

"GIMNOSPERMAS": 7 TÓPICO

CARACTERIZAÇÃO, DIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Déborah Yara A. C. dos Santos
Fanly Fungyi Chow Ho

- 7.1 Introdução
- 7.2 Origem das "gimnospermas" - Progimnospermas
- 7.3 Características gerais das "gimnospermas"
- 7.4 "Gimnospermas" extintas
- 7.5 "Gimnospermas" atuais
 - 7.5.1 Cycadophyta
 - 7.5.2 Ginkgophyta
 - 7.5.3 Coniferophyta
 - 7.5.3.1 Ciclo de vida em coníferas
 - 7.5.4 Gnetophyta

7.1 Introdução

Como estudamos no tópico anterior, o **surgimento da semente** como novidade evolutiva em algumas linhagens das plantas vasculares foi, certamente, um dos eventos mais espetaculares na evolução dessas plantas.

Você lembra?

A estrutura da semente, seu desenvolvimento e suas funções já foram descritas no tópico anterior “Fisiologia das plantas com sementes”.

Todas essas plantas formam as Spermatophyta, antigamente designadas como fanerógamas, com cinco linhagens viventes: Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta, Gnetophyta e Anthophyta (ou Angiospermae). Este último filo corresponde às angiospermas ou plantas com flores e será tratado em detalhe nos próximos tópicos. Os outros quatro filos foram, durante muito tempo, tratados conjuntamente como “Gimnospermae” (*gymnos-* nu; *sperm-* semente). No entanto, atualmente, em vista da escola cladística, sabemos que as “gimnospermas” não formam um grupo monofilético.

Vale lembrar que os nomes de grupos de organismos escritos entre aspas, nesta disciplina, referem-se a designações ainda usadas por serem tradicionais e didáticas, mas não válidas à luz da escola filogenética (**Figura 7.1**).

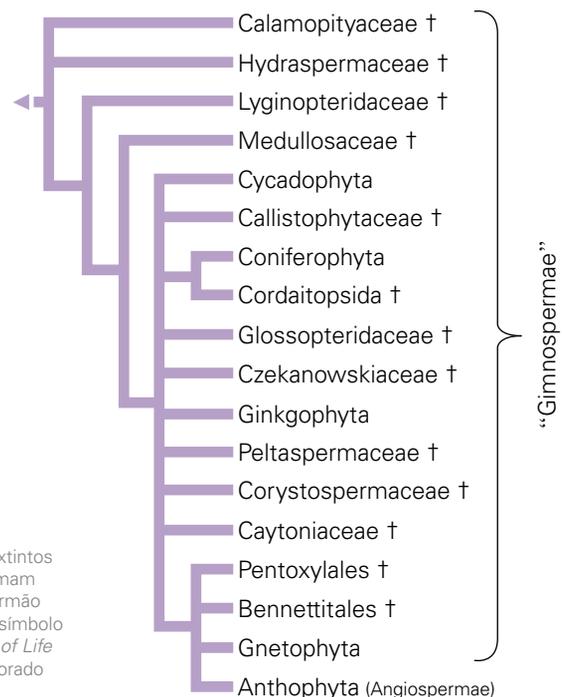


Figura 7.1: Hipótese filogenética com grupos viventes e extintos de espermatófitas. Note que as “gimnospermas” não formam um grupo monofilético. Gnetophyta aparece como grupo irmão das plantas com flores (Angiospermas ou Anthophyta). O símbolo † representa grupos extintos. / Fonte: Modificado de *Tree of Life Web Project* disponível em <<http://tolweb.org/tree/>>; Elaborado por USP/Univesp.

7.2 Origem das “gimnospermas”: Progimnospermas

As plantas com semente, principalmente as angiospermas, são, de longe, a linhagem mais diversificada dentro das plantas vasculares. O sucesso evolutivo das espermatófitas (“gimnospermas” e angiospermas) é, pelo menos em parte, devido à semente. Evidências morfológicas para a monofília das espermatófitas incluem a presença da própria semente, além de características vegetativas, como a produção de lenho através da atividade de um meristema secundário – o câmbio. A origem e evolução da semente data do final do Devoniano há cerca de 385 milhões de anos (**Figura 7.2**).

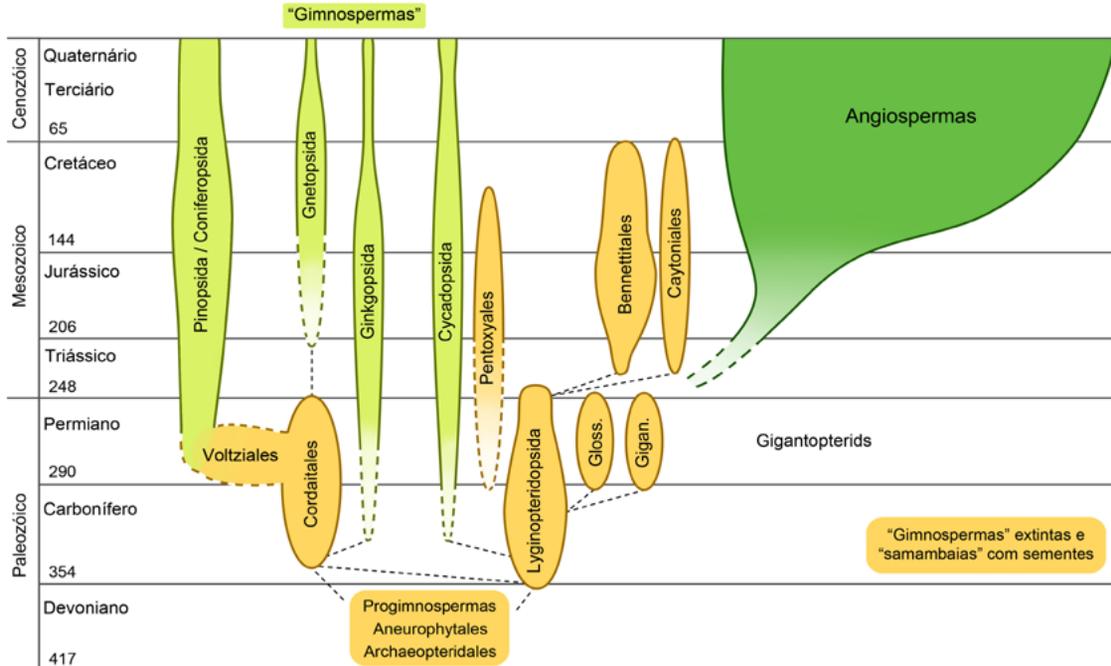


Figura 7.2: Hipótese filogenética do surgimento das plantas com sementes, inclusive os principais clados de “gimnospermas” e angiospermas. As linhas pontilhadas indicam que as relações evolutivas entre alguns grupos ainda não são totalmente conhecidas. Os grupos de “gimnospermas” extintos (fósseis) estão realçados em laranja: Lyginopteridopsida (“samambaias com sementes” – Pteridospermas). Os grupos de espermatófitas viventes estão realçados em verde. / Fonte: Modificado de *The Seed Biology Place* <<http://www.seedbiology.de/evolution.asp#evolution>>; Elaborado por USP/Univesp.

As progimnospermas (Progymnospermophyta) são plantas extintas, que apresentavam características intermediárias entre plantas vasculares sem sementes e com sementes. Apesar de se reproduzirem por meio de esporos com dispersão livre, apresentavam xilema secundário, formando um lenho muito parecido com o de algumas “gimnospermas” atuais. Além disso, também apresentavam floema secundário, ou seja, essas plantas apresentavam um **câmbio vascular** capaz de produzir tanto xilema quanto floema, típicos de plantas vasculares.

Fósseis de uma progimnosperma conhecida como *Archaeopteris* mostram que essas plantas foram espécies dominantes nas florestas entre 370 milhões e 340 milhões de anos atrás. Essas plantas apresentavam diversas características similares às “gimnospermas” atuais como: arranjo do sistema vascular do tipo **eustelo** (ou seja, com tecidos vasculares isolados distribuídos ao redor da medula); algumas espécies **heterosporadas** (com formação de esporos especializados diferentes: megásporos ou esporos femininos e micrósporos ou esporos masculinos); caules com diâmetros estimados em mais de um metro e 10 metros de altura – indicando algumas espécies de grande porte. No entanto, também apresentavam características semelhantes a samambaias: ramos laterais achatados com estruturas laminares consideradas folhas, folhas compostas por vários folíolos ou pinas, conhecidos também como frondes. Ou seja, as espécies de *Archaeopteris* eram árvores com o tronco (lenho) semelhante aos pinheiros atuais, porém, com folhas semelhantes às de samambaias.

A heterosporia é considerada uma condição essencial para o surgimento das sementes. Os fósseis mais antigos de óvulos e de sementes são do final do Devoniano.

As primeiras plantas com semente ou estruturas semelhantes a sementes foram as “samambaias com sementes” (**Lyginopteridopsida** ou **Pteridosperma**) presentes no período Devoniano.

As pteridospermas foram um grupo parafilético de “gimnospermas” fósseis. Vários tipos de estruturas semelhantes a sementes são conhecidos pelo registro fóssil, evidenciando a sua origem dessa época.

A semente pode ter evoluído uma ou várias vezes durante a evolução. No entanto, três grandes eventos foram importantes para a transição das progimnospermas e/ou pteridospermas para as “gimnospermas”:

1. A evolução da homosporia para heterosporia, acompanhada da passagem de um megasporângio com muitos esporos para um megasporângio com apenas um megásporo funcional;
2. O surgimento de um tecido envolvendo o megasporângio – o tegumento – formando o óvulo. Esse tegumento, após a fecundação, será o revestimento da semente;
3. A evolução de estruturas receptoras ao grão de pólen. Este aspecto inclui a transição para a independência da água para que ocorra a fecundação.

Dessa maneira, acredita-se que as plantas com semente tenham evoluído a partir de plantas muito semelhantes às progimnospermas.

7.3 Características gerais das “gimnospermas”

Assim como todas as espermatófitas, as “gimnospermas” são **heterosporadas**, apresentam **endosporia** (desenvolvimento do gametófito dentro da parede do esporo), apresentam redução no número de **megásporos** para um e sua retenção dentro do megasporângio; possuem megasporângio completamente envolvido por um tecido – **tegumento** – exceto na porção distal chamada **micrópila**, por onde entra o grão de pólen. Como já foi visto, todos esses fatores devem ter contribuído para a evolução das **sementes**.

As “gimnospermas” são plantas com corpo vegetativo organizado em **raiz, caule e folhas**, apresentando, em muitos casos, crescimento secundário. São **traqueófitas**, apresentando **xilema** e **floema**. As “gimnospermas”, como diz o próprio nome, apresentam “**sementes nuas**”, isto é, seus óvulos e sementes são expostos.

Em alguns grupos, esses elementos reprodutivos são agrupados em estruturas chamadas **estróbilos** ou cones. Esses estróbilos são ramos caulinares modificados, de crescimento determinado, formados por um eixo com **esporofilos** (estróbilo simples) ou **escamas ovulíferas** (estróbilo composto) que portam esporângios.

O ciclo de vida é do tipo **haplodiplobionte** (ou diplobionte), com alternância de gerações das fases gametofítica (haploide, n) e esporofítica (diploide, $2n$), sendo esta última predominante.

O gametófito feminino haploide (ou **megagametófito**) desenvolve-se a partir de **um megásporo funcional** (n) dentro do **megasporângio** diploide (ou nucelo). O megagametófito

das “gimnospermas” produz vários arquegônios (n) com gametas femininos (oosferas). Como resultado, após a fecundação, vários embriões ($2n$) podem se desenvolver dentro de uma única semente. A poliembriõnia nas sementes de “gimnosperma” é um fenômeno frequente. No entanto, na maioria dos casos, apenas um embrião sobrevive.

Nessas plantas há maior, ou completa, independência da água para a reprodução, que deixa de ser por oogamia, passando a ser por **sifonogamia**, com desenvolvimento do tubo polínico, que carrega os gametas masculinos. Nas “gimnospermas”, o **grão de pólen** (gametófito masculino – **microgametófito** – parcialmente desenvolvido) é transferido pelo vento até as proximidades de um megagametófito dentro de um óvulo. Esse processo é chamado **polinização**. Através da micrópila, uma abertura no tegumento que envolve o megasporângio, há a fecundação. Não há formação de anterídios nas “gimnospermas”, assim como nas angiospermas (**Figura 7.3**).

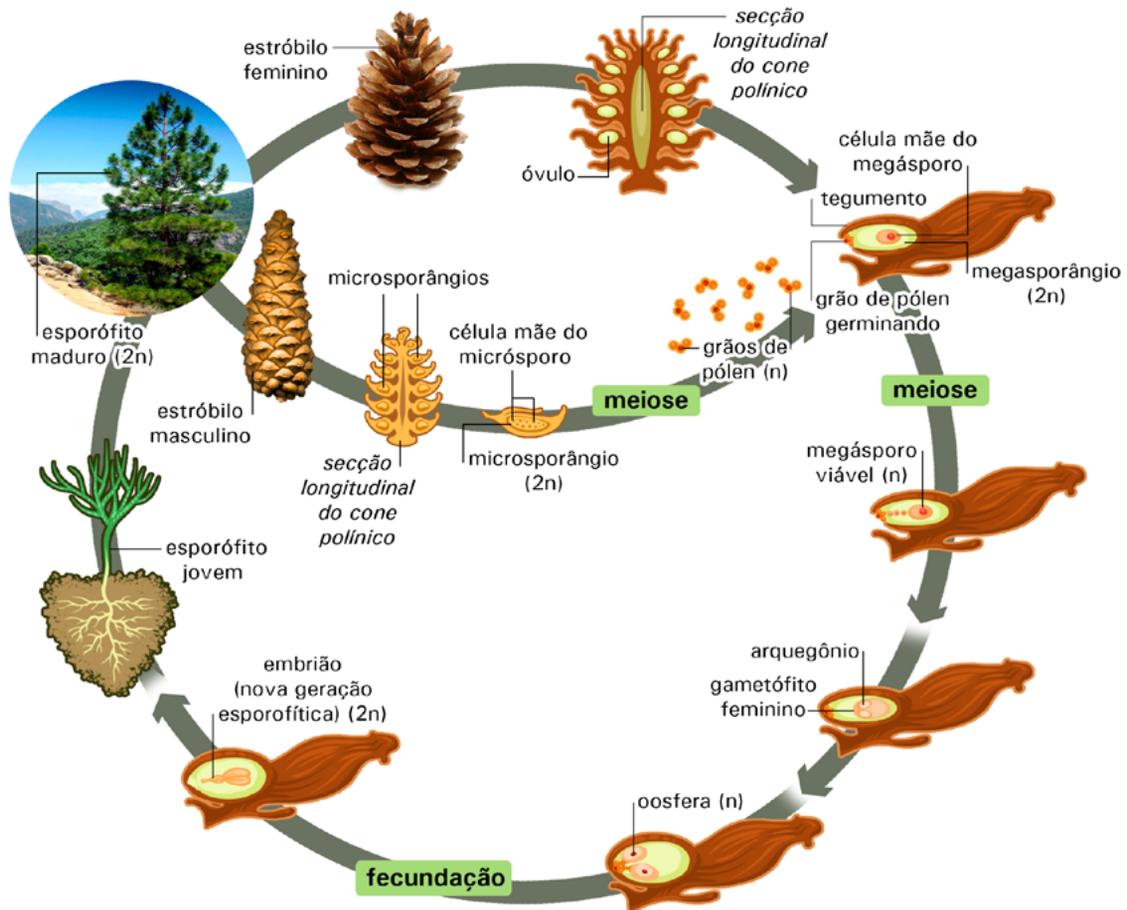


Figura 7.3: Ciclo de vida geral de uma conífera. / Fonte: Modificado de CAMPBELL *et al.* 2010. Biologia. p. 624; Elaborado por USP/Univesp.



Agora é a sua vez

Antes de prosseguir a leitura do texto, responda à atividade 7.1.

7.4 “Gimnospermas” extintas

Como mencionado anteriormente, existem quatro linhagens de “gimnospermas” atuais. Entretanto, esse grupo de espécies foi muito abundante entre o Carbonífero e o Jurássico, havendo, portanto, várias linhagens extintas (**Figura 7.1**).

As Pteridospermas, como já foi dito, formam um grupo não natural, muito diverso, que ocupou a Terra entre o Devoniano e o Jurássico. Essas plantas, inclusive as espécies de *Medullosa*, por exemplo, estão posicionadas na base das plantas com sementes. As Pteridospermales, acredita-se, dominaram as regiões tropicais da Euroamérica durante o Carbonífero, junto com outras “pteridófitas” e as primeiras “gimnospermas”. O registro fóssil mostra desde plantas com aparência de samambaias até árvores altas e lenhosas. As Pteridospermales existiram até a era Mesozoica.

As Cordaitales, outro grupo de “gimnospermas” extintas, ocupavam tanto regiões pantanosas quanto regiões mais secas durante o Carbonífero. Alguns dos seus representantes eram arbustivos, enquanto outros apresentavam porte arbóreo atingindo 15 – 30 metros, sendo muito ramificados. Apresentavam folhas longas em forma de fita, dispostas espiraladamente no ápice dos ramos, caules e raízes, com crescimento secundário e estruturas semelhantes a estróbilos. Sobreviveram até o final do Permiano, período mais seco e mais frio que seguiu o Carbonífero.

As Bennettitales (ou cicadoideas) eram plantas semelhantes a palmeiras, que lembravam as cicas atuais, que formavam a vegetação dominante no Mesozoico, tendo sido extintas durante o Cretáceo. Para alguns botânicos, essas plantas seriam da mesma linhagem evolutiva das angiospermas. No entanto, sua posição filogenética não é completamente esclarecida. A característica mais interessante dessas plantas era a presença de estruturas reprodutivas semelhantes a flores, bissexuadas em algumas espécies.

Caytoniales, outra ordem extinta, apresenta registro fóssil da mesma época que as Bennettitales. No entanto, são plantas com características semelhantes às pteridospermas, sendo também tratadas como “samambaias com sementes”, pois, apesar de apresentarem semente, tinham folhas semelhantes às de samambaias. Acredita-se que tenham vivido em terras úmidas e tenham sido

árvores de pequeno porte. Da mesma forma que as Bennettitales já foram consideradas como membros da mesma linhagem evolutiva das angiospermas, pois suas sementes eram parcialmente envolvidas em uma folha modificada.

7.5 “Gimnospermas” atuais

As “gimnospermas” atuais estão agrupadas em quatro filos:

- Cycadophyta (cicas)
- Ginkgophyta (ginkgo)
- Coniferophyta (ou Pinophyta - coníferas) e
- Gnetophyta (gnetos)

As relações filogenéticas entre esses grupos ainda não são consensuais. Análises moleculares recentes sugerem sua monofilia formando um clado, grupo irmão das angiospermas (**Figura 7.4**). Ainda com base nesses dados, as gnetófitas são sugeridas como mais próximas às Pinaceae (família das coníferas) do filo Coniferophyta. Por outro lado, estudos utilizando dados morfológicos sugerem que as Gnetophyta são muito mais próximas às angiospermas que a qualquer outra “gimnosperma”. Vale salientar, porém, que, com a inclusão de representantes extintos juntamente com os vivos, as “gimnospermas” são parafiléticas (**Figura 7.1**).

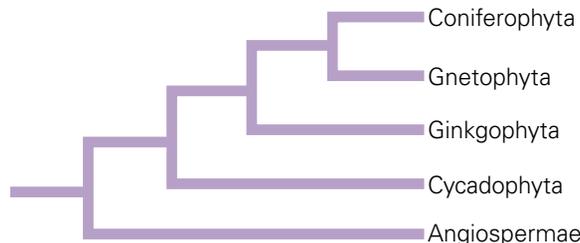


Figura 7.4: Hipótese filogenética baseada em dados moleculares dos grupos de “gimnospermas” recentes. Observe que, sem a inclusão dos grupos extintos, as “gimnospermas” aparecem como um grupo monofilético, irmão das angiospermas. / Fonte: Modificado de RAN *et al. Molecular Phylogenetic and Evolution* 54; Elaborado por USP/Univesp.

7.5.1 Cycadophyta

As Cycadophyta (cicas) formam um dos grupos mais antigos das “gimnospermas”, tendo sido muito abundante na Terra e servido, provavelmente, de alimento para alguns dinossauros herbívoros. Essas plantas surgiram há cerca de 250 milhões de anos, durante o Permiano, junto com as Bennettitales.

Atualmente, as cicadófitas apresentam distribuição restrita, ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais no sudeste da América do Norte, México, América Central, algumas Ilhas do Caribe, América do Sul, leste e sudeste da Ásia, Austrália e em parte da África (**Figura 7.5**). Algumas espécies são conhecidas no mundo como fonte de amido chamado “sagu”, obtido do ápice caulinar longo acima da inserção das folhas. *Cycas revoluta* é uma espécie bastante cultivada.

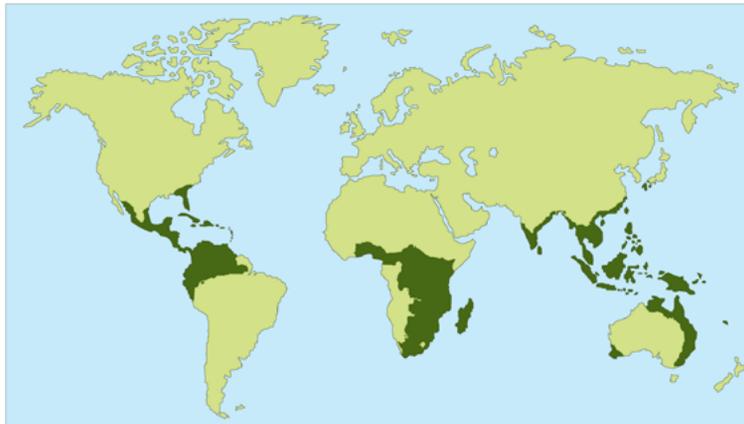


Figura 7.5: Distribuição geográfica das Cycadophyta viventes. / Fonte: Modificado de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Cycads_world_distribution.png>; Elaborado por USP/Univesp.

As Cycadophyta formam um grupo monofilético, com plantas que podem alcançar até 18 metros, com tronco ereto e curto, com folhas, na maior parte das espécies, compostas pinadas distribuídas espiraladamente no topo do tronco, parecidas com palmeiras. As folhas apresentam venação circinada, semelhante à das samambaias, talvez uma similesiomorfia perdida em outras espermatófitas. São plantas dioicas, ou seja, com indivíduos masculinos e outros femininos.

As unidades reprodutivas estão contidas em folhas menores, que podem ou não estar arranjadas em estróbilos. Curiosamente, na reprodução sexuada das cicadófitas e em *Ginkgo*, ocorre a combinação da formação de tubos polínicos e anterozoides (gametas masculinos flagelados). O microgametófito é haustorial, ou seja, cresce como hifas de fungos dentro de um tecido e é

especializado na absorção de nutrientes, e pode crescer por vários meses dentro do tecido do nucelo, absorvendo seus nutrientes. Normalmente, o crescimento desse tubo resulta na destruição do nucelo (tecido do megasporângio). Antes da fecundação, uma das extremidades do microgametófito se dilata e se alonga, levando os dois gametas masculinos até próximo às oosferas. Então, essa extremidade se rompe e os anterozoides nadam até as oosferas (**Figura 7.6**).

Por muito tempo, acreditava-se que as cicadófitas eram polinizadas pelo vento. No entanto, vários estudos recentes mostram que estas plantas são principalmente polinizadas por insetos (besouros gorgulhonídeos), diferentemente de *Ginkgo* e das coníferas, que são polinizadas pelo vento.

As sementes das cicas são grandes e apresentam uma camada carnosa externa chamada **sarcotesta** sobre uma camada dura (esclerotesta). Após a fertilização, o embrião se desenvolve lenta mas continuamente até a germinação. A sarcotesta atrai animais, principalmente aves, roedores, marsupiais e pequenos morcegos frugívoros, que servem como agentes de dispersão.

Atualmente, as cicas estão agrupadas em duas famílias: Cycadaceae e Zamiaceae. A primeira é monogenérica, contendo o gênero *Cycas* com cerca de 90 espécies. Zamiaceae apresenta nove gêneros e cerca de 150 espécies: *Bowenia*, *Ceratozamia*, *Chigua*, *Dioon*, *Encephalartos*, *Lepidozamia*, *Macrozamia*, *Microcycas* e *Zamia* (**Figura 7.7**).

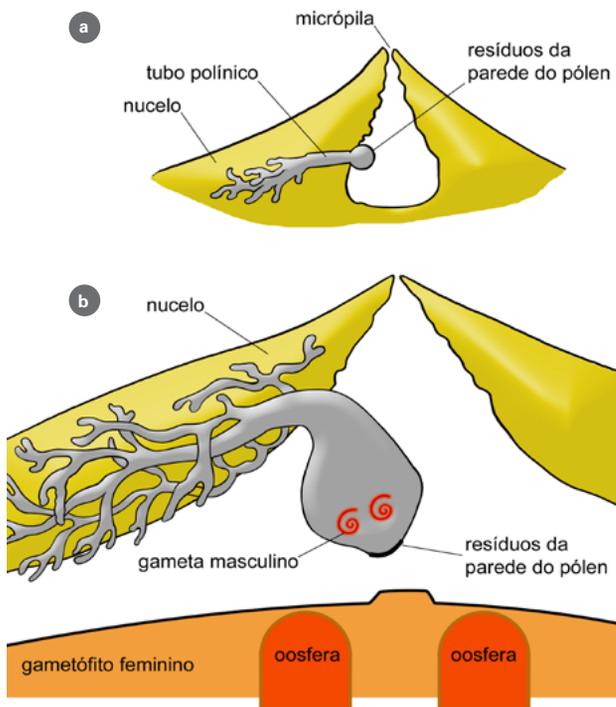


Figura 7.6: Esquema do desenvolvimento do microgametófito em *Ginkgo biloba*, semelhante ao que acontece nas cicadófitas
a) Inicialmente, o tubo polínico tem um crescimento apical que formará uma estrutura haustorial dentro do nucelo **b)** Em estágios posteriores de desenvolvimento, a porção basal do tubo polínico se distende em uma estrutura que contém os dois gametas masculinos multiflagelados. / Fonte: Modificado de RAVEN *et al.* 2007. *Biologia Vegetal*. p.432; Elaborado por USP/Univesp.



Figura 7.7: Exemplos de Cycadophyta **a)** Vista geral de um indivíduo de *Cycas* sp. (Cycadaceae) **b)** Folhas jovens emergentes no ápice de *Cycas* sp. **c)** Vernação circinada típica do grupo **d)** Detalhe do ápice em um indivíduo feminino de *Cycas revoluta* com megasporófilos **e)** Aumento da região com microsporófilos e sementes alaranjadas **f)** Estróbilo masculino em *Cycas revoluta* **g)** Microsporângios na fase inferior dos microsporófilos **h)** Vista geral de um indivíduo de *Ceratozamia robusta* (Zamiaceae) **i)** Estróbilo masculino de *Ceratozamia robusta* **j)** Vista de um indivíduo de *Encephalartos ferox* (Zamiaceae) **k)** Detalhe do estróbilo feminino de *Encephalartos ferox*. / Fonte: **a, c, f, g, h e i)** DEBORAH Y.A.C. SANTOS **b)** Latinstock **d, e, j e k)** FUNGYI CHOW

Como já citado, *Cycas* apresenta algumas espécies muito conhecidas por serem cultivadas em todo o mundo. *Cycas revoluta* é conhecida como “sago palm” ou “palmeira-de-sagu”. O nome popular dessa espécie lembra uma característica bem comum desse gênero, que é a sua semelhança com uma palmeira. As Cycadaceae não apresentam estróbilos femininos. As sementes são produzidas nas margens de folhas diferenciadas chamadas **megasporófilos**, que ficam agregadas no ápice do caule. As espécies de cicadas produzem somente **estróbilos masculinos**.

As Zamiaceae, diferentemente da família anterior, apresentam tanto estróbilos femininos quanto masculinos. Nos estróbilos masculinos, cada **microsporófilo** (folha especializada

disposta no estróbilos masculino) porta numerosos esporângios (**microsporângios**), que produzem os **micrósporos** que se desenvolverão em **grãos de pólen**. Já, nos estróbilos femininos, cada megasporófilo porta duas sementes.

7.5.2 Ginkgophyta

Este filo apresenta um vasto registro fóssil, porém, só uma espécie vivente – *Ginkgo biloba* – nativa de algumas regiões da China. Esta espécie é comumente referida como um fóssil vivo, com fósseis reconhecidamente relacionados a ela pertencentes ao Permiano, que datam de 270 milhões anos.

Cabe ressaltar que essa designação de “fóssil vivo” não condiz com a realidade, pois um fóssil deveria manter as características originárias do grupo. No entanto, esta espécie certamente mudou ao longo do tempo, evoluindo e sendo selecionados os indivíduos mais bem adaptados, que estão presente até os dias de hoje. O grupo ancestral mais plausível para a ordem Ginkgoales é o das Pteridospermatophyta (“samambaias com sementes”). Os primeiros fósseis desse gênero são provenientes do Jurássico Inferior. Acredita-se que a grande diversificação tenha ocorrido no Jurássico Médio e Cretáceo Inferior, declinando a partir daí e restando hoje somente uma espécie.

Diferentemente das cicadas, *G. biloba* é uma árvore ramificada, com folhas caracteristicamente em forma de leque (normalmente bilobada) de venação dicotômica, com indivíduos que podem alcançar 50 metros na China. É uma planta decídua, que perde suas folhas, que ficam com uma coloração dourada antes de caírem no outono. Esta árvore é amplamente cultivada e introduzida em diversas regiões do mundo e tem vários usos como alimento e na medicina tradicional.

Esta espécie é dioica. As árvores masculinas apresentam estruturas semelhantes a estróbilos, sem esporófilos, formados por um eixo central com hastes laterais, cada uma com dois microsporângios, que se abrem longitudinalmente para liberar os grãos de pólen. Assim como as cicadas, não há estróbilos femininos. As estruturas reprodutivas femininas consistem de um eixo com dois óvulos terminais. A semente tem de 1,5 cm a 2 cm de comprimento, também com sarcotesta de cor amarelo-amarronzado claro, com aspecto semelhante a um fruto. Essa porção carnosa contém ácido butírico, responsável por um odor que lembra manteiga rançosa quando a semente cai e começa a apodrecer.

Assim como descrito para as cicadas, em *Ginkgo biloba* há, antes da fertilização, o desenvolvimento do tubo polínico até as proximidades da oosfera, onde os gametas masculinos flagelados

são liberados e nadam até o gameta feminino para fecundá-lo (Figura 7.8). A presença de anterozoides móveis é um caráter que corrobora o parentesco desses dois filios.

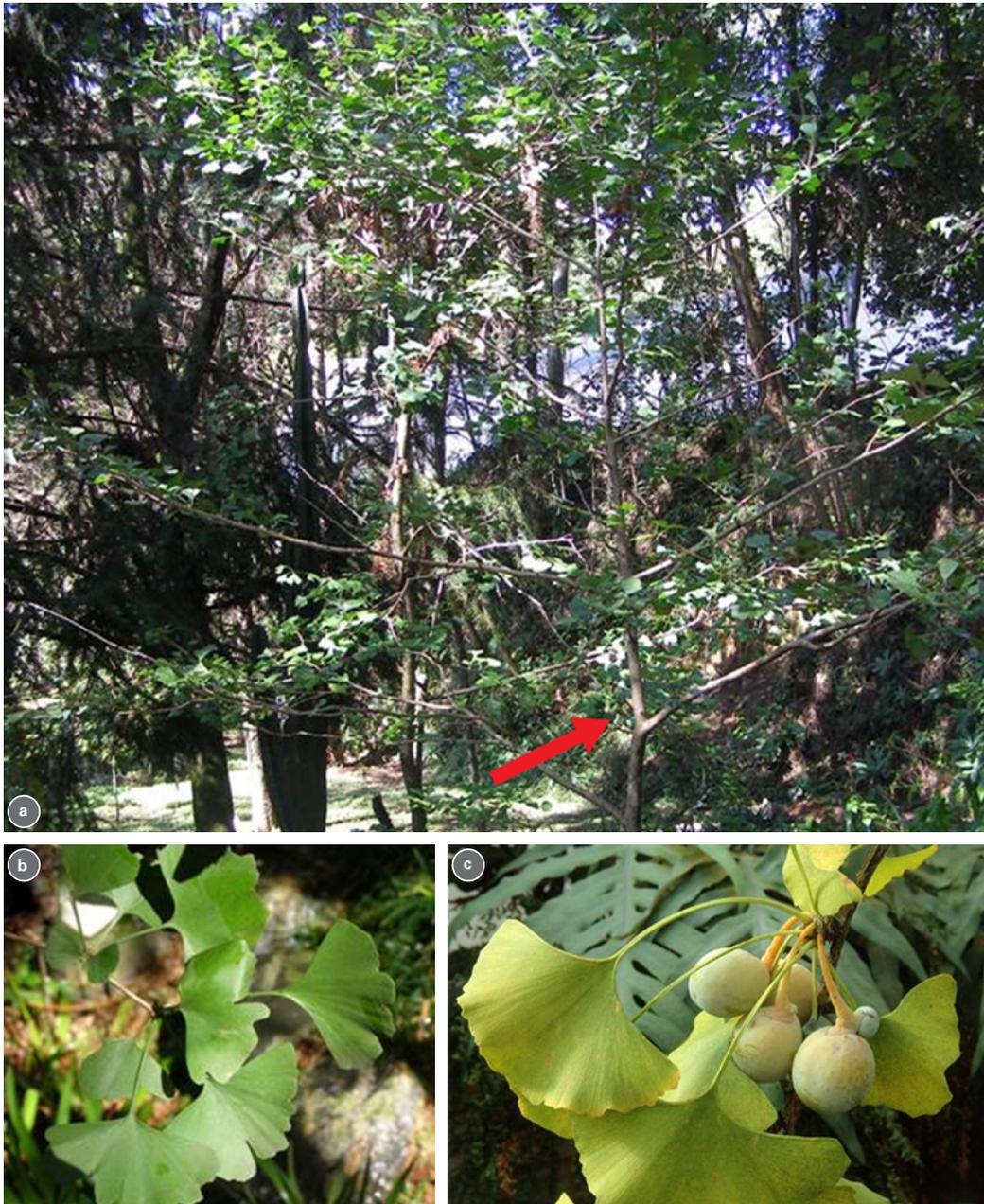


Figura 7.8: *Ginkgo biloba* a) Vista geral da árvore (seta) b) Detalhe de um ramo com folhas em forma de leque c) Detalhe das sementes. / Fonte: a e b) DÉBORAH Y.A.C. SANTOS c) Latinstock

7.5.3 Coniferophyta

As Coniferophyta (ou Pinophyta – coníferas) formam um grupo natural de árvores ou arbustos lenhosos, abrangendo mais de 600 espécies viventes. Como já dissemos para outras “gimnospermas”, as coníferas também já foram muito mais abundantes na Terra. Apesar de não serem o grupo mais abundante, atualmente, algumas coníferas ainda são representantes importantes em alguns biomas como tundras ou florestas de araucárias.

Um exemplo muito conhecido são as sequoias gigantes (*Sequoia semprevirens*), as plantas vasculares mais altas da atualidade, que ocorrem na Califórnia, oeste dos Estados Unidos (**Figura 7.9**).



Figura 7.9: Vista da floresta de sequoias gigantes, Califórnia (EUA). / Fonte: [Latinstock](#)

A distribuição das espécies desse grande grupo é bastante diversa, havendo desde áreas com grande diversidade até localidades com poucas espécies e áreas de endemismo. Quando pensamos na ocorrência dessas espécies, facilmente lembramos das extensas florestas de pinheiros e abetos da América do Norte e da Eurásia. Entretanto, as coníferas ocorrem em todos os continentes, exceto na Antártida (**Figura 7.10**), em diversas paisagens.

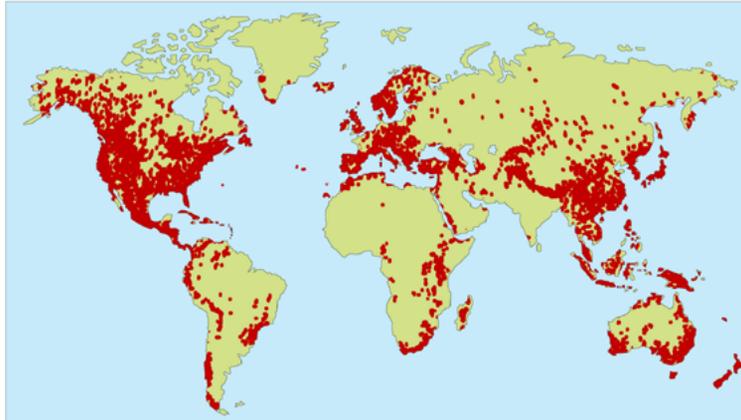


Figura 7.10: Mapa de distribuição geográfica das Coniferophyta. / Fonte: Modificado de <<http://herbaria.plants.ox.ac.uk/bol/content/Groups/conifers/images/hires/WORLDMAPWHITE.JPG>>; Elaborado por USP/Univesp.

As coníferas são caracterizadas por árvores ou arbustos bastante ramificados com folhas simples, lineares e aciculares. Em algumas espécies, as folhas estão arranjadas em pequenos ramos que apresentam internós muito próximos. Um extremo desse arranjo é o fascículo presente em *Pinus* (pinheiros), que consiste em um ramo curto composto de tecido caulinar, uma ou mais folhas aciculares, restos de brácteas (folhas modificadas) persistentes (**Figura 7.11A e 7.11B**).

As folhas de muitas coníferas apresentam diversas características que podem ser associadas a adaptações à escassez de água. Há uma cutícula espessa acima da epiderme, abaixo da qual se encontra uma ou mais camadas de células de parede espessa, formando a hipoderme, e os estômatos estão localizados em depressões. O mesofilo é formado por parênquima e é percorrido por um ou mais canais resiníferos, muito comuns nessas espécies. Um ou dois feixes vasculares estão presentes no centro das folhas, são envoltos por um tecido de transfusão formado por células parenquimáticas e traqueídes, responsável pelo transporte de substâncias entre os feixes vasculares e o parênquima. Externamente ao tecido de transfusão está presente a endoderme. O caule é formado por grande quantidade de xilema secundário ou lenho. Este tecido, que é formado para o interior do câmbio vascular, (para lembrar este assunto, veja o tópico anterior), é formado principalmente de traqueídes, enquanto o floema, formado para o exterior do câmbio, consiste principalmente de células crivadas. A epiderme, à medida que acontece o crescimento secundário da planta, é substituída pela periderme (**Figura 7.11C e 7.11D**).

Nessas plantas, assim como em Gnetales (que veremos a seguir) e diferentemente das cica-dófitas e do ginkgo, não existem mais gametas masculinos flagelados. Em outras palavras, nas

coníferas, o tubo polínico cresce dentro da câmara arquegonial, liberando os gametas masculinos diretamente em contato com a oosfera dentro do arquegônio.

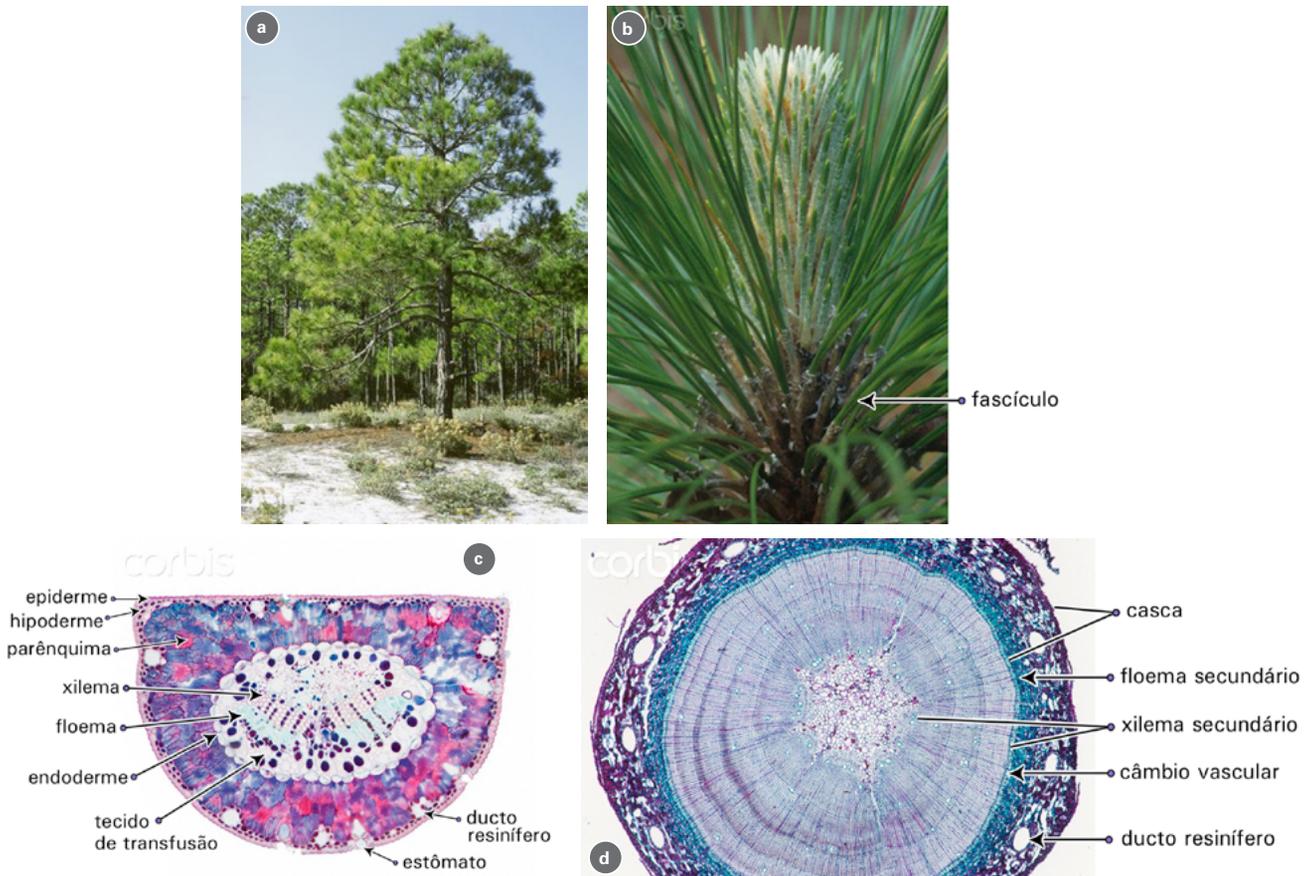


Figura 7.11: a) Vista geral de um pinheiro – *Pinus elliotii* b) Detalhe das folhas aciculares dispostas em fascículos c) Corte transversal da acícula ao microscópio de luz – 100x d) Corte transversal do caule em crescimento secundário ao microscópio de luz – 5x.

/ Fonte: Modificado de [Latinstock](#); Elaborado por USP/Univesp.

As coníferas são, na maioria, monoicas, ou seja, o mesmo indivíduo apresenta os dois sexos, com estróbilos femininos e masculinos na mesma planta. Raramente são dioicas.

Como já foi descrito, os estróbilos masculinos consistem de um eixo que comporta microsporófilos. Estas folhas especializadas contêm os microsporângios, onde são formados os grãos de pólen. Esses grãos de pólen apresentam duas alas na parede como bexigas de ar. Essas formações são muito eficientes no transporte pelo vento desses grãos.

Os estróbilos femininos nas coníferas são ditos compostos. Estes estróbilos são formados por um eixo com folhas estéreis modificadas chamadas brácteas. Cada uma dessas brácteas sustenta uma escama ovulífera, que é a estrutura que porta os óvulos (dois na maior parte das vezes). **Essa escama ovulífera consiste de um ramo lateral modificado e não somente de uma folha**, o que foi evidenciado através de estudos de fósseis e também pelo padrão invertido de orientação do feixe vascular (**Figura 7.12**). Cada óvulo é formado por um megasporângio (nucelo multicelular) envolto por um tegumento com uma abertura (micrópila). As escamas ovulíferas estão distribuídas espiraladamente em torno do eixo do estróbilo. Na maioria das coníferas, as brácteas são muito menores que as escamas ovulíferas. As sementes são tipicamente aladas, facilitando a dispersão pelo vento.

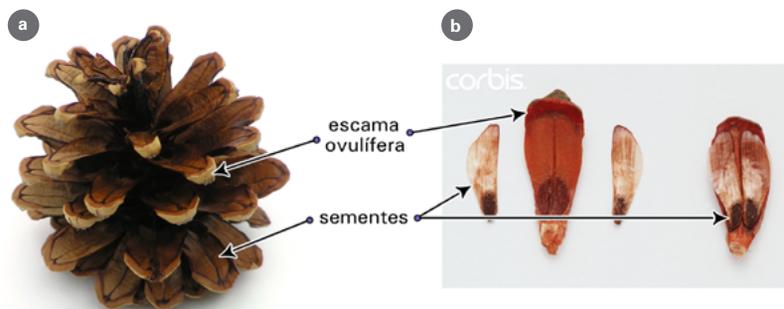


Figura 7.12: a) Estrutura de um estróbilo feminino composto de uma conífera b) Detalhe da escama ovulífera e sementes separados da pinha. / Fonte: Modificado de [Latinstock](#); Elaborado por USP/Univesp.

Dependendo do autor, são reconhecidas de seis a oito famílias, com 65–70 gêneros e 600–630 espécies. As sete famílias mais distintas são Pinaceae (231 espécies), Podocarpaceae (174) e Cupressaceae (135), sendo essas as três maiores, além de Araucariaceae, Cephalotaxaceae, Sciadopityaceae e Taxaceae. Em algumas filogenias, Cephalotaxaceae é incluída em Taxaceae e, em outros casos, Phyllocladaceae aparece separada de Podocarpaceae. Taxodiaceae é atualmente incluída em Cupressaceae, mas foi amplamente reconhecida no passado como um taxa distinto (**Figura 7.13**).

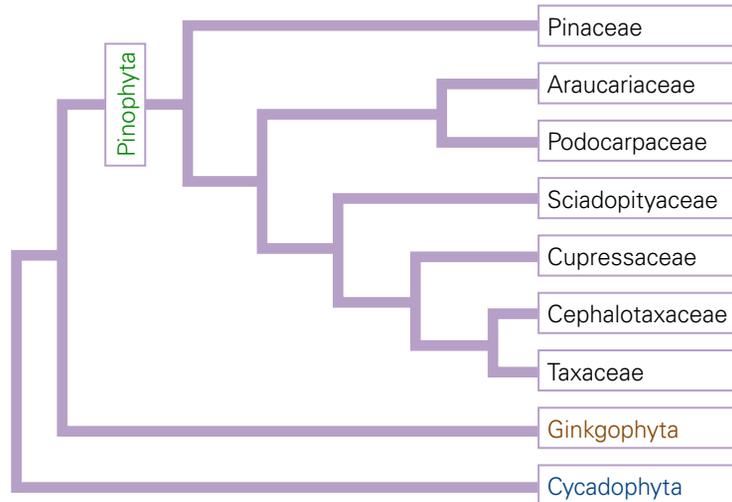


Figura 7.13: Artigos de A. FARJON & C.J. QUINN e de R.A. PRICE. / Fonte: *Proceedings of the Fourth International Conifer Conference, Acta Horticulturae 615 (2003)*; Elaborado por USP/Univesp.

Pinaceae (família dos pinheiros), com 11 gêneros, é uma família exclusiva do Hemisfério Norte; no entanto, é amplamente conhecida por ser muito cultivada em todo o mundo. Alguns exemplos importantes são os pinheiros (*Pinus*), abetos (*Abies*), lariços (*Larix*), píceas (*Picea*), entre outros. São árvores (raramente arbustos) monoicas, com membros medindo de 2 a 100 metros de altura. A maioria é perenifólia, ou seja, não perde suas folhas em nenhum período do ano, com exceção de *Larix* e *Pseudolarix*, que são decíduas e perdem suas folhas durante um período do ano. Os pinheiros são tipicamente resinosos, monoicos e com folhas aciculares dispostas em espiral. Os estróbilos femininos são lenhosos e grandes, tipicamente com duas sementes aladas por escama. Os estróbilos masculinos são pequenos, 0,5 cm – 6 cm de comprimento. Tanto a polinização quanto a dispersão das sementes são feitas pelo vento.

Podocarpaceae é uma das importantes famílias das coníferas, que ocorre, principalmente, no Hemisfério Sul. É composta por aproximadamente 19 gêneros de árvores perenifólias e arbustos. *Podocarpus*, um dos gêneros dessa família, tem seu centro de diversidade na América do Sul.

Cupressaceae é a única família cosmopolita das coníferas, atualmente com 30 gêneros reconhecidos. Alguns exemplos são os ciprestes (*Cupressus*), os juníperos (*Juniperus*) e as sequoias (*Sequoia*).

As famílias menores, com exceção de Taxaceae, têm uma distribuição mais limitada. Os representantes dessa família, conhecidos como teixos, são dioicos, raramente monoicos. Os estróbilos masculinos apresentam comprimento de 2 mm a 5 mm. Os femininos são muito reduzidos, apresentando somente uma escama ovulífera e um óvulo solitário. Com o desenvolvimento da

semente, há a formação de uma cúpula ao seu redor chamada arilo. Essa estrutura carnosa é atrativa para animais, auxiliando na dispersão. Taxaceae *sensu stricto* é formada por três gêneros: *Taxus*, *Pseudotaxus* e *Austrotaxus*. Várias espécies de *Taxus* são muito usadas para fins ornamentais em diversos locais. *T. brevifolia* é conhecida como fonte do taxol, uma importante droga quimioterapêutica usada, por exemplo, no tratamento de cânceres de pulmão.

As Araucariaceae são árvores muito altas, podendo atingir 60 metros, com tronco resinoso, folhas aciculares ou ovaladas, com estróbilos masculinos e femininos na mesma árvore ou em árvores separadas. Apresentam três gêneros vivos com cerca de 41 espécies. A *Araucaria* contém 19 espécies encontradas na Nova Caledônia (13 espécies endêmicas), Ilha Norfolk, Austrália, Nova Guiné, Argentina, Chile e sul do Brasil. O pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) é uma espécie muito comum no sul do Brasil, característica das florestas de araucária, cujas sementes (pinhão) são muito apreciadas na culinária. *Agathis*, segundo gênero da família, apresenta 21 espécies distribuídas na Austrália, Nova Caledônia, Vanuatu, Papua Nova Guiné, Indonésia, Malásia e Filipinas. O último gênero, *Wollemia*, era conhecido somente do registro fóssil até a descoberta, em 1994, de uma espécie endêmica (*W. nobilis*) na Austrália.

Alguns representantes das *Coníferophyta* podem ser vistos na **Figura 7.14**.

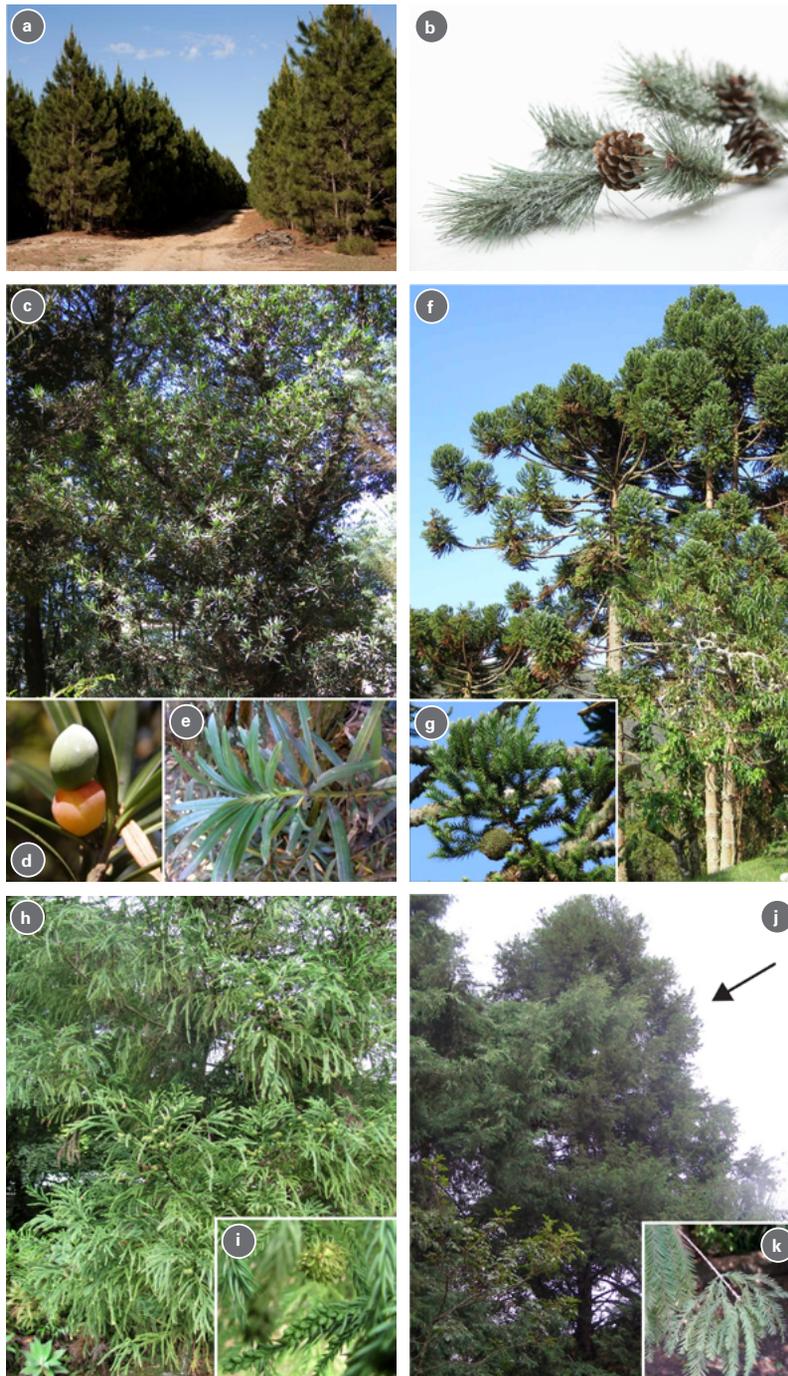


Figura 7.14: Exemplos de Coniferophyta **a)** Plantação de *Pinus elliotti* (Pinaceae) **b)** Detalhe de um ramo com estróbilo feminino **c)** Árvore de *Podocarpus lambertii* (Podocarpaceae) **d)** Detalhe da semente. Note o receptáculo laranja carnoso **e)** Detalhe do ramo **f)** Indivíduo de pinheiro-do-paraná – *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) **g)** Detalhe do ramo com estróbilo feminino **h)** Árvore de *Cryptomeria japonica* (Cupressaceae) **i)** Detalhe de ramos com estróbilos masculino e feminino **j)** Árvore de *Taxodium brevifolia* (Cupressaceae) (seta) **k)** Detalhe do ramo. / Fonte: **a)** [Latinstock](#) **b)** [Thinkstock](#) **c, d, e, f, g, h e k)** DÉBORAH Y.A.C. SANTOS **i e j)** FUNGYI CHOW

1. Num mesmo indivíduo, temos os estróbilos masculinos (**microestróbilos**) e os estróbilos femininos (**megaestróbilos**).
2. Nos estróbilos masculinos, cada microsporofilo tem dois microsporângios em sua face inferior. Dentro do microsporângio existem numerosos **microsporócitos (células-mãe de micrósporos)**. Cada microsporócito sofre meiose e origina quatro **micrósporos** haploides (n). Cada micrósporo se desenvolve em um grão de pólen, que é formado de duas **células protalares**, uma **célula geradora** e uma **célula do tubo**. Esse grão de pólen, com quatro células, é o **microgametófito (gametófito masculino)** imaturo.
3. Analogamente, nos estróbilos femininos, cada escama ovulífera porta dois **óvulos** na sua face superior. Cada óvulo é formado por um megasporângio envolto por um tegumento com uma abertura (micrópila). Dentro do megasporângio há um **único megasporócito (célula-mãe de megásporo)**. Esse megasporócito sofre meiose, originando quatro megásporos (n), dos quais três degeneram. O megásporo remanescente sofre diversas divisões mitóticas, originando o **megagametófito (gametófito feminino)** formado por cerca de 2.000 células.
4. Próximos à extremidade micropilar do megagametófito (que está dentro do óvulo), há a diferenciação de dois ou três **arquegônios**. Cada arquegônio contém uma **oosfera (gameta feminino)**.
5. A fecundação acontece com a germinação do grão de pólen, produzindo um tubo polínico, que cresce através da micrópila, digerindo o tecido do megasporângio, em direção ao megagametófito. A célula geradora do grão de pólen se divide, originando duas células: uma **célula estéril** e uma **célula espermática**. Antes que o tubo polínico alcance o megagametófito, a célula espermática se divide, originando dois **gametas masculinos**. Nessa fase, em que há o desenvolvimento do tubo polínico, o microgametófito é dito maduro. Vários autores preferem utilizar o termo microgametófito somente para essa fase em que o grão de pólen está germinando.
6. Quando o tubo polínico alcança a oosfera de um arquegônio (dentro do megagametófito), ele descarrega os dois gametas masculinos dentro da oosfera. Há a união do núcleo de um dos gametas masculinos com o núcleo da oosfera, originando o **zigoto (2n)**. O outro gameta masculino degenera.
7. Normalmente, as oosferas de todos os arquegônios são fecundadas. Dessa maneira, há, inicialmente, o desenvolvimento de vários **embriões (2n)** dentro da semente

(poliembrião). No entanto, geralmente, só um embrião se desenvolve.

8. Quando há a germinação da semente, há então o desenvolvimento de um novo esporófito.

7.5.4 Gnetophyta

As Gnetophyta (gnetófitas) apresentam três famílias viventes: Ephedraceae, Gnetaceae e Welwitschiaceae. Essas plantas são unidas por características como pólen estriado e vasos com placas de perfuração porosa. Vale salientar que os vasos das gnetófitas evoluíram independentemente daqueles das angiospermas. Embora com representantes muito distintos morfológicamente, estudos moleculares sustentam fortemente esse filo como monofilético.

Os representantes desse filo são apontados por muitos autores como os mais próximos às angiospermas, ou seja, as gnetófitas aparecem como grupo irmão das plantas com flores (**Figura 7.1**). No entanto, essa hipótese não é aceita por todos; alguns estudos mostram as gnetófitas mais próximas às coníferas.

Ephedra (Ephedraceae), com aproximadamente 65 espécies, é caracterizada por arbustos com caules estriados e fotossintetizantes e folhas muito reduzidas em forma de escama. Os estróbilos femininos e masculinos são encontrados nas axilas das folhas.

As Gnetaceae são formadas por dois gêneros: *Gnetum* apresenta 28 espécies e *Vinkarella* é monotípico. A família é formada por trepadeiras tropicais, raramente árvores ou arbustos, com folhas simples e opostas. As espécies dessa família são frequentemente confundidas com espécies de angiospermas, mas não apresentam flores.

Welwitschia mirabilis, única espécie de Welwitschiaceae, é uma curiosa planta nativa da Namíbia no sudoeste da África. Essa espécie apresenta grande parte do seu corpo enterrada, sendo a parte exposta um disco caulinar com duas folhas em forma de fita, que podem ficar muito fendidas ao longo do tempo. Os estróbilos são formados em ramos que se originam de tecidos meristemáticos na margem do disco caulinar (**Figura 7.16**).

Recentemente, foi observado o processo de **dupla fecundação** em representantes de *Ephedra*.



Figura 7.16: Exemplo de Gnetophyta. *Welwitschia mirabilis* (Welwitschiaceae) nativa do deserto da Namíbia (África). Observe as folhas longas e muito fragmentadas, além dos estróbilos na região central. / Fonte: [Latinstock](#)

No entanto, diferentemente do que acontece nas angiospermas, em *Ephedra* (e também em *Gnetum*), a dupla fecundação não leva à formação de endosperma. Assim, aparentemente, a dupla fecundação nesses representantes de gnetófitas e nas angiospermas evoluiu independentemente.



Agora é a sua vez

Antes de prosseguir a leitura do texto, responda às atividades 7.4 e 7.5.

Considerações finais

Neste tópico, caracterizamos quatro das cinco linhagens que formam as Spermatophyta e que, tradicionalmente, são tratadas como “gimnospermas”. Foram apresentadas as principais características desse grupo, sua classificação, distribuição geográfica e alguns exemplos conhecidos. Nos próximos tópicos, trataremos da outra linhagem que também forma as espermatófitas: as plantas com flores ou Angiospermas.

Referências Bibliográficas

- CAMPBELL, N.A., J.B. REECE, L.A. URRY, M.L. CAIN, S.A. WASSERMAN, P.V. MINORSKY & R.B. JACKSON. **Biologia**. 8ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2010. 1464 pp.
- RAVEN, P.H., R.F. EVERT & S.E. EICHHORN. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2007. 830 pp.
- SIMPSON, M.G. 2010. **Plant Systematics**. 7ª ed. London: Elsevier Academic Press.