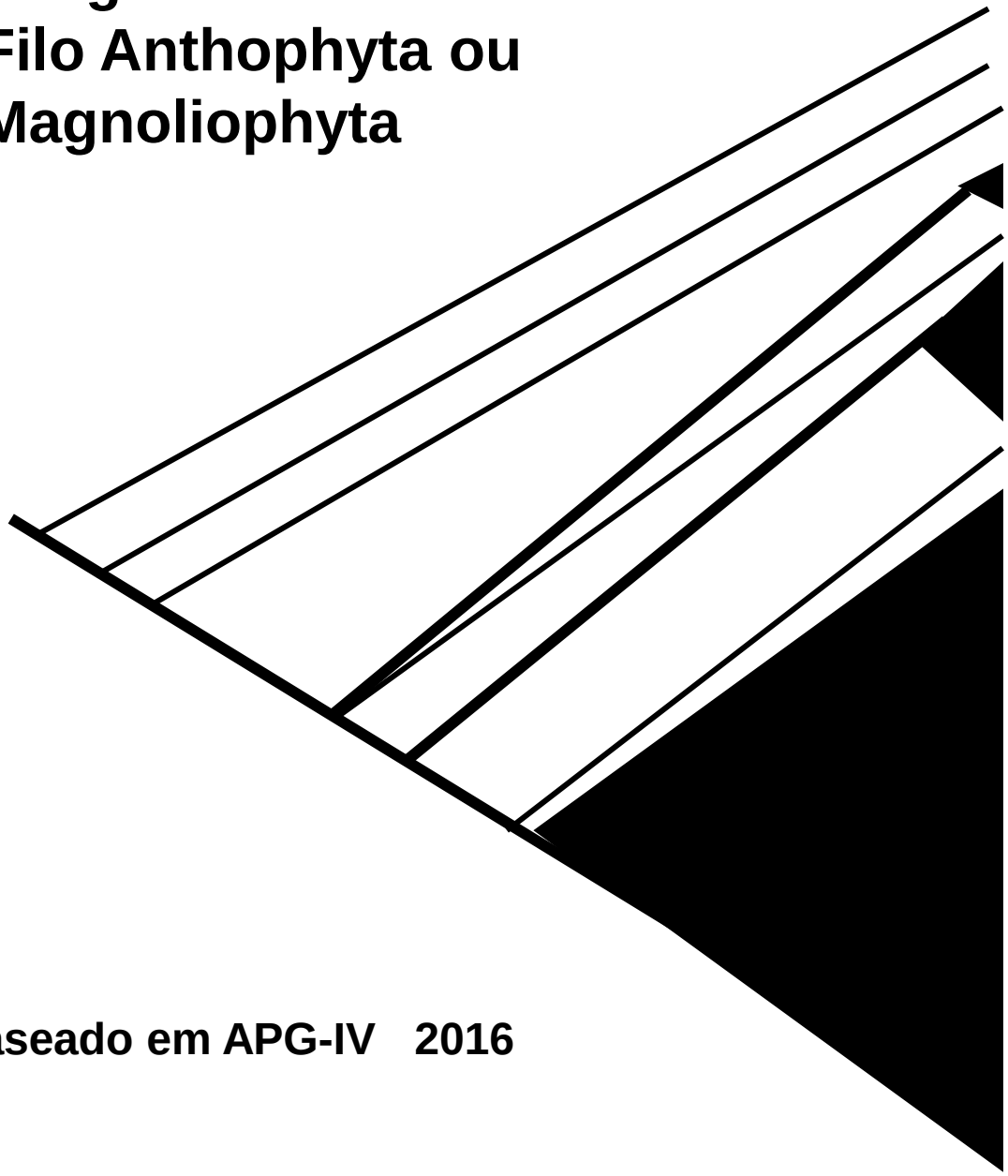
- provável plesiomorfia presente em vários grupos do clado Magnoliídeas

Sumário: características comuns em angiospermas basais (grado ANA e clado magnoliídeas)

- Flores polímeras ou trímeras, actinomorfas
- Flores com filotaxia espiralada (ao menos no androceu), ou verticilada
- Pólen geralmente monossulcado
- Gineceu súpero, geralmente com carpelos livres

- Clado das Magnoliídeas:
  Alcaloides benzilisoquinolínicos

Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta



Nymphaeales } Grado ANA

Magnoliídeas 2%

Monocotiledôneas 22%

Eudicotiledôneas 75%

Baseado em APG-IV 2016

Nymphaeales

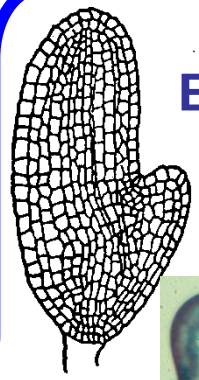
Magnoliídeas

Monocotiledôneas

22% das angiospermas atuais

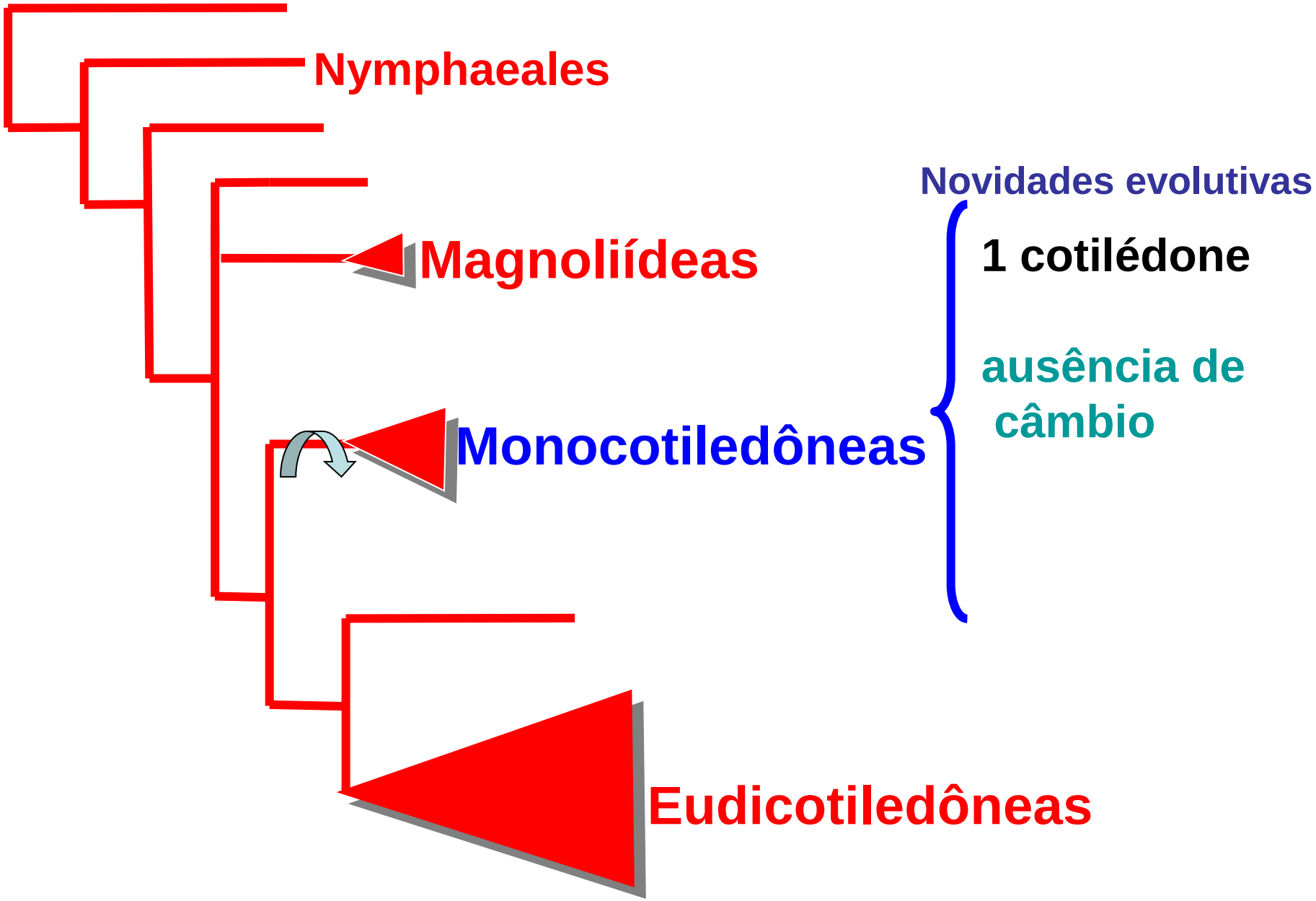
Eudicotiledôneas

Novidades evolutivas



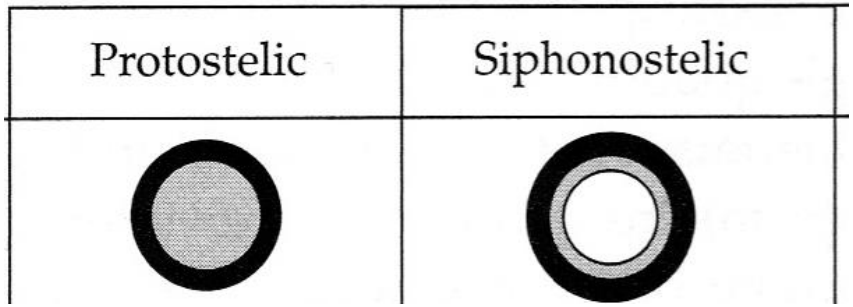
Embrião com 1 cotilédone

Zea mays

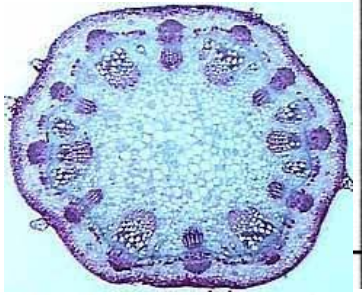

Nymphaeales
Magnoliídeas
Monocotiledôneas
Eudicotiledôneas
Novidades evolutivas
1 cotilédone
ausência de câmbio

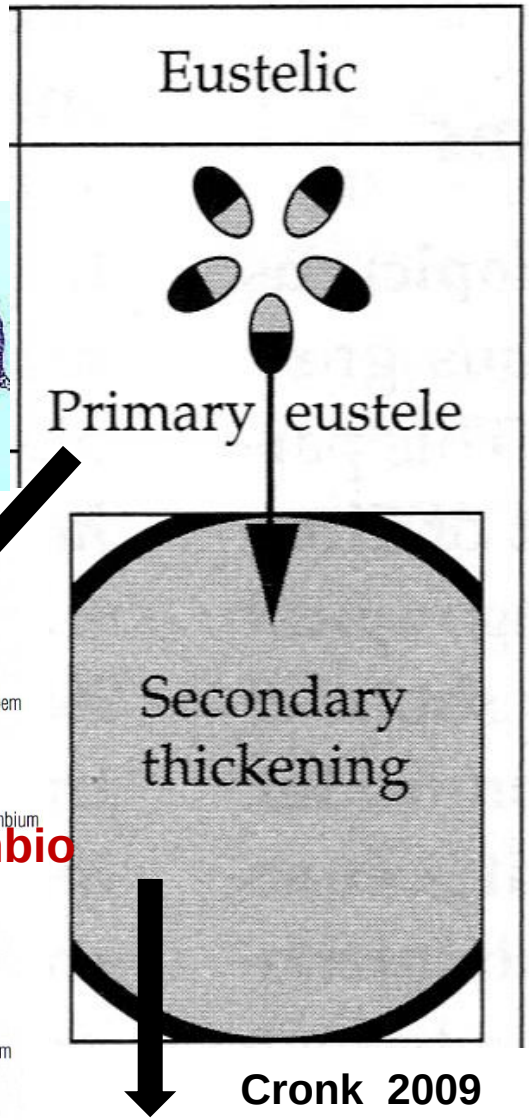
ESTELOS

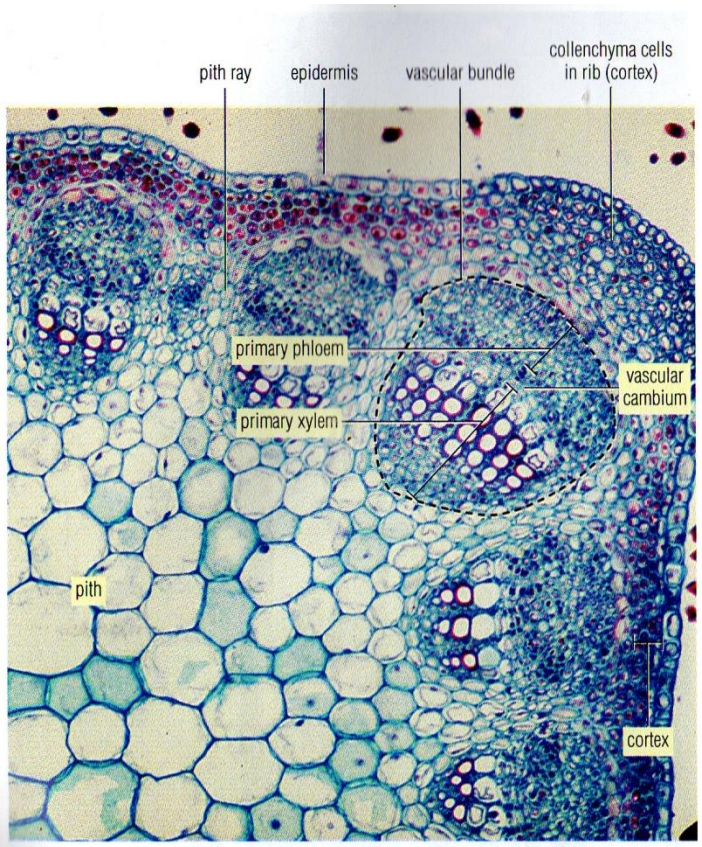
Licófitas e monilófitas

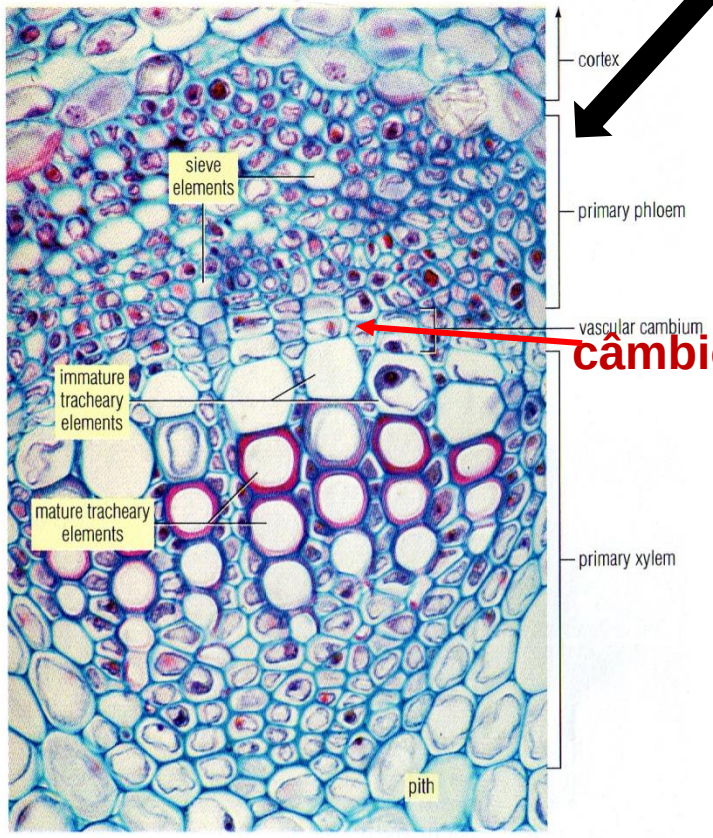


Lignófitas









câmbio

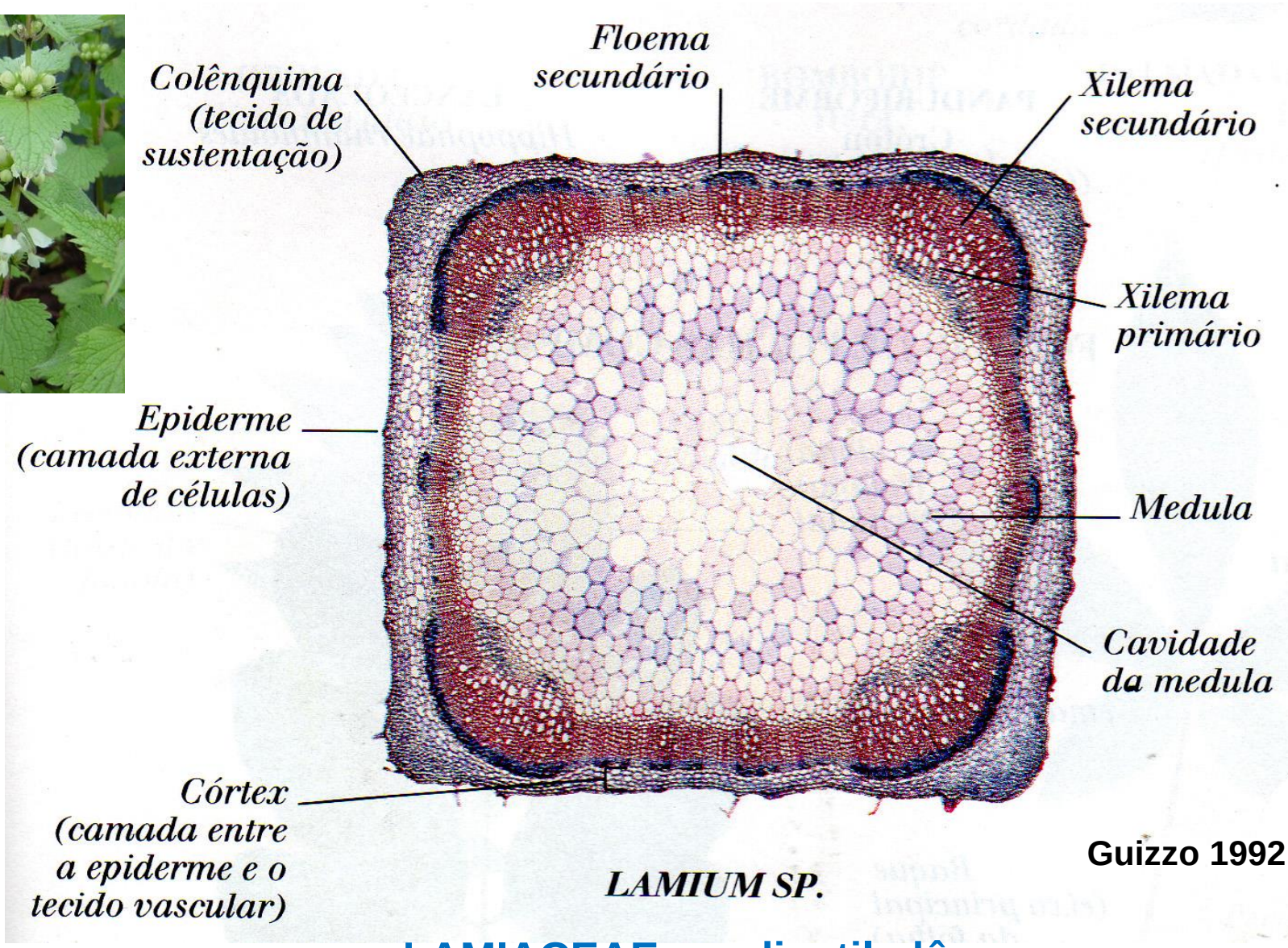
Cronk 2009

Crescimento secundário em espessura proporcionado pelo câmbio

***Medicago* – alfafa – LEGUMINOSAE - eudicotiledônea**

Perry & Morton 1996

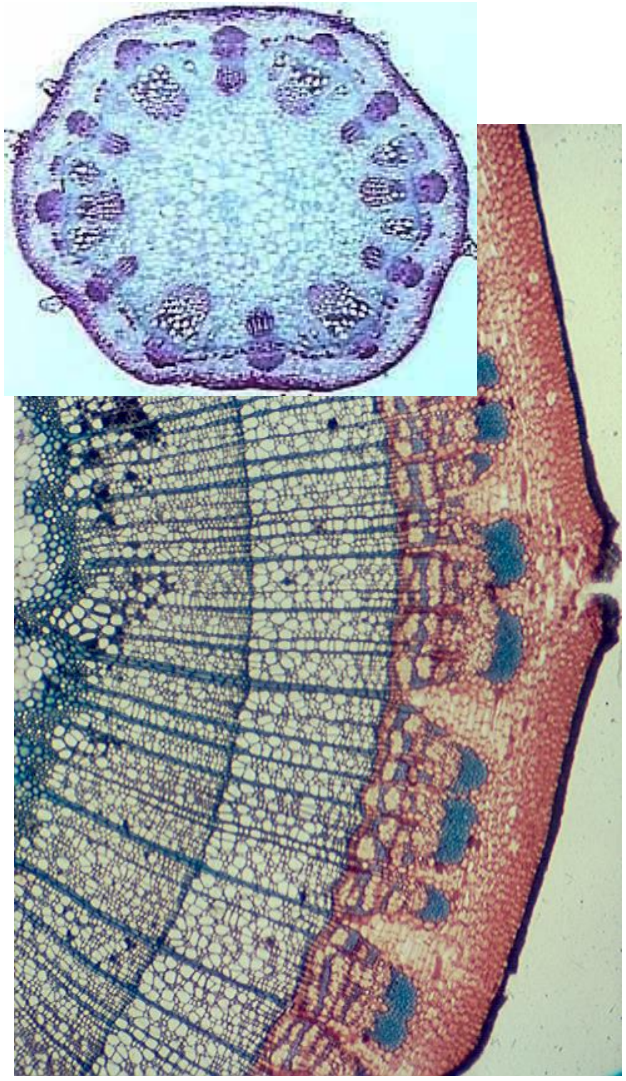
Lignófitas podem ser ERVAS
mas geralmente possuem crescimento secundário:



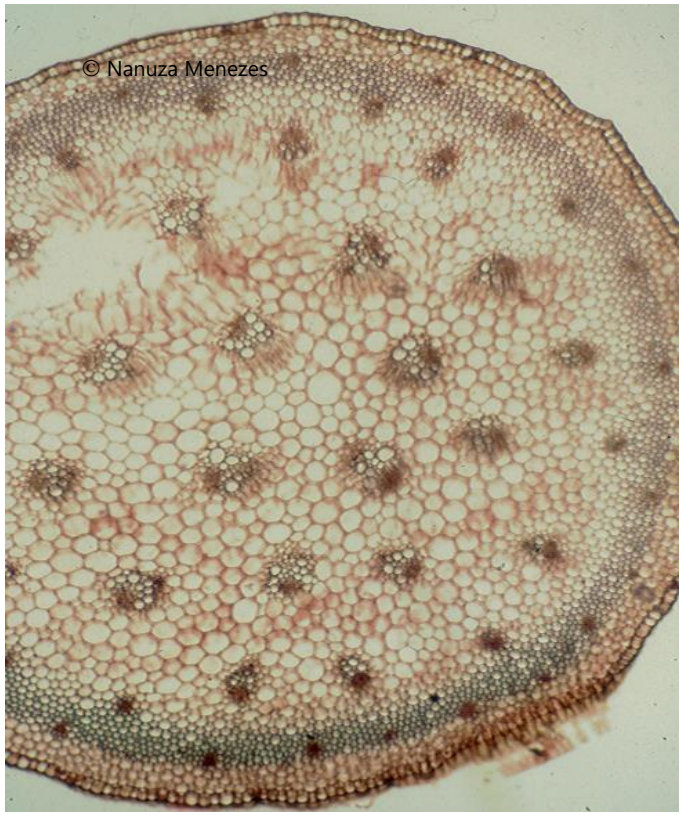
Guizzo 1992

LAMIACEAE - eudicotiledônea

Eustelo:
Lignófitas em geral



Liriodendron
Magnoliaceae, magnoliídeas

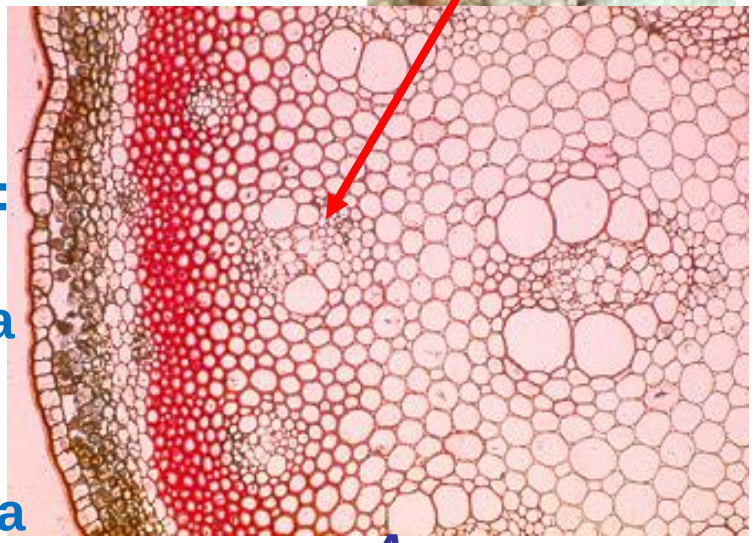


Chlorophytum

Atactostelo
(feixes dispersos):

Associado à perda do câmbio!

Novidade evolutiva de monocotiledôneas



Asparagus

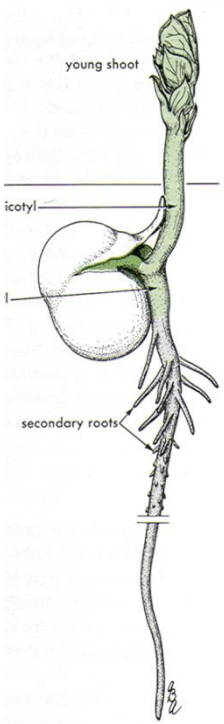
Alternativas de crescimento sem um câmbio:
Ervas com sistema radicular fasciculado

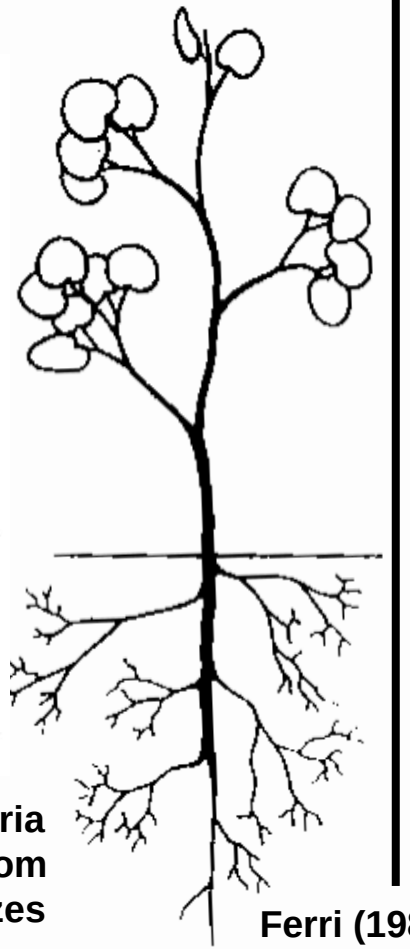
Sistema radicular

pivotante x fasciculado

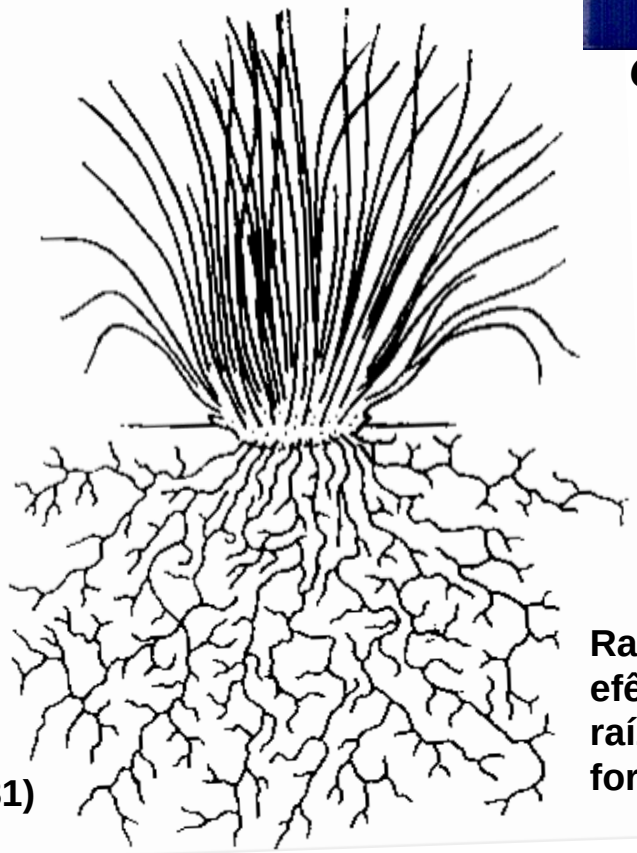
Lignófitas em geral

Monocotiledôneas



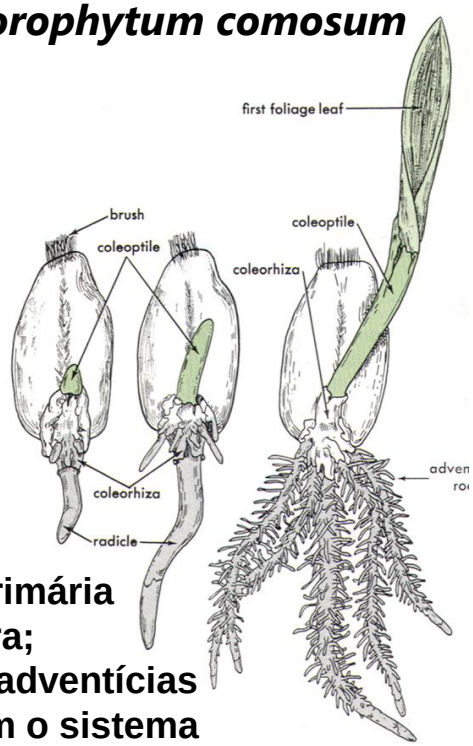


Raiz primária perene e com muitas raízes laterais



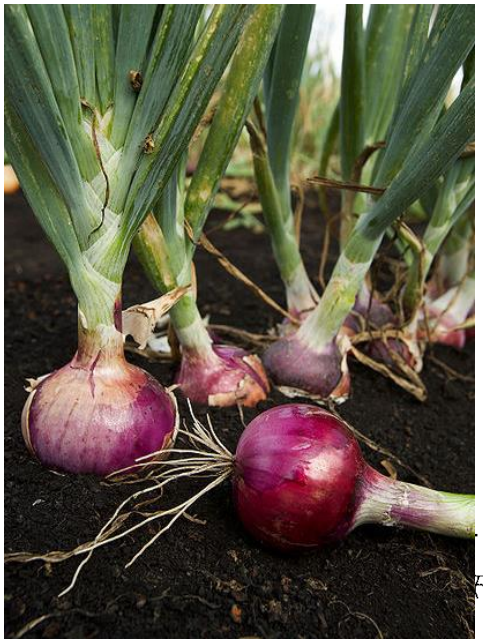
Ferri (1981)

Chlorophytum comosum

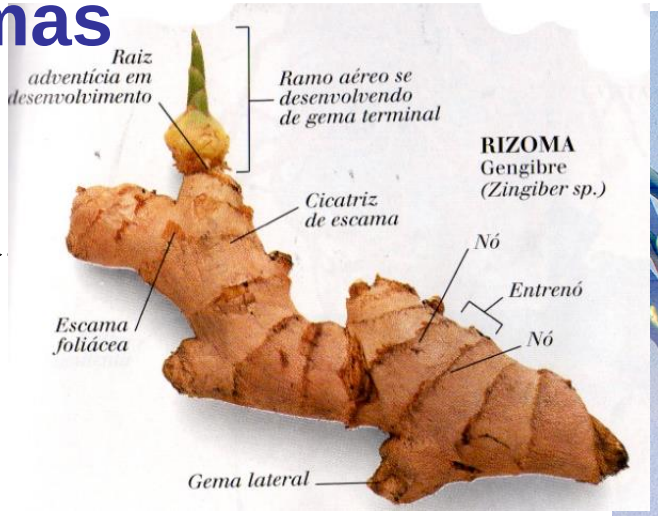


Raiz primária efêmera; raízes adventícias formam o sistema

Alternativas de crescimento sem um câmbio:
Ervas com sistemas caulinares compactos e geralmente subterrâneos – colonização de ambientes abertos, com as gemas protegidas da seca, do frio, ou do fogo

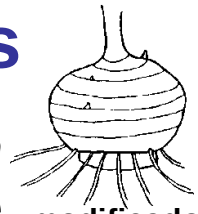


rizomas

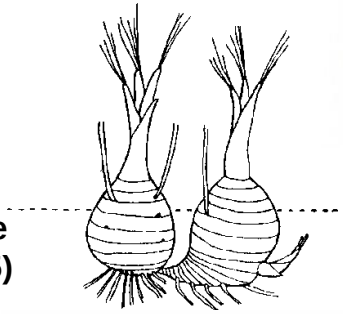


bulbos

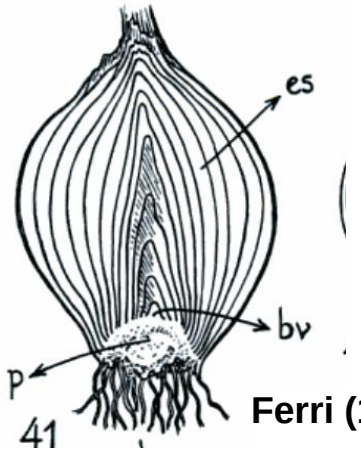
Allium
Alliaceae



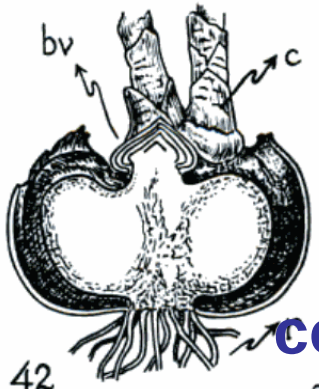
modificado de Holttum (1955)



Alpinia
Zingiberaceae



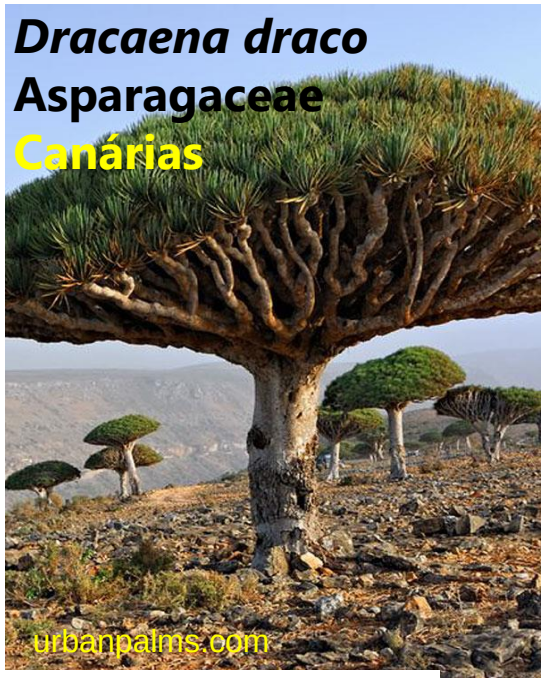
41 **Ferri (1981)**



42

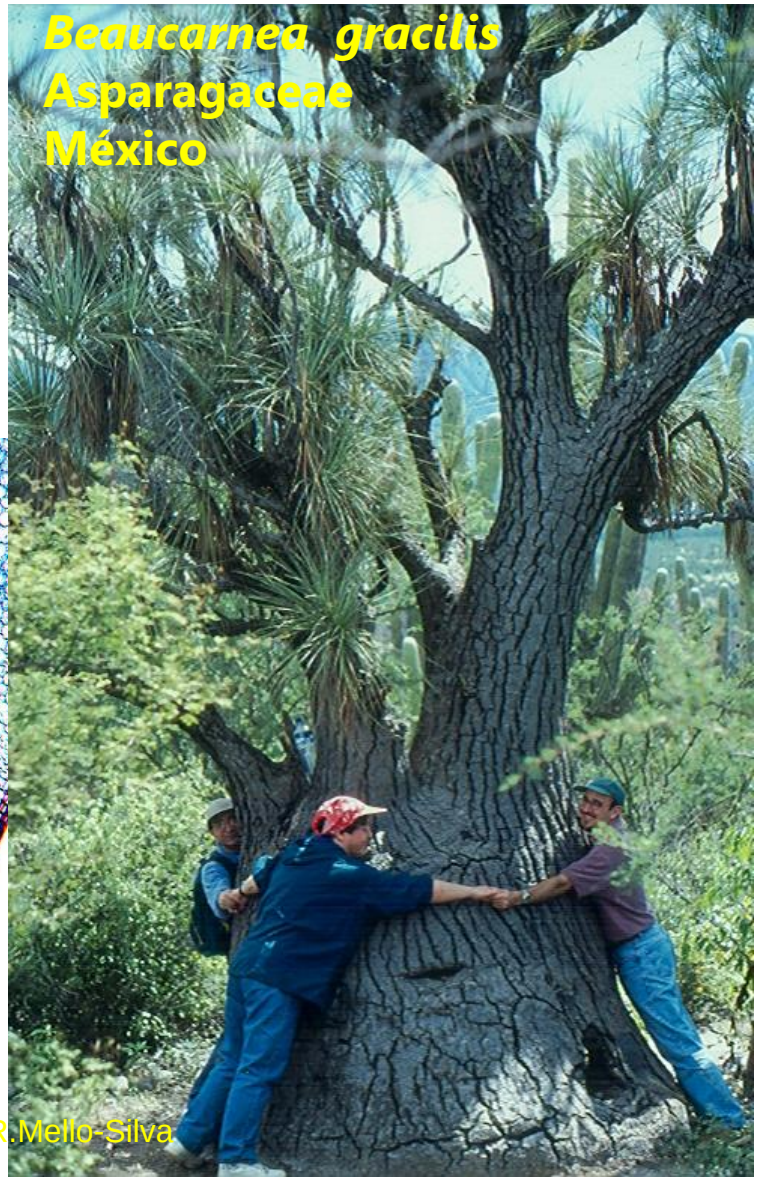
cormos

Gladiolus **Iridaceae**

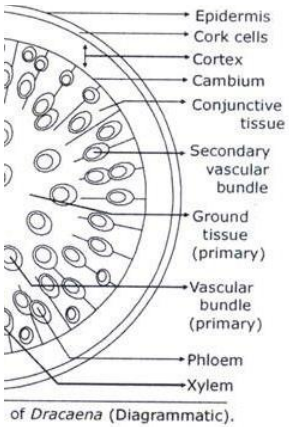


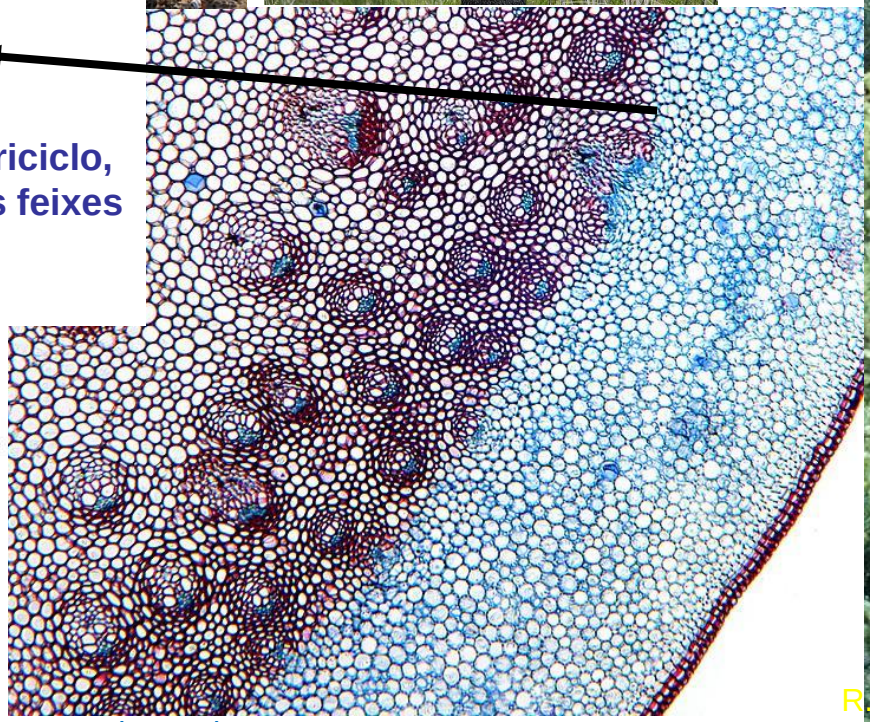
Alternativas de crescimento sem um câmbio:

Gigantismo secundário



Meristema de espessamento secundário:
Derivado do periciclo, adiciona muitos feixes vasculares e esclerênquima





www.sciencephoto.com

Alternativas de crescimento sem um câmbio:

Veitchia - Palmae

Folhas gigantescas

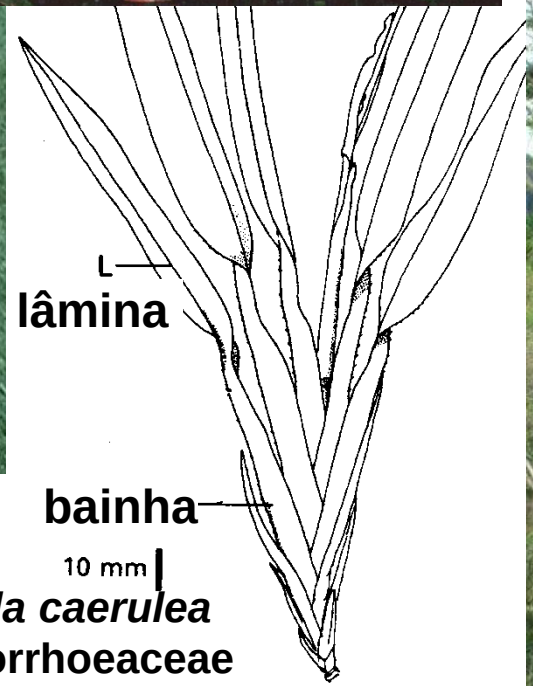
Bananeira-do-viajante
Ravenala madagascariensis -
Strelitziaceae

Base foliar invaginante (BAINHA)

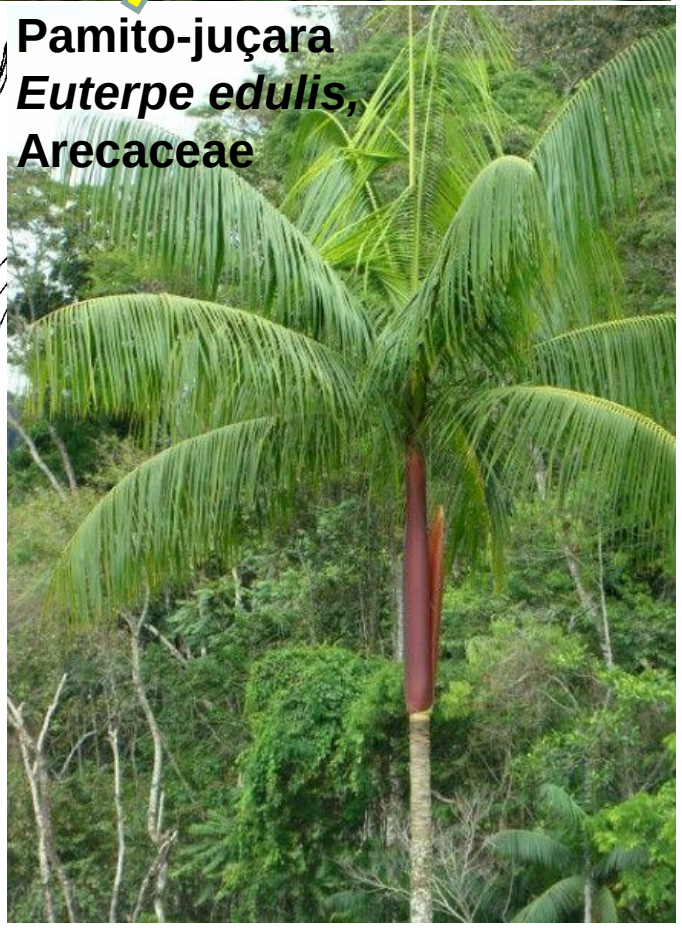
Roystonea
Palmeira-imperial,
Arecaceae

Dypsis

bainhas foliares enroladas em torno do ápice caulinar



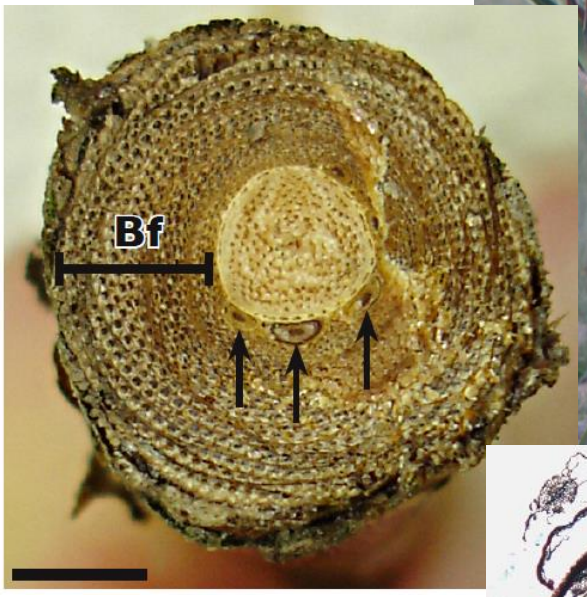
Dianella caerulea
Xanthorrhoeaceae



Pamito-juçara
Euterpe edulis,
Arecaceae

A bainha protege o caule e suas gemas

Base foliar invaginante (BAINHA)



Bainhas persistentes em torno do caule delgado, entreameadas por traços foliares e raízes adventícias

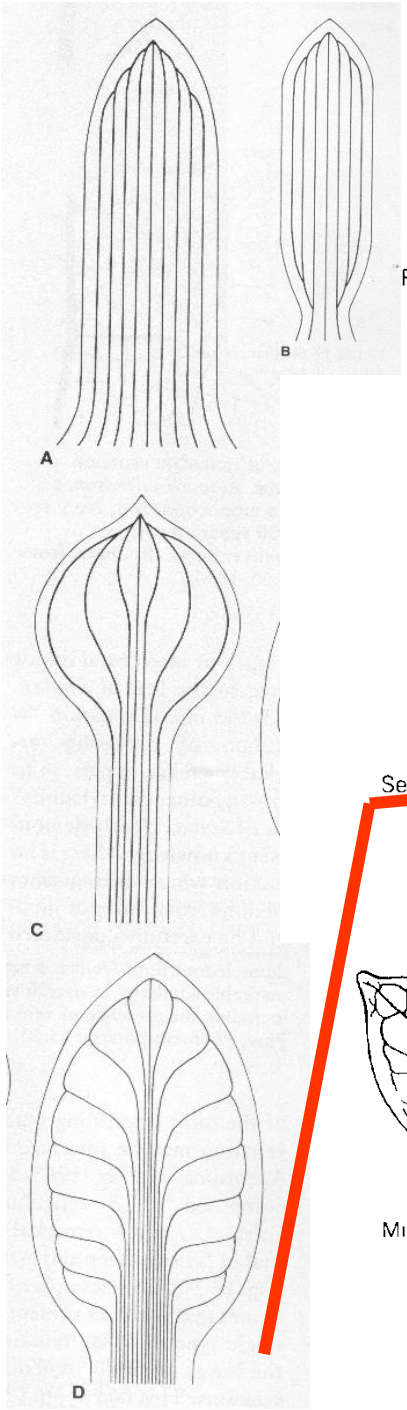
Vellozia declinans **(Cattai 2007)**

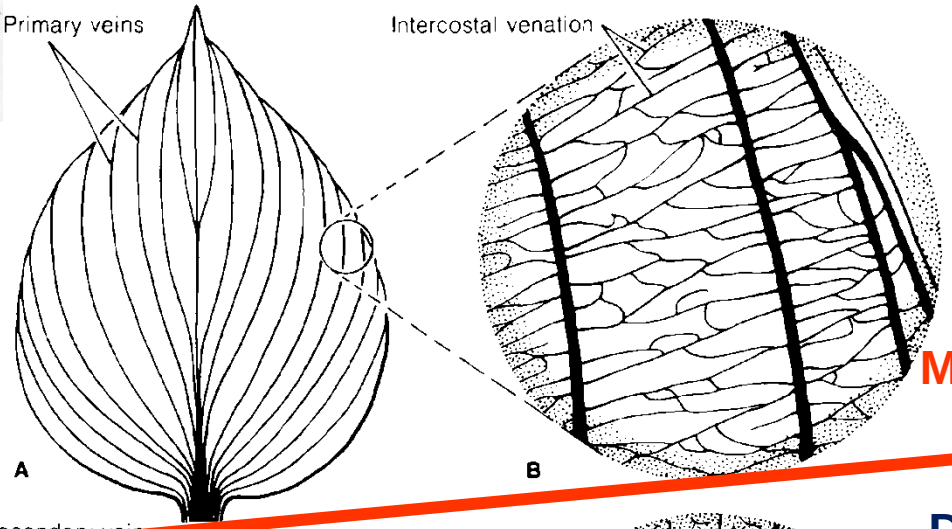
Vellozia glabra

Velloziaceae

Nervação foliar paralela

(excepcionalmente há retículação, mas não há terminações livres)





Hosta
Liliaceae

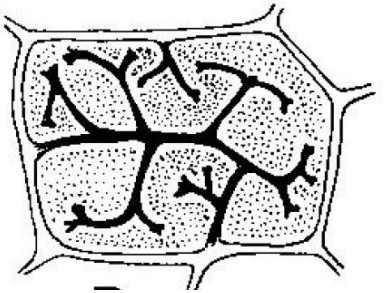
MONOCOTILEDÔNEAS

Demais Angiospermas

Nervação reticulada:
Nervuras de vários calibres, retículos densos e com terminações livres

Pray (1954, 1955)

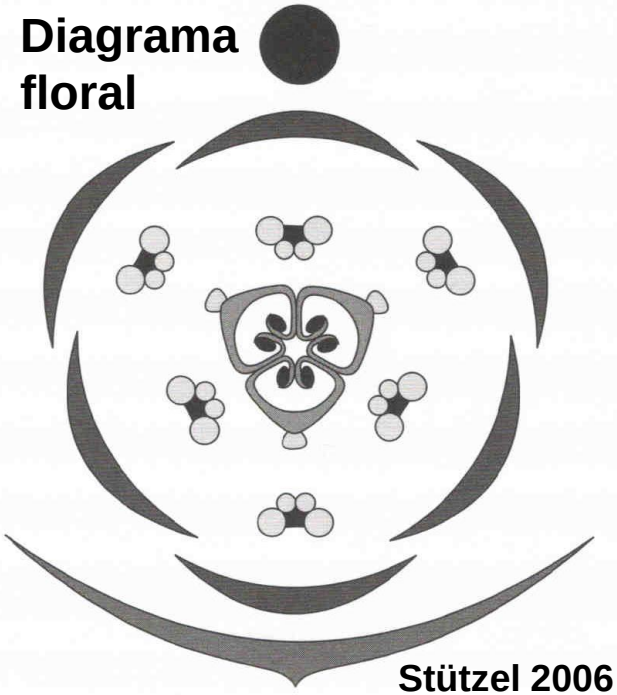
Liriodendron
Magnoliaceae,
Magnoliídeas



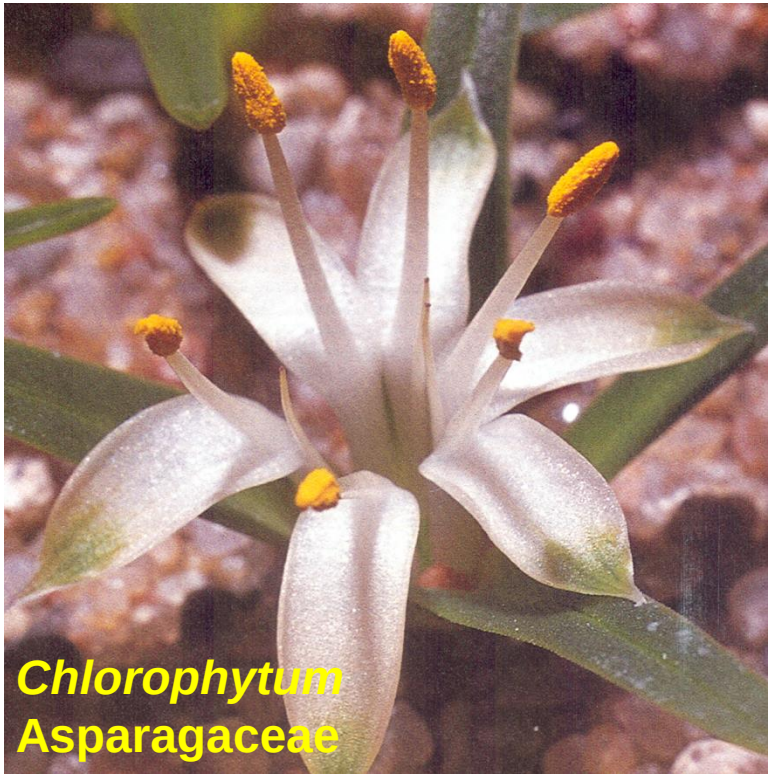
Trimeria floral - Provável simplesiomorfia compartilhada com Magnoliídeas e espécies do grado ANA

Tradescantia
Commelinaceae

Diagrama floral

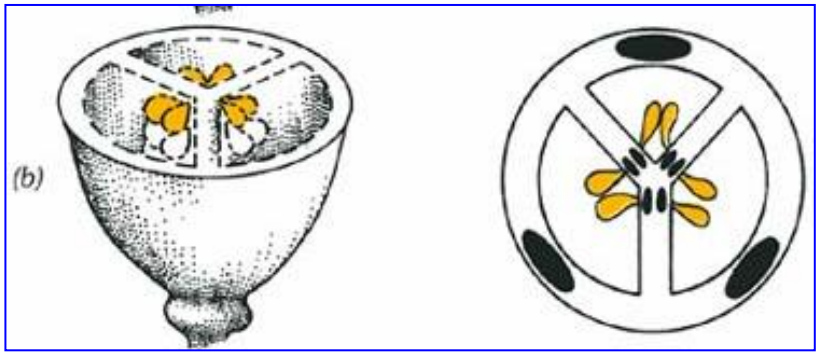


Stützel 2006

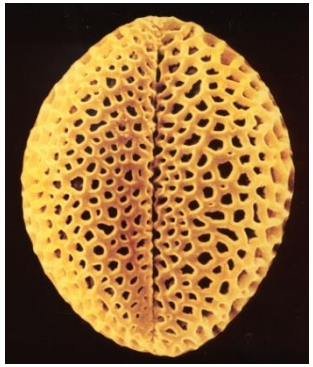


Chlorophytum
Asparagaceae

Lilium **Liliaceae**

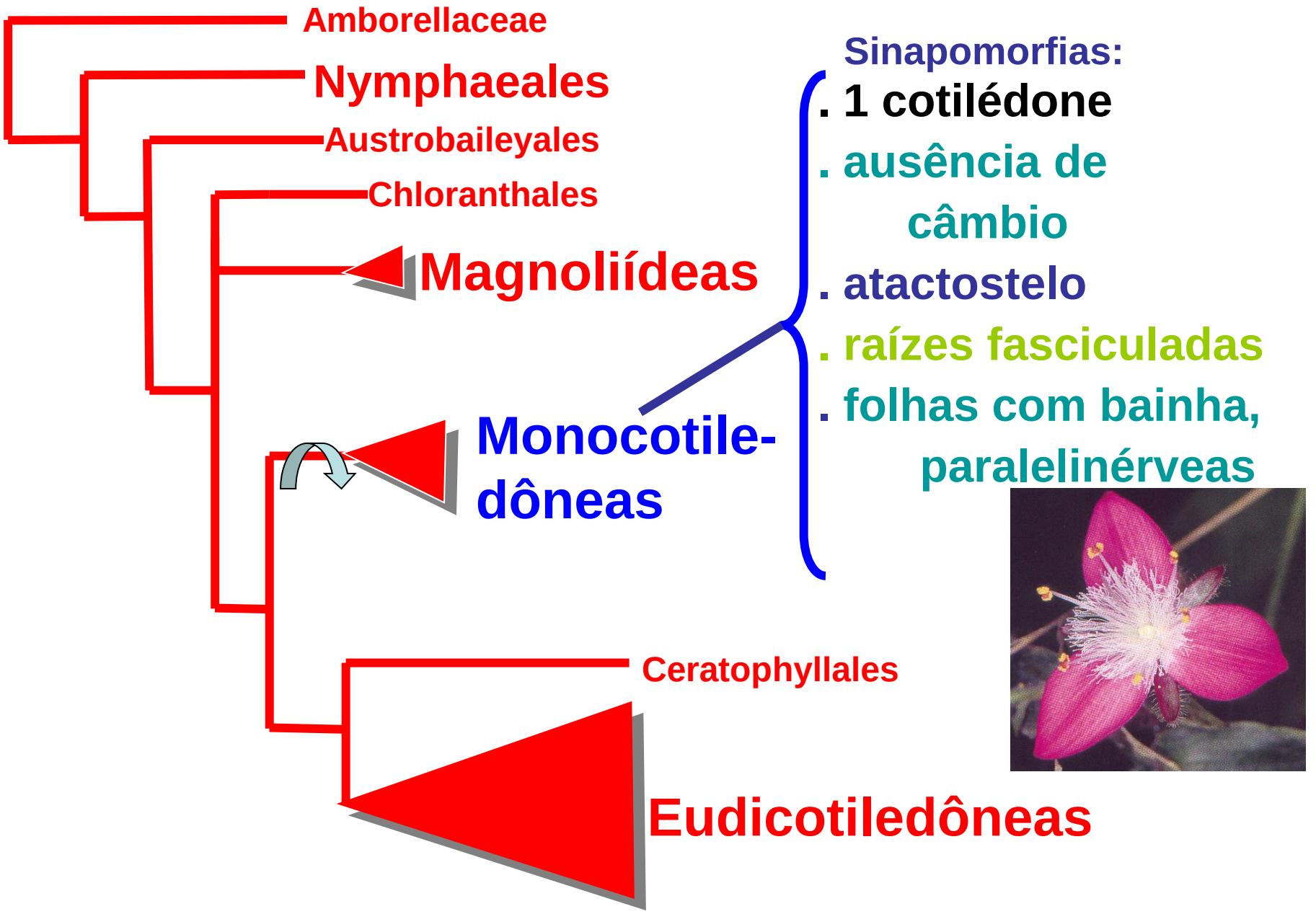


Trimezia
IRIDACEAE



Habranthus
AMARYLLIDACEAE

Vellozia
VELLOZIACEAE


Amborellaceae
Nymphaeales
Austrobaileyales
Chloranthales
Magnoliídeas
Monocotile-
dôneas
Ceratophyllales
Eudicotiledôneas
Sinapomorfias:
. 1 cotilédone
. ausência de
câmbio
. atactostelo
. raízes fasciculadas
. folhas com bainha,
paralelinérveas

Famílias importantes de MONOCOTILEDÔNEAS

Orchidaceae
Poaceae (Gramineae)

] **2 das 4 maiores famílias de angiospermas**

Bromeliaceae
Araceae
Arecaceae (Palmae)

- caracteres gerais e exemplos de importância biológica e econômica

ORCHIDACEAE c. 26.000 espécies

Orquídeas

Terrestres ou na grande maioria epífitas

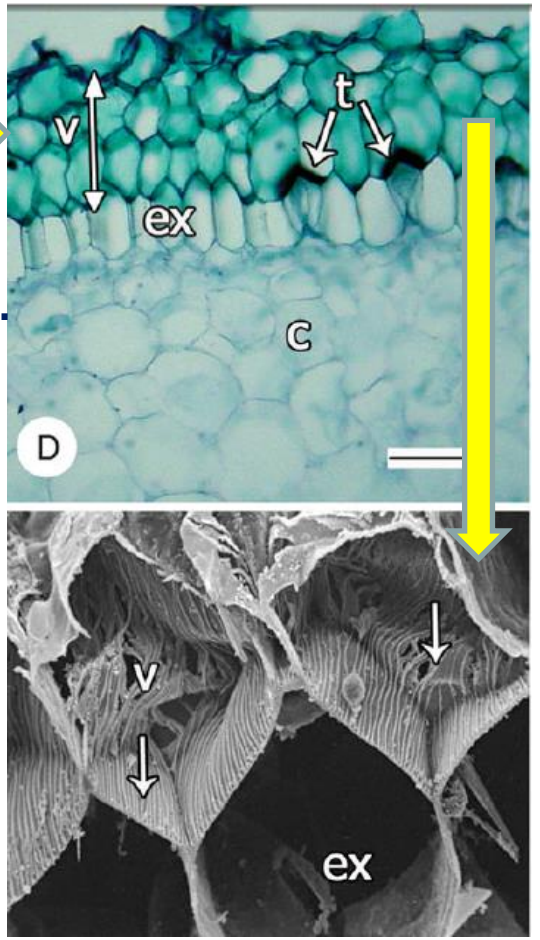
ORCHIDACEAE

Orquídeas

velame:

epiderme múltipla

composta de células mortas muito absortivas (umidade e nutrientes da atmosfera)

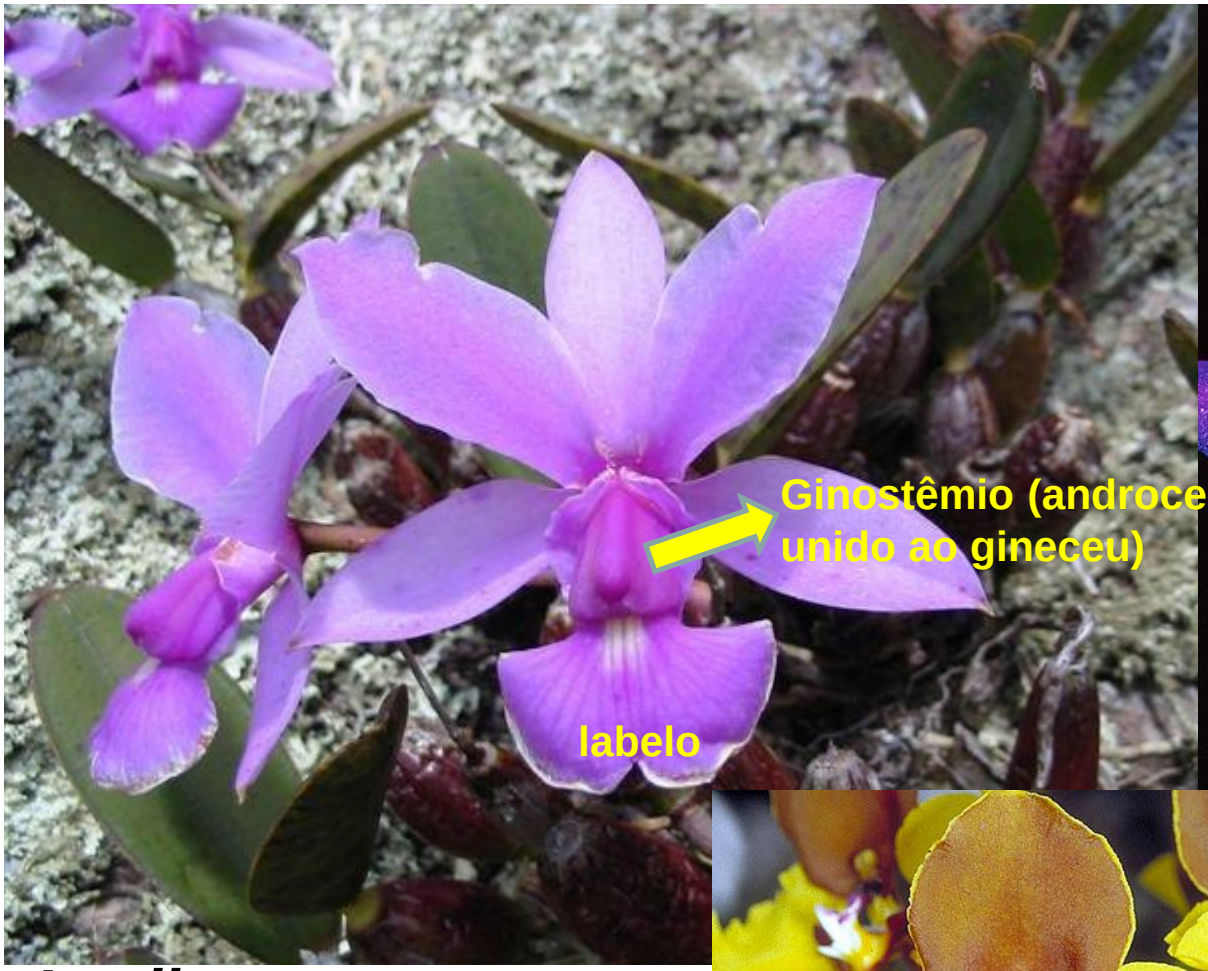


Prescottia
Figueiroa et al. 2008

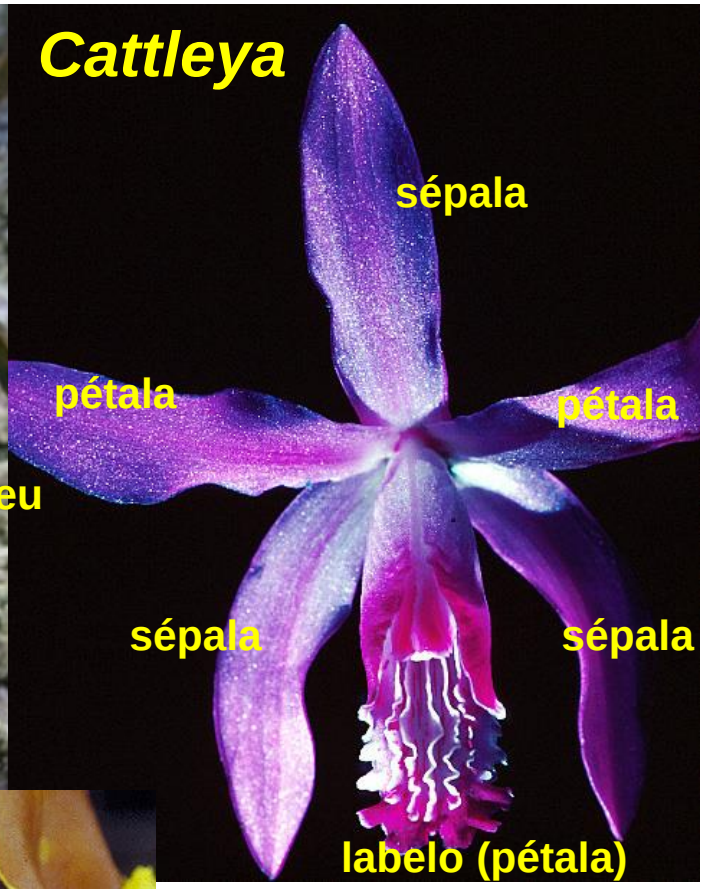
micorrizas

Endomicorriza – hifas fúngicas no interior das células corticais

Zygopetalum
Linhares 2006

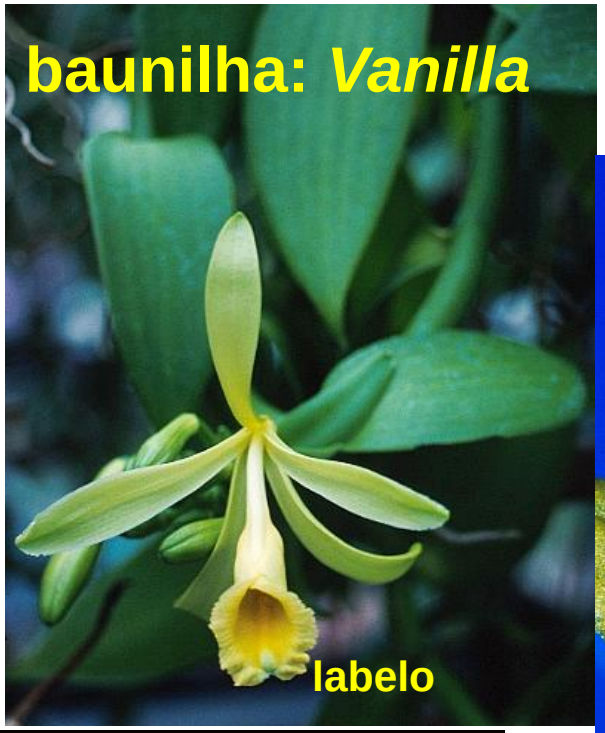


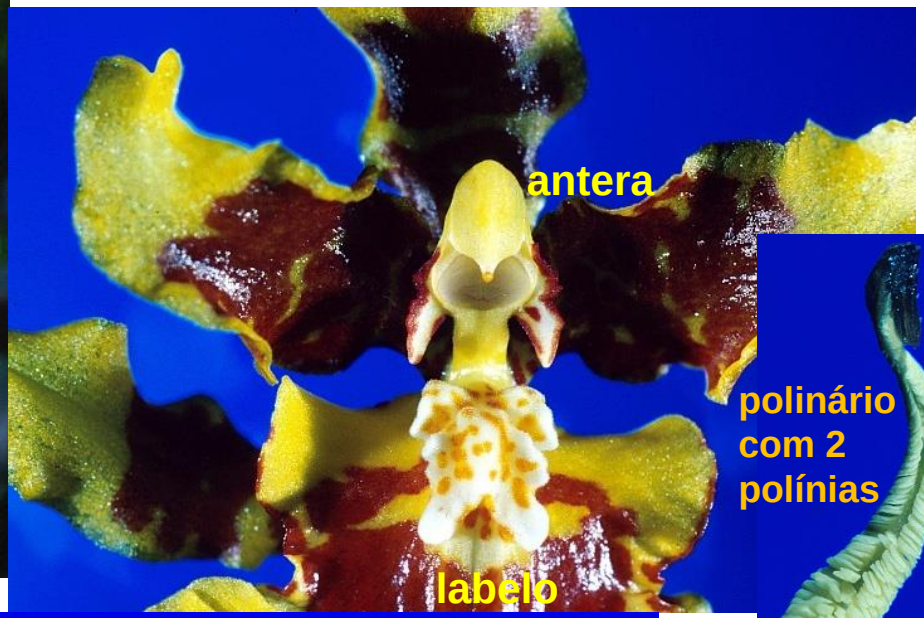
Laelia

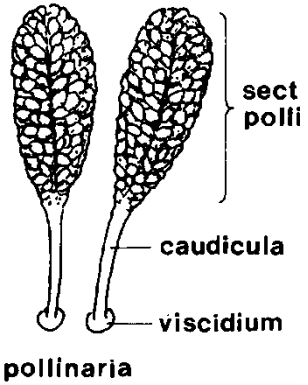


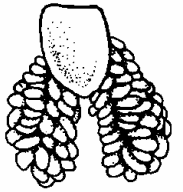
ORCHIDACEAE

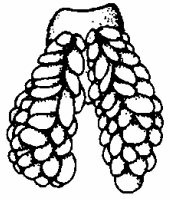
ORCHIDACEAE polinários

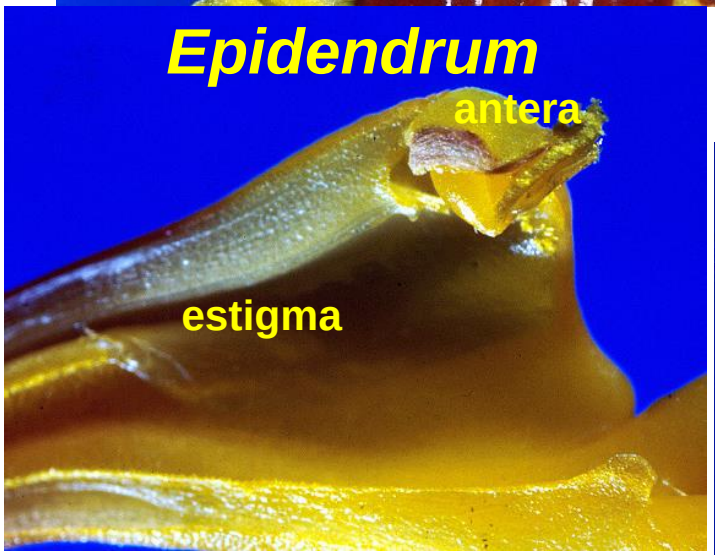












Dendrocalamus
bambu gigante

POACEAE
ou GRAMINEAE

Flores reduzidas
polinizadas pelo vento

anteras pendentes
expostas ao vento

11.330 espécies

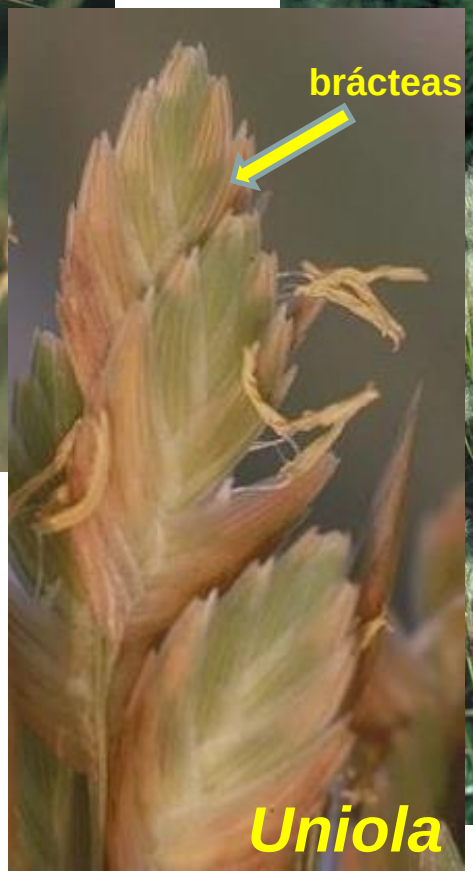
bainha

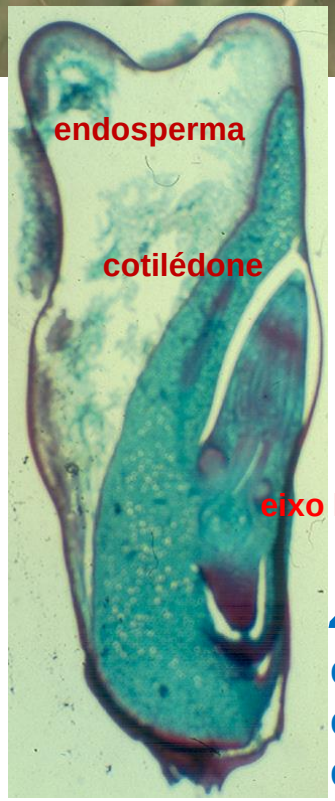
Colmo
Caule com nós e
internós bem evidentes
Folhas longas e
estreitas, com bainha
evidente

Arundo donax
cana-brava

Estigmas plumosos
expostos ao vento

***Zea mays*, Gramineae**





Poaceae ou GRAMINEAE

cereais

Zea **- Fruto de milho com uma semente cotilédone grande, endosperma amiláceo**

Dispersão dos frutos por vento ou animais

BROMELIACEAE

3.400 spp.

Aechmea

Neoregelia

Terrestres, epífitas, ou rupícolas

Tillandsia

Epífitas com tricomas absortivos

Vriesea

Quesnelia marmorata

ARACEAE

c. 4.000 espécies

***Anthurium* - antúrios**

Spathiphyllum* – *bandeira-branca

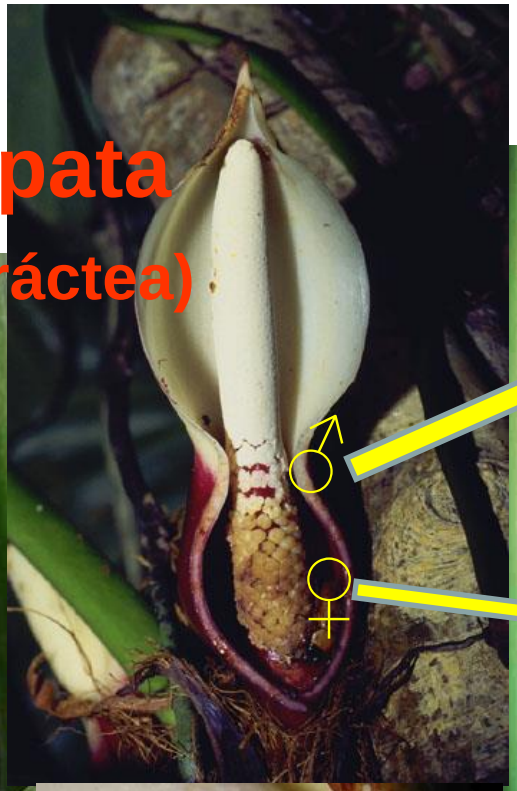
espata

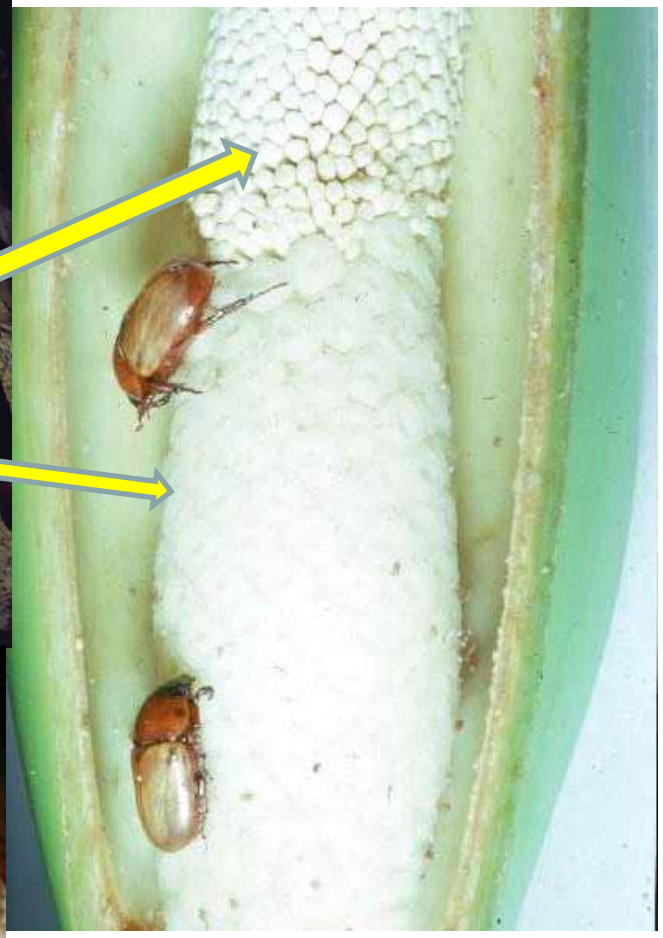
(bráctea)

Espiga (flores sésseis, reduzidas)

ARACEAE

Imbê - *Philodendron*

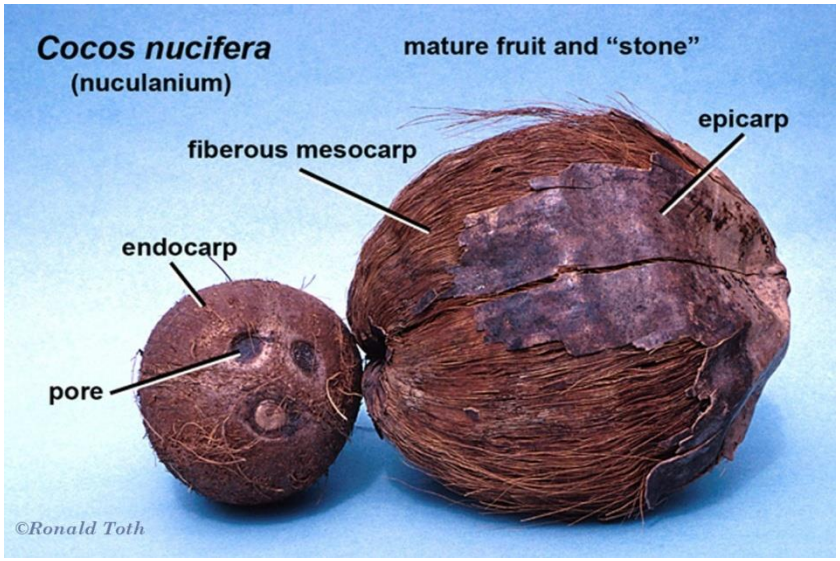




Termogênese; polinização por insetos, geralmente besouros

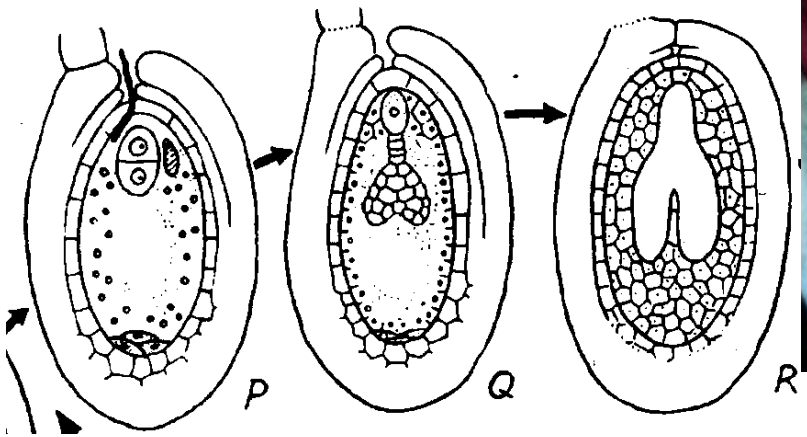
Espiga (flores sésseis, reduzidas)

Cocos nucifera
Frutos

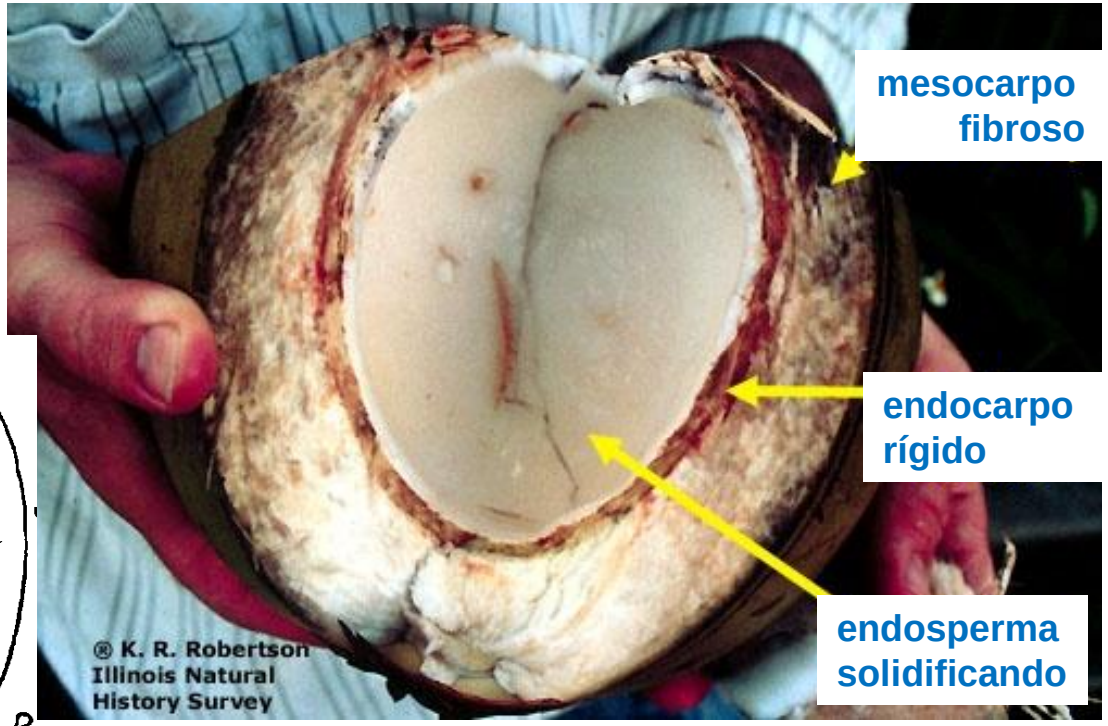


PALMAE ou ARECACEAE

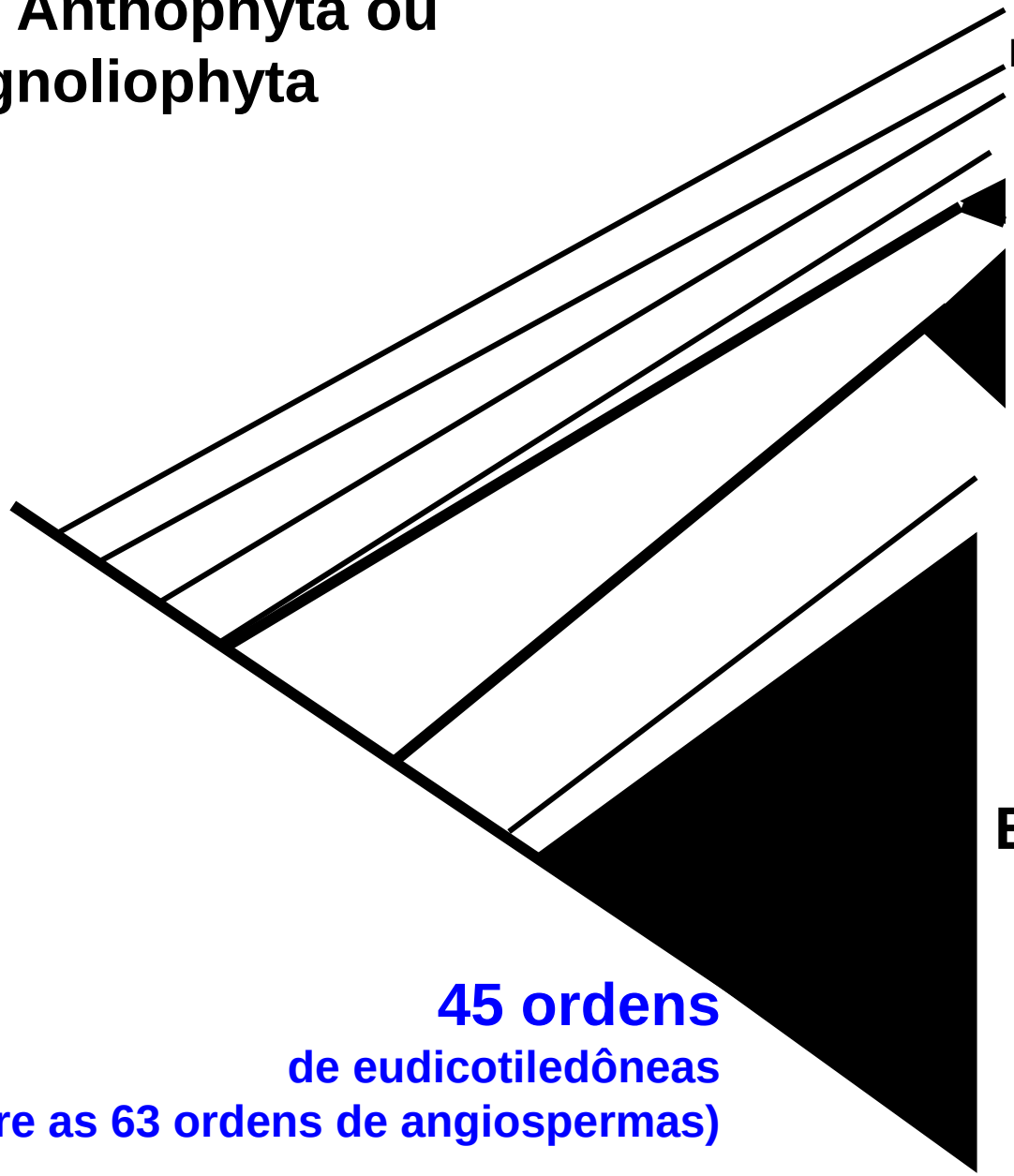
Em numerosas angiospermas
o endosperma passa por uma
fase cenocítica ("água" do coco)
e depois se celulariza
e acumula reservas



Engler 1976



Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta



Nymphaeales

Magnoliídeas 2%

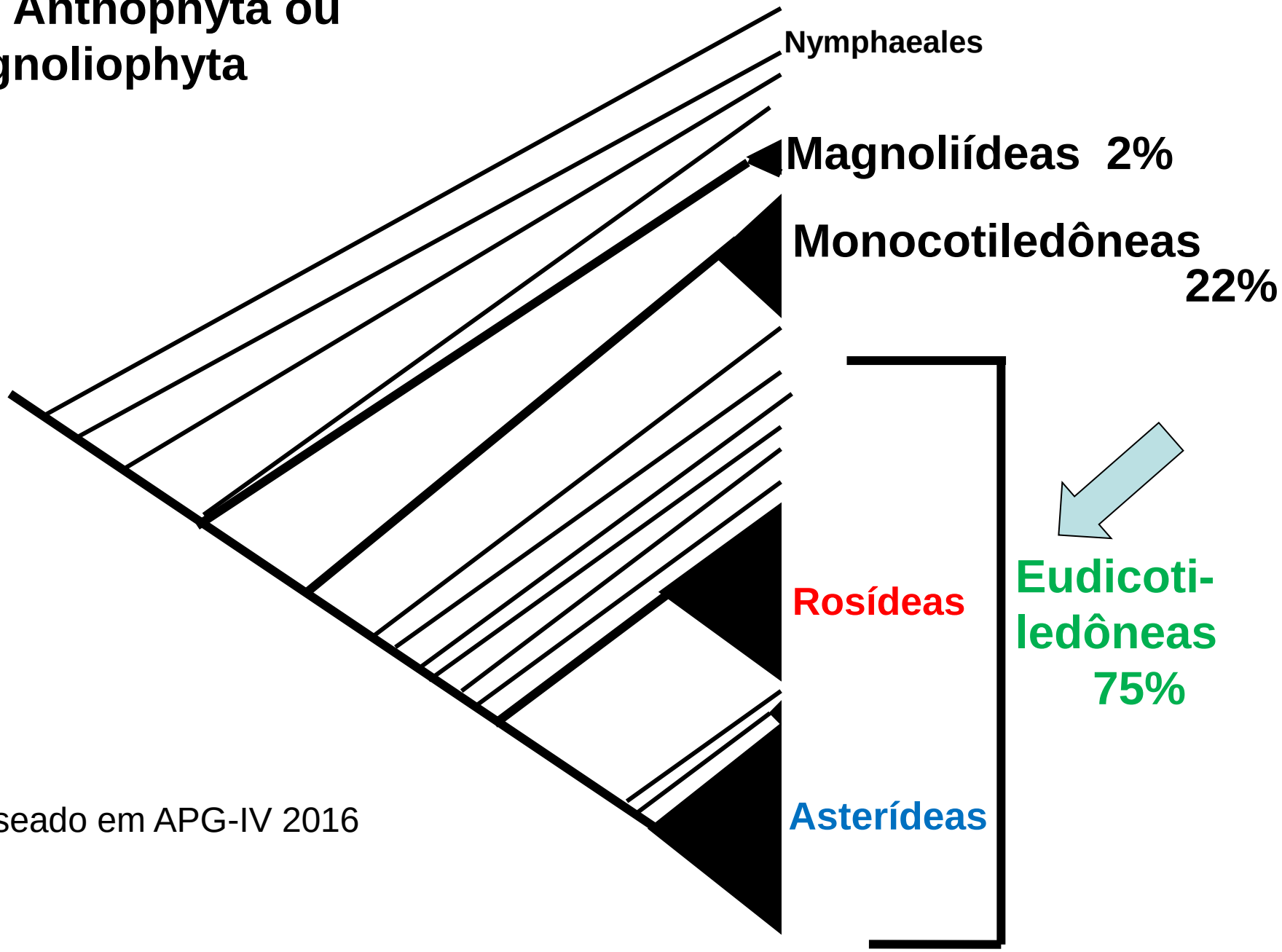
Monocotiledôneas 22%

Eudicotiledôneas 75%

45 ordens
de eudicotiledôneas
(dentre as 63 ordens de angiospermas)

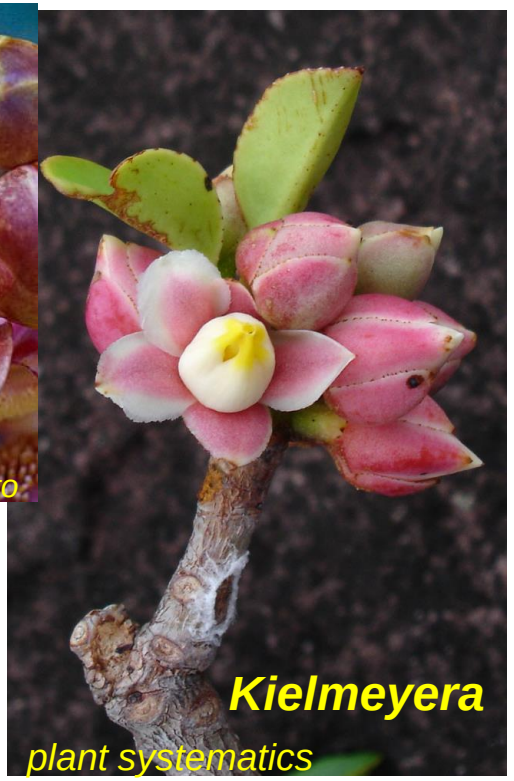
Baseado em APG-IV 2016

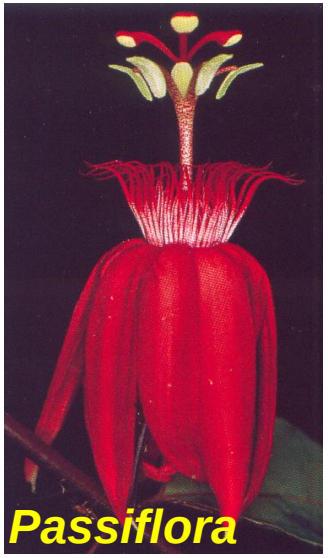
Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta

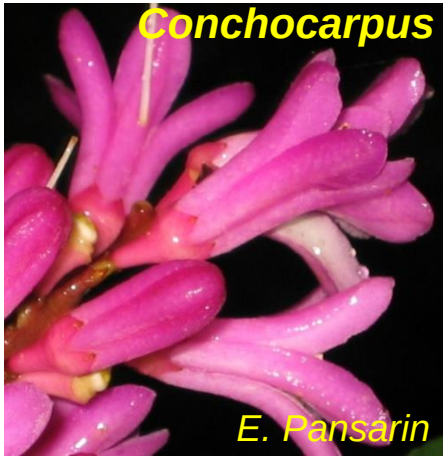


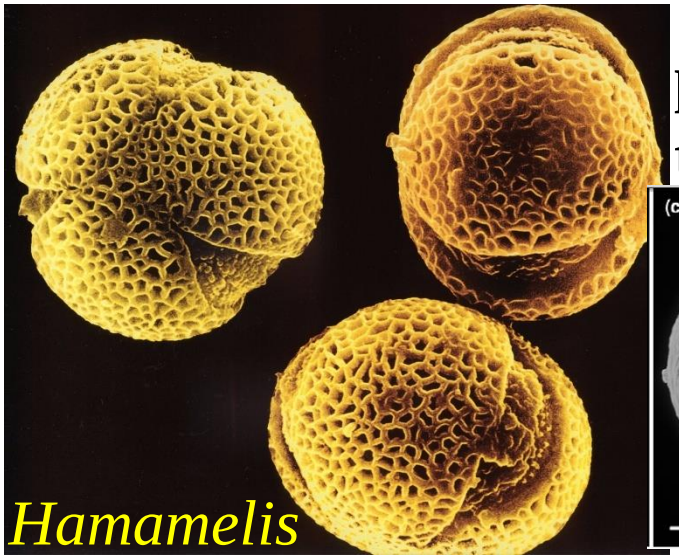
Baseado em APG-IV 2016

EUDICOTILEDÔNEAS

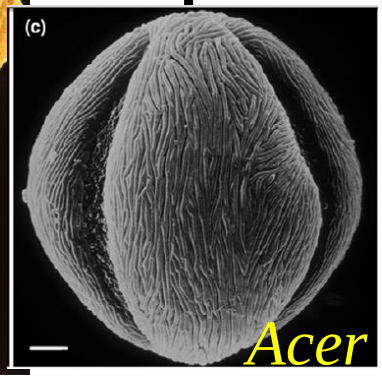


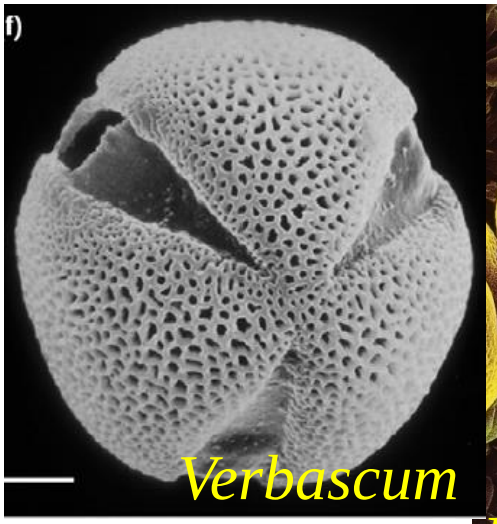


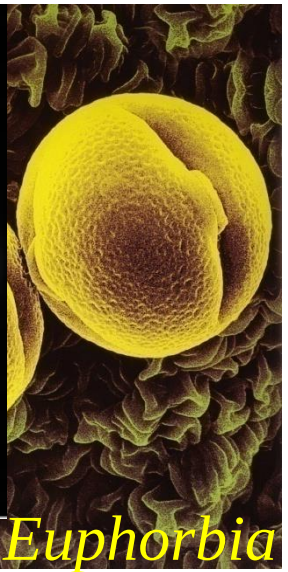




pólen tricolpado



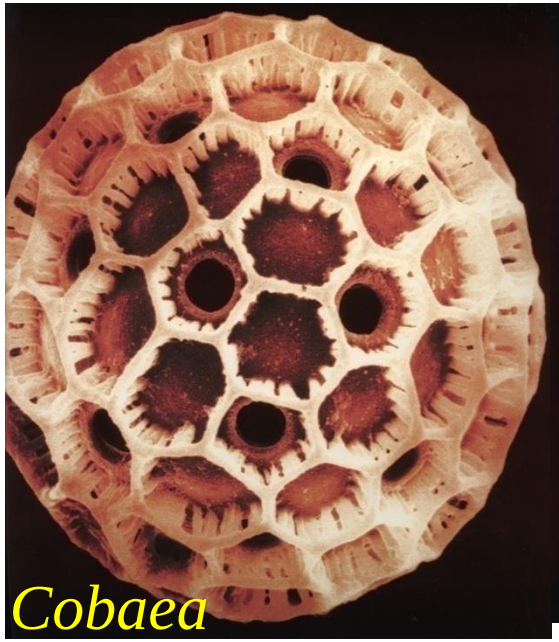


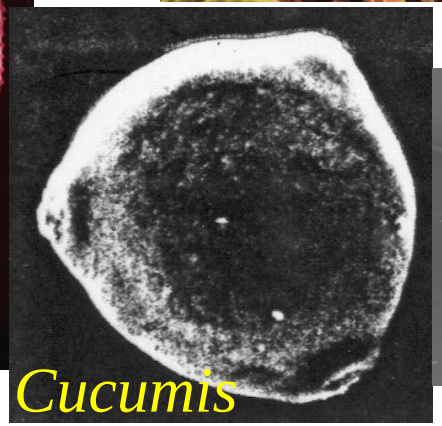


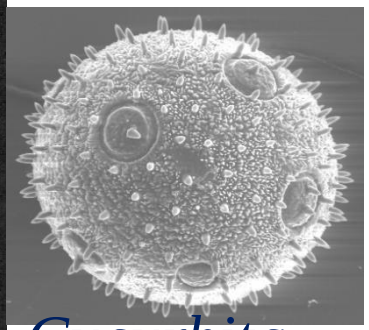
pólen tricolporado

EUDICOTILEDÔNEAS

imensa diversidade polínica

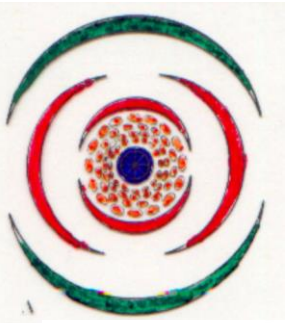






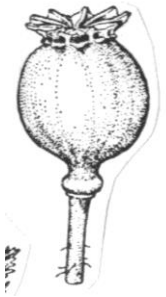
pólen porado

Eudicotiledôneas basais



Papaver somniferum

papoulas, morfina



4-5-meria

ROSÍDEAS

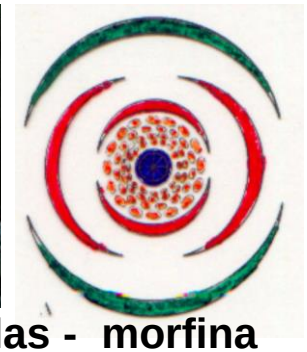
Caryophyllales

ASTERÍDEAS

c. 96 famílias

Eudicotiledôneas basais

Ocorrência ampla de dimeria



Papaver: papoulas - morfina

ROSÍDEAS

4-5-meria

Clado Pentapetalae

ASTERÍDEAS

Eudicotiledôneas - APG-IV – 2016

2 clados maiores:

ROSÍDEAS

c.140 famílias
c. 83.840 spp.
1/4 das angiospermas

1 das 4* maiores famílias de Angiospermas:
LEGUMINOSAE (ou FABACEAE)

Outras famílias importantes:
Moraceae
Myrtaceae
Melastomataceae
Euporbiaceae

ASTERÍDEAS

c. 103 famílias
c. 100.590 spp.
1/3 das angiospermas

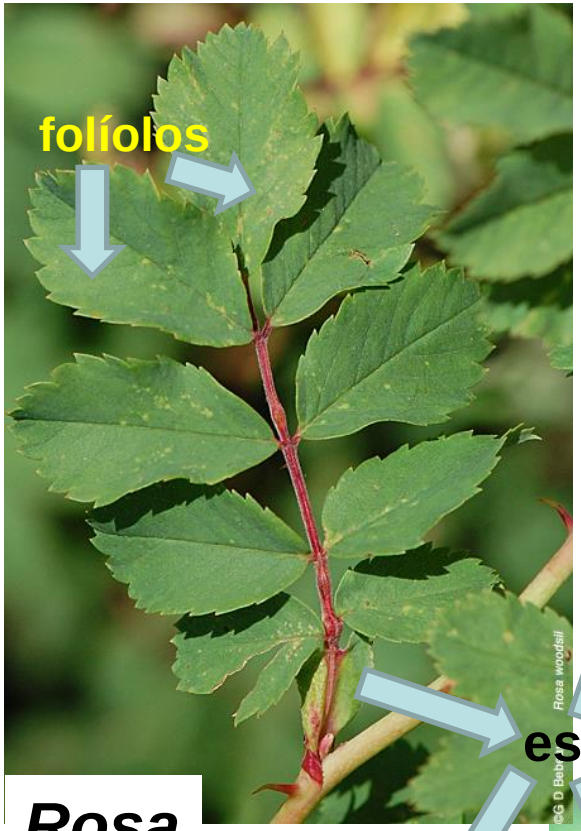
1 das 4* maiores famílias de Angiospermas:
ASTERACEAE (ou COMPOSITAE)

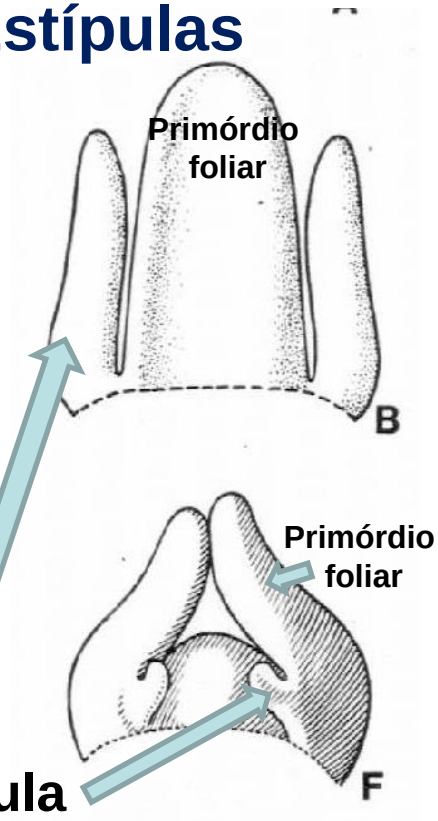
Outras famílias importantes:
Rubiaceae
Lamiaceae
Solanaceae

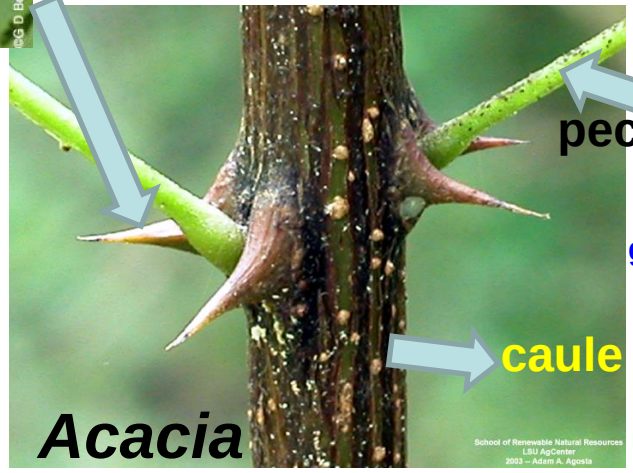
***As outras 2 maiores famílias das Angiospermas são Orchidaceae e Poaceae, ambas no clado Monocotiledôneas**

Eudicotiledôneas ROSÍDEAS - sinapomorfias

Estípulas



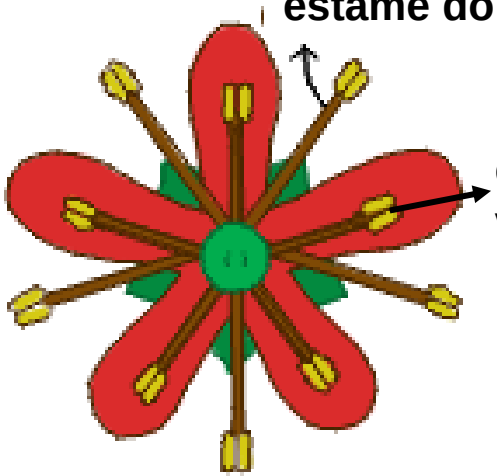


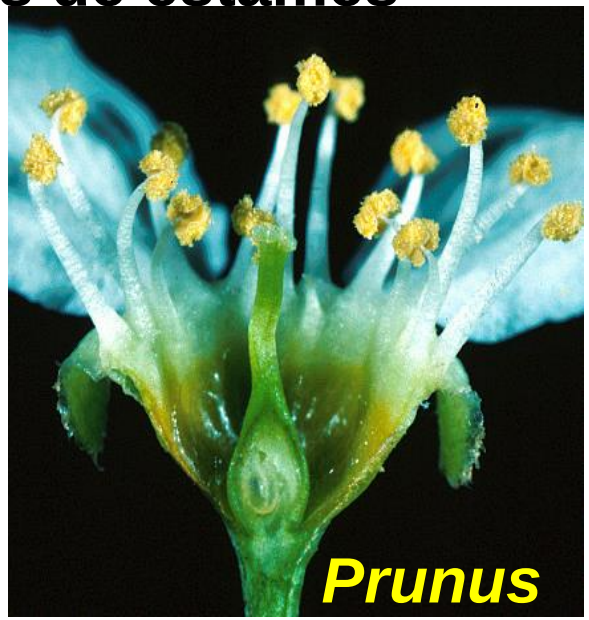


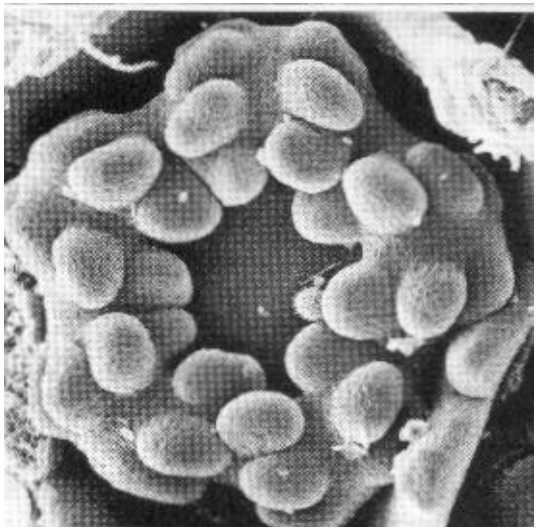
Estípulas são projeções da base das folhas, geralmente pareadas nos 2 flancos do pecíolo. Podem ser expandidas e fotossintetizantes, ou fornecer proteção à gema axilar, ou estarem modificadas em espinhos e glândulas.

ROSÍDEAS - sinapomorfias

Flor diplostêmone: 2 verticilos de estames







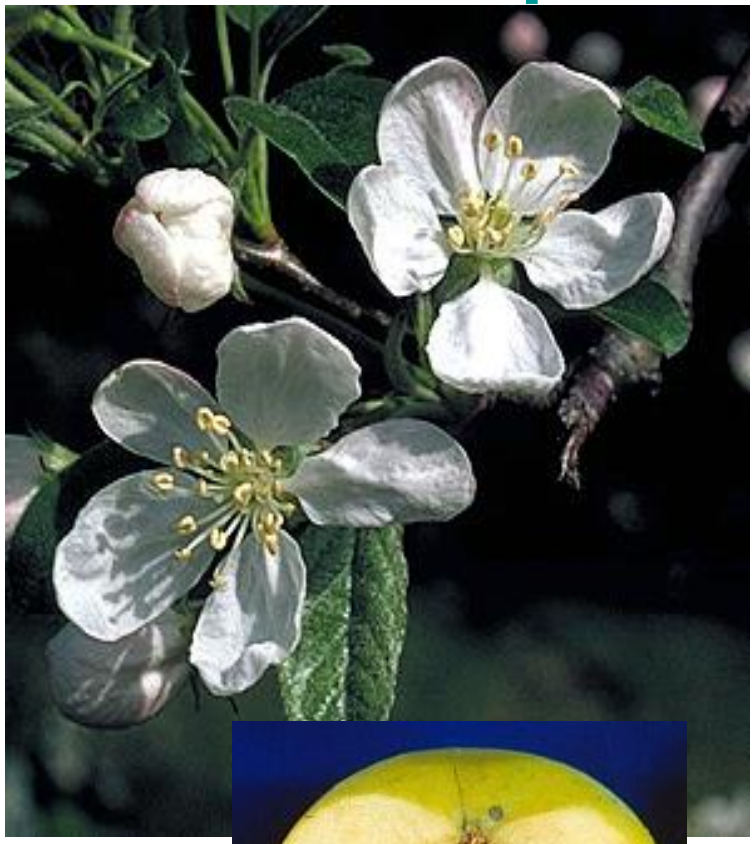
Kitaibelia **Endress 1994**

Medinilla

Ronse De Craene 2010

ROSÍDEAS - característica comum:

pétalas livres



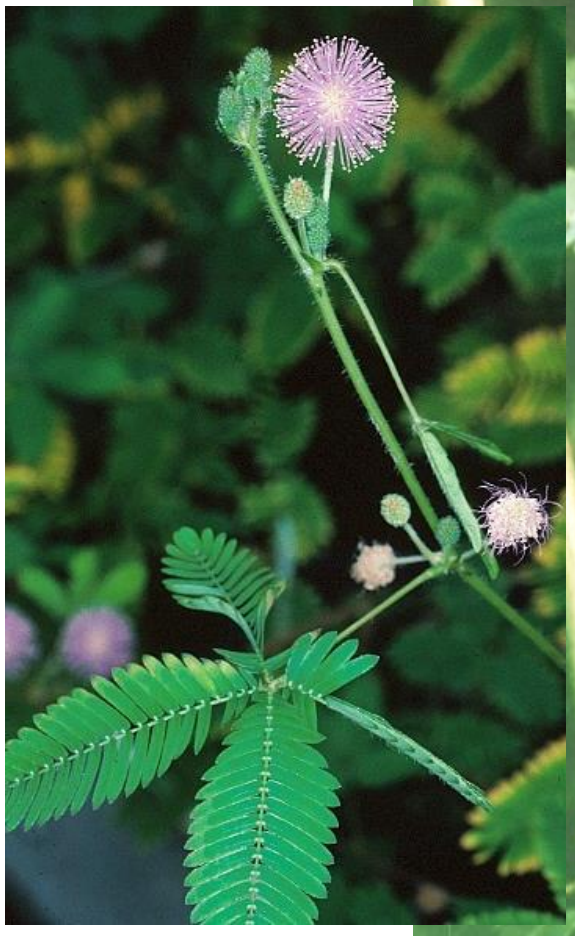
Malus
Rosaceae

Malpighia
Malpighiaceae

Tipos variados de FRUTOS

Eudicotiledôneas
Rosídeas

LEGUMINOSAE
ou FABACEAE
ca. 19.580 spp.
Uma das 4 maiores famílias de angiospermas

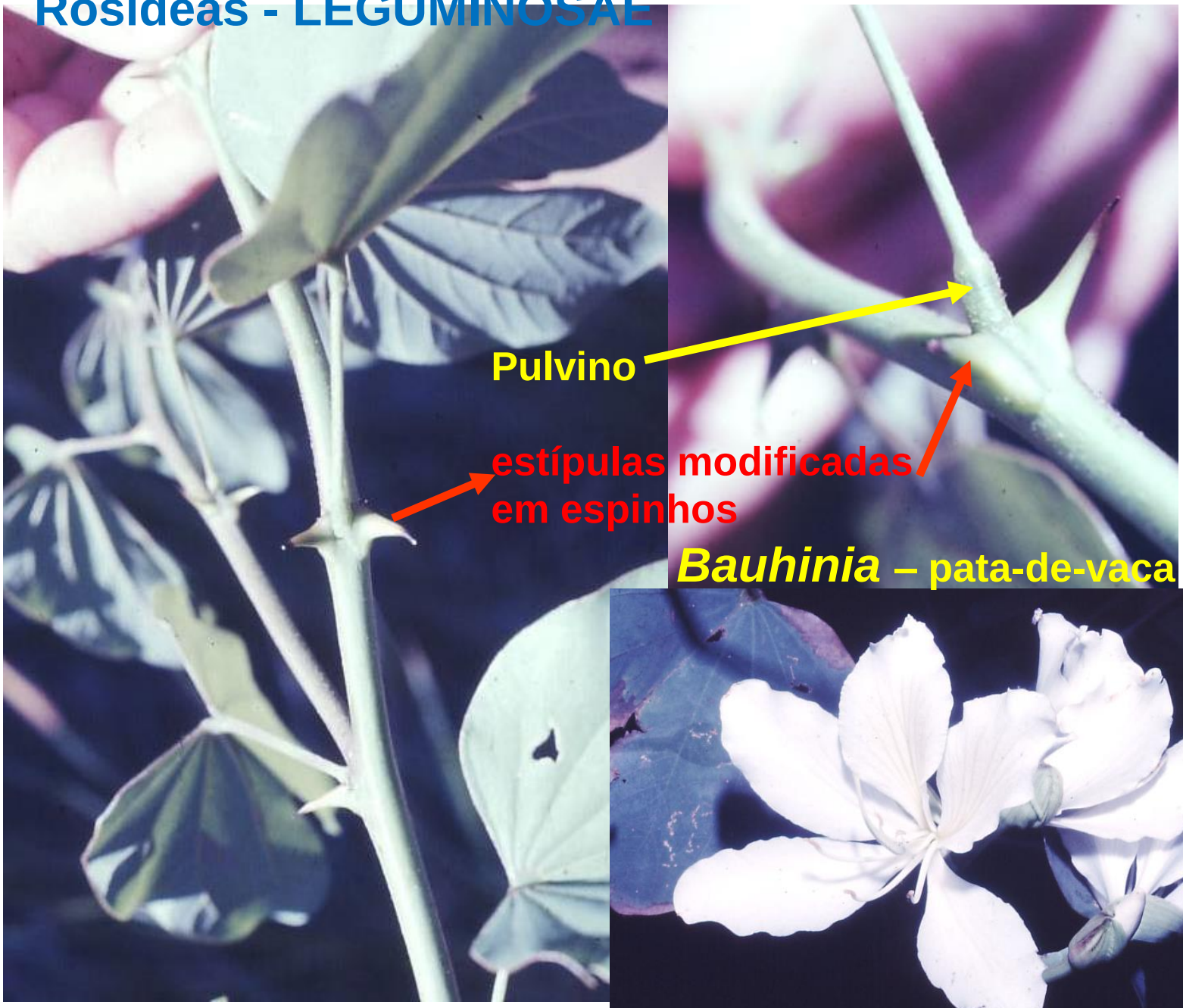


Folhas compostas com pulvinos:

dilatações na base do pecíolo e na base dos folíolos, que permitem movimentos (à noite ou em momentos de alta insolação, ou bem rápidos em consequência de toque mecânico como vide uma herbívora)

***Mimosa pudica*,**
sensitive ou dormideira

Rosídeas - LEGUMINOSAE

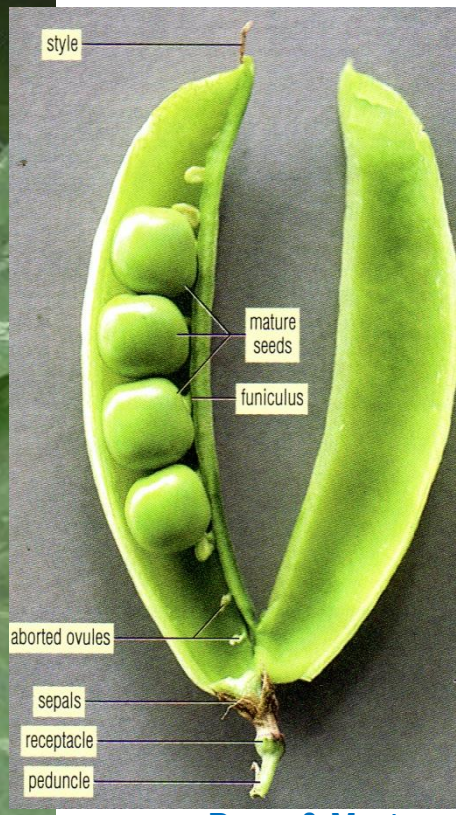


Bauhinia **– pata-de-vaca**

FABACEAE ou LEGUMINOSAE

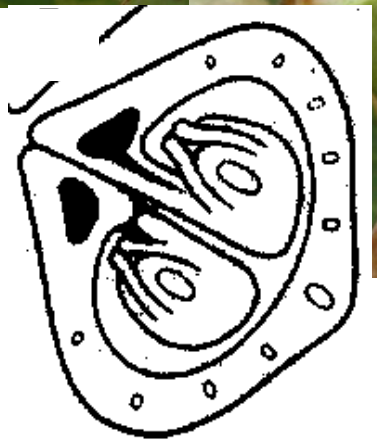
Rosídeas

LEGUME



Perry & Morton 1996

jatobá ***Hymenaea***



ervilha ***Pisum sativum***

LEGUME: fruto derivado de gineceu unicarpelar que se abre em 2 valvas

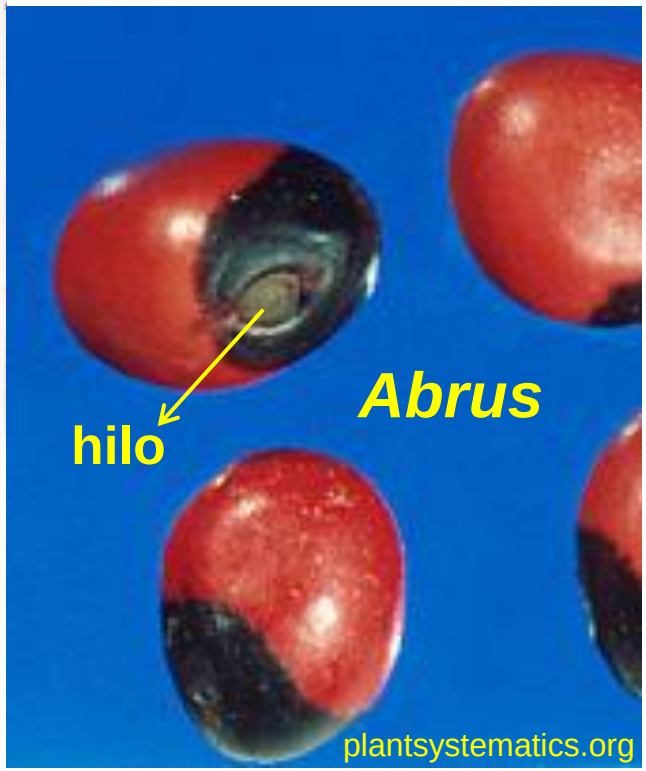
LEGUMINOSAE:

Rosídeas

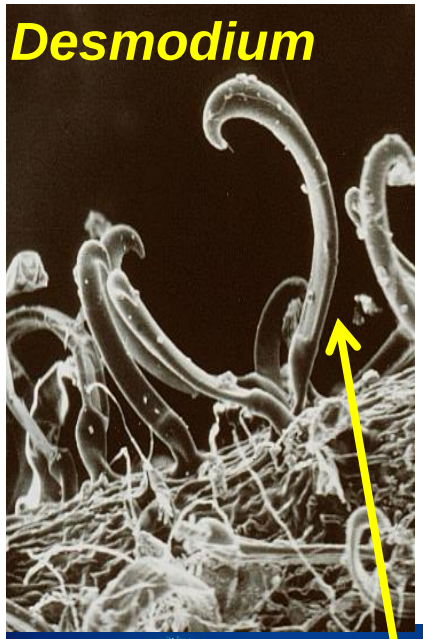
o grupo do feijão e da soja é o maior, caracterizado pelo hilo na semente:

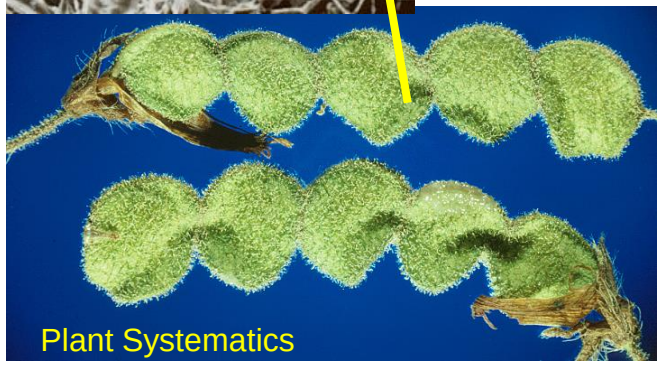
Heywood 1976

Também típico de Leguminosae é o embrião clorofilado



LEGUMINOSAE:
Variações no tipo de fruto e muitas formas de dispersão das sementes

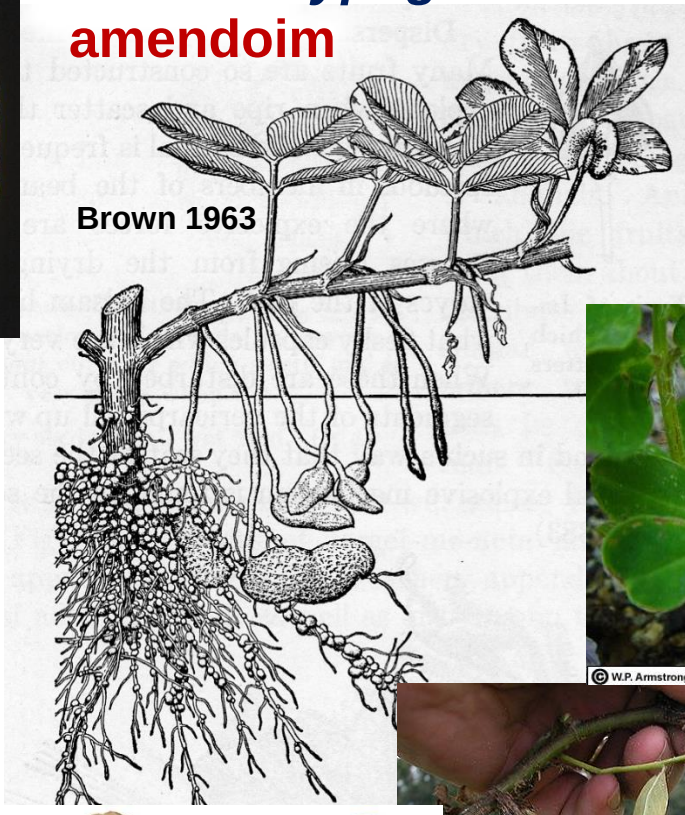




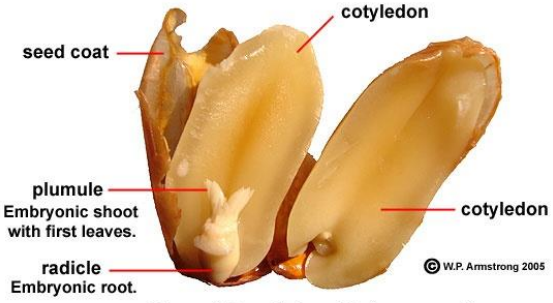
Sâmara: dispersão por vento

Carrapichos, com cerdas ou ganchos: dispersão por animais

Arachis hypogaea
amendoim



Polinização por Insetos;
pedicelo floral alonga-se e "enterra" o fruto jovem,
que se desenvolve subteraneamente



Peanut Seed (*Arachis hypogaea*)

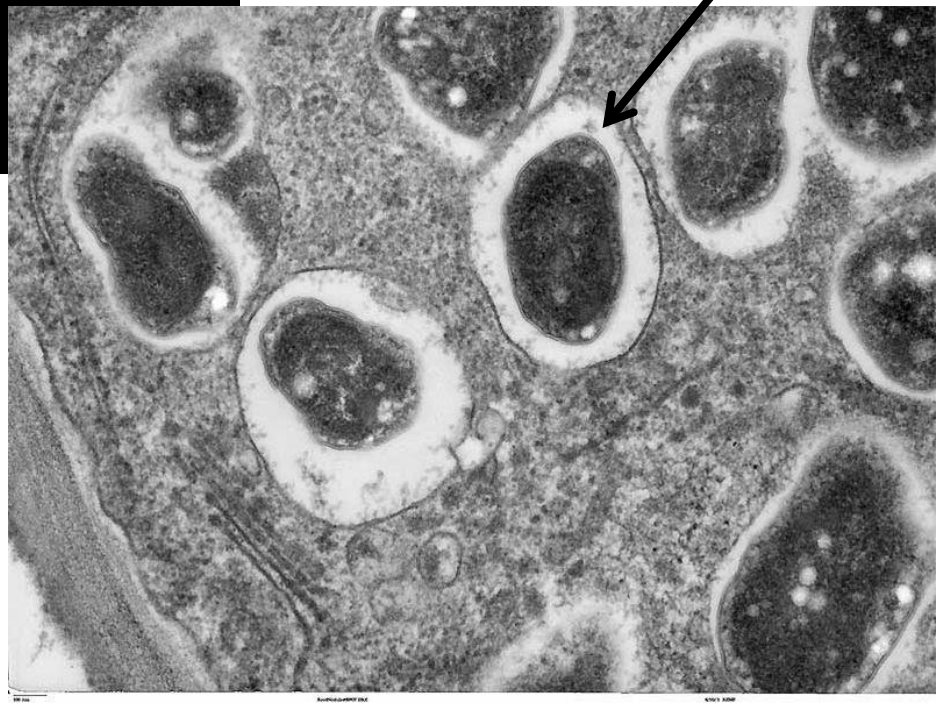
Armstrong 2005

FABACEAE ou LEGUMINOSAE

Rosídeas

Simbiose com bactérias nitrificantes do grupo *Rhizobium*

bacteriossomo



Bradyrhizobium **em raiz de soja** ***(Glycine max)***

Rosídeas MYRTACEAE – 5.900 spp.

Psidium guajava
goiaba

Folhas opostas (nos grupos sulamericanos)

glândulas oleíferas no parênquima

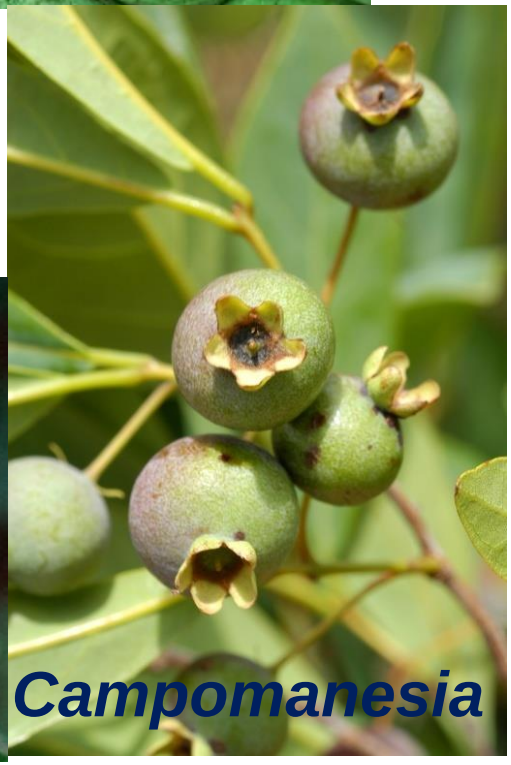
Calyptranthes

4-5-meras

estames numerosos

ovário ínfero

Acca



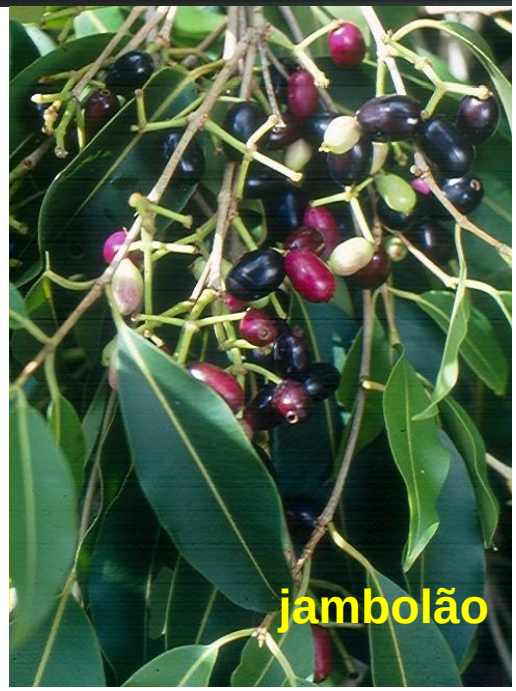
Campomanesia


Eugenia punicifolia

Restos das sépalas no ápice do fruto, evidenciando que é derivado de ovário ínfero


Campomanesia
guabiroba


Syzygium
jambo-rosa


jambolão

Rosídeas MYRTACEAE

Muitas frutas comestíveis: goiaba, pitanga, jambo, jambolão, jabuticaba, guabiroba, uvaia;
Cravo-da-índia – culinária e óleo antisséptico

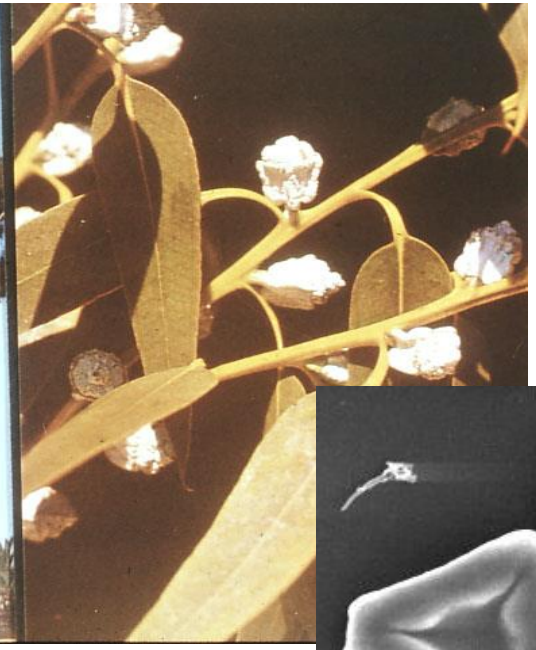

Plinia cauliflora,
jabuticaba

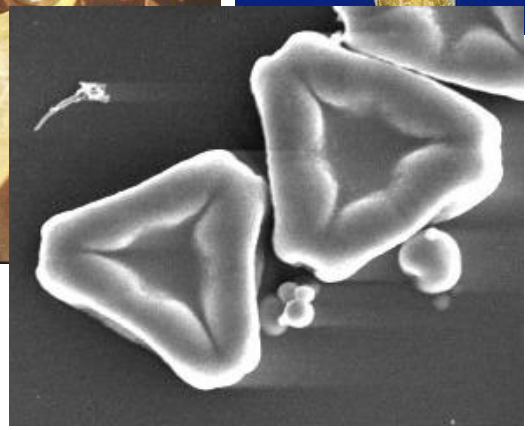
Rosídeas

MYRTACEAE

Eucalyptus

Maioria na Austrália





Folhas alternas

Eucalyptus regnans
é a mais alta angiosperma do mundo (99,6 m)
Tasmânia

Pólen da família é bem peculiar:
âmbito triangular com aberturas unidas

MELASTOMATACEAE
Rosídeas

4.960 spp.

Tibouchina

Anteras poricidas: abrem por poro apical

Lavoisiera

Folhas opostas-cruzadas

Miconia

Leandra

Folhas curvinérveas

EUPHORBIACEAE

Rosídeas

6.745 spp.

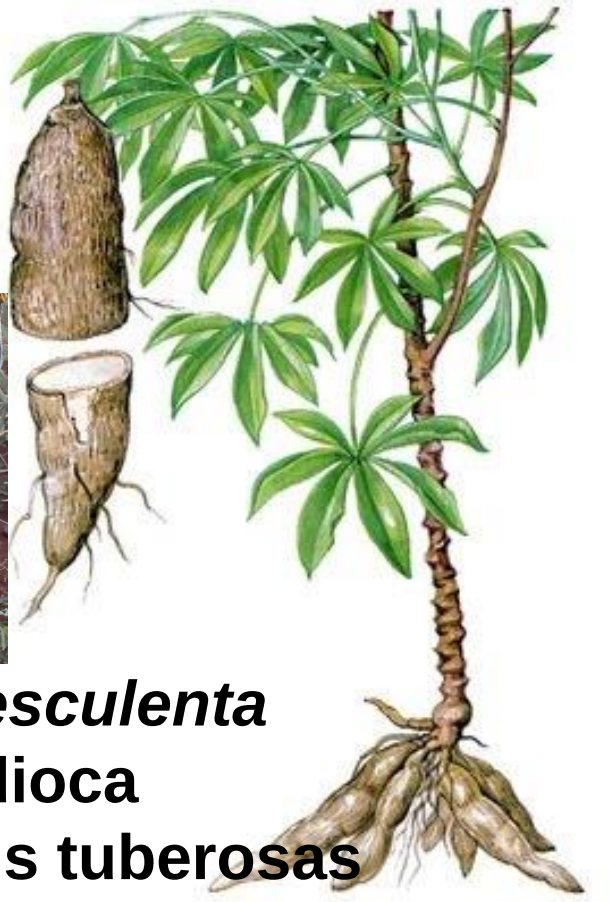
Látex

Hevea brasiliensis

seringueira

Euphorbia pulcherrima

Flores unissexuadas, reduzidas



Manihot esculenta

mandioca

raízes laterais tuberosas

infojardim.com

Rosídeas
EUPHORBIACEAE

Espécies cactiformes, na maioria africanas, constituem claro exemplo de convergência evolutiva

Euphorbia cooperi

frutos secos tricocas

Euphorbia grandicornis

estípulas modificadas em um par de espinhos

cicatriz de folha (que cai muito cedo)

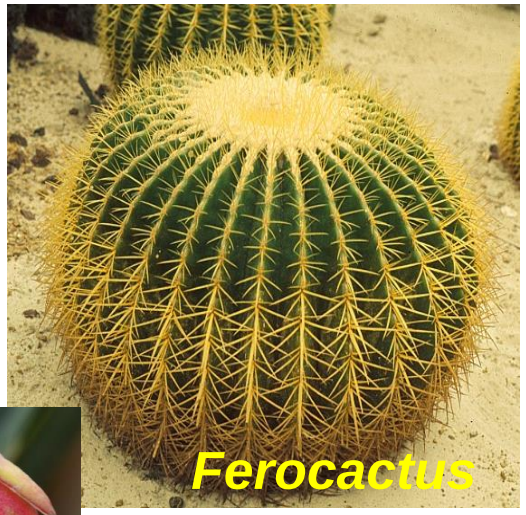
CACTACEAE

não pertence à linhagem das Rosídeas

Não possuem estípulas;
as folhas são modificadas em espinhos.

Flores polímeras grandes.

Fruto carnoso

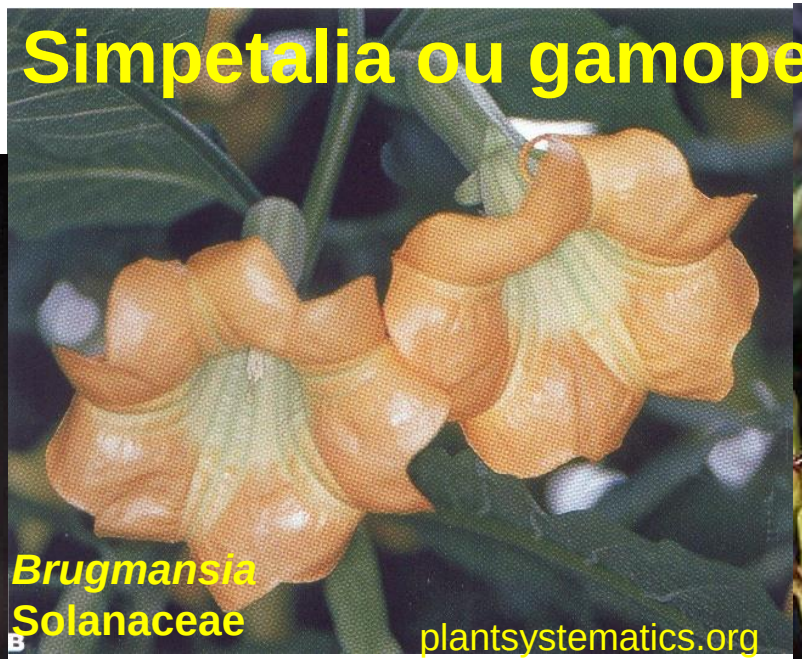


Todas Cactáceas são neotropicais, constituem claro exemplo de convergência evolutiva com *Euphorbia*

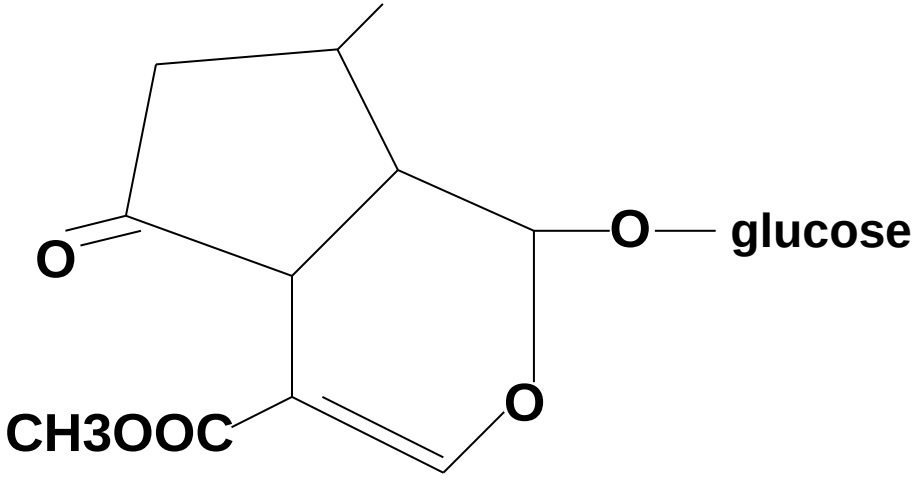
Eudicotiledôneas ASTERÍDEAS

sinapomorfias

Simpetalia ou gamopetalia



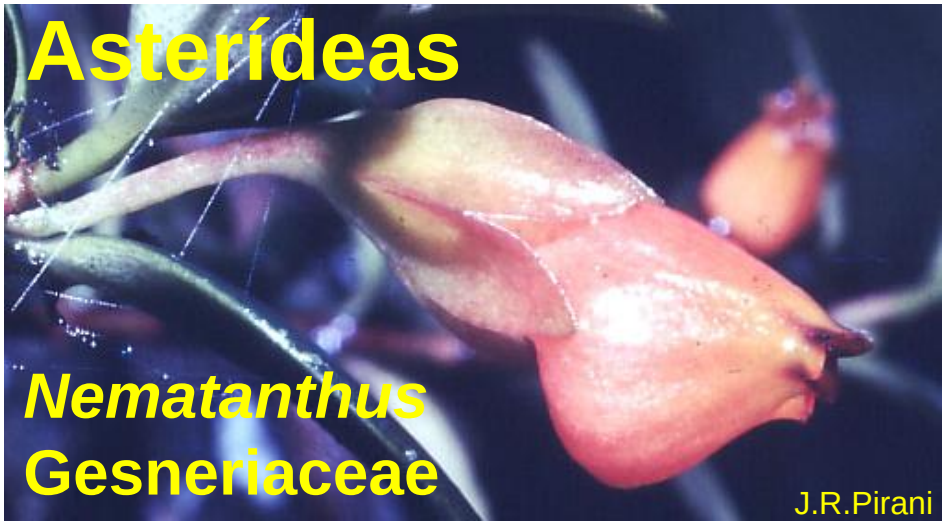
iridoides
(alcaloides derivados de monoterpenoides)

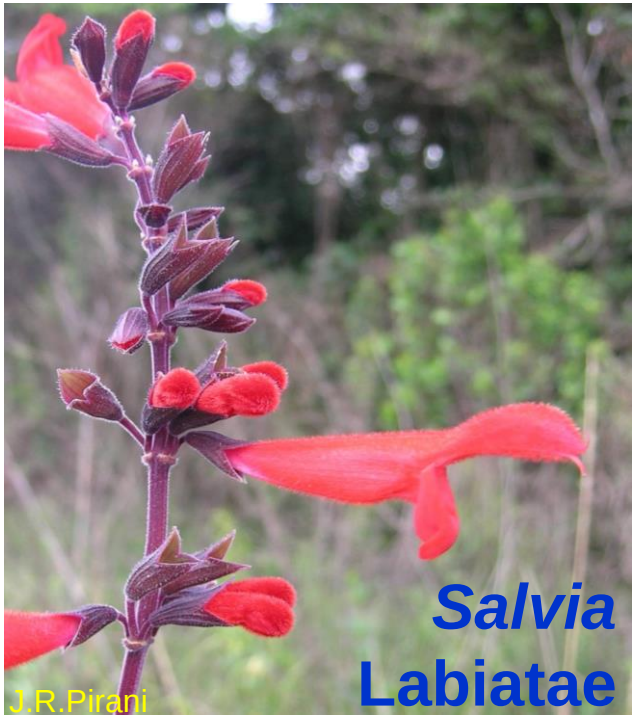


cornina

Asterídeas BIGNONIACEAE

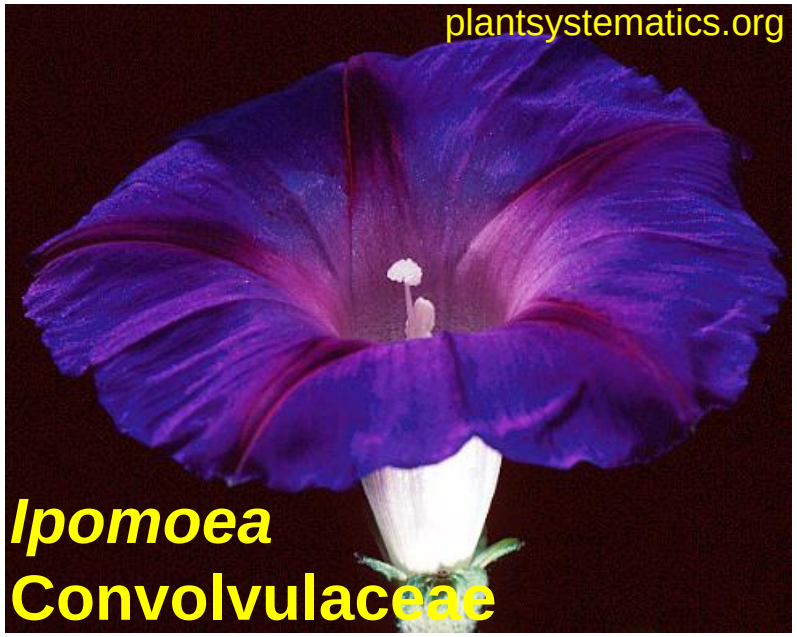
Handroanthus
ipê-amarelo


Asterídeas
Nematanthus
Gesneriaceae
J.R.Pirani


Salvia
Labiatae
J.R.Pirani


Campsis
Bignoniaceae


plantsystematics.org


plantsystematics.org
Ipomoea
Convolvulaceae

Asterídeas

Estratégias variadas de polinização

Arquitetura e Simetria floral

Corola gamopétala restringe acesso aos recursos florais e permitiu ampliação das estratégias e novas especializações

Asterídeas

LAMIACEAE 7.280 spp. - oleíferas

Lamium

plant systematics.org

Folhas opostas

Flores fortemente zigomorfas

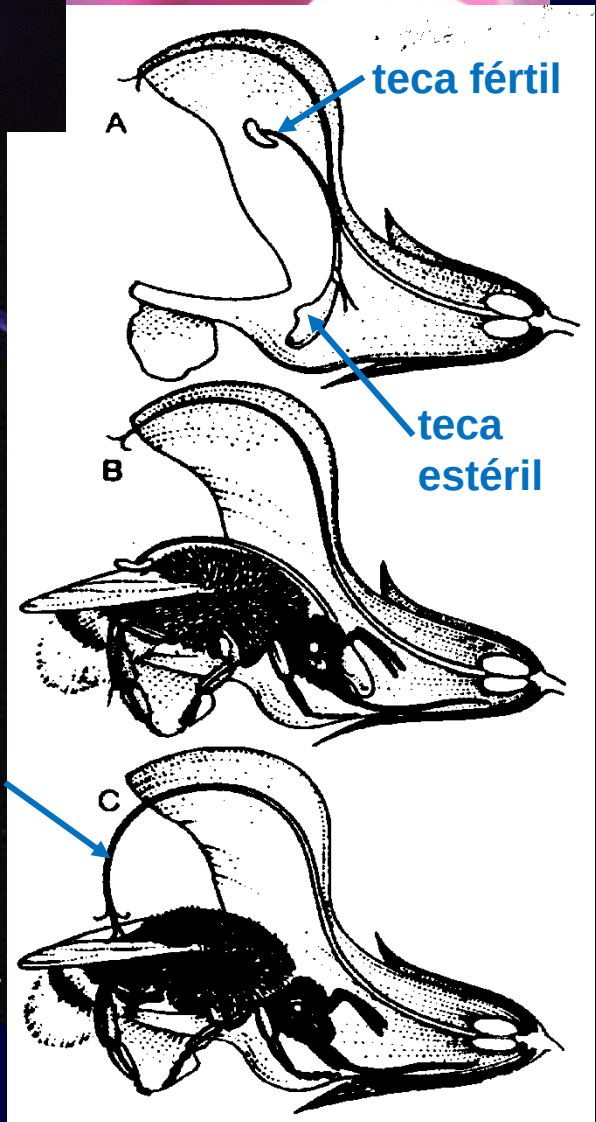
Ocimum basilicum

Mentha piperita

Physostegia

Ao empurrar uma alavanca
formada por tecas esterilizadas
o visitante recebe pólen no dorso

estilete
recurvado
para baixo
na fase
feminina
da flor



plant systematics.org

Asterídeas

Salvia **LAMIACEAE**

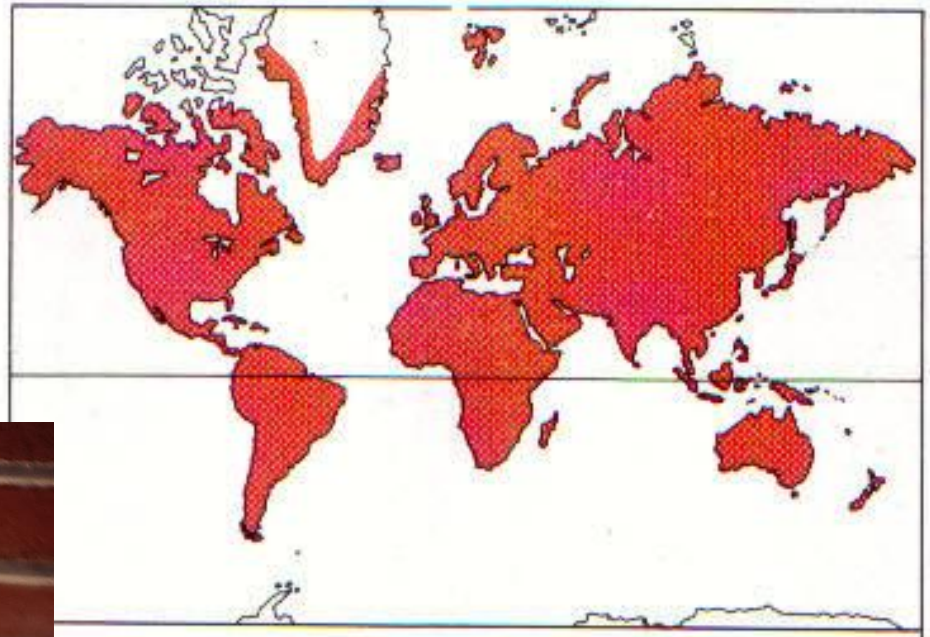
ASTERACEAE
ou
COMPOSITAE

Asterídeas

25.040 espécies

Uma das 4 maiores famílias de angiospermas

Cynara cardunculus
alcachofra



Number of genera: about 1,100
Number of species: about 25,000
Distribution: cosmopolitan.
Economic uses: food plants (eg lettuce, artichokes, sunflower), ornamentals (chysanthemums, dahlias), insecticide (pyrethrum) and medicines and drugs.

Heywood 1976

ASTERACEAE

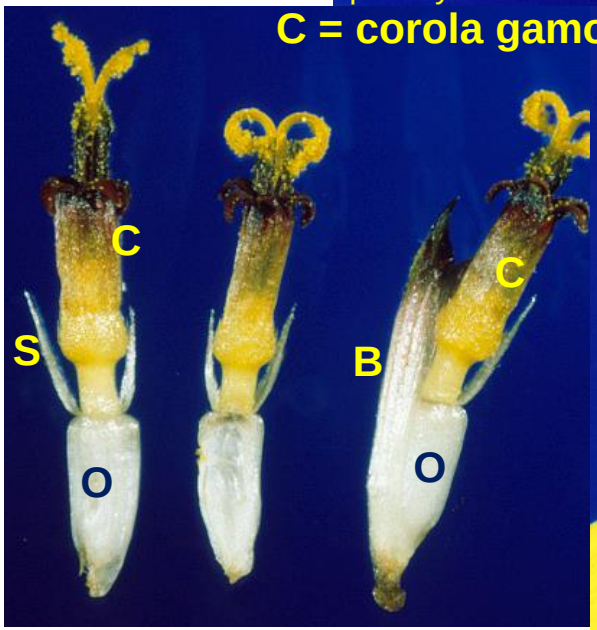
Não acumulam amido e sim <u>inulina</u> (oligossacarídeo)

inflorescência típica: CAPÍTULO

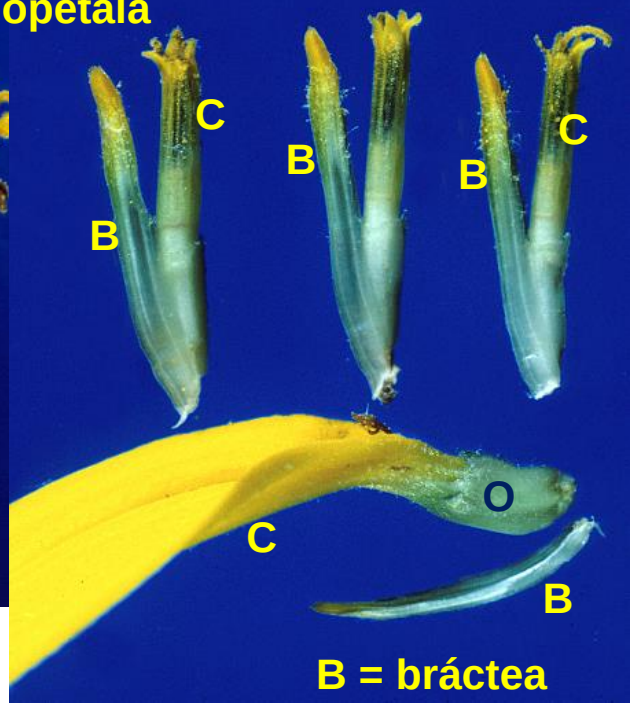
Flores do raio (periféricas)

Flores do disco (centrais)

C = corola gamopétala

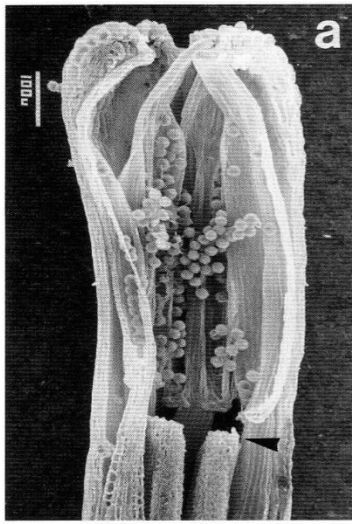


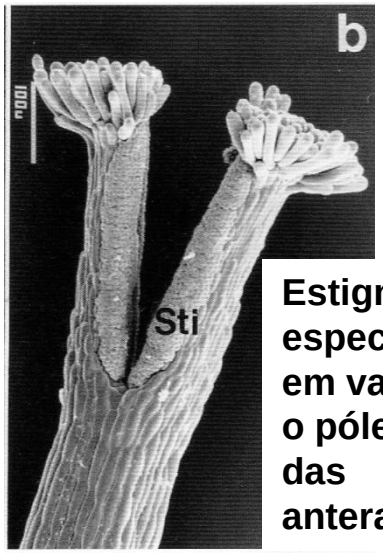
S = sépala
O = ovário ínfero



B = bráctea

Asterídeas ASTERACEAE - CAPÍTULO

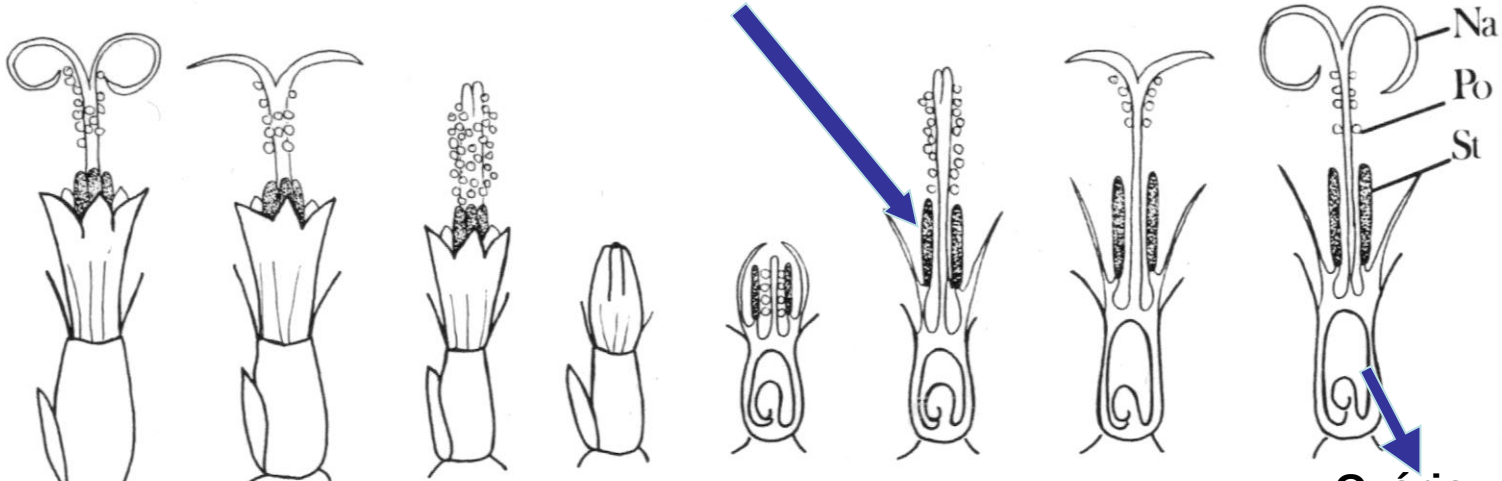




Estigma especializado em varrer o pólen das anteras

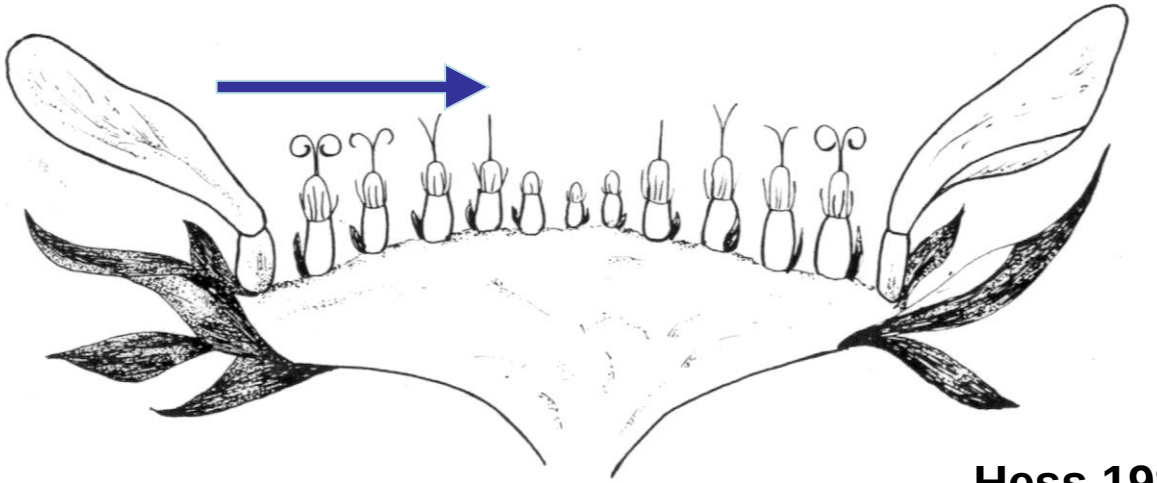
Leins & Erbar 2010

Anteras unidas em tubo



Ovário ínfero com um óvulo basal

Flores amadurecem gradualmente da periferia para centro; estiletes arrastam o pólen para fora da tubo de anteras, só depois a face receptiva dos 2 estigmas se expõe



Capítulo em corte longitudinal

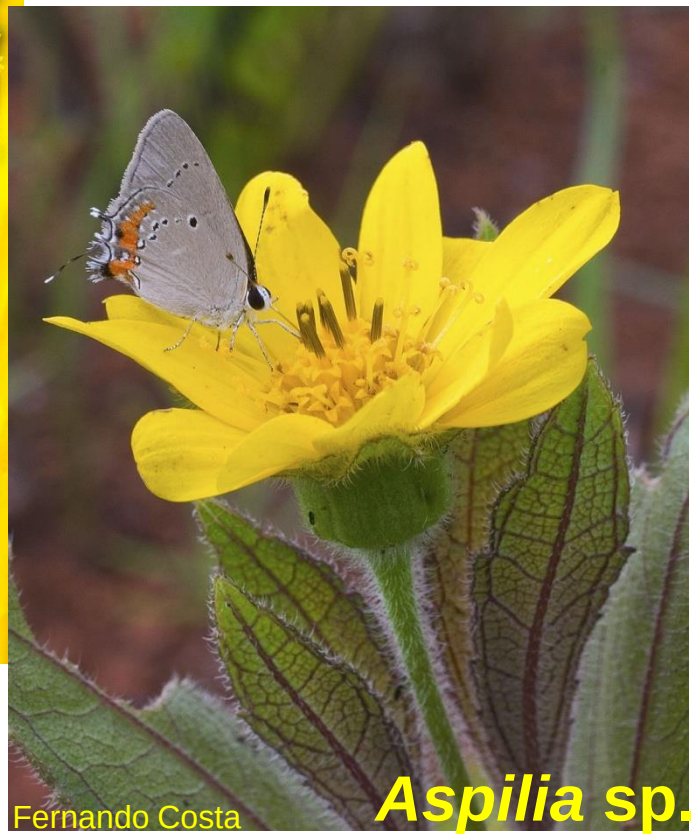
Hess 1983

Asterídeas ASTERACEAE - CAPÍTULO

plantsystematics.org

Polinização: plantas generalistas

Helianthus annuus
girassol



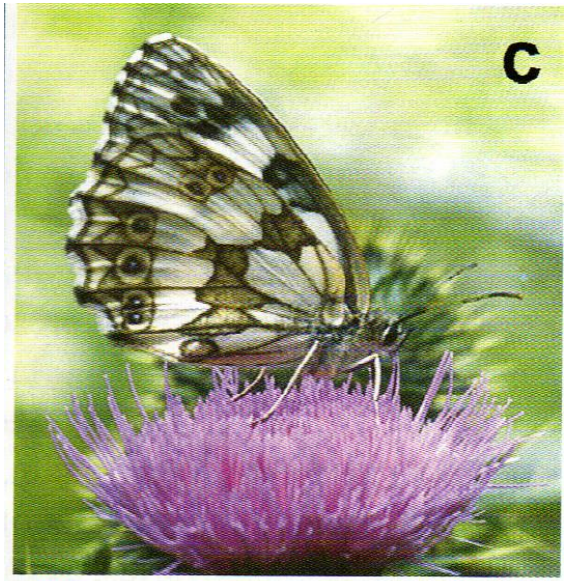
Fernando Costa

***Aspilia* sp.**

ASTERACEAE Polinização: plantas generalistas

***Cirsium helenioides* - com vários visitantes:**

***Zygaena* - mariposa**



***Melanargia* - borboleta**

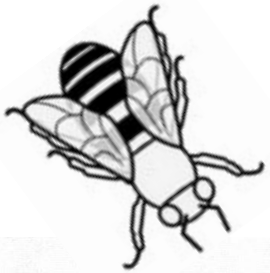
Cerambicidae - besouro

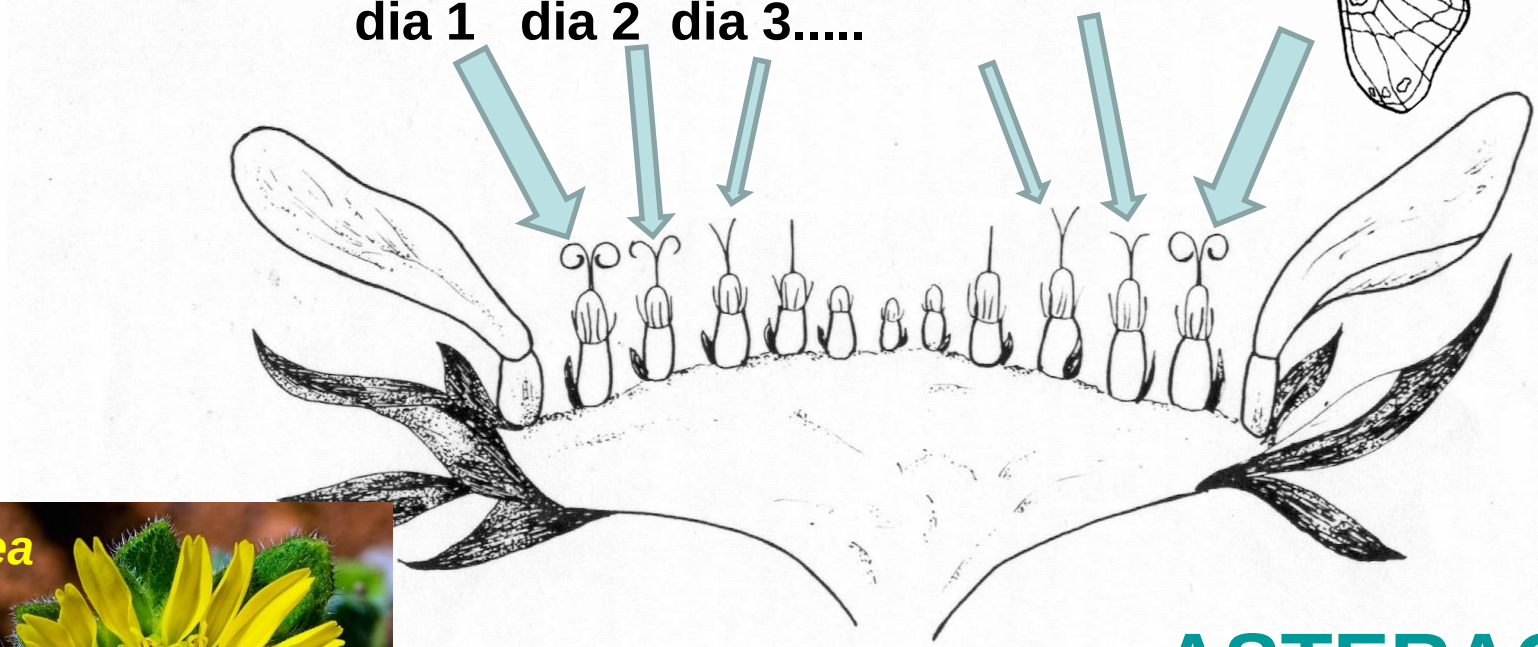
***Bombus* - mamangava**

Leins & Erbar 2010

CAPÍTULO: alta diversidade genética entre as sementes,

distintos polinizadores trazem pólen de fontes variadas em dias diferentes ao longo da duração da inflorescência

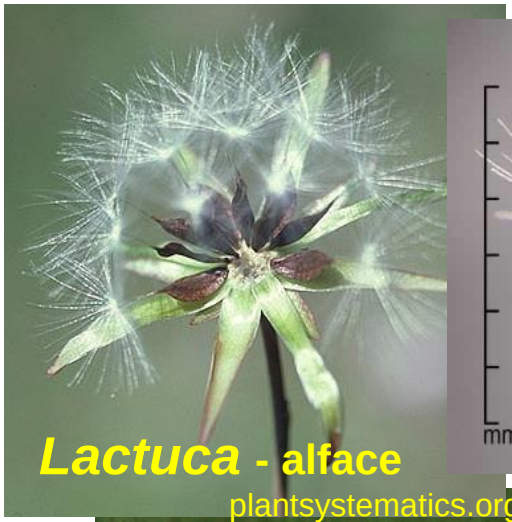


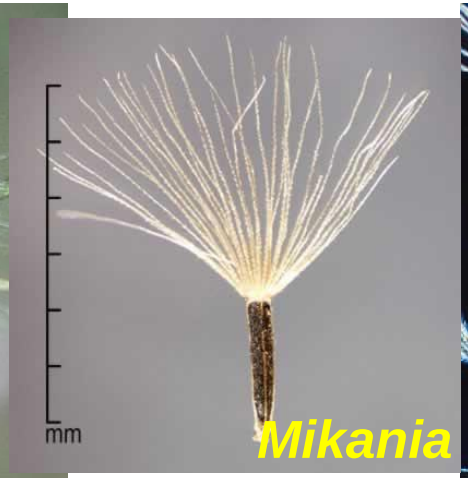


(adaptado de Hess 1983)

ASTERACEAE

Asterídeas

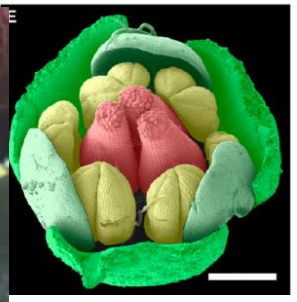




ASTERACEAE

Dispersão
por vento ou animais

Nymphaeales



Nas angiospermas basais: flores polímeras ou 3-meras

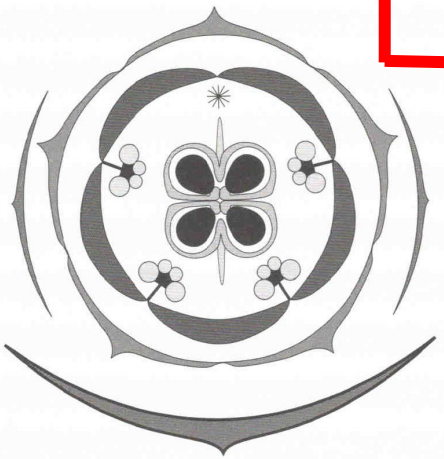
Magnoliídeas

SÍNTESE:

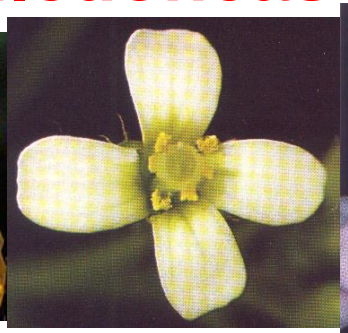
Monocotiledôneas

Nas monocotiledôneas: flores 3-meras

Ceratophyllales



Eudicotiledôneas

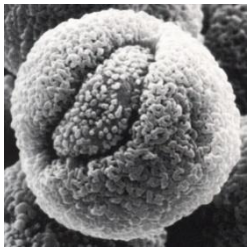


Flores 2-meras e 4-5-meras sinapomorfia

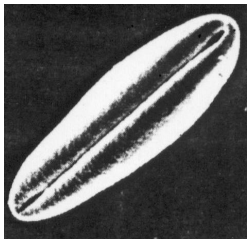
APG IV 2016

Nymphaeales

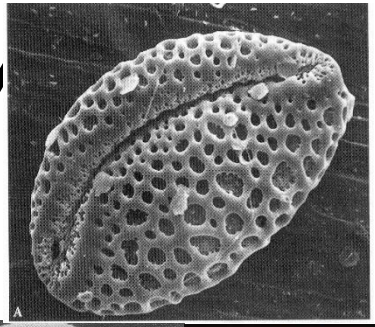
Grado ANA

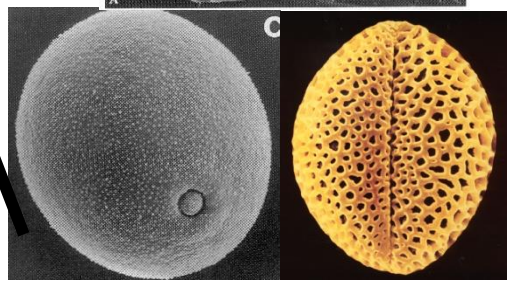


Magnoliídeas



Monocotiledôneas





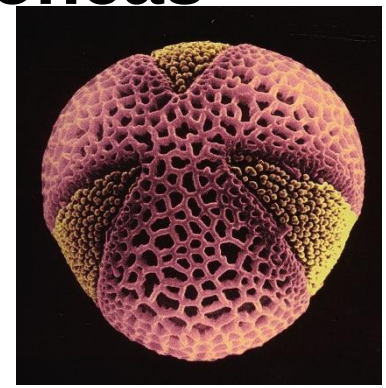
SÍNTESE:

Grado ANA + Magnoliídeas + Monocotiledôneas conservam o pólen monossulcado (simplesiomorfia pois surgiu no ancestral das Espermatófitas)

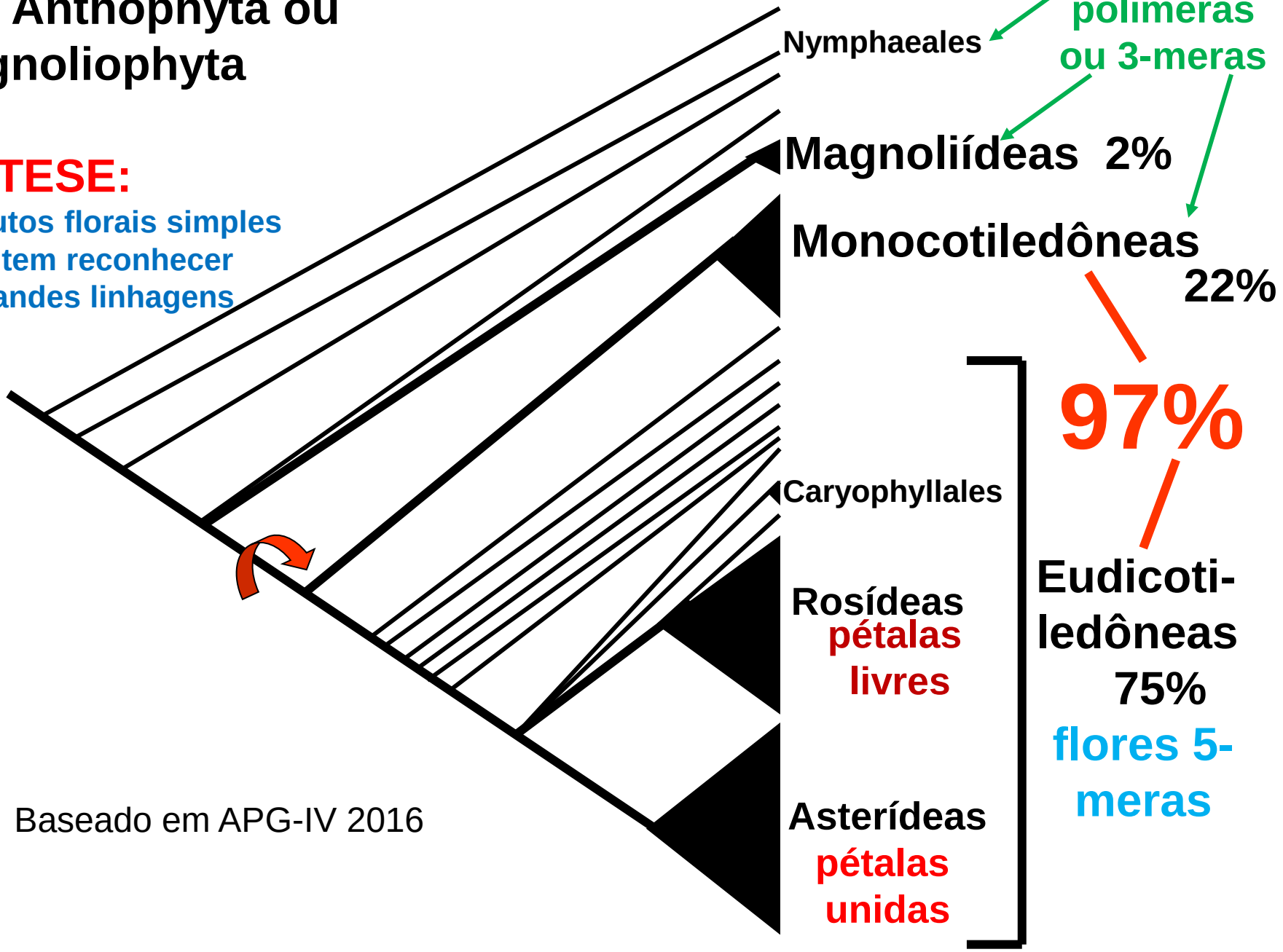
Pólen tricolpado: sinapormofia de Eudicotiledôneas

Eudicotiledôneas ou Tricolpadas

surgimento há 125 M.a.



Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta

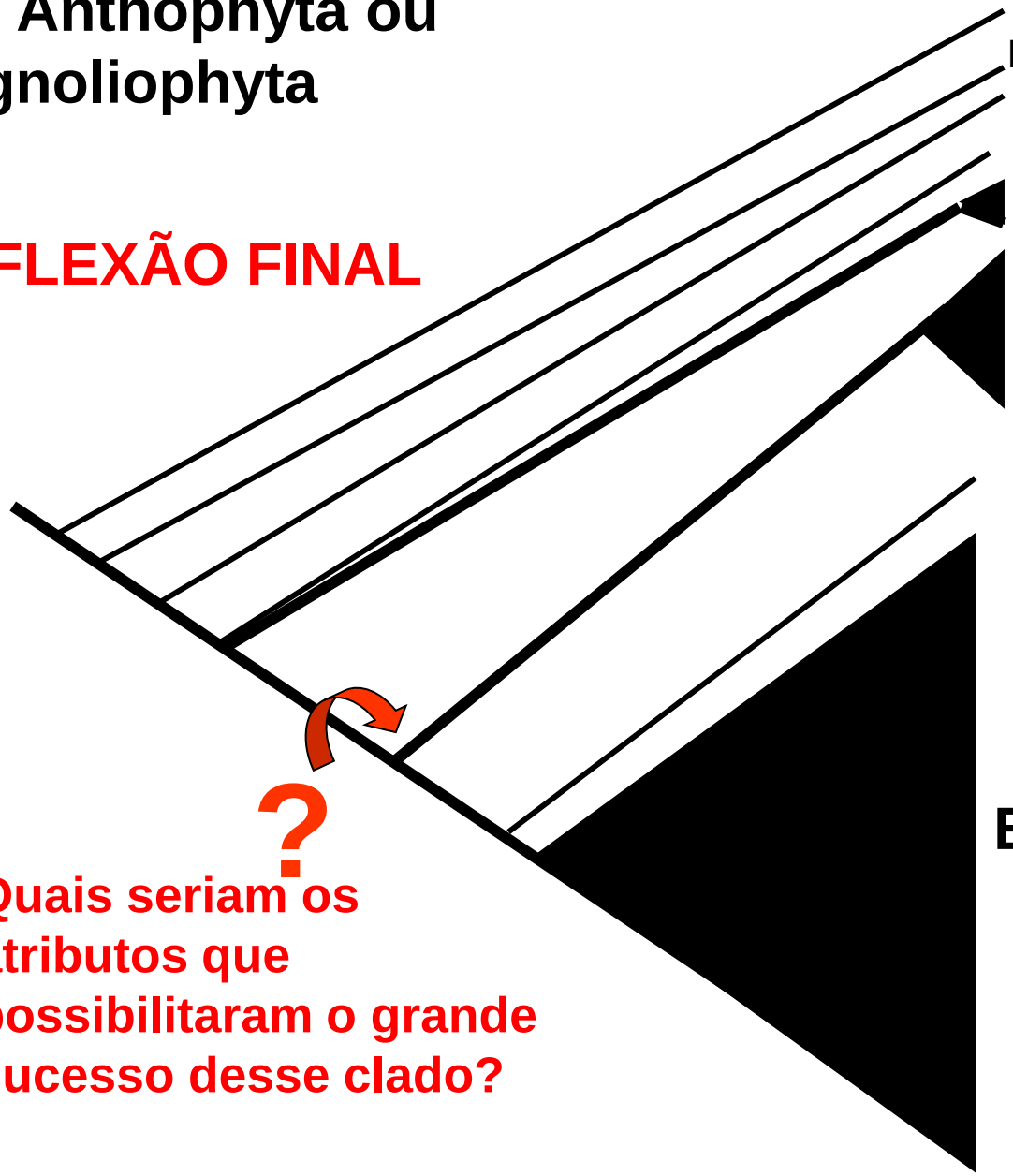


SÍNTESE:

Atributos florais simples permitem reconhecer as grandes linhagens

Baseado em APG-IV 2016

Filogenia das ANGIOSPERMAS
Filo Anthophyta ou Magnoliophyta



REFLEXÃO FINAL

Quais seriam os atributos que possibilitaram o grande sucesso desse clado?

Baseado em APG-IV 2016

APG IV 2016

Amborellales

Nymphaeales

Austrobaileyales

Chloranthales

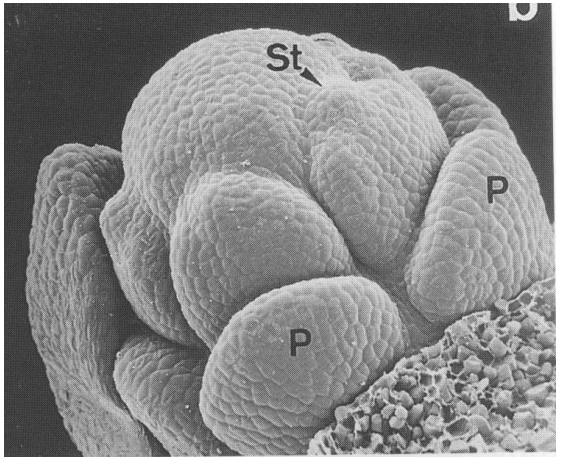
Magnoliídeas

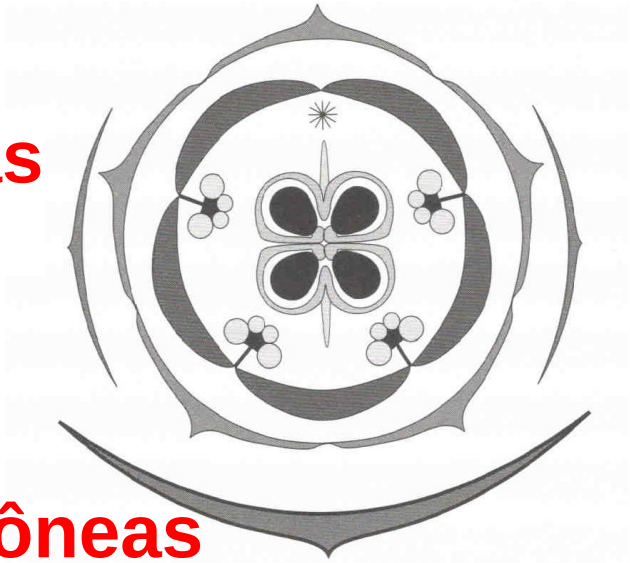
Monocotiledôneas

flores verticiladas

Ceratophyllales

Eudicotiledôneas





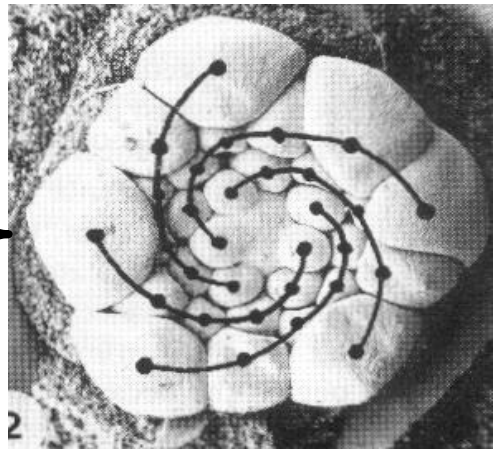
Amborellaceae

Nymphaeales

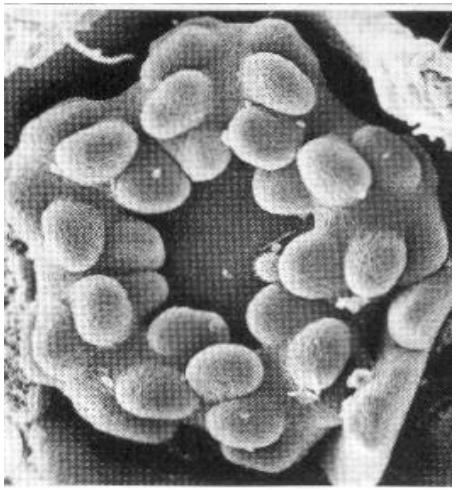
Austrobaileyales

Chloranthales

Magnoliídeas



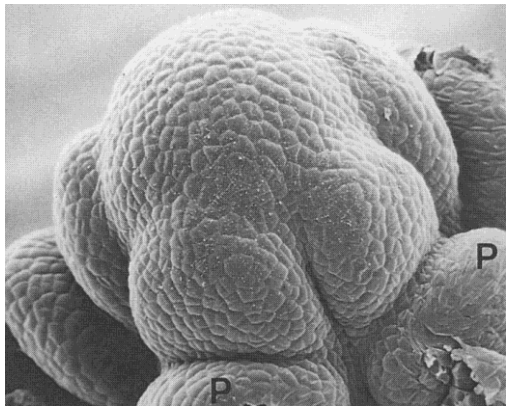
Monocotiledôneas



androceu e gineceu verticilados

Ceratophyllales

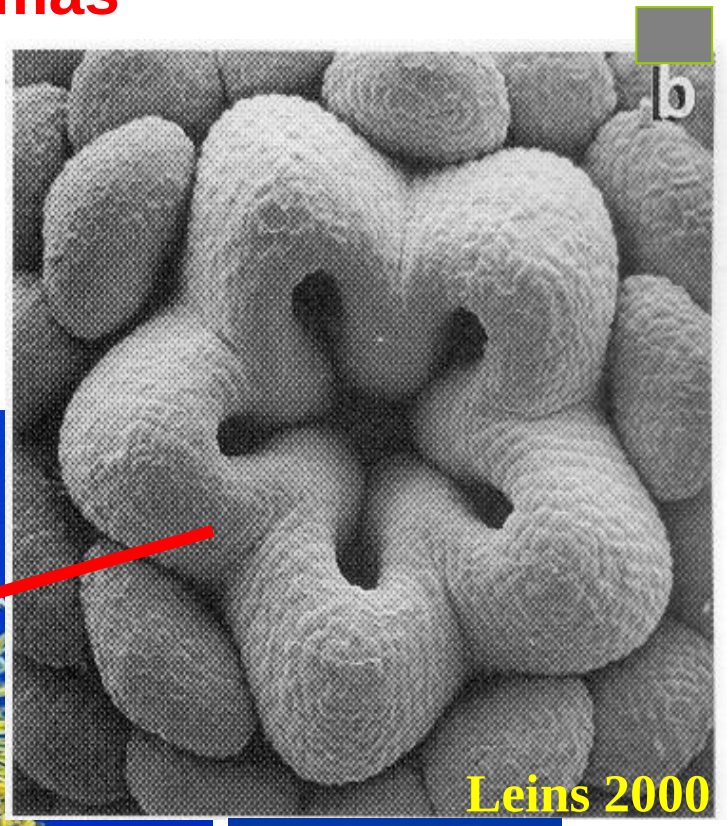
Eudicotiledôneas



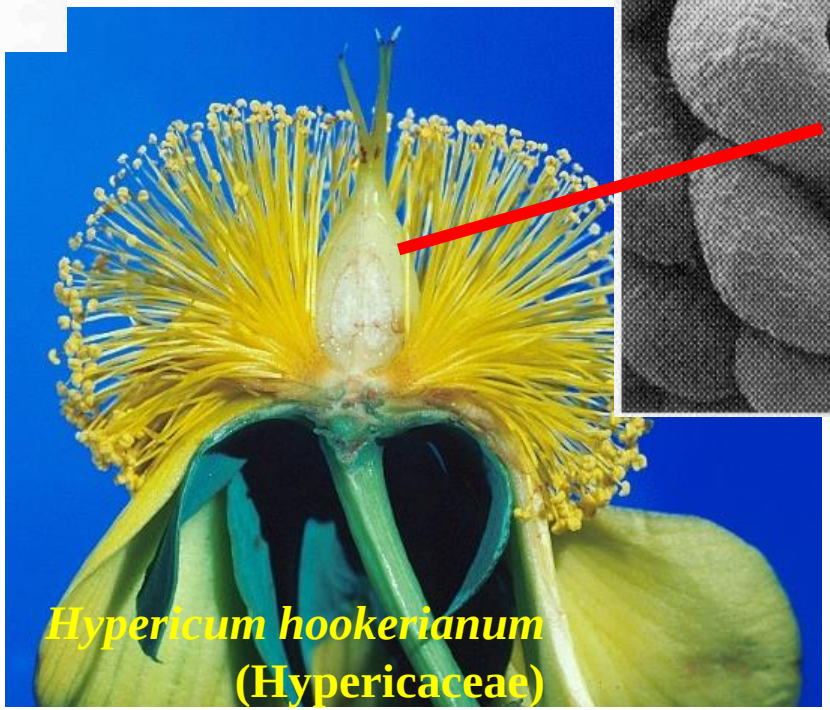
O estabelecimento de flores inteiramente verticiladas possibilitou união de peças de um mesmo verticilo ou entre verticilos, levando a especializações novas na arquitetura floral e biologia reprodutiva.

SINCARPIA - união possibilitada pela organização verticilada

80% das angiospermas



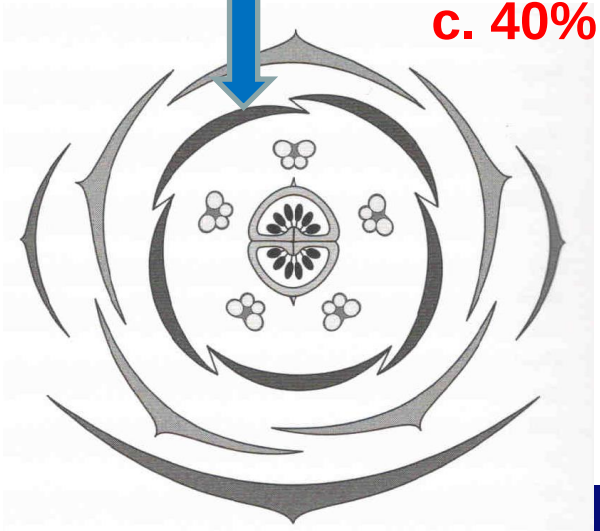
Flores com um só ovário (uni a multicarpelar): Polinização centralizada, seleção dos tubos polínicos, otimização do número de óvulos fecundados; sementes com maior diversidade genética.



SIMPETALIA - união possibilitada pela organização verticilada

(ou gamopetalia)

c. 40% das angiospermas



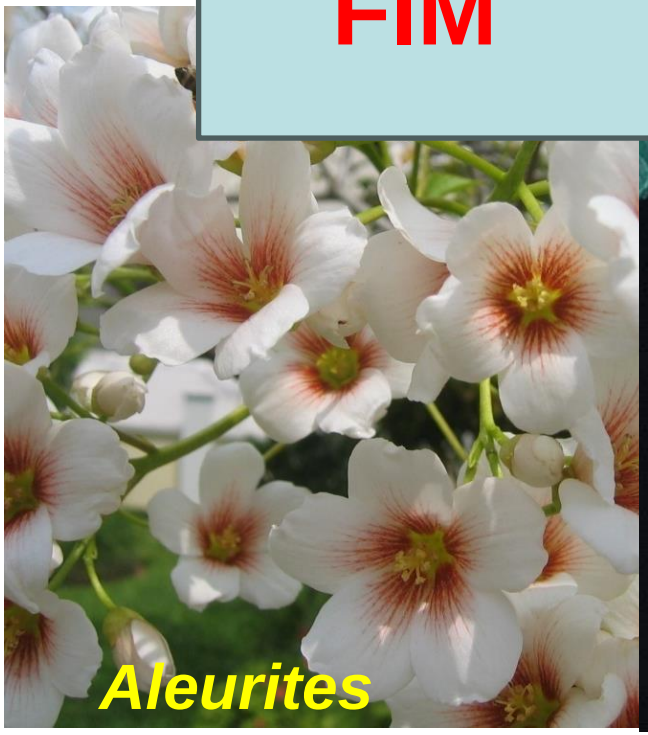
Flores tubulosas: polinização especializada: atratividade visual, restrição do acesso aos recursos florais (néctar e pólen).

Tecomaria

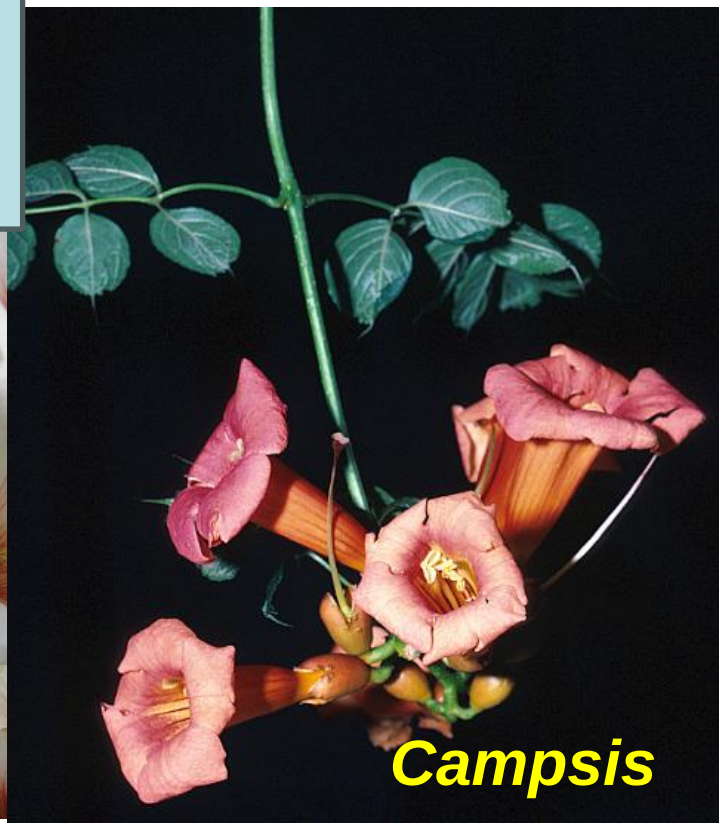
Couroupita

FIM

Lobelia



Aleurites



Campsis