

# EVOLUÇÃO DAS PLANTAS: O COMEÇO DE TUDO - Parte I

---

Poucos livros tratam da origem dos organismos fotossintetizantes. Neste texto aponto as teorias que discutem a origem desses organismos fotossintetizantes. Para o presente texto utilizei o livro: *Biologia vegetal* de Eurico Cabral editora EDUSP.

Os primeiros seres vivos que deram origem as plantas são desconhecidos. Mas teriam sido seres unicelulares capazes de realizar fotossíntese e viviam dentro do mar, se deslocando dentro de massas de água que os carregavam, e possivelmente desenvolveram sensores captadores e direcionadores ao foco de luz para realizar a fotossíntese.

De acordo com a biologia molecular os eucariotos se dividiram em diversas linhagens filogenéticas; Animais, (metazoários invertebrados e vertebrados), fungos, plantas (com clorofila A e B, terrestres e algas verdes), algas vermelhas e estramenopilas (algas pardas, diatomáceas e outras algas com clorofila A e C).

Segundo o botânico alemão Schimper em 1883, os eucariotos surgiram de endossimbioses múltiplas. No caso da mitocôndria, um protozoário primitivo fagocitou uma bactéria aeróbica e por algum problema enzimático a associação teria sido vantajosa para ambos, as bactérias fagocitadas foram reduzindo, diferenciações de lamelas formam ganhando invaginações da membrana plasmática até se transformarem nessas estruturas nas quais conhecemos hoje.

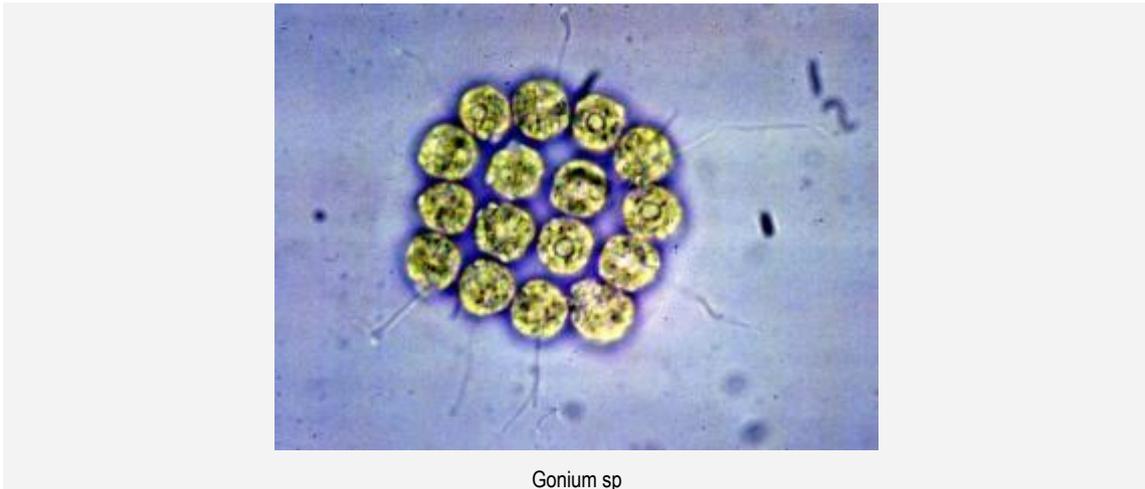
Essa teoria foi formalizada por Altmann em 1890 e em seguida Mereschkowsky em 1905 afirmou que um procedimento semelhante teria ocorrido com os cloroplastos. Pode-se dizer que as plantas eucariotas podem ser fruto de uma polissimbiose, ou seja, formado por organismos quadrigênicos, um genoma nuclear do organismo fagocitante e mais três genomas bacterianos: aeróbicos, cianobacterias e espiroquetas. As células clorofiladas teriam surgido de forma autógena, com mudanças graduais em um processo evolutivo lento. As primeiras algas a surgirem foram as Cianobacterias e Proclorofitas estritamente procariotas, posteriormente com a origem dos eucariotos surgiram os outros grupos de algas que são estritamente eucariotas.

Talvez o primeiro avanço na complexidade das plantas tenha sido dado pela formação de indivíduos pluricelulares. A pluralidade nas plantas ainda é um mistério para a ciência, mas algumas hipóteses podem explicar esse primeiro passo.

As primeiras colônias podem ter surgido com a não separação das células filhas após a divisão celular. As células filhas ficaram retidas em uma bainha de mucilagem que envolvia a célula mãe. Isso é uma forte evidencia levando em consideração que em algumas colônias isso realmente acontece. As células são mantidas unidas por uma matriz gelatinosa. Em algumas colônias o número de célula não aumenta com o tempo, essas colônias em que o numero de células é mantido o mesmo do inicio ao fim recebem o nome de *cenóbio*. Formar colônias pode ser vantajoso em relação a indivíduos isolados.

Muitas vezes é difícil saber se formam realmente uma colônia uma vez que eles podem se apresentar de forma intermediaria, sendo difícil saber se realmente são coloniais ou se apenas estão aglomerados

Alguns representantes ainda vivos parecem demonstrar exemplos dessa transição de unicelular para a pluricelularidade. O *Gonium* é uma alga verde e apresenta uma colônia simples onde todas as células são iguais e totipotentes.



Partindo deste ponto não é difícil imaginar que a partir daí a multicelularidade possa ter surgido permitindo a formação de estruturas com morfologias mais variadas, desde as mais comuns nas algas se destaca a formação de filamentos multisseriados passando por diversos tamanhos e formas até estruturas com vários metros de distância. Essa transformação de uma estrutura em forma de talo até estruturas multicelulares pode ter favorecido esses indivíduos quanto a seu metabolismo, aumentando significativamente seu tamanho e favorecendo a fotossíntese.

Nesses organismos avasculares e algas o corpo é chamado de talo, e as células são chamadas de cenócitos. Então refere-se ao grupo *Tallophyta* organismos simples, com estruturas reprodutoras unicelulares ou multicelulares. Dentre os primeiros multicelulares mais complexos encontram-se organismos formando filamentos apolares, nas quais todas as células são perfeitamente equivalentes sem nenhuma diferenciação celular tanto no ápice quando na base. A multicelularidade tem um valor adaptativo muito forte, pois permite a especialização celular, proporcionando maior eficiência na exploração dos recursos naturais, conquista de nichos, absorção de nutrientes, água, minerais, reserva nutricional, células de reprodução, desenvolvimento do controle de etapa de crescimento, aumento de tamanho e modificações de formas e funções celulares, diferenciação celular para a formação de tecidos e órgãos controlando a morfogênese.



Os valores são tão fortes que a multicelularidade surgiu independentemente em vários grupos de organismos e não somente nos fungos, animais e vegetais. Em alguns casos não chegou a formar organismos tão complexos, em outros proporcionou adaptações para vida terrestre, complexidade vegetal, aumento de peso e perda de mobilidade. Levou a criação de tecidos meristemáticos localizados em porções estratégicas do organismo que possibilita crescer em diferentes direções.

A diferenciação celular levou a formação de células especializadas em suas extremidades, a basal permitindo a fixação ao solo ganhando o nicho do assoalho dos oceanos formando os primeiros bentônicos.

Mudanças ou variações no plano de divisão celular podem levar posteriormente o talo multicelular a formar ramificações, projeções que permitam a melhor captação de luz solar para realização da fotossíntese. Cabe lembrar que nesses organismos a absorção de nutrientes é realizada pelo talo, uma vez que vivem dentro da água, organismos tem estruturas moles.

Talos ramificados ocorrem praticamente em todas as espécies de algas viventes hoje e até mesmo em fases reprodutivas das briófitas, primeiras plantas a dominar o nicho terrestre. Filamentos multisseriados poderia ser outro passo evolutivo importante uma vez que permitem a formação de estruturas parenquimatosas e pseudoparenquimatosas que elevam a complexidade da anatomia dos vegetais que encontramos, incluindo as algas pardas e as plantas terrestres. Vale lembrar que desta forma as estruturas com maior número de cloroplasto ficam restritas as camadas celulares mais externas do organismo permitindo a captação de energia enquanto as estruturas parenquimatosas ficam mais restritas as porções mais internas.

Essas projeções podem ser vistas em organismos ainda viventes, como o caso da alga parda *Sargassum* comum no litoral brasileiro, cujo talo apresenta projeções que lembram folhas. De fato o grupo das algas pardas *Fucophyceae* tem uma diversidade muito grande de morfologias e até mesmo algumas estruturas especializadas na condução de elementos nutritivos. Algumas algas de grandes dimensões tem células especializadas na condução de substâncias produzidas pela fotossíntese.



Sargassum vulgare

Estruturas mole são vantajosas dentro do ambiente aquático uma vez que acompanham o movimento das massas de águas, estruturas duras talvez pudessem ser quebradas com o atrito da movimentação de grandes volumes de água. As ramificações do talo se direcionam para cima uma vez que os cenócitos que o compõem podem alterar sua densidade acumulando gases fazendo com que os ramos se direcionem para cima, em direção a luz. Dados paleontológicos demonstram que esses processos evolutivos possivelmente ocorreram a mais de 400 milhões de anos, entre o Siluriano e Devoniano.

---

## EVOLUÇÃO DAS PLANTAS: GANHANDO A TERRA, MAS NÃO EM TOTALIDADE - Parte II

As primeiras plantas a dominar o ambiente terrestre dependiam de água e tinha estruturas multicelulares parenquimatosas que as permitiam crescer em diferentes planos. Possivelmente suas estruturas anatômicas eram o mais simples possível, uma vez que as algas que hoje vivem fora da água apresentam talos muito pouco diferenciados.



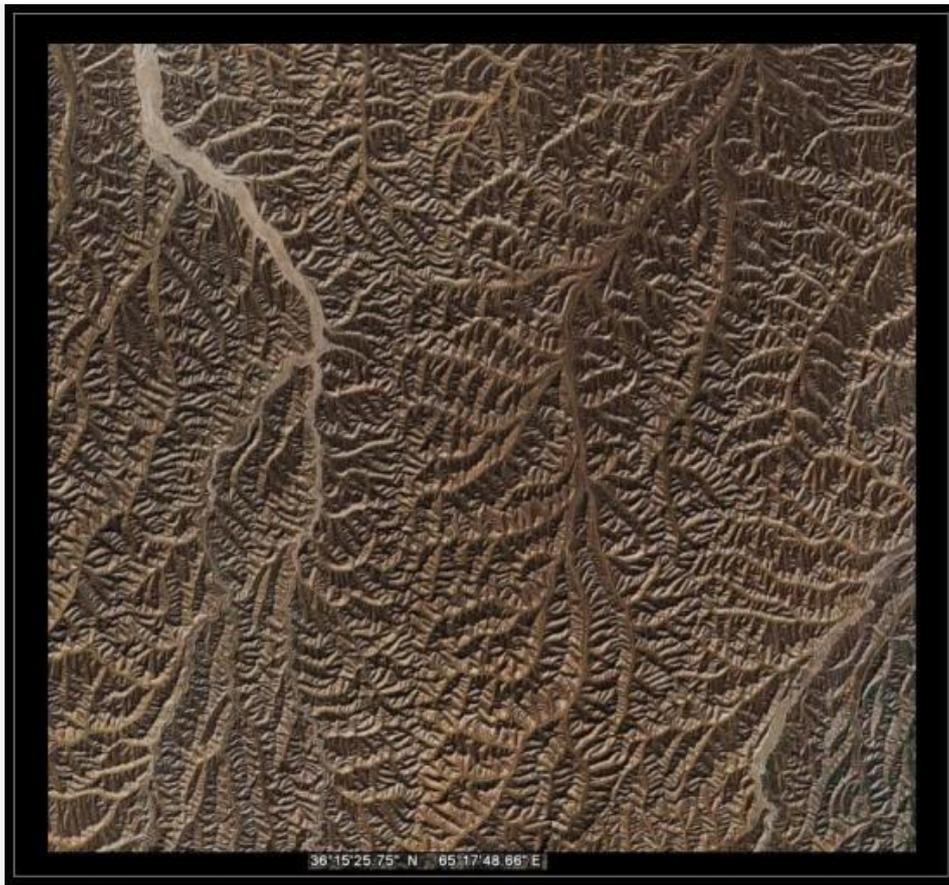
Algumas variedades de Chlorophyta

Não se sabe como as primeiras plantas terrestres surgiram, mas acredita-se que foi um grupo de algas verdes denominados *Chlorophyta* que apresentava um genótipo e fenótipo bem diverso que permitiu sua sobrevivência em áreas pantanosas sujeitas a períodos alternados de inundação e seca. Isso é possível ver em algumas algas ainda hoje que vivem em águas doces e resistem períodos grande de seca uma vez que apresentam estruturas adaptativas a essas adversidades. O zigoto de algumas algas apresenta camadas celulares mais espessas e podem viver grandes períodos fora da água. Muitas algas podem ser transportadas de diversas formas também ganhando mais espaço.

As primeiras briófitas tem uma semelhança bioquímica e genética muito grande com um grupo pequena de algas verdes *Chlorophyta* que é denominado *Charophydceae*. Peculiaridades do processo de divisão celular de briófitas e carófitas parecem revelar um grau de parentesco evolutivo embora não existam registros fósseis que corroborem essa hipótese de surgimento dos primeiros seres vascularizados.

Acredita-se que o grupo das carófitas tenha dado origem a um organismo que formaria um ancestral comum entre as briófitas antóceros e organismos semelhantes as Rhynias pteridófitas, Então a Rhynia daria origem aos primeiros organismos com vasos condutores verdadeiros, pteridófitas, que não tenham dependência tão grande da água, e as briófitas. Das primeiras briófitas (antóceros) surgiram o musgo e as hepáticas.

Embora as briófitas já vivessem na terra não podiam se desenvolver e alcançar grandes dimensões. Os seus vasos são simples demais e elas perdem água muito facilmente, por isso, as briófitas necessitam viver em locais úmidos, o que mostra que esses organismos ainda são muito dependentes da água. Além disso, na terra os nutrientes devem ser absorvidos da terra e não estão mais disponíveis em todas as dimensões como acontece no oceano.

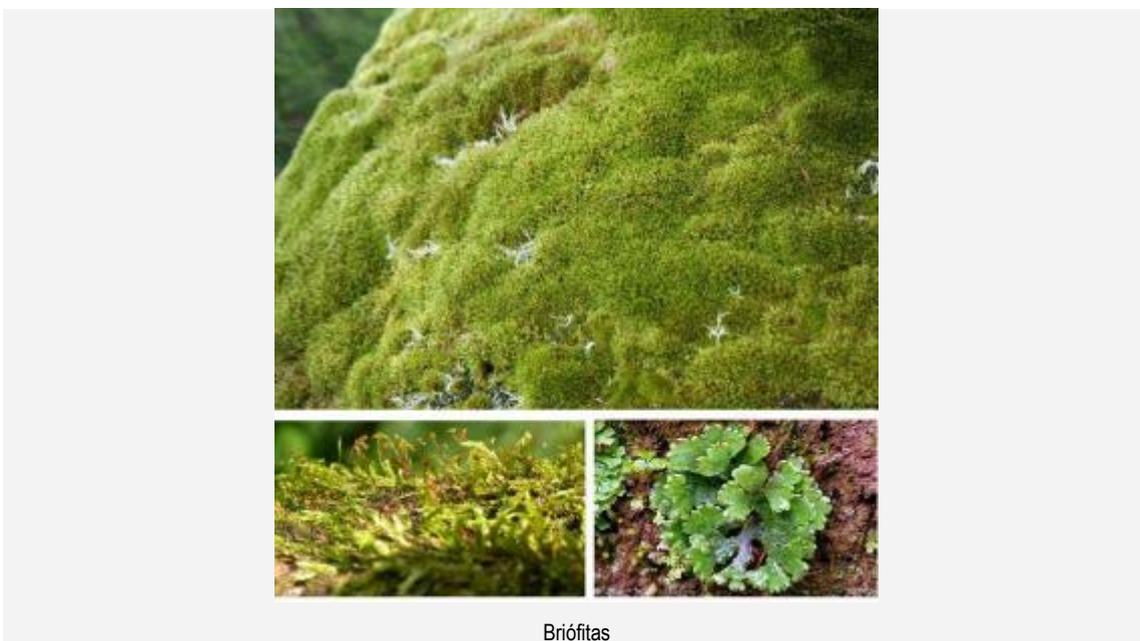


Psilophytopsida Fóssil

Estudos paleontológicos mostram que os primeiros organismos fotossintetizantes a ganhar o ambiente terrestre foram pertencentes a classe Psilophytopsida. A absorção de água e nutrientes só tornou-se possível graças a estruturas que penetram que percorriam o solo, o rizoma, com rizóides que penetravam no solo e puxavam os elementos essenciais. Seus rizóides são semelhantes aos encontrados em briófitas. Os rizomas eram apenas um ramo caulinar prolongado que penetrava ao solo fixando a planta em um local. Então as pressões seletivas e evolutivas que atuaram internamente ao solo eram distintas daquelas expostas a superfície, permitindo seguirem caminhos evolutivos diferentes e diversos. Assim como nas briófitas, a condução era feita através do processo de difusão. Nas primeiras plantas terrestres semelhantes as Rhynia, a água era absorvida pelos rizóides, passada célula a célula através do parênquima cortical chegando as delicados xilemas e subindo pelo caule ereto obedecendo o gradiente de concentração.

Estruturas como os rizóides foram fundamentais para o surgimento das raízes primitivas. Nas plantas terrestres a perda de água excessiva foi evitada através da produção de substancias impermeabilizantes como a cutícula, adaptações fundamentais para a sobrevivência, uma cera que reveste as partes mais delicadas da planta. Apesar da cutícula evitar a perda excessiva de água ela também impede a troca de gases realizada pela planta. Os estômatos são estruturas que permitem a troca de gases feita pela planta.

As briófitas são plantas consideradas ainda avasculares de pequenas dimensões que vivem em locais úmidas, absorção se da por rizóides, em células alongadas. As primeiras briófitas ainda primitivas apresentavam a fase gametofítica mais desenvolvida que a esporofítica. Apresentavam grande afinidade genética com algas clorófitas e pteridófitas. Os fósseis mais conhecidos de briófitas aparecem posteriormente as pteridófitas, o que causou grande confusão a respeito das origens, com alguns autores afirmando que as briófitas seriam versões minúsculas de pteridófitas. A confusão aumenta considerando que só se conhece fósseis de clorofitas que foram encontrados depois do surgimento das briófitas. Existem diversas teorias que tentam explicar a origem das briófitas, tendo um ancestral comum com as briófitas e outras plantas. Outra teoria comporta uma origem polifilética, sendo os antoceros derivados de pteridófitas primitivas (psilofitales) e hepáticas.



Briófitas

Os fósseis mais antigos de briófitas datam o Carbonífero, são pertencentes ao gênero *Muscites*, no Permiano em diante se encontram os fósseis que representam com mais segurança as briófitas, mas os musgos atuais surgiram no Terciário, no período do Plioceno.

A fotossíntese é um fenômeno que ocorre em superfície, por tanto estruturas que permitam a captação de luz são fundamentais para a sobrevivência das plantas. Mas as plantas antigas como as Rhynias não apresentavam folhas,

e o caule era deveria ser verde e responsável pela fotossíntese, com a presença de estômatos. Essa ausência de folhas limitava o crescimento da planta uma vez que a área fotossinteticamente ativa era pequena e a perda da água era quase constante. Esses representantes de pequenas dimensões são vistos em fósseis, ultrapassando alguns milímetros de tamanho.

Os fósseis mais antigos eram desprovidos de folhas, mas o registro fóssil também mostra que o aumento das superfícies dos ramos aéreos das primeiras plantas ocorreu pela formação de escamas e expansões laminares semelhante a pequenas folhas, pequenas pois não eram vascularizadas. Um fóssil do Siluriano chamado *Asteroxylon* semelhante aos licopódios comuns na Serra do mar. Entretanto, os licopódios ainda possuem uma nervura central nas folhas. Fósseis do Devoniano de *Baragwanathia* apresentam um tipo de folha chamada microfila com folhas com apenas uma única nervura central.

De fato a origem das folhas é incerta, mas acredita-se que tenha sido a partir de pequenas escamas que obtiveram um cordão central condutor que formou uma nervura central que se expandiu do centro formando pequenos feixes de vasos que se ramificaram por toda a folha através da proliferação bilateral do parênquima cortical.

A sustentação da planta para adquirir a forma ereta se dá pelo desenvolvimento do colênquima e esclerênquima, que apresentam forte espessamento celular, essas características só se desenvolveram efetivamente nas pteridófitas. Para adquirir uma postura ereta e de grandes dimensões foram necessárias diferentes modificações anatômicas. Os próprios vasos xilêmicos responsáveis pela condução de fluídos da planta apresentam as paredes espessadas auxiliando na sustentação da planta. A parede celular das plantas é completa com lignina e compostos fenólicos e fundamentais para o revestimento dos vasos. Acredita-se que a pteridófitas tenha surgido a 460 milhões de anos. Ganhando diferentes ambientes desde então, em regiões aquáticas acredita-se que tenham tido laços simbióticos com fungos (micorrizas), mas a origem do grupo ainda é confusa, a estimativa da idade pelo relógio molecular dá uma dimensão de 600 milhões de anos como a origem enquanto dados de suas proteínas sugerem 700 milhões de anos.

Alguns autores acreditam que a pteridófitas sejam um grupo derivado das algas pertencentes ao grupo *Coleochaetales* do grupo carófitas. Considerando que as algas verdes teriam originado duas linhagens: *Chlorophyta* e *Charophyta*. Acredita-se que as plantas do Devoniano tenham surgido de um único ancestral comum possuidor de elementos condutores.

# EVOLUÇÃO DAS PLANTAS: INDEPENDÊNCIA E RADIAÇÃO - Parte III

---

O grupo das pteridófitas vivas ainda hoje compreende as avencas, samambaias, licopódios, cavalinhas, pinheirinhos, selaginelas, equísetos e rabo de lagarto. Sendo os equísetos psilotos e samambaias grupos monofiléticos e constituem linhagens mais próximas as plantas com sementes.

Pteridófitas apresentam sequencias evolutivas interessantes, abrangendo membros sem folhas e com pequenas escamas nos Psilotos atuais, representantes com folhas simples e pequenas de única nervura como folhas micrópila de licopódio, folhas com poucas nervuras e bifurcadas e folhas complexas como em algumas samambaias.



Lycopodium

A condução era feita pelo cilindro central, ou estelo. Os fósseis mostram que o cilindro central era delgado, com um cordão de células condutoras de água, rodeado por células que conduziam fluidos no sentido oposto, o propóstelo (seiva elaborada), formado por células alongadas revestidas de celulose em forma de anel.

Em pteridófitas o estelo permite montar a sequencia supostamente evolutiva, a medida que o diâmetro do caule aumenta e que as folhas surgem a massa de elementos condutores de água e sais aumenta proporcionalmente.

Evolutivamente os tecidos xilemáticos foram aumentando sua resistência ao longo das eras geológicas garantindo resistência a pressão derivada do crescimento da planta em extensão e espessura, se especializando na condução da seiva bruta. Essa resistência é dada graças ao espessamento dos elementos de vaso pela deposição de celulose e lignina nas células alongadas.

As primeiras pteridófitas e as mais antigas pertenceram ao grupo das *Psiphytopsida*, grupo que se originou a 300 milhões de anos. Plantas de pequenas dimensões de caule bifurcado delgado com pequenas escamas, com a presença de algas em alguns casos, sem folhas e raízes verdadeiras com uma porção prostada e rizomatosa.

Outras pteridófitas de grande importância evolutiva foram as *Lycopsidea*. Plantas de pequenas dimensões que abrangem obviamente os licopódios e selaginelas. As licopodófitas tiveram seu período de radiação no Paleolítico com gêneros fósseis de grandes dimensões e foi a forma de vegetação dominante especialmente no carbonífero com os licopódios gigantes *Lepidodendron* e *Sigillaria*, plantas nas quais explicam o nome do período, pela grande concentração de carbono proveniente do processo de fossilização desses organismos.

Ainda há a classe *Psilotopsida*, cuja simplicidade morfológica se assemelha bastante com as psilofitopsida, podendo ter surgido a partir da redução ou convergência com o grupo das *Rhynias*. Juntamente com os licopódios, os equisetos também foram abundantes no Paleozóico chegando a vários metros de altura com os gêneros *Calamostachys*, *Camalimtes* e *Equisetum*, assim foi igualmente como as pteropsida.

Os primeiros grupos a apresentarem sementes foram as *Pteridospermae* que foram muito frequentes no Carbonífero eram semelhantes a samambaias gigantes, sendo que seu ginófito se desenvolvia dentro do esporângio formando um óvulo protegido por um tegumento que possibilita a formação de semente. Outro grupo também consiste na *Progimnospermas* que se reproduziam por esporos, mas que apresentavam o desenvolvimento secundário em espessura e xilemático mais expressivo encontrado nas gimnospermas.



As gimnospermas ou gimnospermas são plantas vasculares com frutos não carnosos (frutos sem polpa) e cujas sementes não se encerram num fruto. Araucária, muito comum em Floresta ombrófila mista, como em Campos do Jordão, sendo que hoje existe menos de 1% preservada

O ancestral das *Gimnospermae* ou *Pinophyta* e originou-se no Carbonífero e/ou Devoniano por volta de 350 milhões de anos, e foram gradualmente ganhando um xilema desenvolvido e grande arborescência, mudando a composição do solo conquistando desde então tendo seu pico de radiação no Permiano. Análises filogenéticas dividem esses organismos em duas linhagens. A primeira *Lycopophytina* que inclui licopódios com semelhanças com algumas gimnospermas, o segundo grupo *Euphylophytina* que abarca todas as outras plantas vasculares. As gimnospermas são classificadas em 3 classes principais. As *Cycadopsida*, representada por uma dezena de gêneros. Surgiram no Mesozóico, era das cicadáceas, foi o primeiro grupo a ter sementes após as pteridospermas. Outro grupo que se encaixa aqui é a *Ginkgoales*, grupo da *Ginkgo biloba* que constitui um caso de evolução lenta e conservativa já que seus representantes fósseis. As Coníferas da classe *Pinopsida* já estavam presentes no Carbonífero, e proliferaram

de forma gradual no permiano, período considerado mais árido. E *Gnetopsida* grupo de poucos representantes viventes na Namíbia e alguns no Brasil.



As Angiospermas ou angiospérmicas são plantas espermatófitas cujas sementes são protegidas por uma estrutura denominada fruto. Também conhecidas por magnoliófitas, com 230 mil espécies conhecidas.

As angiospermas surgiram no Cretáceo a 130 milhões de anos e no espaço de alguns milhões de anos alcançaram uma diversidade muito grande em todas altitudes e latitudes alcançando até os insetos e fungos que apresentam uma diversidade enorme. Hoje apresentam mais de 250 mil espécies. A presença de esporopolenina no pólen das angiosperma explica porque os grãos se fossilizam com facilidade.

## ANTENAS VERDES PRODUTORAS DE ENERGIA – PRESSUSPOSTOS EVOLUTIVOS.

A vantagem de ser um animal é que podemos correr, andar, saltar, fugir ou sair em busca de nosso alimento. Imagine o contrário agora, se o ser humano fosse como uma craca, não por ser um crustáceo, mas por ser sésil, preso onde você nasceu para o resto d sua vida.



As cracas são hermafroditas ou bissexuadas, podendo fecundar-se individualmente. Em quatro meses as larvas saem dos ovos e começam a procurar local para fixar-se. Existem várias espécies de cracas.

Ter de esperar que algum animal passe perto para você come-lo, imagine você ter esperar uma galinha passar perto de você para pega-la e prepará-la. Seria impossível até mesmo de nos comunicarmos com tal sofisticação que temos hoje, ou de criarmos tecnologias, até mesmo de temperar essa galinha e fazer dela um belo prato italiano de frango *alla parmegiana*. As plantas conseguiram essa façanha, elas aprenderam a se desenvolver, crescer no mesmo local em que sua semente caiu, isso é fantástico. Fantástico porque ela vivendo ali no mesmo local desde seu nascimento aprender a captar o que ela necessita para o seu crescimento quantitativo e qualitativo. Chega de enfeitar o texto e vamos para o tema de uma vez, a energia e a fotossíntese.

Para compreender a fotossíntese é preciso saber em que local ela ocorre e como ela ocorre. Ela ocorre diretamente na superfície dos organismos fotossintetizantes, nos cloroplastos e nas plantas ocorre geralmente na folha, que é composta por uma área expandida, o limbo. A folha fica presa ao pecíolo que prende a prende no caule. Nas algas, que não possuem folhas, mas folídios com clorofila ou nas unicelulares a fotossíntese ocorre por toda a superfície.

As folhas variam de acordo com o ambiente que vivem, plantas de regiões áridas apresentam folhas com superfície reduzida ou com espinhos para evitar a transpiração e predação. As folhas são estruturas clorofiladas formadas por feixes vasculares atravessados e delimitados por uma camada epidérmica que reveste a face superior e inferior. A região interna da folha é formada por um tecido parenquimatoso disposto de forma frouxa ou paliádica. A morfologia da folha varia muito de acordo com o ambiente na qual os organismos foram sujeitos a milhões de anos adaptadas a diferentes pressões seletivas. Em bromélias, que acumulam água e compõem diversos animais vertebrados e invertebrados no dossel elas tem uma anatomia diferenciada, em algumas plantas a folha tornou-se adaptada a captura de animais para aquisição de nutrientes, como em plantas carnívoras que vivem em solos lavados pela água e sem nitrogênio. A estratégia encontrada por elas foi a captura desse nutriente direto de uma fonte animal, os insetos.

A vida se mantém graças ao consumo contínuo de energia. Para tal, deve haver a absorção de compostos orgânicos com exceção de algumas bactérias que quimiossintetizantes. A fotossíntese é o processo na qual as

plantas utilizam a luz para a produção de seu próprio alimento. A fotossíntese ocorre em três reinos: Monera e Protistas (em parte) e o reino das plantas.

No processo de fotossíntese a energia luminosa decompõe através da oxidação a molécula de água. Essa decomposição libera oxigênio e elétrons de hidrogênio que são utilizados no processo de fixação do gás carbônico. O oxigênio é utilizado no processo de respiração celular (oxidação), ou seja, oxida compostos orgânicos para a produção de energia na forma de ATP.



Energia luminosa leva a Oxidar moléculas de H2O.

\* ocorre a liberação do O2 que leva a (oxidação) produção de ATP.

\* os elétrons de H atuam na Fixação de CO2.

Ainda sim os seres fotossintetizantes aprenderam a tratar a fotossíntese em dois momentos distintos de suas vidas. A escura e a clara.

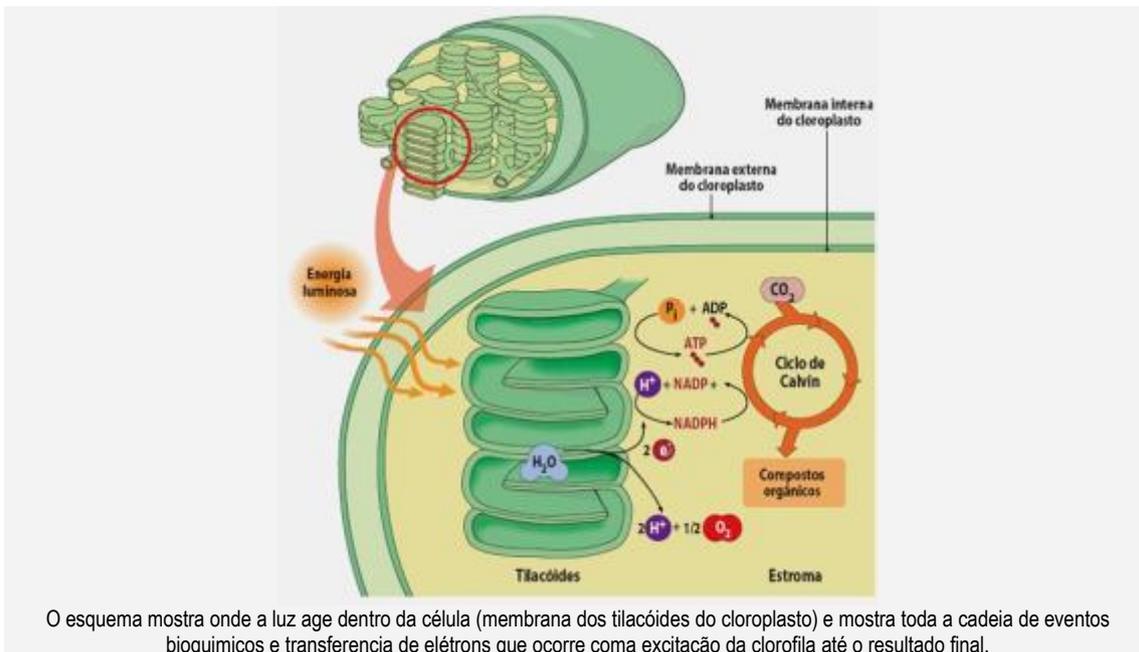
Na fase clara, ou fótica a luz do sol incide sobre a clorofila e seus pigmentos localizados nos tilacóides dos cloroplastos, a molécula da clorofila é excitada pelos fótons de radiação fotossinteticamente ativa abrangendo comprimentos de ondas de 390 a 760 nm. A clorofila é excitada e os elétrons são movimentados para níveis mais altos da eletrosfera.

Quando essa molécula volta ao estado normal os elétrons também liberaram energia em forma de luz ou calor. Esse processo de transferência de energia é chamado de fosforilação, a energia liberada foi utilizada para produção de uma moeda energética corrente para a célula, o ATP.

Siga a sequencia a baixo:



As condições de reação podem produzir também um tipo de fosforilação especial, chamada de fosforilação cíclica gerando outra moeda energética chamada NADPH. Nessa parte não há fixação de carbono, mas sim uma produção de energia excessiva pela fosforilação oxidativa que ocorre nas mitocôndrias durante a respiração celular.



A fase afótica ou escura ocorre a fixação do carbono, através do ar ou da água na forma de íons bicarbonato e sua conversão em carboidratos ou açúcares da planta, isso ocorre utilizando o ATP e o NADPH produzidos durante a fase clara na respiração celular mitocondrial.

A reação química de fixação do carbono é catalisada pela enzima *rubisco* presente no cloroplasto, ela converte o carbono fixado em moléculas orgânicas através do ciclo bioquímico de Calvin Benson, uma cadeia de eventos bioquímicos que ocorre no cloroplasto.

Parece impressionante, e alguns leigos diriam até que impossível a evolução ter criado tudo isso, mas se imaginarmos que a partir do momento que as primeiras células das algas tiveram uma fonte de energia a seu dispor (a luz) é de se pensar que a seleção natural permitiria que aqueles organismos que conseguissem de alguma forma utiliza-la como uma ferramenta para seu próprio benefício teria vantagens em sua sobrevivência. Considerando que só existiam esse organismo e todo o tempo do mundo, é bem provável que pequenas maquinarias bioquímicas surgissem dentro das células graças as proteínas que a célula produz e que ganharam alguma finalidade, com pequenas mudanças cumulativas, a absorção de outras substancias do meio essas maquinarias bioquímicas podem ter se ligado umas as outras. Complexos independentes que possam ter se ligado otimizando a produção e/ou estoque de energia.

Imagine uma bioquímica básica de uma célula ancestral que ainda não fazia fotossíntese e que por alguma ou algumas mudanças em seu DNA permitiu que uma molécula reagisse com a energia solar.

Como essa molécula atua como uma antena captadora de luz ela se excita e libera energia. A partir do momento que você tem essa energia sendo liberada dentro da célula ela vai reagir com o que tem pela frente, servindo como acoplador de um grupo de fosfato com um grupo duplo de fosfato, otimizando o trabalho das mitocôndrias das mitocôndrias.

Vários imprevistos podem ter acontecido, e talvez o mecanismo bioquímico que conhecemos hoje não foi sempre o mesmo, mas é possível que no começo aquelas células que não conseguiriam lidar com a nova forma de trabalhar com essa energia extra seria punida. A opção mais condizente mostra que de alguma forma, com o auxílio de outros mecanismos bioquímicos que surgiram graças a mutações foi a utilização da energia extra para estocar carbonos absorvidos, desta forma o organismo vivo poderia se beneficiar quando o assunto é crescimento, já que o carbono é a elemento fundamental para as todas as moléculas que compõem a vida e as plantas crescem porque estocam, fixam carbono

Não sei se há trabalhos que demonstram evolutivamente como a bioquímica da fotossíntese teria surgido, especulei um caminho, mas pode ser que outras vias bioquímicas tenham surgido primeiro e quando a luz excitou pela primeira vez uma molécula como a clorofila é que uma nova forma de trabalhar se formou e gerou todo esse sucesso evolutivo.

Por outro lado vemos muitas pessoas dizendo que do ponto de vista bioquímico a evolução não teria acontecido, como Michael Behe em *A caixa preta de Darwin*.

Li este livro e não vi argumento científico algum que de uma resposta ao grande enigma da vida, exceto o velho argumento leviano do *design inteligente* que já desbancamos em outros textos aqui neste site.

O que proponho aqui é partir deste texto é apresentar uma sequencia de 3 artigos tratando somente sobre a evolução do grupo dos vegetais, para tal trabalharei com algas, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Me focarei mais no ponto de vista evolutivo e não me aprofundarei na ecologia de cada um dos grupos. Para isso utilizarei o livro *Introdução a biologia vegetal* de Eurico Cabral.