

AULA DE HOJE: Plantas vasculares sem sementes

Recordando aula anterior:

Briófitas – embriófitas sem sistema vascular

Adaptações das briófitas ao ambiente terrestre:

- **Proteção da planta contra dissecação.**
- **Gametângios e esporângios multicelulares.**
- **Proteção de gametas e esporos contra a dissecação.**
- **Coordenação da fecundação com a presença de água no ambiente.**

Limitação das plantas sem sistema vascular: TAMANHO

0,5 cm



Surgimento de adaptações à vida no ambiente terrestre

morfológicas/anatômicas

- cutícula
- epiderme com estômatos
- órgãos sexuais

10 m

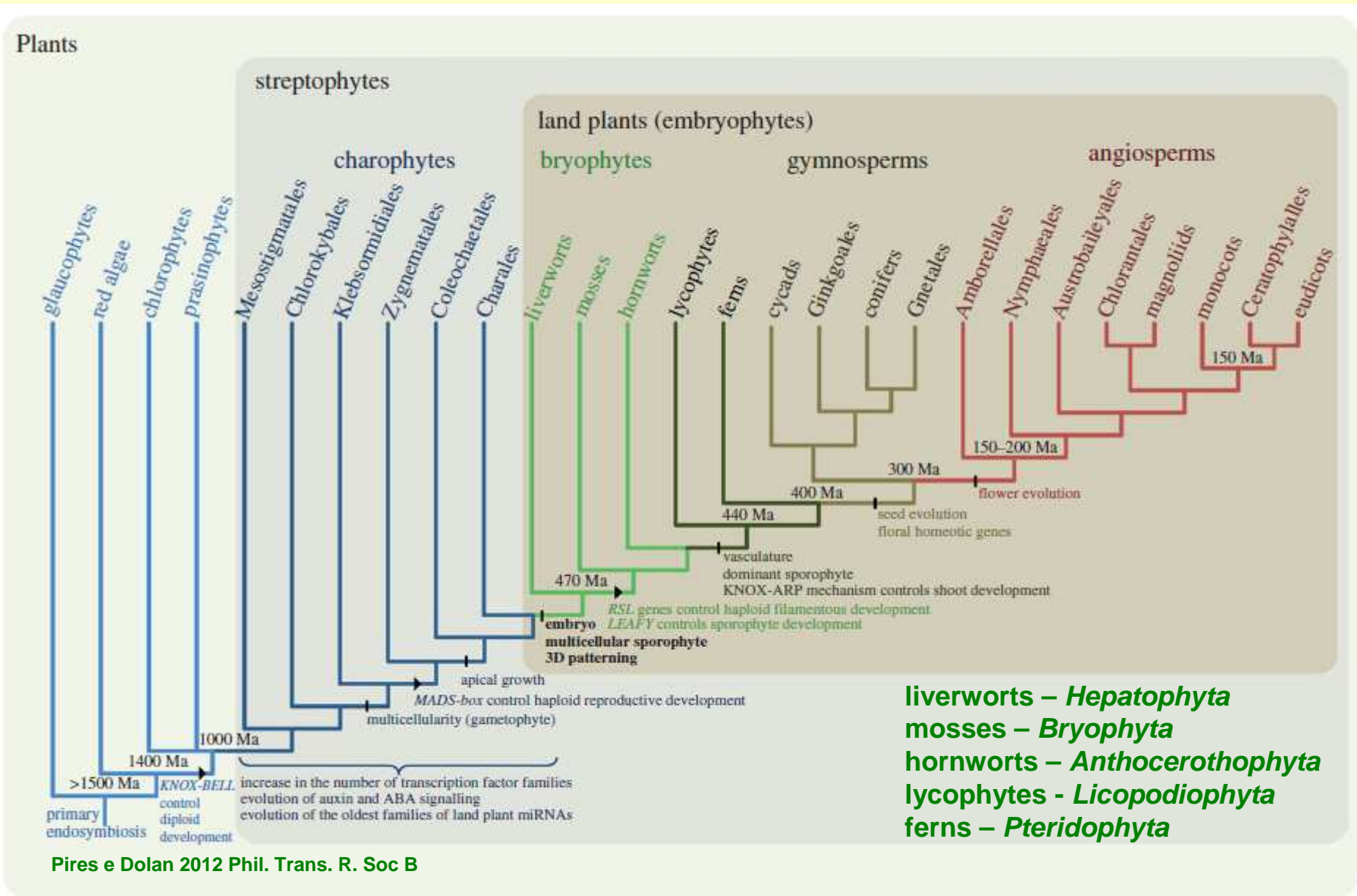


- folhas
- raízes
- tecidos para transporte de fluidos a longas distâncias
- tecidos de suporte (madeira)

60 m

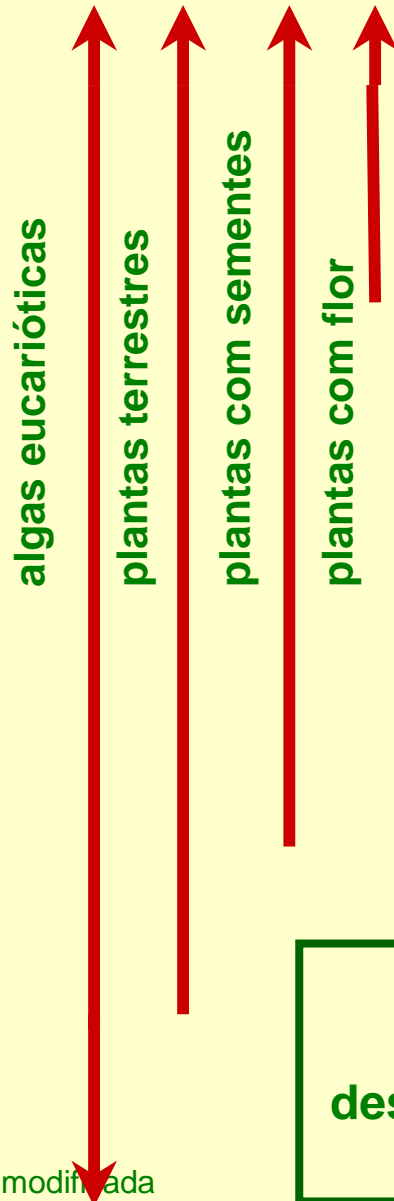


Relação filogenética entre os grupos de plantas atuais



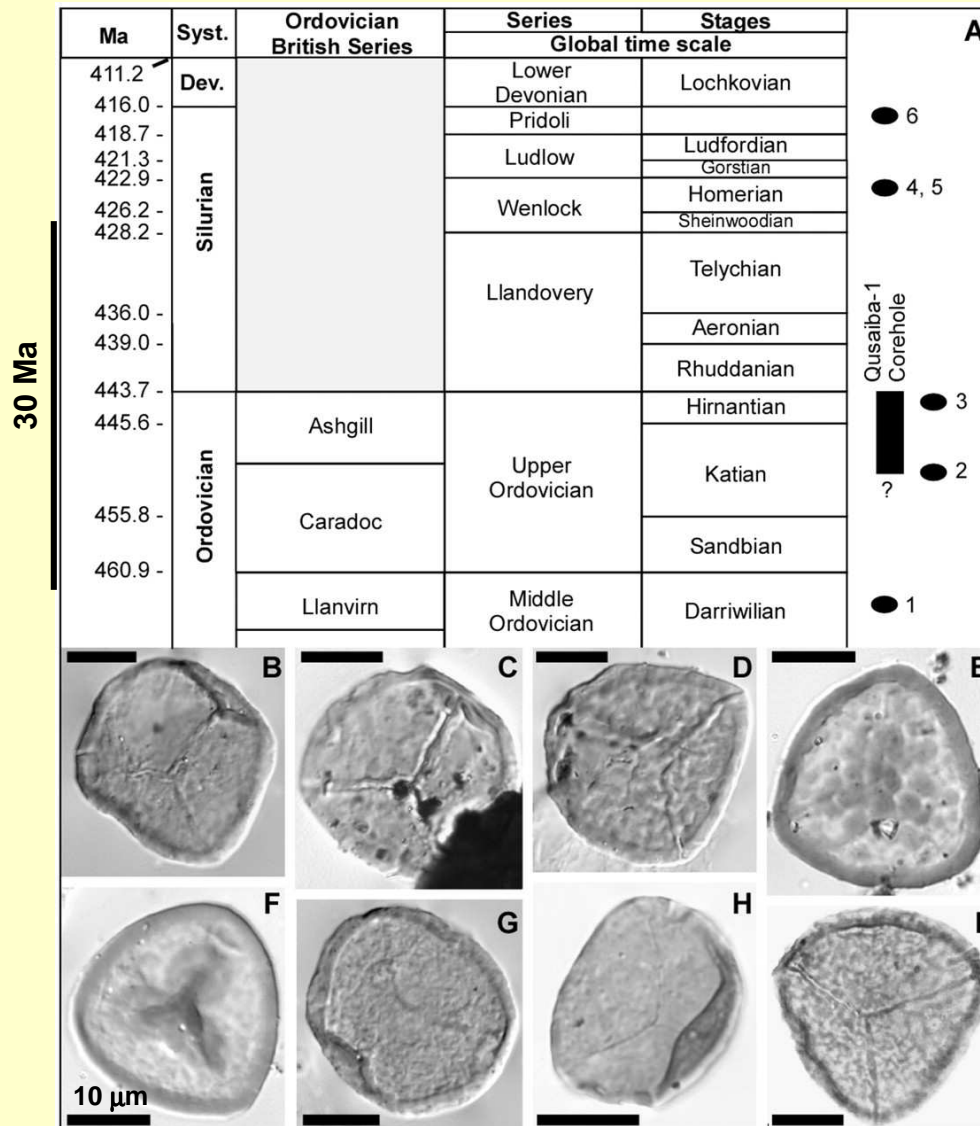
**era período
(milhões)**

Cenozoico	Quaternary	1.6
	Tertiary	66.4
Mesozoico	Cretaceous	144
	Jurassic	208
	Triassic	245
Paleozoico	Permian	286
	Carboniferous	360
	Devonian	408
	Silurian	438
	Ordovician	505



A colonização do ambiente terrestre por produtores primários permitiu o desenvolvimento de ecossistemas complexos nestes ambientes!

P Steemans et al. Science 2009;324:353-353

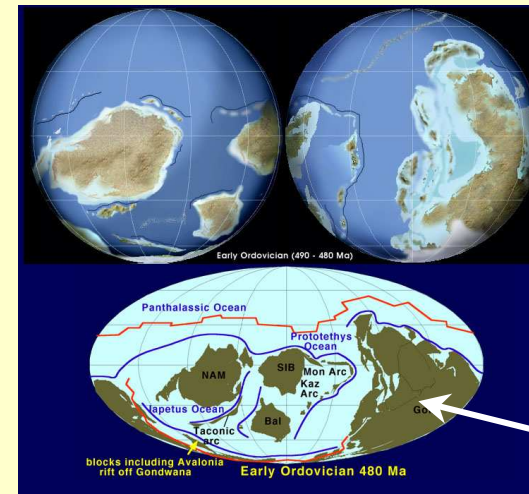


Plantas semelhantes às briófitas teriam surgido no supercontinente Gondwana e dominaram o planeta durante cerca de 30 Ma

← plantas vasculares (mega fósseis)

← plantas vasculares (micro fósseis)

← briófitas (micro fósseis, criptosporos)



distribuição dos continentes no Ordoviciano (480 Ma)

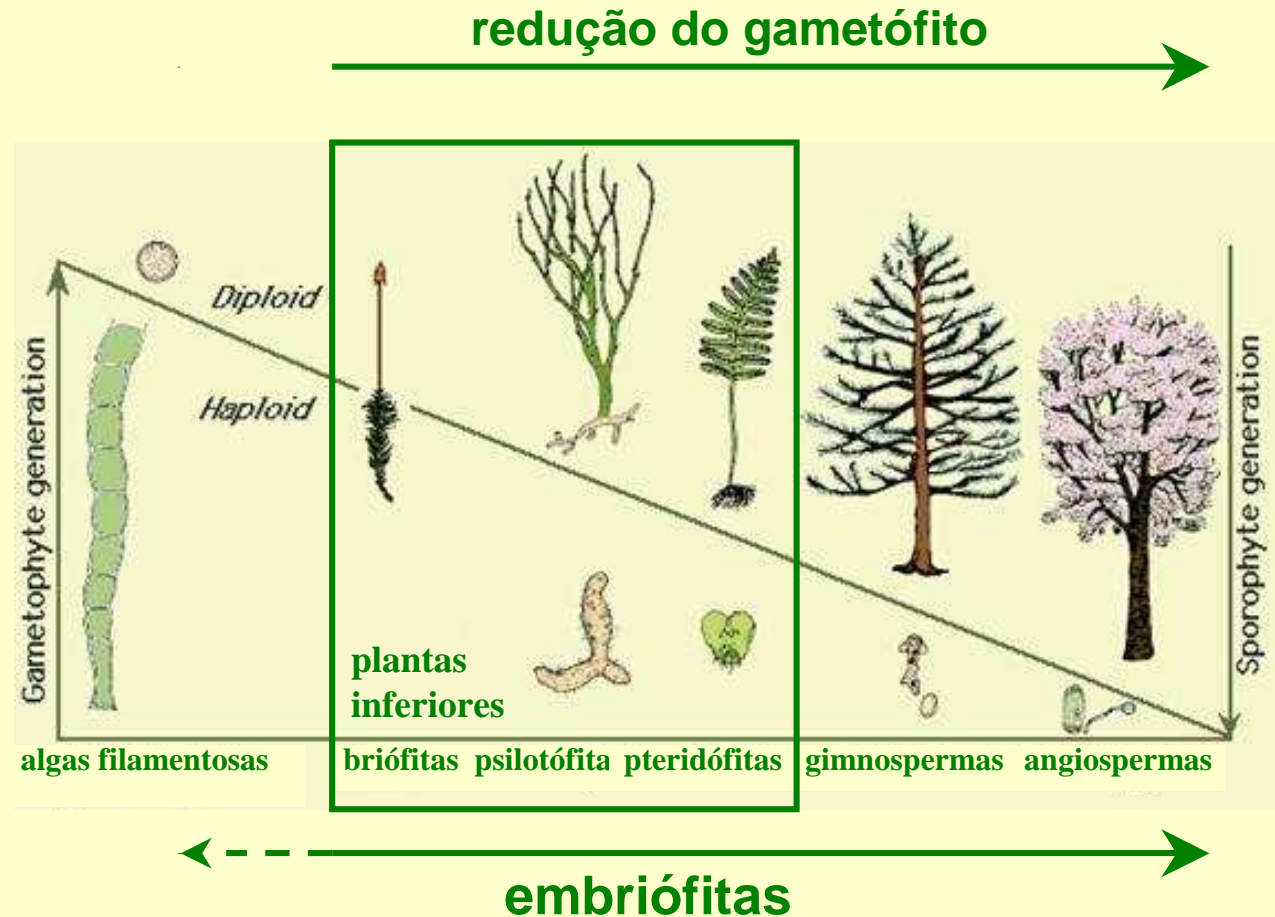
Gondwana

B-I: diversos esporos do tipo triplete (característicos de plantas vasculares) do Ordoviciano (Qusaiba-1, Arábia Saudita)

<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/biobk/biobookpaleo3.html>

Tipo de ciclo de vida de todas as plantas terrestres: alternância de gerações heteromórficas

ao longo da evolução houve redução da geração gametofítica



vantagem da dominância do esporófito nas plantas terrestres: um único evento de fecundação possibilita a dispersão aérea dos inúmeros esporos

Plantas vasculares sem sementes que conhecemos:

a presença de sistema vascular levou ao aumento do tamanho das plantas



Pteridophyta



Lycopodiophyta



esporófito:

folhas (órgão autotrófico)

caule (órgão de metabolismo misto)

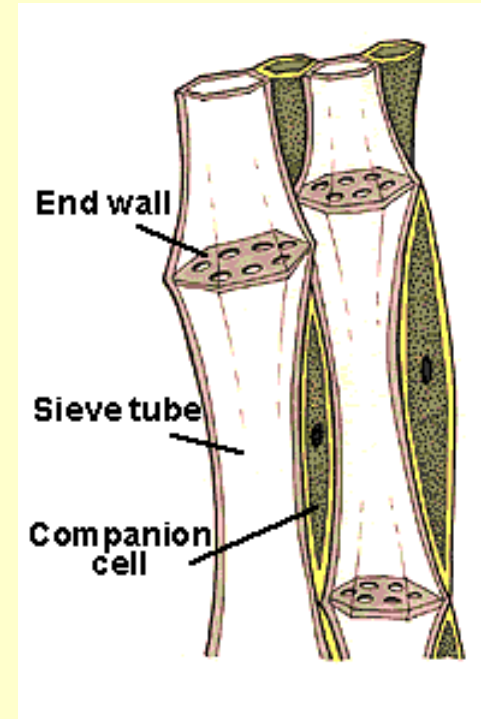
raiz (órgão heterotrófico)

Sistema vascular

Composto por floema e xilema

Floema:

Na maturidade composto de células vivas: elementos do tubo crivado e células companheiras



milhões de anos de evolução



Sistema vascular

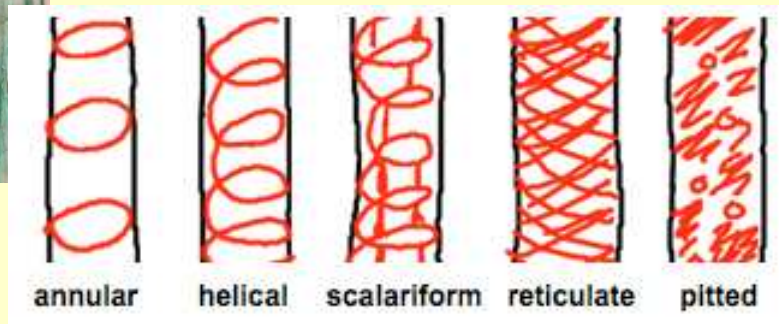
Composto por floema e xilema

Xilema na maturidade:

- células mortas
- parede celular com espessamentos
- impregnada com lignina

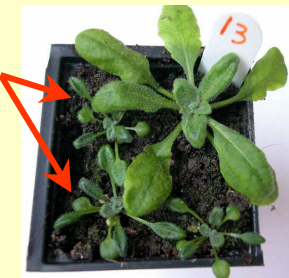
Composto por dois tipos de células:

- traqueídes
- elementos do vaso (só encontrado em angiospermas e algumas gimnospermas)



padrões de espessamento da parede celular secundária

mutantes



Células maduras do xilema de mutantes de *Arabidopsis* incapazes de acumular lignina colapsam (Sierburth, L. 2001).

0,5 cm



10 m



60 m

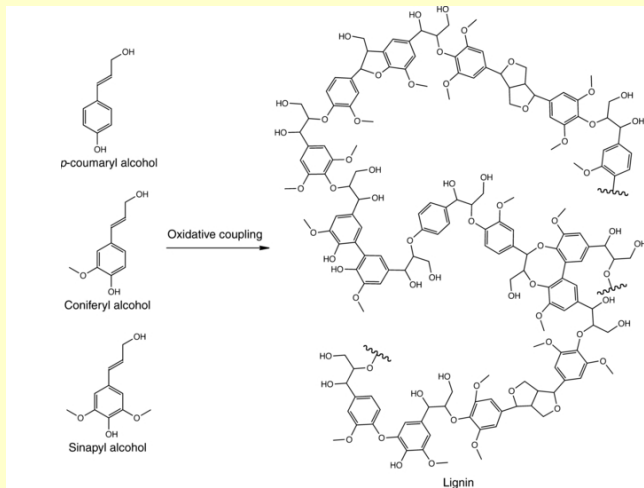


Surgimento de adaptações à vida no ambiente terrestre

bioquímicas

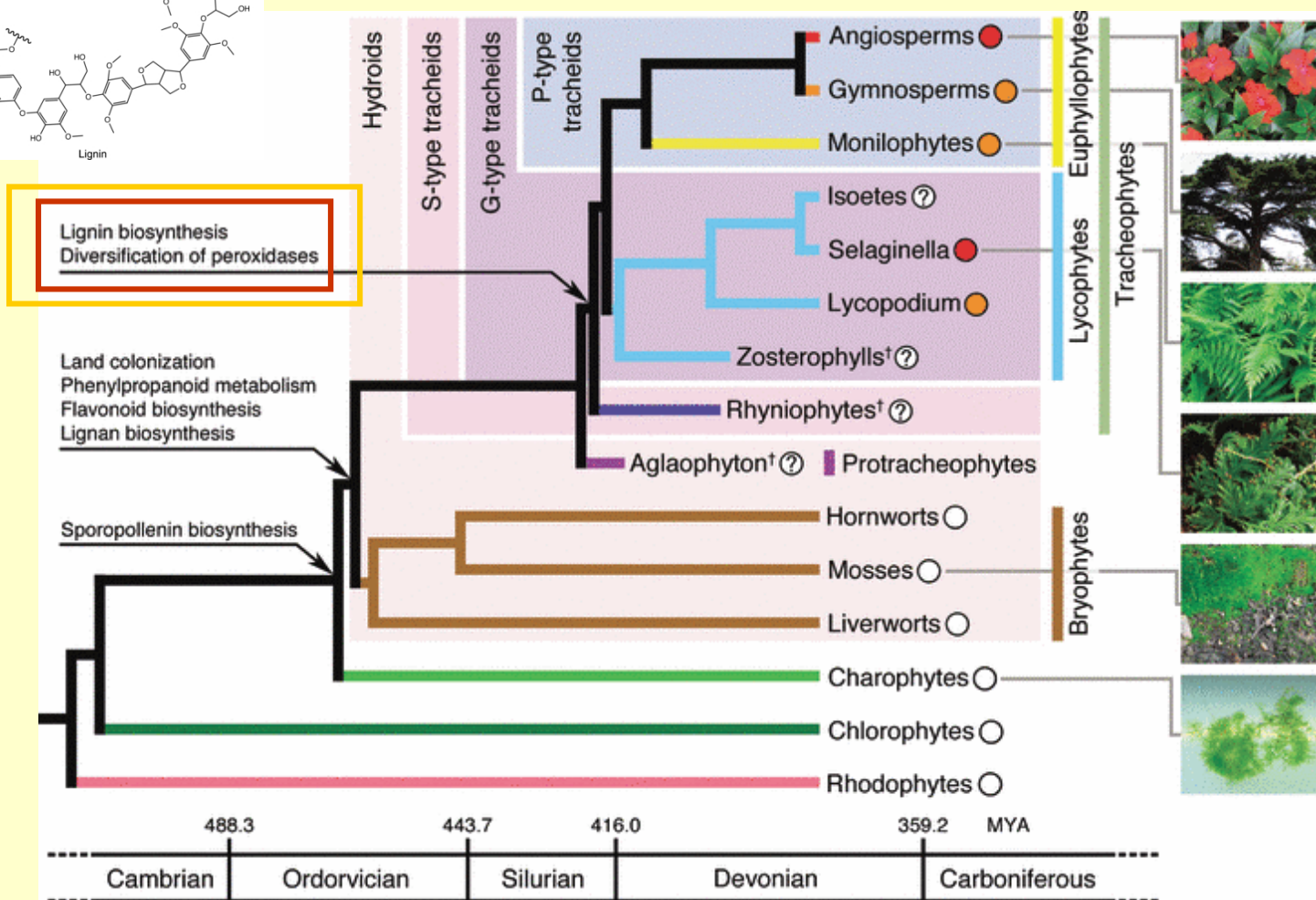
- esporopolenina (no esporo, um dos compostos orgânicos mais estáveis – confere proteção contra luz UV, dissecação e decomposição)
- cutina
- flavonoides (proteção contra UV)
- hormônios
- lignina

Presença de Lignina em vários filós:



↑
 fenilalanina
 ou
 tirosina

estima-se que
 a lignina
 represente
 cerca de 30%
 da biomassa
 produzida na
 biosfera



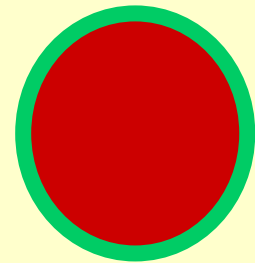
Evolução do estelo (cilindro central)

Filos:

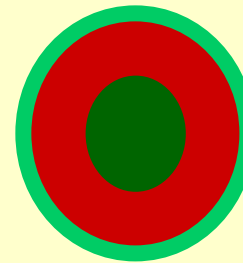
*Rhyniophyta**
*Zosterophyllophyta**
Lycopodiophyta

Filos:

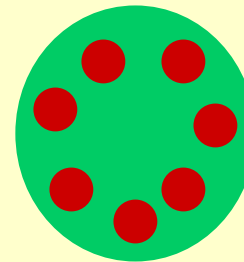
*Trimerophytophyta**
Pteridophyta



protostelo



sifonostelo



eustelo

plantas vasculares
com sementes



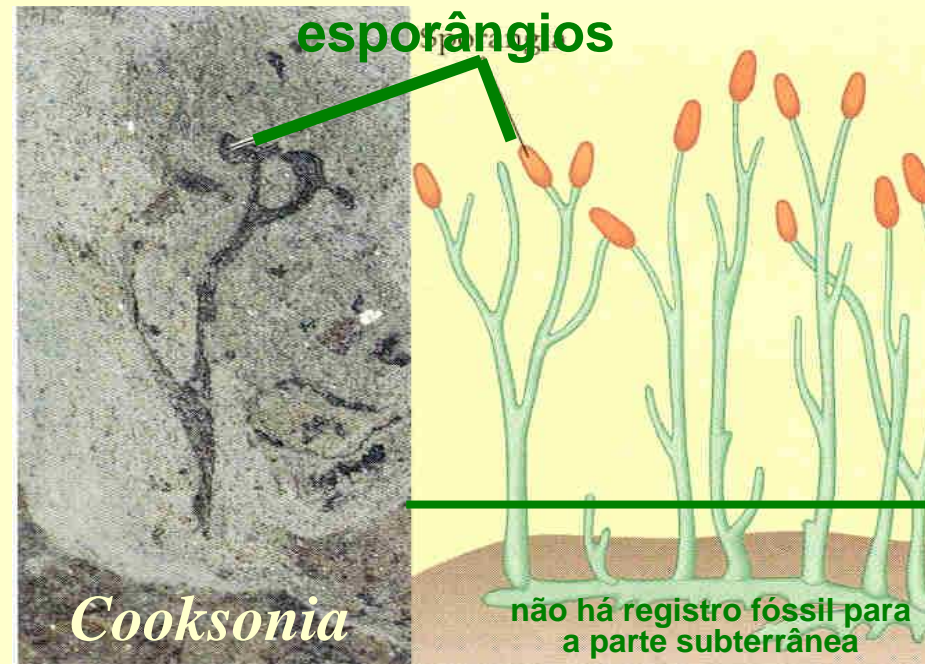
A evolução do sistema vascular permitiu o aparecimento de plantas com mais de 100 m de altura

* filós extintos

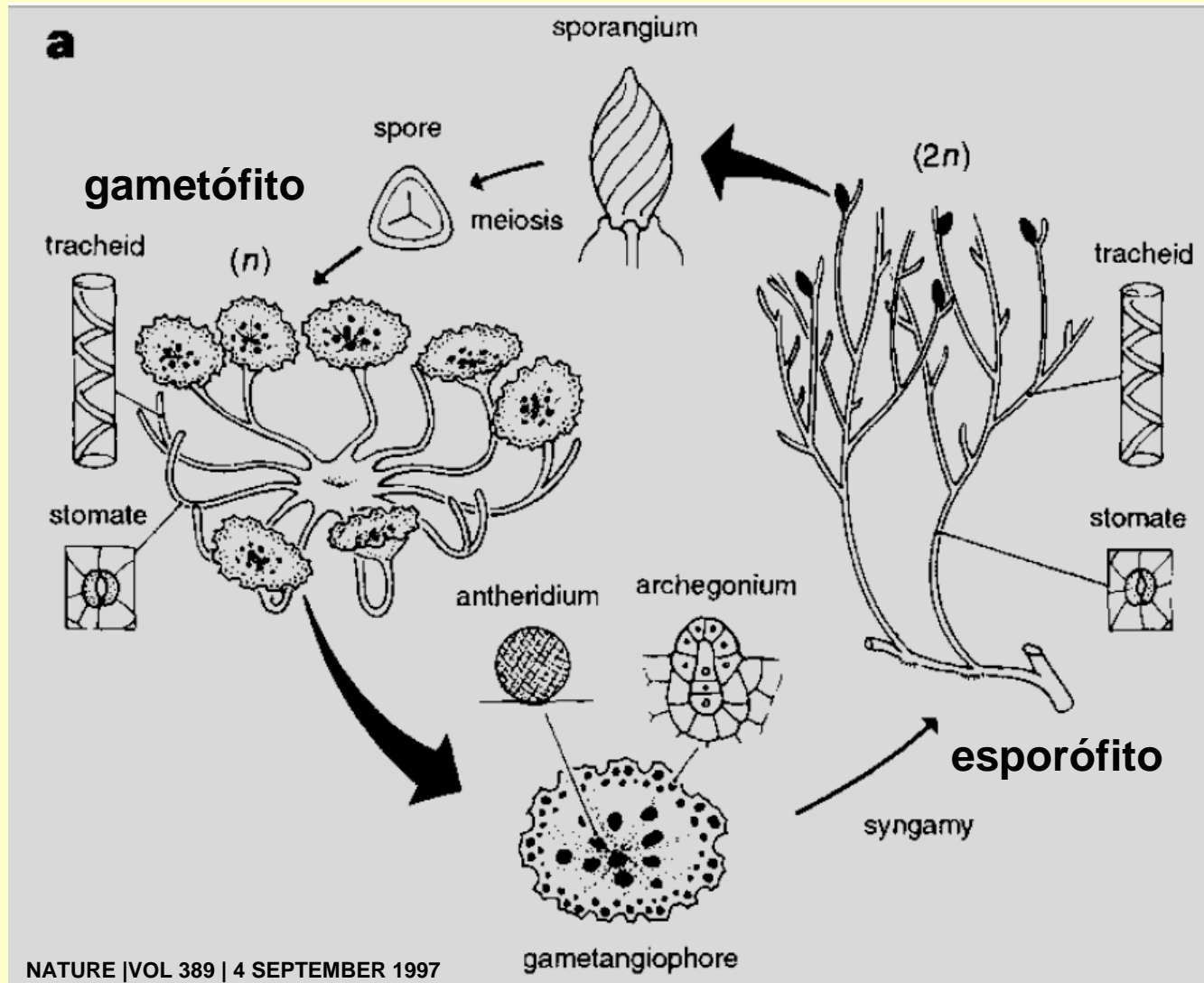
Filo *Rhyniophyta* (extinto)

Neste filo estão incluídas as primeiras plantas vasculares (440 – 380 milhões de anos atrás, Siluriano/Devoniano).

- esporângios terminais
- estelo do tipo protoestelo, com protoxilema interno e metaxilema externo

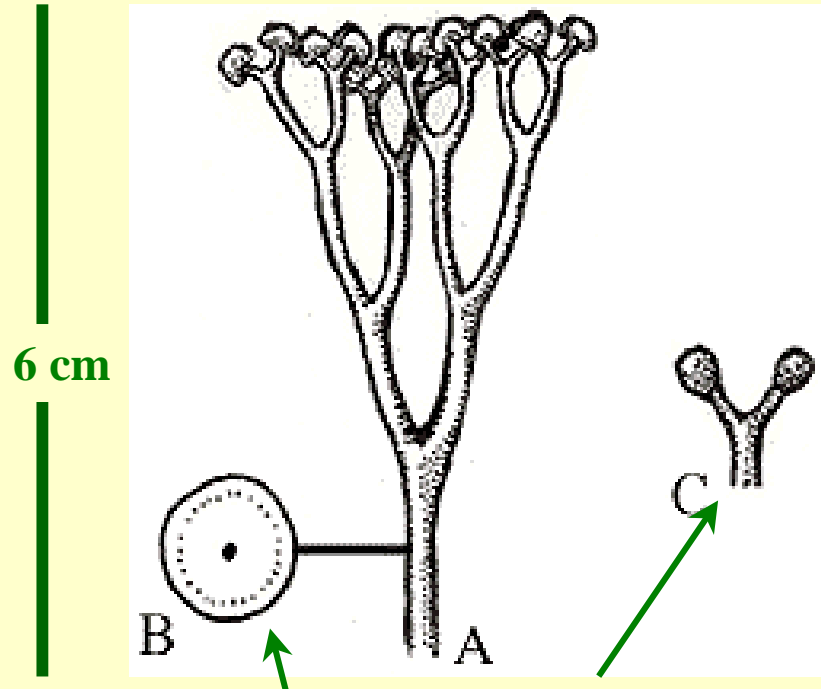


Ciclo de vida de Rhyniophyta



alternância de
gerações
heteromórficas

Cooksonia caledonica



seção transversal
do protoestelo

C. hemisphaerica

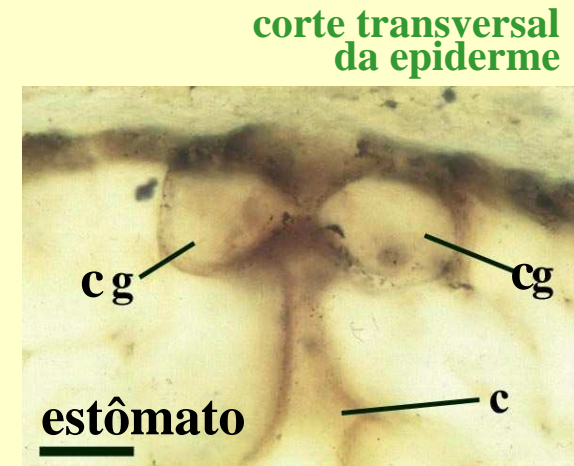
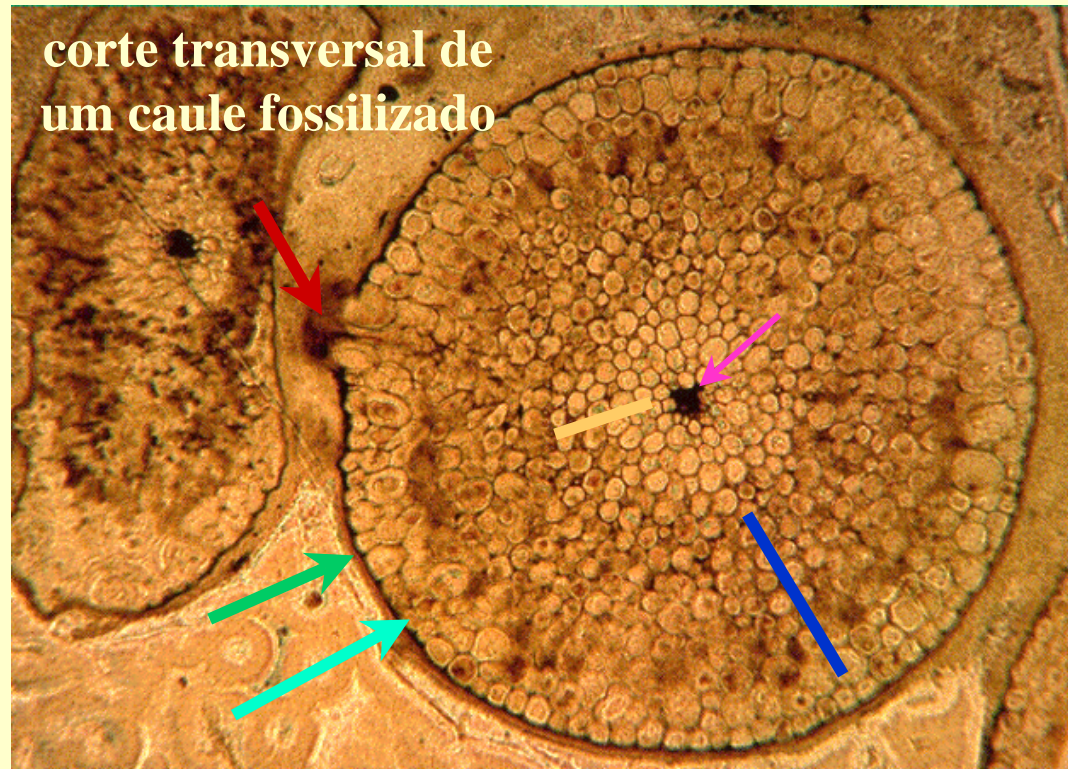
Características:

- não há diferenciação entre raízes, caules e folhas.
- caule cilíndrico, dicotomicamente ramificado.
- esporângios terminais.
- mantém-se eretas pela pressão de turgor

plantas como estas ocorriam em todo o mundo e viviam provavelmente próximas da água.

Filo *Rhyniophyta*
(extinto)

Filo *Rhyniophyta* (extinto)



Planta recoberta por uma **cutícula**.

Presença de **epiderme** verdadeira com **estômatos**.

Cortex com parênquima clorofilado

Floema e **xilema**

Protostelo com protoxilema interno e metaxilema externo.

Filo *Rhyniophyta* (extinto)

Plantas como as
deste filo são os
prováveis
ancestrais da
maioria das plantas
atuais.

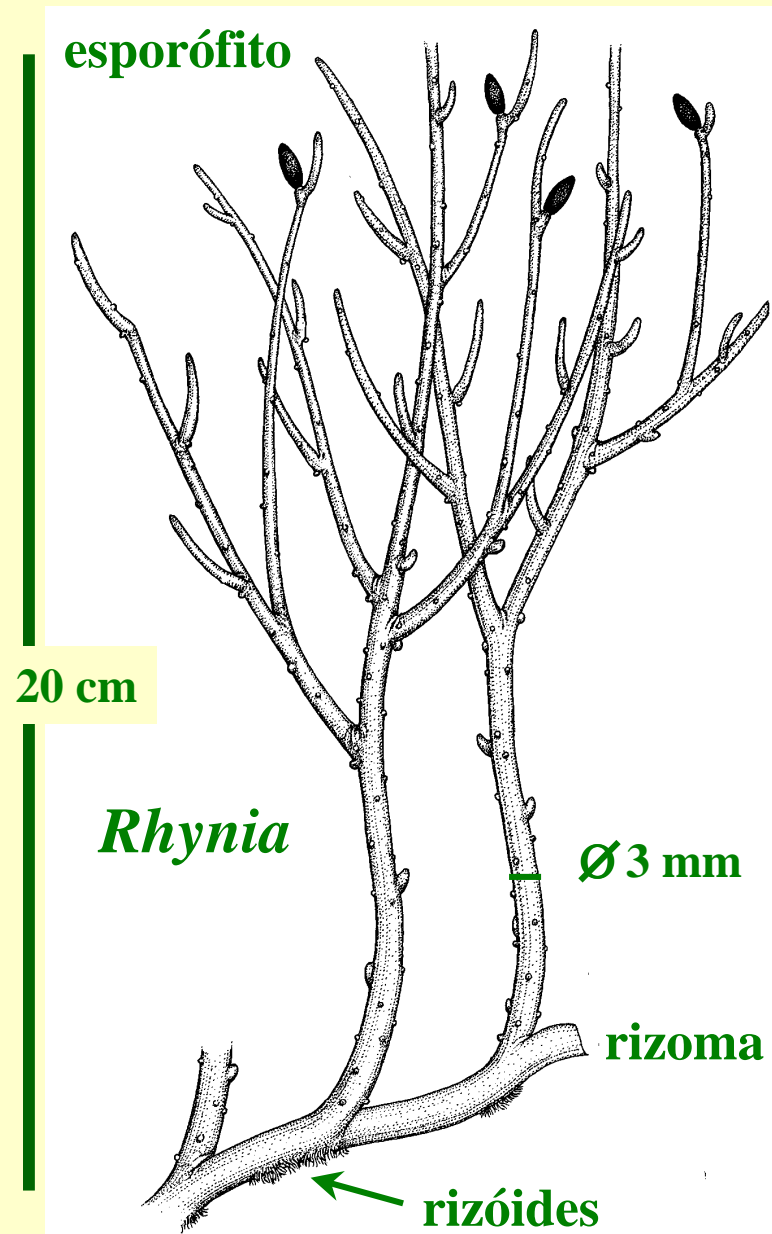


Figura do site: facstaff.bloomu.edu/chamuris/222/index.html

Filo *Zosterophyllophyta*

(extinto)

Fósseis encontrados entre 408 – 370 milhões de anos atrás (Devoniano)

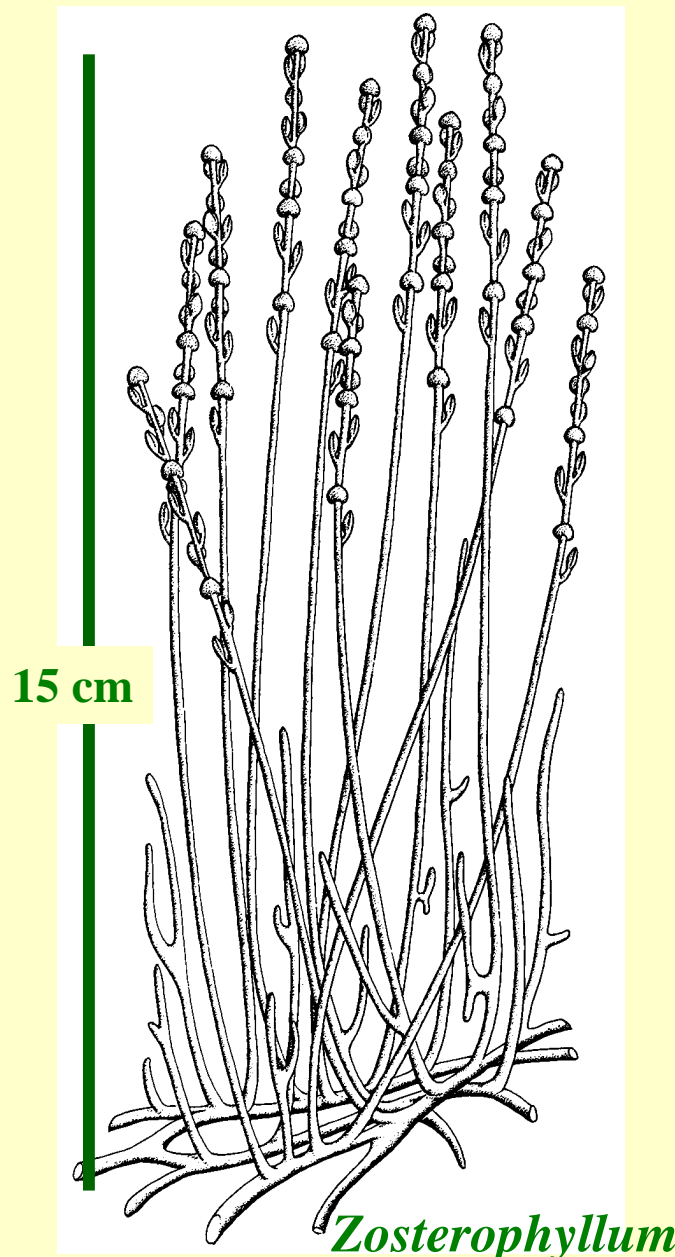
Semelhanças com o filo *Rhyniophyta*:

- não há diferenciação entre raízes, caules e folhas
- caule cilíndrico, e dicotomicamente ramificado

Diferenças:

- esporângios laterais.
- protoestelo com protoxilema externo e metaxilema interno.

Viviam provavelmente em ambientes alagados



Zosterophyllum

Adaptações ao ambiente terrestre:

Folhas - captação de luz

Raízes – ancoram a planta e absorvem água e nutrientes minerais

Atualmente existem dois filos de plantas vasculares sem sementes:

- *Lycopodiophyta*
- *Pteridophyta*

Tanto folhas como raízes evoluíram de forma independente em *Lycopodiophyta* e *Pteridophyta*

Filo *Lycopodiophyta*

Selaginella



Selaginella sp.
Selaginellaceae
Gerald D. Carr



Isoetes



Lycopodium

Linha evolutiva diferente de todas as outras plantas vasculares (425 Ma):

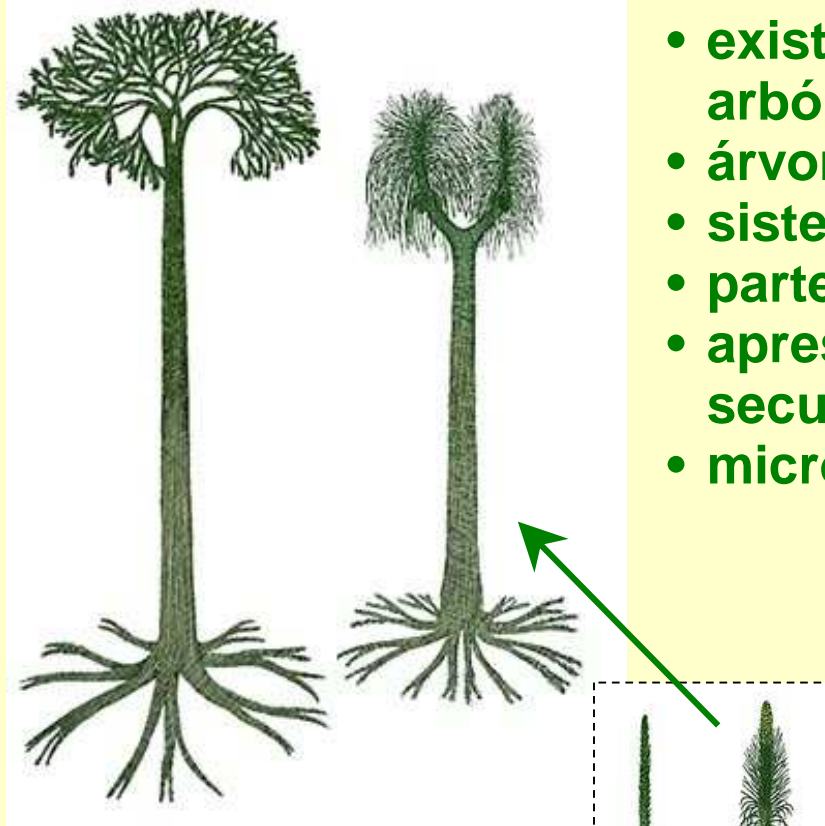
- esporângios laterais
- protoestelos com metaxilema interno e protoxilema externo.
- ancestral provável: uma *Zosterophyllophyta*

Várias ordens extintas.

Três famílias atuais:

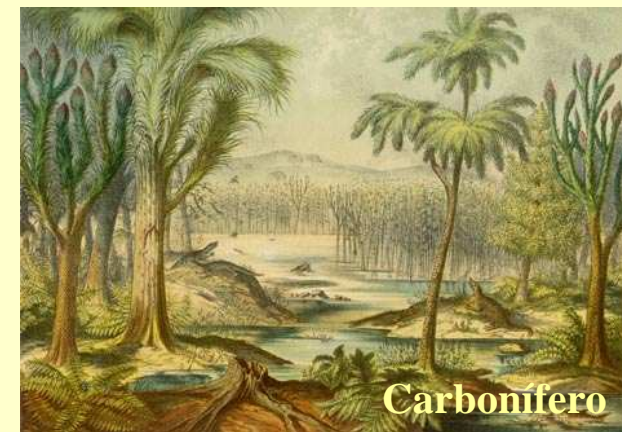
- *Lycopodiaceae*
- *Selaginellaceae*
- *Isoetaceae*

***Lycopodiophyta* comuns do período Carbonífero (360 milhões de anos atrás)**

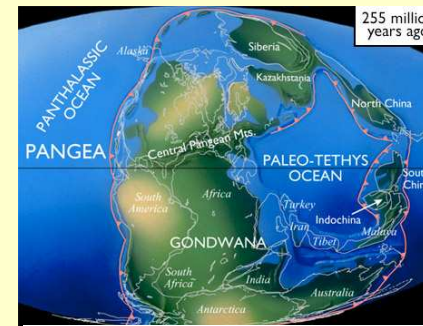
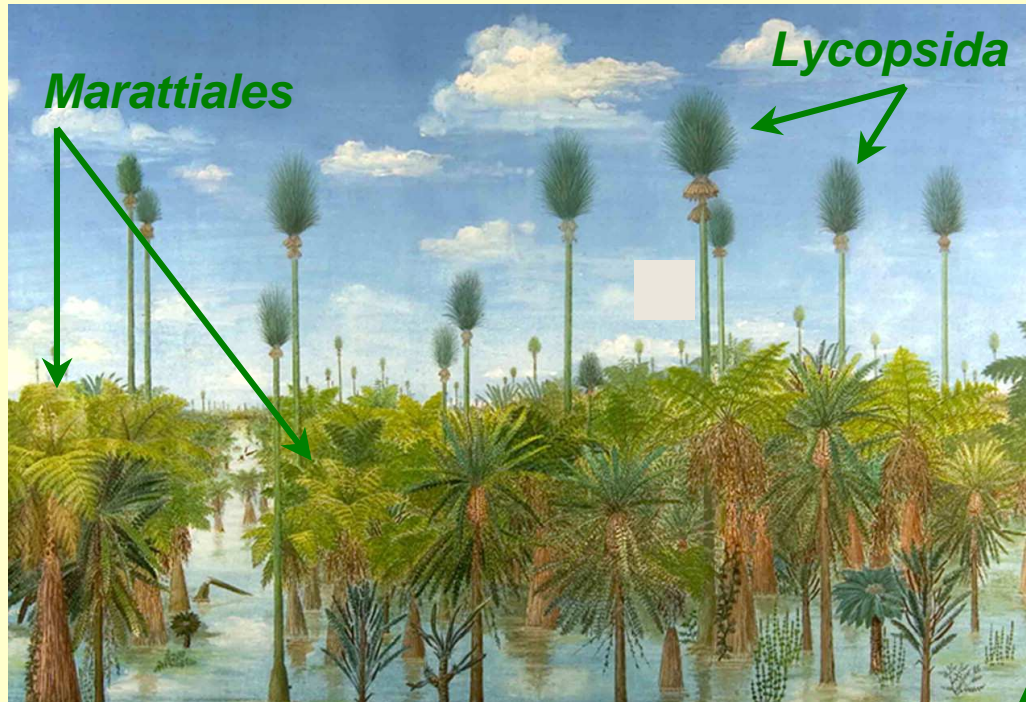


etapas do desenvolvimento

- existiam licófitas herbáceas e arbóreas (arbóreas extintas)
- árvores de 10 – 35 m de altura
- sistema radicular radial
- parte aérea fotossintetizante
- apresentavam algum crescimento secundário (câmbio vascular)
- microfílos com metros de extensão

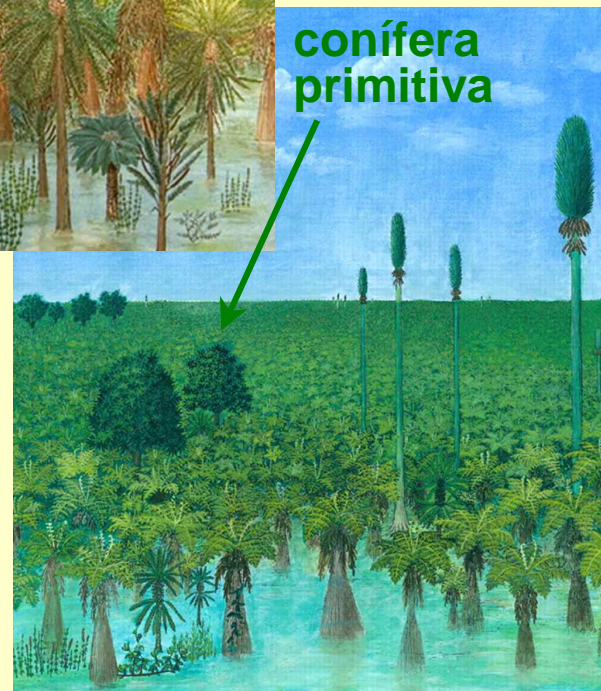
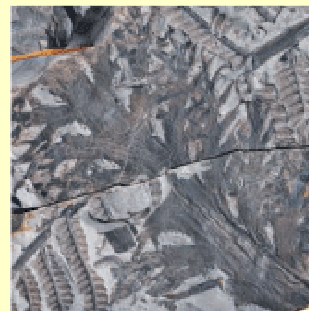


Reconstrução de floresta alagada do Permiano (Mongólia, China)



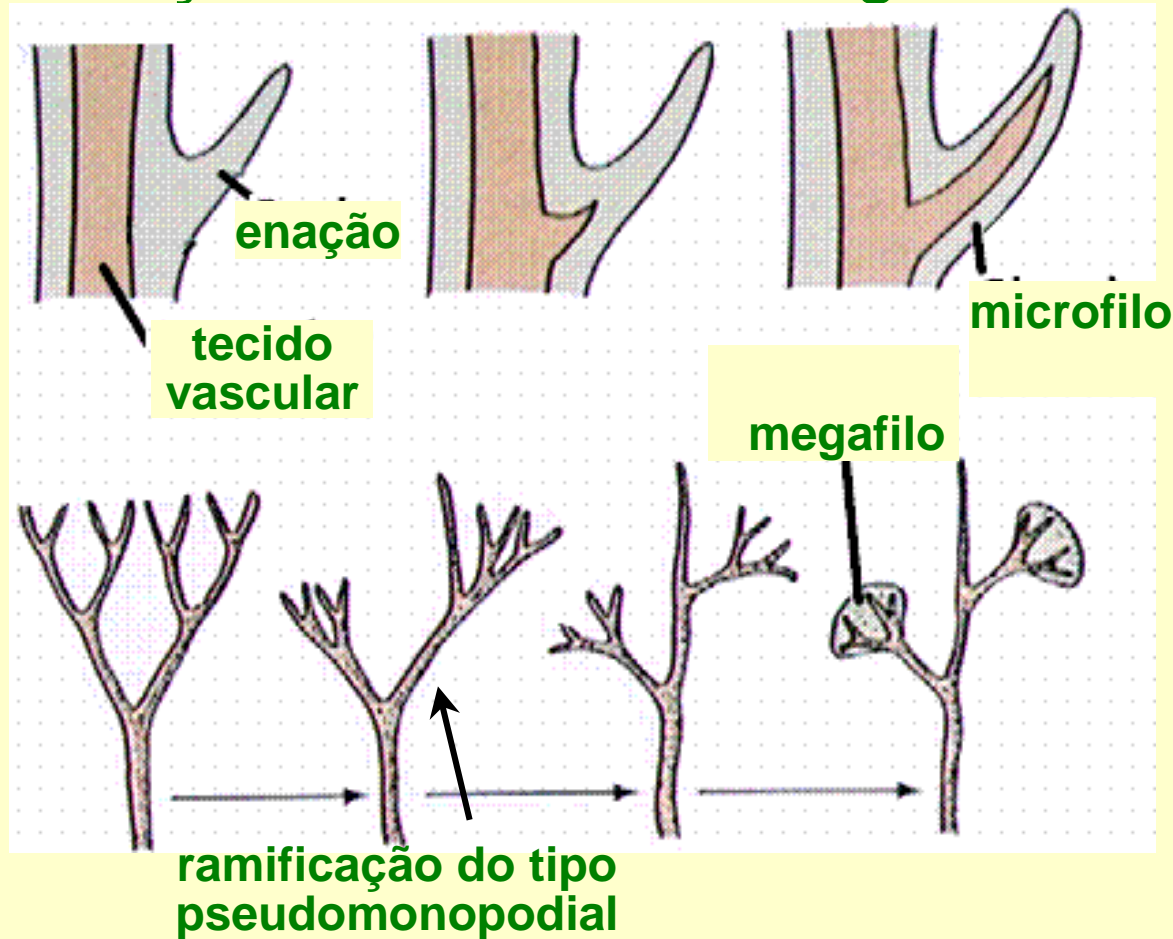
<http://www.paleoportal.org/>

Wang J et al. PNAS 2012;109:4927-4932



Plantas do filo *Lycopodiophyta* possuem microfílos

Evolução de microfílos e megafílos



Microfílos
(contém um único feixe vascular)

Megafílos
(têm complexo sistema de nervuras)

megafílos surgiram diversas vezes em diferentes grupos de plantas terrestres

Atualmente somente plantas do filo *Lycopodiophyta* possuem microfílos.

Família: *Lycopodiaceae*

- Cerca de 400 espécies divididas entre 15 gêneros.
- Ocorrem do ártico aos trópicos sendo que a maioria das espécies é tropical.
- São freqüentemente epífitas.



Esporófito:

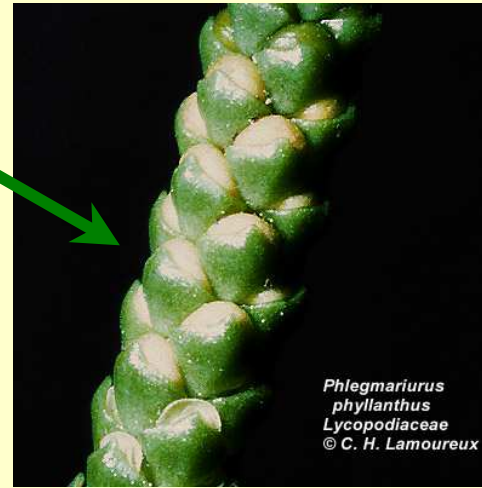
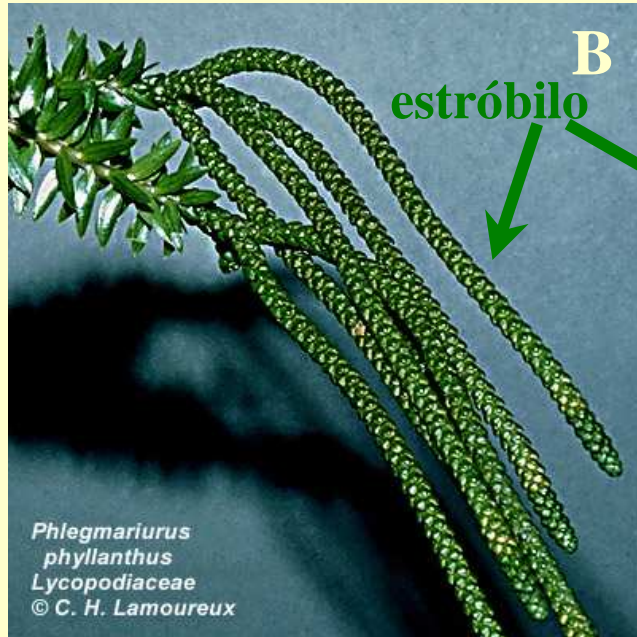
Rizoma ramificado com caules eretos e raízes adventícias.

Gametófito:

Dependendo da espécie, autotrófico ou heterotrófico.

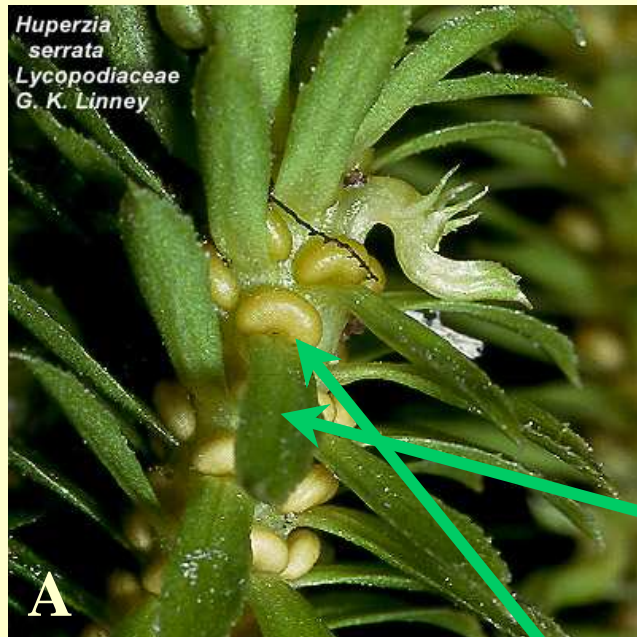
Filo *Lycopodiophyta*

Lycopodiaceae



Esporângios ao longo do caule (A) ou reunidos em estruturas chamadas de estróbilos (B).

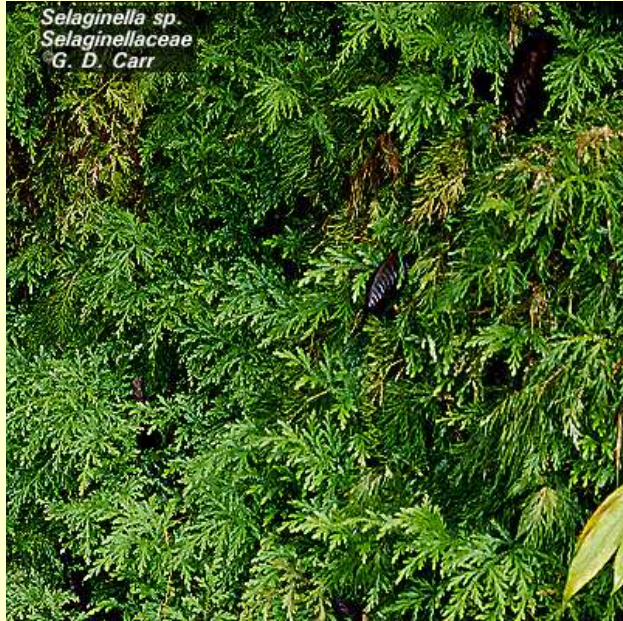
Homosporadas



esporófilo (microfilo fértil)

esporângios

Filo *Lycopodiophyta*



Família: *Selaginellaceae*

700 espécies reunidas em um único gênero: *Selaginella*
A maioria das espécies é tropical.



Podem ser facilmente distinguidas dos membros da família *Lycopodiaceae* devido a presença da lígula.

Filo *Lycopodiophyta*

Selaginellaceae



Selaginella deflexa
Selaginellaceae
G. K. Linney

Heterosporadas; esporos diferentes germinam dando origem a gametófitos femininos e masculinos muito reduzidos.

megaesporófilo

megaesporângeos

estróbilo

microesporófilo
microesporângeos



Selaginella sp.
Selaginellaceae
Gerald D. Carr

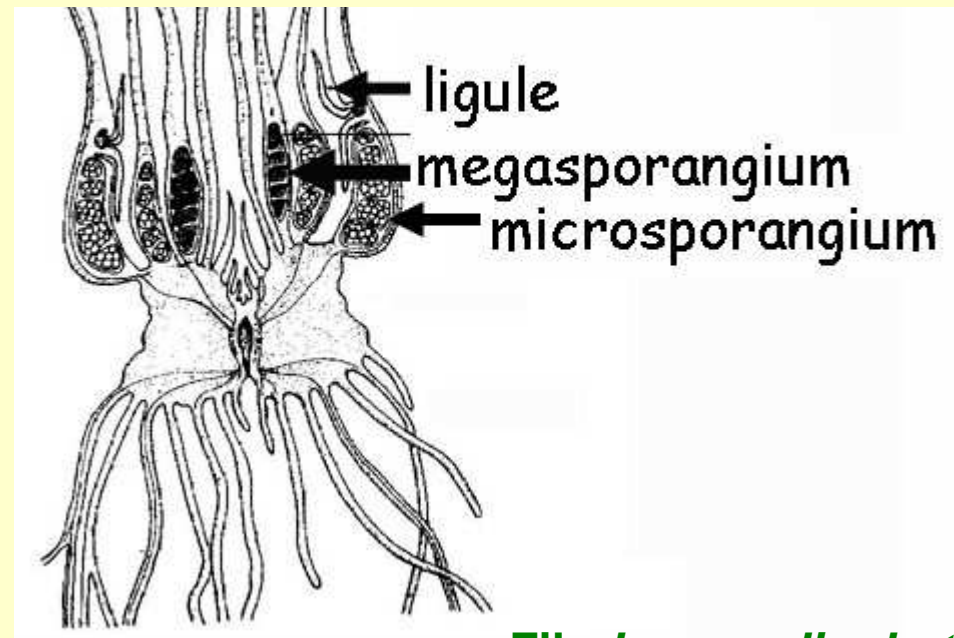
Filo *Lycopodiophyta*

Isoetaceae

Frequentemente aquáticas.

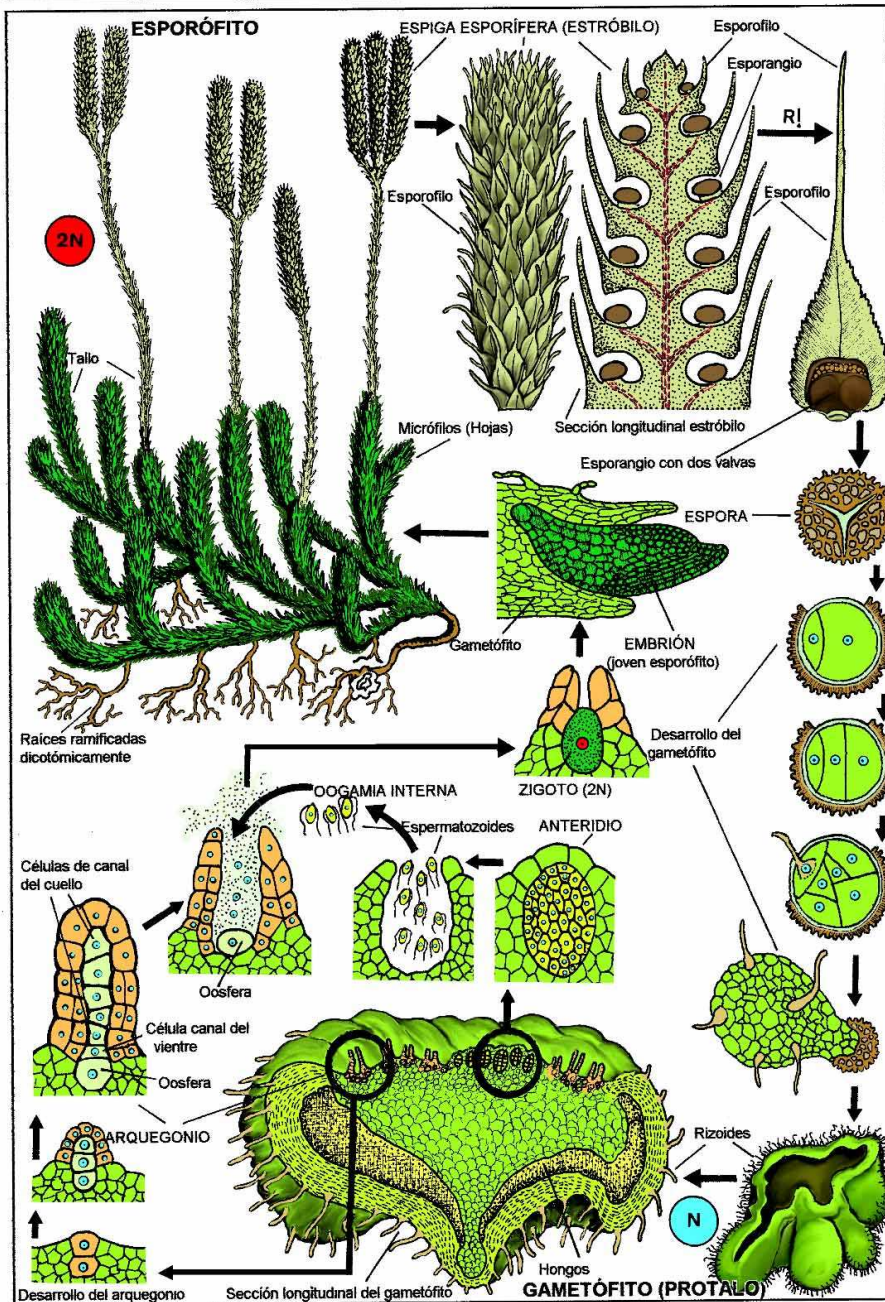
Esporófito:

- Caule subterrâneo curto e suculento de onde saem microfilos e raízes
- Ocorre crescimento secundário
- Heterosporadas



Filo *Lycopodiophyta*

**CICLO DE *LYCOPodium CLAVATUM* (Lycopodiales, Lycopodiophyta)
DIGENÉTICO HETEROMÓRFICO CON ESPORÓFITO DOMINANTE, DIPLOHAPLOFÁSICO.
ORGANISMO DIPLOBIÓNTICO e ISOSPÓREO**



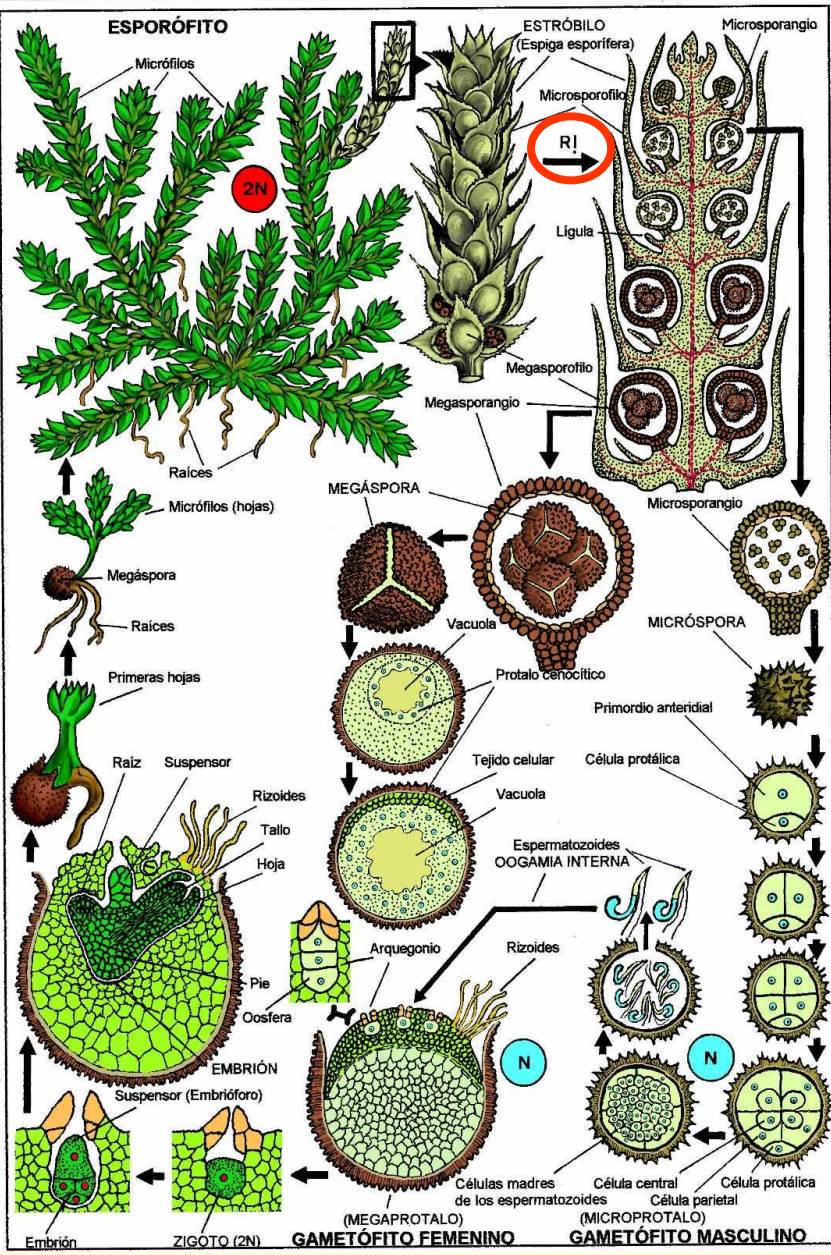
Filo *Lycopodiophyta*

Ciclo de vida de *Lycopodium* (homosporada)

alternância de gerações heteromórficas em que predomina a geração esporofítica

[http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imágenes/Lycopodium%20clavatum%20\(Lycopodiophyta,%20Lycopodiales\).JPG](http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imágenes/Lycopodium%20clavatum%20(Lycopodiophyta,%20Lycopodiales).JPG)

**CICLO DE *SELAGINELLA DENTICULATA*. (Selaginellales, Lycopodiophyta)
DIGENÉTICO HETEROMÓRFICO CON ESPORÓFITO DOMINANTE, DIPLOHAPLOFÁSICO.
ORGANISMO DIPLOBIÓNTICO y HETEROSPÓREO**



Família: *Selaginellaceae*

Ciclo de vida de *Selaginella* (heterosporada)

alternância de gerações heteromórficas em que predomina a geração esporofítica

Filo *Lycopodiophyta*

Evolução de plantas terrestres

<http://www.abdn.ac.uk/rhynie/intro.htm>

http://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_history_of_plants

<http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Dir.html>

<http://www.palaeobotany.org/>

Evolução da vida ao longo das eras geológicas:

<http://universe-review.ca/R10-23-plants.htm>

<http://sci.waikato.ac.nz/evolution/plantEvolution.shtml>

<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/biobk/biobookpaleo3>

[.html](#) **belo site que descreve a vida na terra nas várias eras geológicas**

<http://evolution.berkeley.edu/> **(tópicos de interesse para professores, com guias para aulas práticas simples para alunos de escolas)**