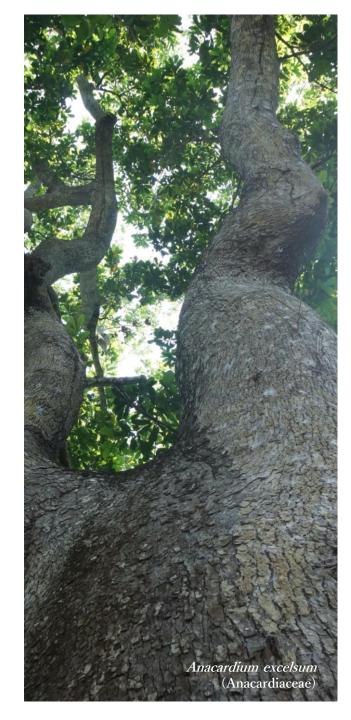


História das árvores - de onde vêm, como evoluíram e porque é bom ser árvore?

Carlos Aguiar



Índice



1.	O que é uma árvore?	slide 3
2.	As cores da Terra	slide 6
3.	A revolução Devónica	slide 12
4.	Do Carbonífero ao Cretácico	slide 20
5.	Porque é bom ser árvore?	slide 25

O que é uma árvoré?



Os arbustos ramificam-se desde a base e raramente têm mais de 5 metros de altura.

As árvores têm um tronco indiviso ramificado a uma distância variável do solo.

Construção do esqueleto das árvores:

- Dominância apical
- Acrotonia dominante

As árvores são arbustos pediculados.

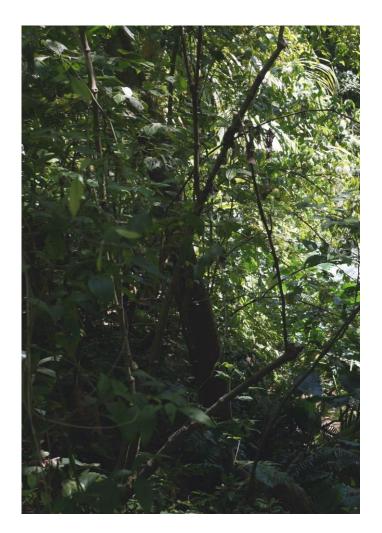
Castanheiros em floração em Trás-os-Montes

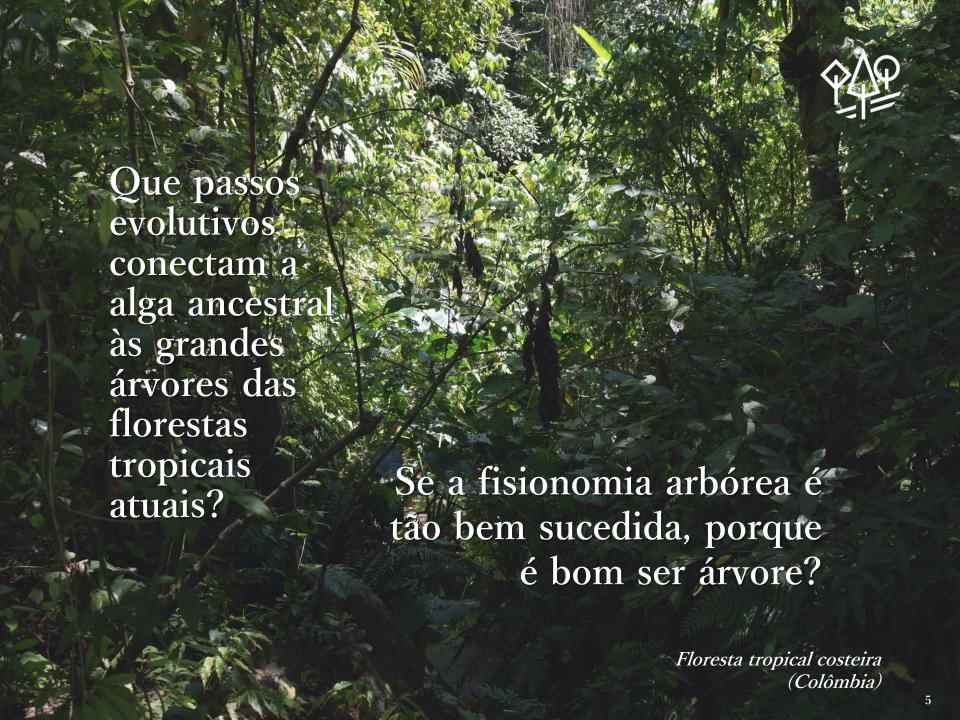
Quantas árvores? Quanta floresta?



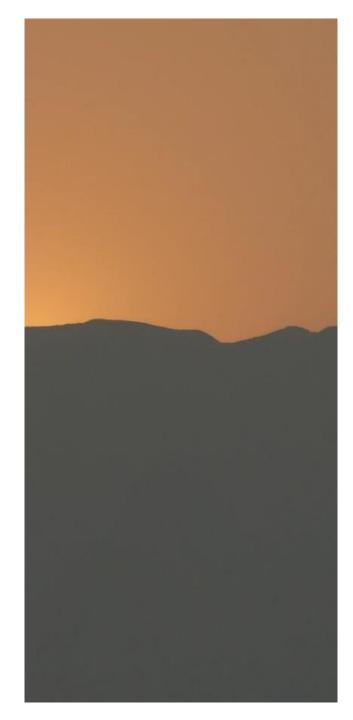
As árvores nos ecossistemas atuais:

- Cerca de 30% das angiospérmicas atuais, ~100 000 espécies, são árvores, sendo as restantes herbáceas ou arbustivas
- A grande maioria das 1026 espécies de gimnospérmicas conhecidas são igualmente arbóreas
- 27% da superfície terrestre está coberta por florestas e as árvores comportam 90% da biomassa terrestre











Sob a atmosfera redutora hádica e arcaica (> 2500 M.a.) dominavam as cores cinzenta e/ou negra das rochas continentais (as rochas de cores claras como o granito eram ainda incomuns) e o azul dos mares. O céu era rosado e o Sol, ainda frio, inundava a Terra de uma luz alaranjada, numa espécie de permanente pôr do Sol.

Do Proterozoico em diante, com a génese de uma atmosfera oxidante (com um pico em 2260 M.a.), as rochas tomaram progressivamente cores castanho-avermelhadas e o céu ficou azul com a diferenciação da camada de ozono.

A cor esmeralda que hoje enobrece o planeta é, porém, muito mais tardia...

Crostas de cianobactérias no deserto do Namibe (Angola), um ecossistema ancestral que provavelmente recua à evolução das cianobactérias, há mais de 2250 M.a.

As plantas nasceram no mar há mais de 1500 M.a., na segunda metade do Paleoproterozoico.

Aventuram-se em terra 1000 M.a. depois, no final do Câmbrico - início do Ordovícico (515-482 M.a.).

Proterocladus antiquus, alga verde marinha pluricelular e macroscópica(c. 2 mm de comprimento), foi um produtor primário nos ecossistemas bênticos na transição do Meso para o Neoproterozoico (c. 1000 M. a.)



As plantas incluem 4 grandes grupos:

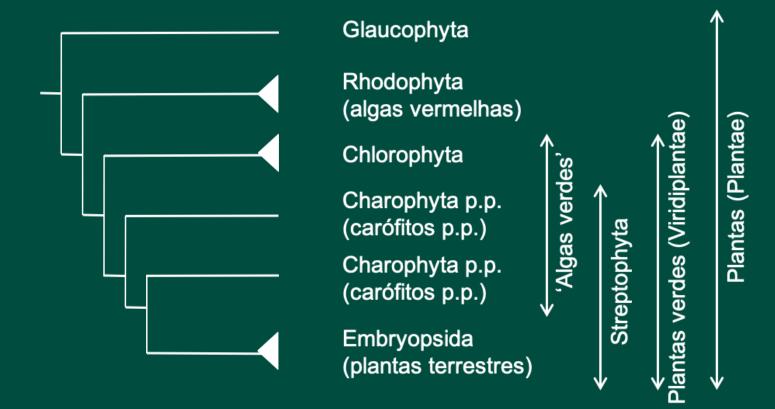
- glaucófitos,
- algas vermelhas,
- algas verdes,
- plantas terrestres.

As primeiras plantas terrestres assemelhavam-se, provavelmente, às atuais hepáticas *Marchantia polymorpha* (Marchantiaceae).

As plantas com sistema vascular, evoluíram no Silúrico (444-419 M.a.).



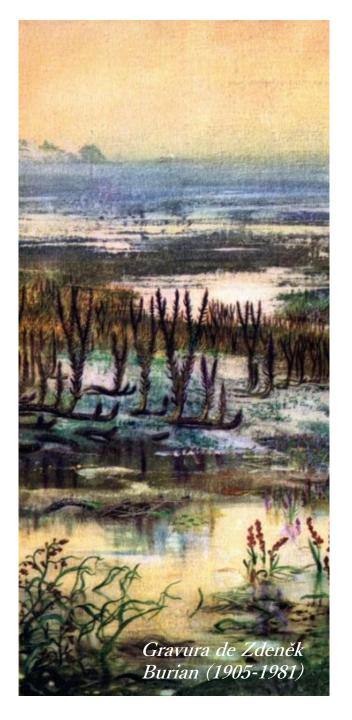




A cor esmeralda da terra firma alastra com a revolução
Devónica e consolida-se no
Carbonífero.









O Devónico (419-359 M.a.) é um momento chave da evolução das plantas:

- As plantas vasculares enrobusteceram-se e complexificaram-se no final do Silúrico-início do Devónico;
- Seguiu-se primeiro a evolução da raiz e pouco depois do megafilo (folha verdadeira);
- No final do Devónico surge a semente (365-330 M.a.).

Consequências ambientais da "invenção" da raiz e da folha:

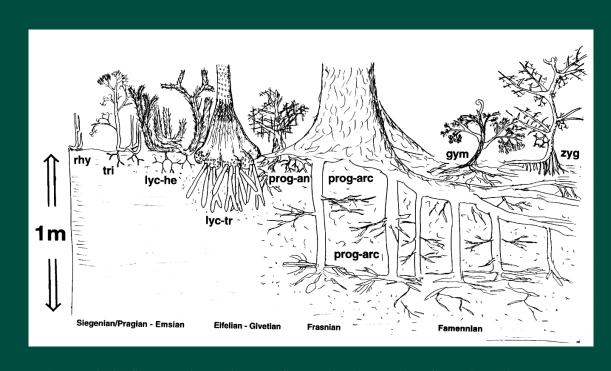
- Descida da [CO₂]_{atm}
- A extinção frasniano-fameniana (~360 M. a.);
- Idade do Gelo Paleozoica Superior (~330-290) [Carbonífero].



Evolução da raiz:

Dimensão relativa, forma e profundidade dos sistemas vasculares de espécies no...

- Devónico Inferior (Pragiano-Emsiano),
- Devónico Médio (Eifeliano-Givetiano);
- Devónico Superior (Frasniano-Fameniano).

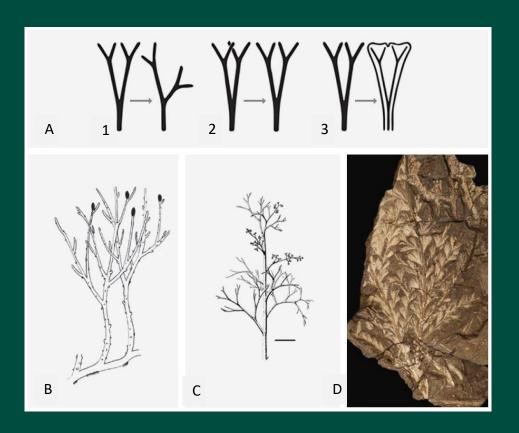


rhy – riniófitos; tri – trimerófitos; lyc-he – licófitos basais herbáceos; lyc-tr – licófitos basais arbóreos; prog-an – progimnospérmicas Aneurophytales; prog-arc – progimnospérmicas Archaeopteridales; gym – gimnospérmicas basais; zyg – polipodiófitos basais



Evolução do megafilo

- A. Sequência de três processos elementares na evolução dos megafilos a partir de um sistema de telomas: 1 culminação; 2 planação; 3 concrescência.
- B. Ramificação simples de *Rhynia* (riniófito, c. 410 M.a.).
- C. Planação em *Actinoxylon* (progimnospérmica, c. 380 M.a.).
- D. Concrescência em *Archaeopteris* (progimnospérmica, c. 370 M.a).





Oportunidades evolutivas abertas pelo megafilo (folha verdadeira):

- Os megafilos incrementaram, em simultâneo, a eficiência da interceção da luz e da fotossíntese (sob uma atmosfera cada vez mais pobre em CO₂);
- A maior produção de fotossintetizados por unidade de massa e a prévia evolução da raiz possibilitaram um aumento da massa e da altura dos esporófitos, que por sua vez favoreceu a evolução de uma vasculatura mais eficiente;
- A meio do Devónico surge o câmbio vascular e o crescimento secundário (evolução dos lenhófitos).

A fisionomia arbórea é outra "invenção" devónica.









As primeiras florestas

- No início do Devónico, as plantas terrestres não ultrapassavam os 30 cm de altura;
- No final do Devónico (Frasniano; ca. 360 M.a.)
 os grandes fetos arbóreos Archaeopteridales
 atingiam mais de 1,5 m de diâmetro e 30 m de
 altura, e distribuíam-se desde os trópicos até às
 paleolatitudes boreais;
- As formações de *Archaeopteris* constituíram as primeiras florestas de árvores com megafilos e anatomia e fisionomia modernas.

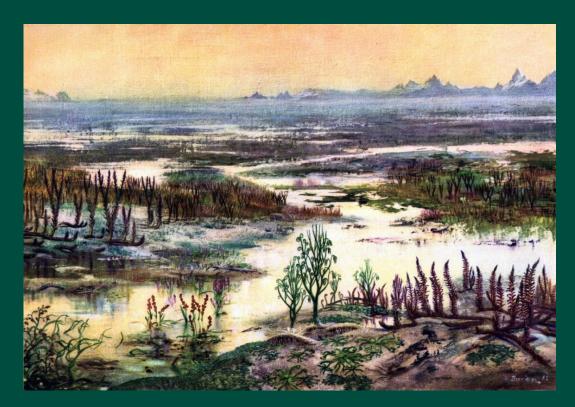
A fisionomia de árvore evoluiu de forma recorrente e independente em vários grupos de plantas vasculares.



Evolução da paisagem Devónica: reconstrução da paisagem vegetal

No Devónico Inferior, dominaram pequenas plantas vasculares herbáceas (riniófitos, trimerófitos e zosterofilófitos).

Genericamente, estes grupos extinguiram-se na transição Frasniano -Fameniano (~360 M. a.), no Devónico Superior.



Gravura de Zdeněk Burian (1905-1981)



Evolução da paisagem Devónica: reconstrução da paisagem vegetal

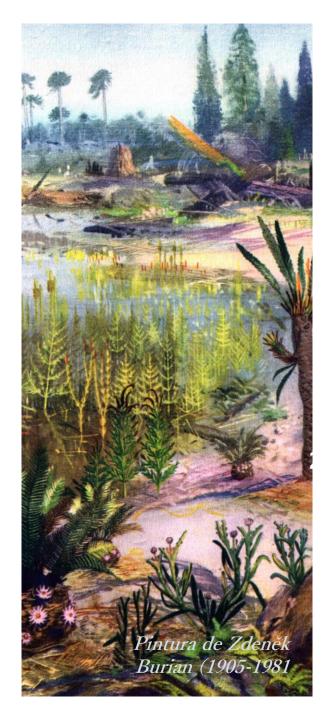
No Devónico Médio, verifica-se um avanço das plantas para biótopos um tanto mais secos e a emergência de árvores e outras plantas lenhosas com crescimento secundário.

No canto superior esquerdo, identificam-se duas árvores: da esquerda para a direita, uma pteridospérmica Medullosales (na realidade uma árvore carbonífera) e um licófito. Os mesmos grupos repetem-se no lado esquerdo.



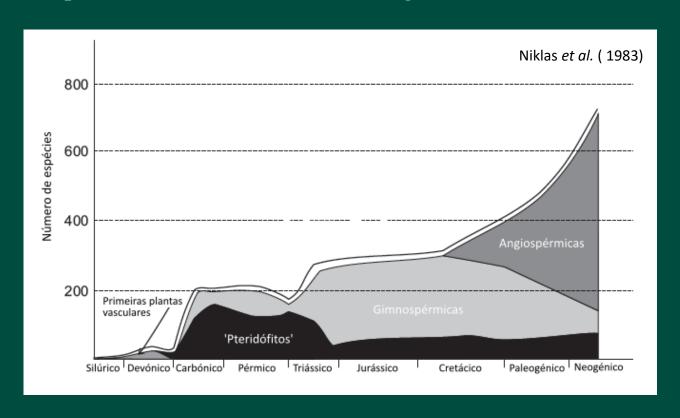
Gravura de Zdeněk Burian (1905-1981)







A evolução das plantas prosseguiu com períodos de prologada estase evolutiva, interrompidos por fases de intensa inovação, sempre com uma dominância ecológica das formas arbóreas.

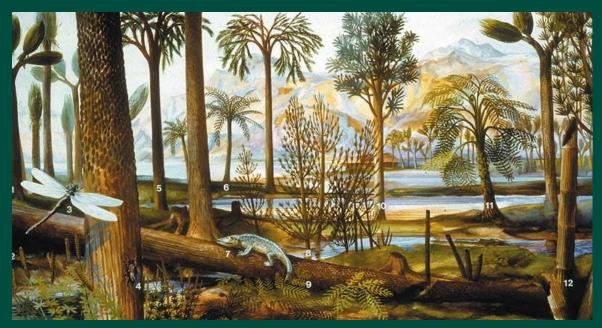




Florestas tropicais turfosas carboníferas:

Muitas árvores das florestas pantanosas carbónicas atingiam alturas assinaláveis.

Por exemplo, os Medullosales alcançavam 10 m, os *Psaronius* 15 m, os *Calamites* 20 m, os *Lepidodendron* e as *Sigillaria* 30 m.



Pintura de Arthur Singer (1917-1990)

1. Sigillaria (licófito); 2. Sphenophyllum (equisetófito); 3. libélula Meganeura (Odonata); 4. barata (Blattoptera); 5. Lepidodendron (licófito); 6. Psaronius (feto marattófito); 7. Anfíbio; 8. Calamites (equisetófito); 9. Mariopteris (pteridospérmica); 10. Bothrodendron (licófito); 11. Pteridospérmica Medullosales; 12. Tronco morto de Calamites (equisetófito).



Paisagem mesozoica no atual centro da Europa

Em frente, ao centro, três acrogimnospérmicas Bennettitales: (1) Cycadeoidea, (2) Williamsonia sewardiana e (3) Wielandiella angustifolia.

No centro da Figura (6), uma comunidade semiterrestre de equisetófitos, com plantas dos géneros Equisetites (6a), Neocalamites e Schizoneura (6b). À esquerda, fetos com semente Medullosales (4), com um sub-bosque de fetos (polipodiófitos) da família Dipteridaceae (5).



Pintura de Zdeněk Burian (1905-1981)

Ao fundo, Araucaria (7) e outras coníferas (8), com um sub-bosque de fetos, as plantas forrageiras dos dinossauros.



As plantas com flor entram em cena

As angiospérmicas têm uma origem disputada que pode recuar ao Triásico Médio (247-195 M.a.)

As angiospérmicas emergem da sombra dos bosques de grandes angiospérmicas no Cretácico inferior e radiam intensamente no Cretácico inferior (145-101 M.a.).



Foto panorâmica de bosques de lenga (Notophagus pumilio) na fronteira Chile-Argentina

As árvores angiospérmicas aparecem no Cenomaniano (101-94 M.a., Cretácico Superior), mas as florestas com grandes árvores emergentes angiospérmicas de arquitetura complexa são mais tardias, do Paleocénico (66-56 M.a.).



Porque é bom ser árvore?



Porque é bom ser árvore?

A evolução de plantas cada vez maiores e o aparecimento das primeiras árvores e das primeiras florestas:

- Competição pela luz (exclusão de competidores mais fracos);
- Dispersão eficiente dos esporos (e mais tarde das sementes).

Outras vantagens:

- Resistência à escassez temporária de recursos (e.g., água e nutrientes armazenados no tronco);
- Resistência (através do distanciamento da canópia) à perturbação pelo fogo e pela herbivoria;
- O ciclo de vida longo reduz os riscos de extinção local;
- Elevada atração de mutualistas.

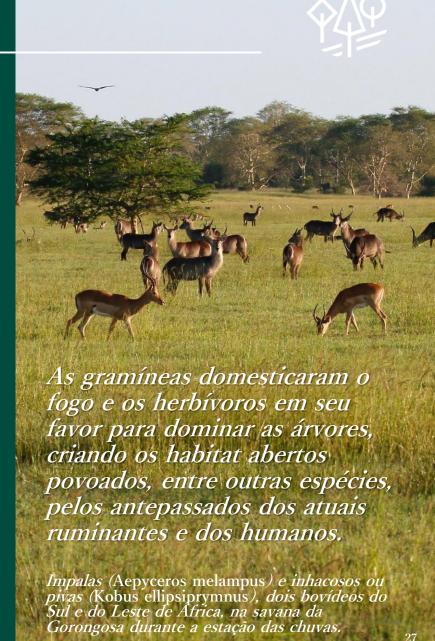


Árvores e seus inimigos

A imobilidade durante períodos tão prolongados de tempo tem riscos:

- Elevados custos de manutenção (a proporção de células fotossintéticas/nº. total de células é menor nas árvores),
- Sensibilidade a catástrofes (ex. ventos ciclónicos),
- Acumulação de mutações somáticas,
- Exposição a pragas, parasitas e à herbivoria,
- Acumulação de grandes massas de combustíveis.

Algumas plantas aproveitaram-se das debilidades da fisionomia arbórea sendo o melhor exemplo as gramíneas, quando a sazonalidade climática se intensificou no Miocénico (23-5 M.a.).



Para saber mais

- Aguiar, C. (2020). Estrutura e Biologia de Plantas. Coleção Botânica em Português I. Lisboa: Lisboa Capital Verde Europeia 2020, Imprensa Nacional Casa da Moeda.
- Aguiar, C. (2021). A Evolução das Plantas. Botânica em Português II.
 Lisboa: Lisboa Capital Verde Europeia 2020, Imprensa Nacional Casa da Moeda.
- Morris, J. L., Puttick, M. N., Clark, J. W., Edwards, D., Kenrick, P., Pressel, S., ... Donoghue, P. C. J. (2018). *The timescale of early land plant evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(10), E2274 LP-E2283.
- Petit, R. J., & Hampe, A. (2006). Some Evolutionary Consequences of Being a Tree. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 37, 187–214.



Biografia





Carlos Aguiar Professor de Botânica no Instituto Politécnico de Bragança

cfaguiar@ipb.pt

Engenheiro agrónomo e professor de botânica no Instituto Politécnico de Bragança, Carlos Aguiar dedica-se há mais de 30 anos ao estudo da flora e vegetação do norte e centro de Portugal, e do arquipélago dos Açores.

Os seus interesses de investigação estendem-se ainda à agronomia e ecologia de pastagens, às interações herbívorosfogo-plantas pratenses, e à história da agronomia.

Como amador dedica-se à fotografia de flora e de abelhas solitárias.



Obrigado

