

Autores:

Édison José de Paula[†]
Estela Maria Plastino
Eurico Cabral de Oliveira
Flávio Berchez
Fungyi Chow
Mariana Cabral de Oliveira

INTRODUÇÃO À BIOLOGIA DAS CRIPTÓGAMAS

Organizador: Fungyi Chow



São Paulo
2007

INTRODUÇÃO À BIOLOGIA DAS CRIPTÓGAMAS

São Paulo
2007

ORGANIZADOR DESTE VOLUME

Professora Dra. Fungyi Chow

AUTORES DESTE VOLUME

Professor Dr. Édison José de Paula[†]

Professora Dra. Estela Maria Plastino

Professor Dr. Eurico Cabral de Oliveira

Professor Dr. Flávio Berchez

Professora Dra. Fungyi Chow

Professora Dra. Mariana Cabral de Oliveira

Ficha Catalográfica

Introdução à Biologia das Criptógamas / Organizado por Fungyi Chow; Autores Édison José de Paula[†]...[et al]. São Paulo : Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2007.

184 p.

ISBN **978-85-85658-20-5**

1. Criptógamas – Biologia 2. Criptógamas - Taxonomia I. Chow, Fungyi, org. II. Paula[†], Édison José de, autor III. Plastino, Estela Maria, autor IV. Berchez, Flávio, autor V. Chow, Fungyi, autor VI. Oliveira, Eurico Cabral de, autor VII. Oliveira, Mariana Cabral de, autor

LC: QK 505.5

ÍNDICE

PREFÁCIO	1
AULAS PRÁTICAS INTRODUTÓRIAS	
AULAS PRÁTICAS.....	5
MATERIAL DE LABORATÓRIO	5
TÉCNICAS DE DOCUMENTAÇÃO E CONFECÇÃO DE CORTES	6
MONTAGEM EM LÂMINAS	6
PREPARAÇÃO DE LÂMINAS	7
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	7
AULA PRÁTICA: CÉLULAS DE PROCARIONTES E EUCARIONTES	
FOTOSSINTETIZANTES	
1) <i>Zygnema</i> sp. ou <i>Spirogyra</i> sp.	
(Divisão Chlorophyta = algas verdes)	8
2) <i>Gloeocapsa</i> sp. ou <i>Oscillatoria</i> sp.	
(Divisão Cyanobacteria = algas azuis)	9
3) <i>Pinnularia</i> sp. – diatomácea	
(Divisão Bacillariophyta = diatomáceas)	9
4) Alga verde unicelular (Divisão Chlorophyta)	9
5) Demonstração	
5.1) <i>Nitella</i> sp. (Divisão Chlorophyta)	9
5.2) Lâmina micrometrada	9
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS CRIPTÓGAMAS	
ORIGEM DA VIDA	13
CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS	13
CLASSIFICAÇÃO DOS GRANDES GRUPOS DE CRIPTÓGAMAS	14
GLOSSÁRIO	15
REFERÊNCIAS	15

A CÉLULA DE PROCARIONTES E EUCARIONTES FOTOSSINTETIZANTES	
ORGANIZAÇÃO PROCARIÓTICA	16
ORGANIZAÇÃO EUCARIÓTICA	16
PIGMENTOS RELACIONADOS À FOTOSSÍNTESE	19
ORIGEM DOS EUCARIONTES FOTOSSINTETIZANTES	22
REFERÊNCIAS	23
REPRODUÇÃO E SEXUALIDADE NAS CRIPTÓGAMAS	
1) REPRODUÇÃO MOLECULAR	24
2) REPRODUÇÃO CELULAR (DIVISÃO CELULAR)	24
3) REPRODUÇÃO DO ORGANISMO	25
COMPARAÇÃO ENTRE OS TRÊS TIPOS DE REPRODUÇÃO (VEGETATIVA, ESPÓRICA E GAMÉTICA)	27
4) SEXUALIDADE	28
5) HISTÓRICOS DE VIDA	29
REFERÊNCIAS	29
CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS	
INTRODUÇÃO	33
O QUE SÃO FUNGOS?	33
ORIGEM	36
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS FUNGOS VERDADEIROS	37
NUTRIÇÃO	37
OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO	39
MORFOLOGIA	39
PAREDE CELULAR	40
RESERVA	40
REPRODUÇÃO	40
IMPORTÂNCIA	42
1) CLASSE MYXOMYCETES	
Características básicas	45
2) CLASSE OOMYCETES	
Características básicas	46
3) CLASSE ZYGOMYCETES	
Características básicas	48
4) CLASSE ASCOMYCETES	
Características básicas	51

5) CLASSE BASIDIOMYCETES	
Características básicas	58
SIMBIOSE ENTRE ALGAS E FUNGOS: LIQUENS	63
Morfologia e reprodução	64
Características biológicas dos líquens	65
Identificação e classificação	65
GLOSSÁRIO	66
REFERÊNCIAS	70
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ALGAS	
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ALGAS	74
ORGANIZAÇÃO VEGETATIVA DAS ALGAS	76
MONERA FOTOSSINTETIZANTES: DIVISÃO CYANOBACTERIA	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	79
COMPARAÇÃO COM OUTRAS BACTÉRIAS	79
ORIGEM	80
OCORRÊNCIA	80
MORFOLOGIA	80
ORGANIZAÇÃO CELULAR	81
REPRODUÇÃO	83
HETEROCITO	83
MOBILIDADE	84
TOXINAS	84
IMPORTÂNCIA	85
ASPECTOS ECOLÓGICOS	85
CLASSIFICAÇÃO	86
PROCLORÓFITAS	86
CARACTERIZAÇÃO E TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS DAS ALGAS	
COM CLOROFILA <i>a</i> E <i>b</i> : DIVISÕES CHLOROPHYTA E EUGLENOPHYTA	
DIVISÃO CHLOROPHYTA	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	89
OCORRÊNCIA	89
MORFOLOGIA	90

ORGANIZAÇÃO CELULAR	90
REPRODUÇÃO E HISTÓRICO DE VIDA	91
CLASSIFICAÇÃO	92
EVOLUÇÃO DO GRUPO	92
Linhagem das Clorofíceas	93
Linhagem das Carofíceas	93
GLOSSÁRIO	94
DIVISÃO EUGLENOPHYTA	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	95
OCORRÊNCIA	95
MORFOLOGIA	95
ESTRUTURA CELULAR	95
REPRODUÇÃO	96
CLASSIFICAÇÃO	96
CONSIDERAÇÕES EVOLUTIVAS	96
CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DAS ALGAS COM CLOROFILA <i>a</i> E <i>c</i> E FUCOXANTINA: DIVISÕES PHAEOPHYTA, BACILLARIOPHYTA E DINOPHYTA	
1) Linhagem das Estramenópilas	98
2) Linhagem dos Alveolados	98
DIVISÃO PHAEOPHYTA	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	99
OCORRÊNCIA	99
MORFOLOGIA	99
CRESCIMENTO	100
ORGANIZAÇÃO CELULAR	101
REPRODUÇÃO	102
HISTÓRICO DE VIDA	102
CLASSIFICAÇÃO	102
DIVISÃO BACILLARIOPHYTA (Diatomáceas)	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	103
OCORRÊNCIA	104
MORFOLOGIA	104

ORGANIZAÇÃO CELULAR	104
TAXONOMIA	105
MOVIMENTO	105
REPRODUÇÃO E HISTÓRICO DE VIDA	105
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	107
ASPECTOS ECOLÓGICOS	107
DIVISÃO PYRROPHYTA = DINOPHYTA (Dinoflagelados)	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	108
ORGANIZAÇÃO CELULAR	108
REPRODUÇÃO E HISTÓRICO DE VIDA	109
ASPECTOS ECOLÓGICOS	109
BIOLUMINESCÊNCIA	109
CONSIDERAÇÕES EVOLUTIVAS	110
TAXONOMIA	110
CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DAS ALGAS COM CLOROFILA <i>a</i> E FICOBILIPROTEÍNAS: DIVISÃO RHODOPHYTA	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	111
SEMELHANÇAS ENTRE RHODOPHYTA E CYANOBACTERIA	111
DIFERENÇAS DE OUTRAS ALGAS EUCARIÓTICAS	111
OCORRÊNCIA	112
MORFOLOGIA	112
CRESCIMENTO	112
ORGANIZAÇÃO CELULAR	113
REPRODUÇÃO	114
CLASSIFICAÇÃO	114
CONSIDERAÇÕES EVOLUTIVAS	116
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DE ALGAS MARINHAS BENTÔNICAS (Rhodophyta, Phaeophyta e Chlorophyta)	
1) ALIMENTAÇÃO – consumo direto	117
2) FICOCOLÓIDES	124
3) FERTILIZANTES	122
4) FICOBILIPROTEÍNAS	122
5) β -CAROTENO	123
6) MEDICINA	123

REFERÊNCIAS	123	
EXERCÍCIOS: ALGAS		
GUIA DE EXCURSÃO AO LITORAL	127	
EXERCÍCIOS EM LABORATÓRIO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	131	
REFERÊNCIAS BÁSICAS PARA OS EXERCÍCIOS	133	
CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS EXERCÍCIOS	134	
DIVISÕES BRYOPHYTA, PSILOPHYTA, ARTHROPHYTA, LYCOPODOPHYTA E PTEROPHYTA		
ADAPTAÇÃO DAS PLANTAS AO AMBIENTE TERRESTRE	137	
DIVISÃO BRYOPHYTA		
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	141	
OCORRÊNCIA	141	
HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA	142	
REPRODUÇÃO	143	
CLASSIFICAÇÃO	143	
Classe Hepaticae	144	
Classe Anthocerotae	145	
Classe Musci	146	
IMPORTÂNCIA	146	
INTRODUÇÃO ÀS PLANTAS VASCULARES		149
DIVISÃO PSILOPHYTA		
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	151	
HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA	151	
DIVISÃO LYCOPODOPHYTA		
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	153	
HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA	153	
DIVISÃO ARTHROPHYTA		
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	155	
HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA	155	
DIVISÃO PTEROPHYTA		
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	157	
HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA	157	

FÓSSEIS DE CRIPTÓGAMAS VASCULARES	161
ANCESTRAIS DAS PLANTAS TERRESTRES	163
TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS EM CRIPTÓGAMAS TERRESTRES	165
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS CRIPTÓGAMAS VASCULARES	167
REFERÊNCIAS	167
AULAS PRÁTICAS DE BRYOPHYTA, PSILOPHYTA, LYCOPODOPHYTA E ARTHROPHYTA	
DIVISÃO BRYOPHYTA	
1) <i>Marchantia</i> (Classe Hepaticae)	169
2) <i>Symphyogyna</i> (Classe Hepaticae)	170
3) <i>Anthoceros</i> (Classe Anthocerotae)	170
4) <i>Sematophyllum</i> (Classe Musci)	170
CRYPTÓGAMAS VASCULARES: DIVISÕES PSILOPHYTA, LYCOPODOPHYTA E ARTHROPHYTA	
1) <i>Psilotum</i> (Divisão Psilophyta)	171
2) <i>Lycopodium</i> (Divisão Lycopodophyta)	171
3) <i>Selaginella</i> (Divisão Lycopodophyta)	171
4) <i>Equisetum</i> (Divisão Arthrophyta)	171
CRYPTÓGAMAS VASCULARES: DIVISÃO PTEROPHYTA	
1) <i>Polystichum</i> (Ordem Filicales)	173
2) <i>Ophyoglossum</i> (Ordem Ophyoglossales)	173
3) <i>Salvinia</i> (Ordem Salviniiales)	173
4) <i>Osmunda</i> (Ordem Osmundales)	173
5) Outros exemplares da Família Polypodiaceae	174
Chave dicotômica artificial para identificação de alguns Gêneros de Pteridófitas do Jardim do Departamento de Botânica – USP	174
Pteridófitas – Glossário para a Chave de Identificação	175
EXCURSÃO À MATA ATLÂNTICA	179

PREFÁCIO

A disciplina "Morfologia e Taxonomia de Criptógamas" (BIB 120) começou a ser ministrada em 1976, quando o Conselho do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB/USP) aprovou, em 1975, a proposta do Prof. Eurico Cabral de Oliveira Filho para criar duas novas disciplinas em substituição às de "Morfologia e Anatomia Vegetal" (liderada pela Dra. Bertha L. de Morretes) e "Sistemática Vegetal" (liderada pelo Prof. Aylthon B. Joly) com duração anual, que vinham sendo ministradas no departamento desde o antigo Curso de História Natural da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL). Essa alteração no programa foi bem aceita e a disciplina se manteve mais ou menos inalterada até 1992, quando uma nova dinâmica foi adotada, incluindo maior participação dos alunos em coletas, grupos de discussão e preparação de projetos. Essa dinâmica foi mantida até 2007, ano em que a disciplina foi ministrada pela última vez. Ainda nesse ano, após a reestruturação curricular do Curso de Ciências Biológicas do instituto, o conteúdo da BIB 120 foi redistribuído em duas novas disciplinas: "Diversidade Biológica e Filogenia" e "Diversidade e Evolução dos Organismos Fotossintetizantes", suplementadas por duas disciplinas optativas, uma abrangendo a Biologia de Algas e outra a Biologia de Fungos.

A disciplina de Criptógamas, como era apelidada a BIB 120, abordava um espectro muito vasto de organismos que compreendia quatro dos cinco Reinos do sistema de classificação de Whittaker: Moneras com clorofila *a*, Protistas, Plantas e Fungos. Além disto, tratava não apenas da morfologia e taxonomia, mas também da evolução e da importância econômica de cada grupo. Por abranger uma diversidade tão grande de organismos, era necessário utilizar uma abordagem superficial, tendo por objetivo "levar os alunos a um passeio pela biodiversidade dos organismos fotossintetizantes", excetuando as plantas com sementes (Spermatophyta). Com esse intuito, depois de apresentada a macro-biodiversidade desses organismos, a perspectiva futura era que os alunos pudessem aprofundar seus conhecimentos em cursos optativos mais especializados. O grupo das Moneras com clorofila *a* e dos fungos eram tratados nesta disciplina atendendo ao termo genérico Criptógamas, que além de englobar as algas,

briófitas e pteridófitas também incluía esses organismos.

Acreditamos que a BIB 120, que deixa de integrar o currículo do Curso de Ciências Biológicas do IB/USP a partir de 2007, prestou bons serviços em ministrar aos biólogos que aqui estudaram uma oportunidade para entrar em contato com uma gama muito grande de organismos interessantes e importantes sob vários aspectos, tais como o evolutivo, o ecológico e o econômico, mostrando uma miríade de soluções adaptativas para a sobrevivência e perpetuação neste planeta de grupos extremamente diversos de organismos. Um ponto forte desta disciplina era seu caráter eminentemente prático, incluindo três coletas de campo e estudo do material coletado pelos próprios alunos nas aulas práticas. Por outro lado, sua substituição por disciplinas mais embasadas em aspectos filogenéticos que abrangem a diversificação dos diversos clados está bem justificada e era necessária, tornando-se possível nos últimos anos com o advento do seqüenciamento genético.

O corpo selecionado de conhecimento que ora se disponibiliza em via eletrônica foi organizado e formatado pela equipe que ministrou a BIB 120 nos últimos anos. No entanto, ele é resultado da colaboração de vários colegas que trabalharam nesta área desde o antigo curso de Sistemática Vegetal, incluindo os professores Aylthon B. Joly, Maria Amélia B. de Andrade, Antonio Lamberti, Kurt Hell, Yumiko Ugadim, José Fernando Bandeira de Mello Campos além de Eurico C. de Oliveira que permaneceu na disciplina até o último ano em que ela foi ministrada.

AULAS PRÁTICAS INTRODUTÓRIAS

AULAS PRÁTICAS

Leia atentamente todo o texto antes de iniciar sua prática.

No final de cada aula prática, verifique se:

- A bancada e os aparelhos ópticos estão em ordem e limpos.
- As lentes objetivos e oculares do microscópio óptico estão na sua posição correta (no menor aumento e distanciados da platina).
- A platina do microscópio óptico está completamente seca.
- O esteromicroscópio (lupa) está em ordem, seco e limpo.
- Todo o material utilizado (ex. placas de Petri, lâminas e lamínulas) está limpo.

MATERIAL DE LABORATÓRIO

Para as aulas práticas cada grupo de trabalho deve providenciar:

- Duas pinças histológicas, uma de ponta fina e outra de ponta arredondada.
- Dois estiletes ou seringas para insulina, descartáveis.
- Um pincel de cerdas finas.
- Uma caixa de lâminas para microscopia.
- Uma caixa de lamínulas 22 x 22 mm.
- Lenços de papel absorvente ou papel higiênico macio.
- Lápis número 2 para desenho.
- Borracha macia.
- Lâminas de barbear (giletes novas).
- Papel sulfite para os esquemas e as anotações (os esquemas devem ser feitos a lápis).
- Caderno com índice alfabético para elaboração de um glossário (opcional).
- Lupa de mão, com aumento de 5-10 vezes (instrumento útil, principalmente para observações no campo).
- Livros (ver referências recomendadas).

TÉCNICAS DE DOCUMENTAÇÃO E CONFECÇÃO DE CORTES

A microscopia óptica só permite a observação de objetos transparentes ou translúcidos. Isto significa que material opaco deve ser previamente clarificado (diafanizado) e que material espesso deve ser cortado em secções finas para permitir a transmissão da luz.

Os cortes podem ser feitos com um equipamento especial, o micrótomo, ou à mão livre com lâminas de barbear novas. Em cortes à mão livre materiais resistentes podem ser segurados com os dedos polegar e indicador e materiais delicados podem ser presos em um suporte macio e homogêneo, como isopor, medula de guapuruvú ou embaúba, etc. Bons cortes podem ser obtidos colocando-se o material sobre lâmina contendo uma gota de água, observando-se ao esteromicroscópio e prendendo o material com o indicador. Em todos os casos, deve-se posicionar a lâmina de barbear em um ângulo aproximado de 90 graus em relação ao material, fazendo-se movimentos de corte contínuos e suaves com a mesma.

Os cortes selecionados podem ser removidos com um pincel ou estilete e colocados sobre a lâmina com água ou álcool 70% segundo o material. Para se obter um bom corte é necessário, normalmente, fazer-se vários, selecionando apenas os melhores.

MONTAGEM EM LÂMINAS

O material para exame deve ser montado em lâminas de vidro para microscopia e recoberto com lamínula, também de vidro. A lâmina deve estar limpa, sendo um bom critério para avaliar sua limpeza a colocação de uma gota de água sobre a mesma. Se a gota se espalhar, tendendo a ocupar ampla superfície, a lâmina pode ser considerado limpa, caso contrário, deve ser novamente lavada. As lâminas podem ser lavadas com detergente e guardadas em álcool 70%.

A preparação deve ser feita colocando uma gota do meio de montagem sobre a lâmina, com auxílio de um conta-gotas, e a seguir, com um estilete, pinça ou pincel, o material a ser examinado. Se necessário, dissocia-se o material com dois estiletos, observando-se ao esteromicroscópio. Cobre-se a preparação com a lamínula, tomando cuidado para evitar bolhas de ar. O excesso de líquido de montagem, que extravasa pelos bordos da lamínula deve ser retirado com papel absorvente antes de sua observação no microscópio, evitando-se que a platina se molhe.

A substituição de um líquido de montagem por outro, por exemplo, um corante, pode ser feita sem a remoção da lamínula. Para isso, coloca-se uma gota do novo líquido sobre a lâmina, junto à margem da lamínula. Do outro lado da lamínula encosta-se um pedaço de papel de filtro que por capilaridade promoverá a substituição.

Preparações semipermanentes são feitas evitando-se a evaporação do líquido de montagem. Neste caso é importante empregar como líquido de montagem um fixador (formol 4%, cuidado! O formol é tóxico) para evitar a decomposição do material. A vedação da lamínula pode ser feita com esmalte de unha ou luto. Para isso, a lâmina e a face superior da lamínula devem estar bem limpas e secas. O luto é uma mistura de 1 parte de breu e 3 partes de cera de carnaúba, preparada à quente. O luto é fundido e aplicado com um triângulo de metal aquecido. Ao esfriar-se, endurece vedando o espaço entre lâmina e lamínula.

Uma preparação em lâmina pode ser mantida, ainda, por curtos períodos (uma semana ou menos) em uma câmara úmida feita em placa de Petri, especialmente quando o líquido de montagem for glicerina a 30%. Maiores concentrações de glicerina podem prejudicar a preparação.

PREPARAÇÃO DE LÂMINAS

Uma lâmina corretamente preparada deve apresentar as seguintes características para permitir uma boa observação:

- Isenta de bolhas de ar.
- Conter pequena quantidade de material, pois as preparações muito densas impedem a passagem de luz.
- O líquido deve penetrar o espaço entre lâmina e lamínula.
- A lamínula não deve estar flutuando (o excesso de líquido pode ser retirado com papel absorvente).
- Nunca deve haver líquido sob a lâmina. A platina não deve ser molhada.

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Selecionar as partes e estruturas para documentar o estudo, iniciando pelo aspecto

geral, em observação macroscópica, depois em esteromicroscópio e, finalmente, ao microscópio. Neste último, inicia-se com a objetiva de menor aumento, passando-se para aumentos maiores conforme o que se pretende observar.

Na maioria das aulas práticas não será empregada a objetiva de maior aumento (de imersão) porque ela requer o uso de óleo de imersão e só oferece boa imagem com cortes muito finos.

Os esquemas devem ser realizados a lápis, em preto e branco e em tamanho adequado a fim de poder representar todas as estruturas estudadas (recomenda-se que estas ocupem aproximadamente a metade de uma folha A4). As legendas das estruturas nunca devem faltar e devem ser indicadas por meio de traços bem visíveis e cuja extremidade se localize sobre a estrutura correspondente. Legendas do esquema também devem ser colocadas sob o desenho, descrevendo objetivamente o que representa o esquema (ex. Corte transversal da alga vermelha *Gracilaria* com aumento de 40X).

AULA PRÁTICA: CÉLULAS DE PROCARIONTES E EUCARIONTES FOTOSINTETIZANTES

Objetivos: Caracterizar em termos gerais as células de procariontes e eucariontes fotossintetizantes ao microscópio óptico. Estudar a diversidade na organização celular, envoltórios e cloroplastos. Entender a distribuição do citoplasma, vacúolo, núcleo e nucléolo.

1) *Zygnema* sp. ou *Spirogyra* sp. (Divisão Chlorophyta = algas verdes).

Material vivo, muito sensível, não devendo ser tocado com metal (ex. pinças e estiletes). Ao preparar a lâmina, usar pipeta Pasteur ou bastão de vidro. O material não deve secar.

a) Prepare uma lâmina colocando poucos filamentos do material em uma gota de água e observe ao microscópio.

b) Focalize uma célula e passe a observar a maior quantidade de estruturas em um aumento adequado. Nesse aumento estude uma célula em detalhe.

c) Qual é a forma do cloroplasto? Quantos há por célula? No caso de *Spirogyra*, para responder a esta pergunta você precisa fazer observações na extremidade de diversas

células para contar o número de pontas terminais dos cloroplastos.

d) Onde estão localizados os pirenóides?

e) Faça reação com lugol, isto é, substitua a água por este reagente. Observe sob aumento apropriado e verifique quais estruturas foram evidenciadas.

f) Faça, agora, uma coloração com eosina usando o mesmo processo. Quais são as estruturas evidenciadas?

g) Faça esquemas com legendas de uma ou várias células tentando identificar o máximo de estruturas possíveis e coloque a escala representando o tamanho aproximado ou o aumento da objetiva e ocular (ex. 400x).

2) *Gloeocapsa* sp. ou *Oscillatoria* sp. (Divisão Cyanobacteria = algas azuis).

Para *Gloeocapsa* dissocie o material em uma lâmina com ajuda de dois estiletes ou pinças.

a) Prepare a lâmina usando uma gota de água contendo o material e observe ao microscópio. Trabalhe com pouca luz para poder localizar as células que são muito pequenas.

b) Compare com as células de *Spirogyra* ou *Zygnema* e enumere as principais diferenças.

3) *Pinnularia* sp. - diatomácea (Divisão Bacillariophyta = diatomáceas).

Alga bentônica de água doce. Material vivo.

a) Prepare uma lâmina com uma gota do material e observe no microscópio óptico.

b) Escolha um indivíduo e procure observar a parede ornamentada. Para isso, varie as condições de iluminação.

4) Alga verde unicelular (Divisão Chlorophyta).

Prepare uma lâmina com uma gota do material e observe no microscópio óptico.

5) Demonstração.

5.1) *Nitella* sp. (Divisão Chlorophyta). Alga de água doce, ilustrando células consideradas gigantes.

5.2) Lâmina micrometrada, servindo como escala. Note que a ocular amplia 10X e que o campo óptico mede:

i) com a objetiva de 4X - 4500 μm = 4,5 mm.

ii) com a objetiva de 10X - 1800 μm = 1,8 mm.

iii) com a objetiva de 40X - 500 μm = 0,5 mm.

ENTREGAR ESQUEMA DE *Spirogyra* sp. OU *Zygnema* sp. PARA AVALIAÇÃO: ATIVIDADE INDIVIDUAL.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS CRIPTÓGAMAS

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS CRIPTÓGAMAS

ORIGEM DA VIDA

A hipótese mais aceita para a origem da vida provem de um cenário proposto por Oparin na década de 20, em que o oceano primitivo seria rico em compostos químicos energéticos e que a interação entre estes compostos levou à produção de moléculas complexas auto-replicativas (ex. RNA) que, eventualmente, por processos ainda não muito claros, tornaram-se entidades celulares auto-replicativas. Segundo esse cenário, os primeiros organismos vivos eram procariontes heterotróficos, tendo as linhas autotróficas surgido posteriormente. Os eucariontes teriam sido originados a partir de procariontes com capacidade de fagocitose, e que ao fagocitar outros procariontes adquiriram capacidades metabólicas adicionais. Esses procariontes fagocitados foram se simplificando e especializando gradualmente originando as organelas das células atuais, além de contribuírem com genes para a formação do núcleo. Essa célula hospedeira primitiva foi denominada de urcarioto.

CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS

Inicialmente, todos os seres vivos eram classificados como plantas ou animais, mas, após a invenção do microscópio, descobriu-se um mundo de criaturas unicelulares, muitas vezes difíceis de serem classificadas dentro desses dois grandes grupos. Foi criada uma terceira categoria de seres vivos, os protistas, para acomodar esses microorganismos. Cientistas do século XIX já tinham a percepção da importância de considerações evolutivas no estudo dos seres vivos. A árvore filogenética de Haeckel (1866), demonstra essa preocupação em relacionar os diferentes grupos de seres vivos. A partir da visão clássica de Haeckel foi desenvolvido o esquema dos cinco reinos de Whittaker (1969), modelo que foi dominante até o a década de 1980.

Monera (procariontes) - algas azuis.

Protista (eucariontes unicelulares) - algas e fungos unicelulares.

Plantae (eucariontes multicelulares autótrofos fotossintetizantes) - algas, briófitas, pteridófitas e plantas com sementes.

Fungi (eucariontes multicelulares com nutrição heterótrofa absorviva) - fungos

verdadeiros.

Animalia (eucariontes multicelulares com nutrição heterótrofa ingestiva) – vertebrados e invertebrados.

Na década de 1970 houve um avanço metodológico de enorme impacto na biologia. Esse avanço foi a possibilidade de seqüenciamento de DNA. Em 1983, Woese utilizou o seqüenciamento de um gene universal (que codifica para o RNA da subunidade pequena do ribossomo) para construir uma árvore filogenética universal. Essa árvore, hoje amplamente aceita, divide os seres vivos em três grandes grupos, os eucariontes (Eucaria), as eubactérias (Bacteria) e as arqueobactérias (Archaea), sendo os dois últimos procariontes. Já em 1937, Chatton havia proposto que os seres vivos fossem divididos em dois grandes grupos os eucariontes e os procariontes. Essa divisão tornou-se firmemente estabelecida como a primeira distinção filogenética. Os eucariontes apresentavam uma série de características comuns, e os procariontes foram reunidos simplesmente por não apresentarem essas características. Não existia, portanto, uma razão lógica para se considerar os procariontes como um grupo filogeneticamente coerente. Mas, ao longo dos anos, a idéia dos procariontes como um táxon se estabeleceu. Woese demonstrou que os procariontes não formam um grupo coeso, separando-os em dois grupos distintos: Bacteria e Archaea. A árvore universal de Woese permanece em uma forma não-enraizada, ou seja, não responde a questão crucial de quem é o ancestral comum dos seres vivos.

Baseado na hipótese de Woese de classificação dos seres vivos em três domínios primários, diversos estudos têm sido feitos tentando verificar a relação entre esses domínios. Vários estudos têm postulado que as arqueobactérias e os eucariontes tiveram um ancestral comum sendo evolutivamente mais próximos do que ambos são das eubactérias. Entretanto, é possível que este cenário venha a se alterar com o aumento de seqüências de DNA para um maior número de organismos.

CLASSIFICAÇÃO DOS GRANDES GRUPOS DE CRIPTÓGAMAS

O termo criptógamas (do grego *cripto* = oculto e *gamos* = união sexuada) é utilizado genericamente englobando algas, fungos, briófitas e pteridófitas. Esse vocábulo foi utilizado inicialmente no século XVIII por Linnaeus, para designar os “vegetais” cuja “frutificação” não se distingue a olho nu. Embora perdesse seu emprego para definir

aqueles grupos, ele não é mais utilizado em sistemas de classificação atuais, pois engloba organismos bastante diversos e que não apresentam maiores afinidades filogenéticas. Em outras palavras, o termo não tem nenhum significado taxonômico.

A diversidade de organismos estudados dentro de criptógamas é evidenciada, por exemplo, no sistema de classificação, proposto por Woese, onde figuram em dois dos domínios, eucariontes e eubactérias, ou no sistema de Whittaker, onde figuram em quatro dos cinco reinos.

GLOSSÁRIO

Árvores filogenética: demonstração gráfica da afinidade filogenética (ancestralidade comum) de diferentes organismos ou grupos de organismos.

Filogenia: história evolutiva das unidades taxonômicas.

REFERÊNCIAS

- Leedale, G.F. 1974. How many are the kingdoms of organisms? *Taxon* 23: 261-270.
- Margulis, L. & Schwartz, K.V. 2001. Cinco reinos: um guia ilustrado dos filós da vida na Terra. 3a ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Oliveira, E.C. 2003. *Introdução à biologia vegetal*. 2a ed. Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Whittaker, R. 1969. New concepts of kingdoms of organisms. *Science* 163: 150-160.
- Woese, C.R. 1987. Bacterial evolution. *Microbiological Reviews*. pp. 221-271.

A CÉLULA DE PROCARIONTES E EUCARIONTES FOTOSSINTETIZANTES

Dentre as várias divisões que são incluídas entre as criptógamas reconhecem-se dois tipos básicos de organização celular: procariótica (Cyanobacteria = algas azuis) e eucariótica (demais divisões). Na maioria das divisões aqui estudadas, esses dois tipos de células possuem parede celular envolvendo o protoplasto (membrana plasmática + citoplasma). Exceções como da Divisão Euglenophyta que não possui parede celular serão estudadas no respectivo capítulo.

ORGANIZAÇÃO PROCARIÓTICA

De um ponto de vista estrutural, as células de procariontes caracterizam-se pela ausência de membrana nuclear e de organelas envoltas por membranas no citoplasma. A estrutura básica dessas células será tratada detalhadamente na Divisão Cyanobacteria.

ORGANIZAÇÃO EUCARIÓTICA

As células de eucariontes, caracterizam-se pela presença de membranas nucleares e organelas envoltas por membranas no citoplasma. Destacam-se a seguir, os componentes básicos de uma célula eucariótica vegetal (neste texto, por vegetal designaremos em um sentido amplo aos organismos que fazem fotossíntese):

1) **Parede celular:** é um envoltório externo à membrana plasmática, característico de células vegetais, permitindo assim a distinção entre célula vegetal e animal. É permeável, dotada de uma certa elasticidade e desempenha um papel importante na proteção e sustentação do protoplasto, além de apresentar resistência à tensão e decomposição. Sua constituição é muito complexa e variada, podendo apresentar polissacarídeos, como a celulose, hemicelulose, ágar, carragenana ou alginato. Pode possuir também sílica ou carbonato de cálcio, proporcionando uma consistência rígida à parede. Através de paredes celulares adjacentes podem ocorrer plasmodesmos que permitem a conexão intercelular.

2) **Membrana plasmática:** é um envoltório externo ao citoplasma, característico de células eucarióticas e procarióticas, constituído por substâncias lipoprotéicas.

3) **Flagelos:** são estruturas alongadas, relacionadas à mobilidade celular e constituídas por nove pares de microtúbulos distribuídos ao redor de um par de microtúbulos centrais. Este conjunto está envolto pela membrana plasmática. Todos os seres vivos, com exceção das divisões Cyanobacteria e Rhodophyta (= algas vermelhas), possuem flagelo pelo menos em alguma fase de seu histórico de vida, como, por exemplo, nos gametas. O número, a forma e a posição de inserção dos flagelos variam nos diversos grupos vegetais.

4) **Mitocôndrias:** são as organelas responsáveis pela respiração celular; são constituídas por uma dupla membrana, sendo a mais interna com invaginações denominadas cristas. Estas podem ser achatadas ou tubulares. O primeiro tipo é característico das divisões Rhodophyta, Cryptophyta, Euglenophyta e Chlorophyta. Mitocôndrias com cristas tubulares são encontradas em Chrysophyta (= algas douradas), Raphidophyta, Prymnesiophyta, Eustigmatophyta e Xanthophyta (= algas amarelo-esverdeadas).

5) **Ribossomos:** são organelas envolvidas na síntese protéica e estão presentes em todos os vegetais, podendo ser classificadas em dois tipos com base em seus coeficientes de sedimentação em ultra-centrífuga (expresso em unidades de Svedberg - S):

a) "70S" - ribossomos menores presentes em bactérias e Cyanobacteria, cloroplastos e mitocôndrias de células de eucariontes.

b) "80S" - ribossomos maiores presentes no citoplasma de células eucarióticas (exceto nos cloroplastos e mitocôndrias).

6) **Núcleo:** o núcleo é constituído por uma dupla membrana (membrana nuclear) e contém DNA em seu interior. Existem dois tipos básicos de núcleos em eucariontes vegetais. Estes dois tipos diferem no processo de divisão nuclear.

O primeiro tipo é encontrado apenas em Pyrrophyta (= Dinophyta = dinoflagelados) e Euglenophyta, sendo denominado de núcleo mesocariótico, o qual se caracteriza por apresentar:

a) Cromossomos condensados durante todo o ciclo mitótico.

b) Nucléolos persistentes mesmo durante a prófase.

c) Nucléolos grandes.

- d) Cromossomos aderidos à membrana nuclear e não aos microtúbulos.
- e) Membrana nuclear intacta durante todo o ciclo mitótico.

O segundo tipo de núcleo, denominado de núcleo eucariótico, é encontrado em todos os demais grupos e se caracteriza por apresentar:

- a) Cromossomos condensados na prófase e dispersos durante a telófase.
- b) Nucléolos dispersos durante a prófase e condensados durante a telófase.
- c) Nucléolos pequenos.
- d) Cromossomos aderidos aos microtúbulos.
- e) Membrana nuclear dispersa ou persistente durante a divisão nuclear.

7) **Vacúolos:** são organelas constituídas por dupla membrana e estão presentes nas células eucarióticas vegetais. Os vacúolos estão relacionados principalmente à reserva de óleos, taninos, açúcares, água, sais, ácidos graxos e proteínas. Nas células jovens são pequenos e numerosos, enquanto que nas células adultas são maiores, podendo formar um único vacúolo que pode ocupar 90% da célula.

8) **Cloroplastos:** nestas organelas ocorre a conversão da energia luminosa em energia química (fotossíntese). Quando indiferenciadas, são pequenas e incolores, não possuindo um sistema de lamelas. Neste caso, recebem o nome de proplastos.

Composição dos cloroplastos: 40-60% de proteínas, 25-35% de lipídios, 5-10% de clorofilas, 1% de outros pigmentos e pequenas quantidades de DNA e RNA.

Os cloroplastos são organelas envoltas por membranas lipoprotéicas que possuem no interior uma matriz granular. Essa matriz recebe o nome de estroma, sendo basicamente constituída por uma solução concentrada de enzimas que atuam na fixação do CO₂. Embebidas nessa solução, encontram-se sistemas de lamelas (tilacóides) que se dispõem paralelamente ao eixo principal do cloroplasto. Esses tilacóides estão dispostos de forma característica em cada uma das divisões vegetais. Podem estar livres nos cloroplastos (ex. Rhodophyta) ou associados em bandas. Quando associados, reconhecem-se dois tipos morfológicos:

a) Bandas de três tilacóides, com presença de uma banda periférica, paralela ao envelope do cloroplasto. Exemplos: Phaeophyta (= algas pardas), Chrysophyta e Euglenophyta.

b) Bandas de dois tilacóides. Exemplo: Cryptophyta.

c) Bandas de dois a seis tilacóides, sendo que um ou mais tilacóides de uma banda podem se deslocar para outra banda. Exemplo: Chlorophyta.

Variações nesse último tipo de disposição podem ser encontradas em algumas algas

verdes, briófitas e pteridófitas. Essas variações consistem em arranjos mais complexos dos tilacóides, com formação de pilhas de lamelas achatadas, que recebem o nome de granum (plural = grana).

Outra característica importante para a distinção de grupos taxonômicos baseados na estrutura dos cloroplastos diz respeito ao invólucro. Todos os plastos são envoltos por uma dupla membrana lipoprotéica. Além dessa dupla membrana, como ocorre em Rhodophyta, Chlorophyta, briófitas, pteridófitas e plantas com sementes, pode existir um invólucro externo de retículo endoplasmático, cuja membrana externa adjacente ao citoplasma, possui ribossomos aderidos à superfície. Entre o invólucro do retículo endoplasmático e o cloroplasto, existem ribossomos, túbulos e, em alguns casos, produtos de reserva, sendo interpretados como de origem citoplasmática. Este invólucro de retículo endoplasmático pode ser interpretado como remanescente de associações endossimbióticas antigas (Lee, 1989). Este pode ser constituído por uma camada (Euglenophyta e Pyrrhophyta) ou duas (Chrysophyta, Cryptophyta e Phaeophyta), sendo que neste caso a mais externa pode incluir também o núcleo, especialmente se o número de cloroplastos por célula for pequeno.

Pirenóides - são regiões protéicas diferenciadas que ocorrem dentro do cloroplasto e que converte os produtos da fotossíntese em produtos de reserva. Ocorrem em todas as classes de algas, e dentro de uma mesma classe, a sua presença é considerada um caráter primitivo.

PIGMENTOS RELACIONADOS À FOTOSSÍNTESE

Entre os vegetais reconhecem-se quimicamente três tipos de pigmentos fotossintetizantes: clorofilas, carotenóides e ficobiliproteínas.

Todos os vegetais fotossintetizantes possuem clorofilas e carotenóides, porém somente Cyanobacteria, Rhodophyta e Cryptophyta possuem também ficobiliproteínas.

Clorofilas

São os pigmentos responsáveis pela coloração verde da maioria dos vegetais. São

pigmentos lipossolúveis, presentes nos tilacóides, constituídos por um anel tetrapirrólico com um átomo de magnésio (Mg) no centro. As algas apresentam quatro tipos de clorofilas: *a*, *b*, *c* (c_1 e c_2) e *d*. A clorofila *a* é o principal pigmento da fotossíntese, sendo encontrada em todos os vegetais. As outras clorofilas, bem como os outros pigmentos, funcionam como acessórios na fotossíntese, transferindo a energia luminosa absorvida para a clorofila *a*. No entanto, as outras clorofilas têm uma distribuição restrita (Tabela 1).

Os espectros de absorção dessas diferentes clorofilas apresentam dois picos de absorção, um na faixa do vermelho e outro na faixa do azul.

Carotenóides

São pigmentos lipossolúveis de coloração amarela, laranja ou vermelha, presentes nos tilacóides. São divididos em dois grupos: carotenos e xantofilas. Ocorrem vários tipos de carotenos e xantofilas entre as algas. Dentre os carotenos, o mais amplamente distribuído é o β -caroteno. Funcionam como pigmentos acessórios à fotossíntese e ocorrem geralmente dentro dos cloroplastos.

Ficobiliproteínas

São pigmentos solúveis em água, de coloração azul ou vermelha, presentes nas divisões Rhodophyta, Cyanobacteria e Cryptophyta. Geralmente mascaram a presença da clorofila, proporcionando colorações azuladas ou avermelhadas às algas.

As ficobiliproteínas são constituídas por ficobilina (= cromóforo) ligada à apoproteína (parte protéica da molécula). Estas ficobiliproteínas estão agrupadas na superfície dos tilacóides formando os ficobilissomos (divisões Rhodophyta e Cyanobacteria) ou estão localizados no interior dos tilacóides (Divisão Cryptophyta).

Existem quatro tipos de ficobiliproteínas: i) ficoeritrina, de coloração vermelha (absorção máxima a 565 nm); ii) ficoeritrocianina, de coloração vermelha (absorção máxima a 568 nm); iii) ficocianina, de coloração azul (absorção máxima entre 620-638 nm); e iv) aloficocianina, de coloração azul (absorção máxima a 650 nm).

Tabela 1. Distribuição dos pigmentos e produto de reserva nas diferentes divisões de algas. (Sistema de classificação baseado em Lee, 1989).

DIVISÃO	CLOROFILAS	FICOBILINAS	CAROTENÓIDES	PRODUTO(S) DE RESERVA
Cyanobacteria = algas azuis	<i>a</i>	c-ficocianina, c-ficoeritrina, aloficocianina, ficoeritrocianina.	β -caroteno, zeaxantina.	Amido das cianobactérias
Prochlorofíceas (Cyanobacteria)	<i>a, b</i>		β -caroteno, zeaxantina.	Amido
Euglenophyta	<i>a, b</i>		β -caroteno, λ -caroteno, diadinoxantina, diatoxantina, neoxantina, β -criptoxantina.	Grãos de paramilo
Pyrrhophyta = Dinophyta = dinoflagelados	<i>a, c₂</i>		β -caroteno, peridinina, diadinoxantina, diatoxantina, dinoxantina.	Amido e óleo
Cryptophyta	<i>a, c₂</i>	ficoeritrina, ficocianina.	α -caroteno, β -caroteno, aloxantina.	Amido
Raphidophyta	<i>a, c</i>		β -caroteno, luteína.	
Chrysophyta = algas douradas	<i>a, c₁, c₂</i>		β -caroteno, fucoxantina, diatoxantina, diadinoxantina.	Crisolaminarina
Haptophyta = Prymnesiophyta	<i>a, c₁, c₂</i>		β -caroteno, fucoxantina, diatoxantina, diadinoxantina.	
Bacillariophyta = diatomáceas	<i>a, c₁, c₂</i>		β -caroteno, α -caroteno, fucoxantina, diatoxantina, diadinoxantina, neoxantina.	Crisolaminarina
Xantophyta = algas amarelo- esverdeadas	<i>a, c</i>		β -caroteno, diadinoxantina, diatoxantina, heteroxantina, vaucherixantina éster.	Crisolaminarina
Eustigmatophyta	<i>a</i>		β -caroteno, violaxantina, diatoxantina heteroxantina, vaucherixantina éster.	
Phaeophyta = algas pardas	<i>a, c₁, c₂</i>		β -caroteno, fucoxantina, violaxantina, zeaxantina.	Laminaria e manitol
Rhodophyta = algas vermelhas	<i>a</i>	b-ficocianina, b-ficoeritrina, c-ficocianina, c-aloficocianina, c-ficoeritrina, b-ficoeritrina, b-ficoeritrina.	β -caroteno, zeaxantina, antheraxantina, luteína.	Amido das florídeas
Chlorophyta = algas verdes	<i>a, b</i>		β -caroteno, luteína, violaxantina, zeaxantina.	Amido

ORIGEM DOS EUKARIOTES FOTOSSINTETIZANTES

Existem basicamente duas hipóteses para explicar a origem dos cloroplastos. Uma delas, denominada Teoria Autógena, afirma que os plastos originaram-se progressivamente a partir de invaginações da membrana plasmática. A outra, conhecida como Teoria Endossimbiótica, explica a origem do cloroplasto a partir de um procarionte fotossintetizante, que teria sido fagocitado por uma célula heterotrófica, que já possuía núcleo e outras organelas, como a mitocôndria. O conhecimento atual aponta preponderantemente para uma origem endossimbiótica dos cloroplastos. Os argumentos no qual se baseia essa hipótese são:

1) A presença de DNA nos cloroplastos, sendo este semelhante aos de procariontes pela ausência de proteínas básicas (histonas).

2) A presença de ribossomos 70S nos cloroplastos, semelhantes aos encontrados em procariontes (bactérias, cianobactérias e proclorofíceas). Os ribossomos encontrados no citoplasma de eucariontes, fora das mitocôndrias e dos cloroplastos, são 80S.

3) Cloroplasto constituído por uma membrana dupla, pelo menos. A mais interna supostamente de origem procariótica e a mais externa de origem vacuolar (eucariótica).

4) a presença de clorofila *a* como principal pigmento fotossintetizante, tanto nos cloroplastos, quanto nos procariontes.

5) a incapacidade de formação "de novo" dessas organelas em células em que foram removidas.

6) a capacidade de síntese protéica, devido à presença de DNA e ribossomos, resultando em sistemas genéticos semi-independentes.

7) semelhança no arranjo genético e na seqüência de diversos genes presentes nos cloroplastos e em alguns procariontes.

Quanto à diferenciação dos pigmentos encontrados nos cloroplastos, existem duas propostas. Uma delas é que eles já estariam diferenciados no organismo procarionte que originou os cloroplastos endossimbioticamente. Segundo essa proposta, três formas básicas de procariontes teriam dado origem aos diferentes cloroplastos encontrados nos vegetais: um deles, apresentando clorofila *a* e ficobiliproteínas; o outro, apresentando clorofilas *a* e *b*; e o terceiro, apresentando clorofilas *a* e *c*. A outra proposta é que a diferenciação dos pigmentos tenha ocorrido após a origem dos primeiros indivíduos com cloroplastos. Estudos biomoleculares recentes têm trazido evidências para a segunda proposta, sugerindo uma origem monofilética para os cloroplastos (Bhattacharya & Medlin, 1998). No entanto, o tema é ainda muito polêmico (Howe et al., 1992).

A microscopia eletrônica levou ao reconhecimento de dois tipos básicos de cloroplastos: os simples com duas membranas, encontrados em Chlorophyta, Rhodophyta e Glaucocystophyta; e os complexos com três ou quatro membranas, encontrados nos demais grupos de algas. Os plastídios simples teriam se originado a partir de um evento primário de endossimbiose com uma cianobactéria, sendo que a membrana interna teria origem procariótica e a externa teria origem no fagossomo. Os plastídios complexos teriam se originado a partir de um evento de endossimbiose secundário, onde o organismo engolfado seria um eucarionte fotossintetizante e, portanto, teria as duas membranas do evento primário (já presentes no eucarionte fagocitado) mais a membrana do eucarionte e mais o do fagossomo. Plastídios com apenas três membranas teriam posteriormente perdido uma das quatro membranas iniciais.

Um exemplo clássico da origem do cloroplasto através de um evento de endossimbiose secundária é o do gênero *Cryptomonas*, pertencente à Divisão Cryptophyta, um pequeno grupo de algas unicelulares flageladas. *Cryptomonas* apresenta um cloroplasto com quatro membranas, com um nucleomorfo derivado da redução do núcleo do endossimbionte. Quando analisada filogeneticamente, verificou-se que o nucleomorfo era relacionado às algas vermelhas (Douglas et al., 1991).

REFERÊNCIAS

- Alberts, B.; Bray, D.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. & Watson, J.D. 1989. Molecular biology of the cell. Garland Publishing, Inc. New York & London.
- Bhattacharya, D. & Medlin, L. 1998. Algal phylogeny and the origin of land plants. *Plant Physiol.* 116: 9-15.
- Douglas, S; Murphy, C.A.; Spencer, D.F. & Gray, M.W. 1991. Cryptomonad algae are evolutionary chimaeras of two phylogenetically distinct unicellular eukaryotes. *Nature* 350: 148-151.
- Howe, C.J.; Beanland, T.J.; Larkun, A.W.D. & Lockhart, P.J. 1992. Plastid origins. *TREE* 7(11): 378-383.
- Knoll, A.H. 1992. The early evolution of Eucaryotes: a geological perspective. *Science* 256: 622-627.
- Lee, R.E. 1989. Phycology. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Oliveira, M.C. & Menck, C.F.M. 2001. O mundo de RNA e a origem da complexidade da vida. In: Matioli, S.R. (Ed.). *Biologia molecular e evolução*. Holos Editora, Ribeirão Preto. pp. 15-26.

Szé, P. 1986. *A biology of the algae*. Wm C. Braun Publishers, Dubuque.

Van den Hoek, C.; Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. *Algae - an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.

REPRODUÇÃO E SEXUALIDADE NAS CRIPTÓGAMAS

A reprodução pode ser definida como uma extensão da matéria viva no tempo e no espaço, assim sua importância fundamental é a auto-perpetuação. A formação de novas unidades vivas permite a substituição ou adição em qualquer nível de organização. Temos, assim, a reprodução a nível molecular, celular e do organismo. Associado ao último, está o sexo e o histórico de vida, que também serão abordados neste capítulo.

1) REPRODUÇÃO MOLECULAR

A reprodução molecular pode ocorrer através da síntese e acúmulo ou duplicação de substâncias (água, enzimas, DNA, RNA, etc.). Implica no aumento do tamanho da célula e pode ser seguida pela reprodução (divisão) celular que, nos eucariotos, consiste de duas etapas consecutivas, a divisão do núcleo (cariocinese) e do citoplasma (citocinese).

2) REPRODUÇÃO CELULAR (DIVISÃO CELULAR)

Nos eucariontes, distinguem-se, basicamente, dois tipos de divisão celular, a mitose e a meiose. O termo mitose (do grego, *mitos* = filamento) está associado à espiralização dos cromossomos durante a divisão celular, enquanto o termo meiose (do grego, *meios* = menos), associado à redução do número de cromossomos.

A mitose é precedida pela duplicação dos cromossomos. Assim, a célula mãe duplica seus cromossomos e após a cariocinese e a citocinese dá origem a duas células filhas

geneticamente idênticas. A célula mãe pode ser diplóide ($2n$ cromossomos) ou haplóide (n cromossomos), sendo que as células filhas terão a mesma ploidia original. O resultado final da mitose, portanto, é a formação de células filhas geneticamente idênticas. Nos organismos unicelulares, após a mitose, as duas células separam-se, sendo que o processo equivale à reprodução do organismo como um todo. Em outros casos, as células filhas permanecem unidas, formando assim, colônias ou organismos multicelulares. Nos organismos pluricelulares, a mitose adiciona células que levam ao crescimento dos tecidos.

Nos organismos unicelulares, a mitose é classificada de acordo com os tipos de células que origina:

2.1) Divisão binária

a) **Simples**. Divisão de uma célula em duas células filhas com tamanho aproximadamente semelhante. Ocorre na maioria dos casos.

b) **Brotamento**. Divisão de uma célula, resultando em duas células de tamanho muito distinto. Ocorre principalmente nas leveduras (fermentos).

2.2) Divisão múltipla. Divisão de uma célula, simultaneamente, em várias células filhas. Geralmente, essas células separam-se, porém, quando isso não ocorre, há a formação de colônia. Ocorre em alguns Protista.

A meiose é responsável pela redução do número de cromossomos. Nesse caso, uma célula mãe diplóide sofre duas divisões sucessivas, originando quatro células filhas haplóides. A formação de gametas, em última análise, é dependente desse processo.

3) REPRODUÇÃO DO ORGANISMO

A reprodução do organismo como um todo consiste na separação e desenvolvimento de unidades reprodutivas derivadas do organismo parental. Distinguem-se três tipos: i) vegetativa; ii) esporica; e iii) gamética.

3.1) Reprodução vegetativa. Nesse tipo de reprodução, todo o organismo ou uma parte do mesmo torna-se uma unidade reprodutiva. Assim, nos organismos unicelulares, a divisão celular é acompanhada pela separação das células filhas, resultando na sua reprodução. Os processos de divisão celular binária e múltipla, descritos anteriormente, incluem-se neste caso.

Nos organismos pluricelulares, uma porção multicelular separa-se constituindo uma

unidade reprodutiva. Essas unidades podem ser formadas de fragmentos pouco diferenciados do restante do corpo (talo) das plantas, sendo o processo conhecido como reprodução por fragmentação. Esse processo é muito próximo à reprodução regenerativa, em que as unidades reprodutivas originam-se como resultado da injúria da planta mãe por ação de agentes externos. Por exemplo, a maioria das plantas pode ser cortada em muitos pedaços, cada qual podendo originar novas plantas inteiras. Esse potencial de regeneração é largamente empregado pelo homem. Propágulos, por outro lado, são unidades reprodutivas com morfologia definida e diferenciada do restante do talo.

A reprodução vegetativa envolve somente divisões celulares do tipo mitose e, portanto, não ocorrem alterações na ploidia das células. Os organismos resultantes são geneticamente idênticos aos parentais (clones). Desse modo, a reprodução vegetativa é muitas vezes citada como reprodução assexuada, em oposição à reprodução sexuada. Esses conceitos, entretanto, não têm muito significado porque a reprodução, nominalmente, formação de unidades reprodutivas, é sempre "assexual". Deve-se, assim, distinguir os processos de reprodução e sexualidade, embora em muitos casos eles sejam praticamente simultâneos. Parte do processo sexual, que envolve a fusão de duas células, é até mesmo contrário à reprodução.

3.2) Reprodução esporíca. Envolve células especializadas, esporos, que ao serem liberadas, têm a capacidade de se desenvolver diretamente em um novo indivíduo. Os esporos originam-se de estruturas especiais denominadas esporângios, os quais podem ser unicelulares (monosporângios) ou multicelulares (ex. bisporângios, tetrasporângios ou poliosporângios). Os esporos derivados são denominados, respectivamente, monósporos, bísporos, tetrásporos ou polísporos. Os esporos podem apresentar flagelos (zoósporos) ou não (aplanósporos), podendo ser classificados ainda de muitas outras maneiras, de acordo com sua morfologia, número de núcleos, de flagelos, etc. Em alguns casos podem, inclusive, ser pluricelulares.

3.3) Reprodução gamética. Envolve células sexuais especializadas, os gametas, que não se desenvolvem diretamente, mas precisam fundir-se a outras compatíveis para originar um novo organismo. O processo de fusão é a fertilização e seu produto é o zigoto. O zigoto pode sofrer divisões mitóticas resultando em um embrião e, posteriormente, em um organismo adulto.

Os gametas podem apresentar mobilidade própria através de flagelos (planogametas) ou não (aplanogametas). Podem ser morfologicamente idênticos ou distintos em tamanho e forma. Quando se distinguem, pelo menos em suas dimensões, os maiores são os gametas femininos e os menores os masculinos. Quando são morfologicamente idênticos podem diferir em seu grau de mobilidade e compatibilidade,

isto é, são sexualmente distintos, compatíveis somente com o sexo oposto. Neste caso, são arbitrariamente classificados com os símbolos positivo (+) e negativo (-).

A reprodução gamética é classificada em dois tipos básicos quanto à morfologia dos gametas envolvidos: isogamia e heterogamia.

- ISOGAMIA - quando os dois gametas são idênticos morfológicamente. Essa classe envolve, geralmente, gametas móveis.

- HETEROGAMIA - quando os dois gametas são distintos morfológicamente. Existem dois tipos de heterogamia:

a) Anisogamia - quando um dos gametas é maior que o outro, não diferindo na forma e presença de flagelos.

b) Oogamia - quando os gametas diferem na forma, sendo um muito pequeno (flagelado ou não) em relação ao outro, que é sempre imóvel. O gameta feminino, maior e imóvel, é denominado oosfera, enquanto o masculino, menor, é denominado anterozóide, se flagelado, ou espermácio, se não apresenta flagelo.

A isogamia, anisogamia e oogamia são, muitas vezes, interpretadas como uma série evolutiva. Note que a oogamia é um caso extremo de anisogamia. É possível encontrar os três tipos de reprodução em um mesmo gênero (ex. *Chlamydomonas*).

Os gametas originam-se a partir de estruturas denominadas gametângios, sendo os mais especializados os oogônios (originam oosferas) e anterídios (originam anterozoides ou espermácios). Nas briófitas (ex. musgos e hepáticas) e pteridófitas (= criptógamas vasculares) a oosfera é protegida por células estéreis, e este conjunto recebe o nome de arquegônio. Também nestes grupos, células estéreis envolvem os anterozoides.

COMPARAÇÃO ENTRE OS TRÊS TIPOS DE REPRODUÇÃO (VEGETATIVA, ESPÓRICA E GAMÉTICA)

Cada um dos três tipos de reprodução vistos anteriormente apresenta vantagens adaptativas próprias.

A vantagem da reprodução vegetativa está ligada à sua grande velocidade de propagação. Nos organismos unicelulares ocorre simplesmente pela divisão celular, que pode ocorrer em pequenos intervalos (horas). Nos multicelulares a reprodução vegetativa é mais lenta, mas requer relativamente pouca especialização de tecidos ou células. Assim, a reprodução vegetativa é muito eficiente, persistindo como um método de propagação praticamente universal entre as algas, outras plantas e fungos.

A reprodução por esporos representa um mecanismo eficiente de dispersão a longa

distância. As plantas são caracteristicamente sésseis, portanto, sua dispersão é dependente de unidades reprodutivas. Os esporos são produzidos em grande número, sendo unidades independentes, isto é germinam diretamente, sem necessidade de fertilização. Na água podem ter mobilidade através de flagelos e no ar podem apresentar paredes celulares com envoltórios que protegem contra o dessecação. Podem ser leves e resistentes, sendo dispersos pelo vento, pela água de chuva ou por animais. Muitas briófitas, pteridófitas e fungos apresentam adaptações morfo-fisiológicas responsáveis por mecanismos higroscópicos dependentes da umidade relativa do ar que auxiliam na disseminação dos esporos. Assim, a reprodução por esporos também é amplamente distribuída nas algas, outras plantas e fungos.

A reprodução gamética também pode representar um mecanismo de dispersão, mas menos eficiente que os anteriores. O encontro dos gametas masculinos e femininos implica em mecanismos mais complexos, envolvendo o transporte de pelo menos um dos gametas. A reprodução gamética sempre requer um meio aquático, pois os gametas não possuem resistência ao dessecação. As desvantagens desse tipo de reprodução, entretanto, são pequenas se comparadas a uma vantagem vital oferecida pelos gametas: o sexo.

4) SEXUALIDADE

Durante o histórico de vida de um organismo, o processo de sexualidade envolve, necessariamente, três etapas: PLASMOGAMIA → CARIOGAMIA → MEIOSE

Plasmogamia é a fusão dos citoplasmas, enquanto que a cariogamia, a fusão dos núcleos. Durante a meiose podem ocorrer recombinações gênicas. Assim, a função primordial da sexualidade é introduzir mudanças genéticas nos organismos resultantes.

É importante notar que o processo sexual nem sempre está associado ao aumento do número de indivíduos. É distinto da reprodução (multiplicação), mas muitas vezes os dois processos ocorrem simultaneamente. Multiplicação é um processo conservativo, enquanto o sexo introduz mudanças genéticas. Sexo é um processo de adaptação e não de reprodução (= aumento do número de indivíduos).

5) HISTÓRICOS DE VIDA

Ocorrem três tipos básicos de históricos de vida entre as criptógamas: haplobionte haplonte, haplobionte diplonte e diplobionte.

5.1) HAPLOBIONTE HAPLONTE. Ocorre apenas uma fase de vida livre, haplóide. O zigoto é a única fase diplóide do histórico, sendo a meiose zigótica.

5.2) HAPLOBIONTE DIPLONTE. Ocorre apenas uma fase de vida livre, diplóide. A meiose ocorre na formação dos gametas.

5.3) DIPLOBIONTE. Ocorrem duas fases de vida livre, uma haplóide (gametófito) e outra diplóide (esporófito). A meiose ocorre na formação dos esporos. Esse histórico pode ser isomórfico (gametófito e esporófito semelhantes morfológicamente) ou heteromórfico (gametófito e esporófito diferentes morfológicamente). Esse histórico pode apresentar pequenas modificações em alguns grupos vegetais, como em Rhodophyta, onde existem três fases, uma haplóide e duas diplóides, ou em Bryophyta, onde a fase esporofítica é dependente da gametofítica.

Vários tipos de desvios podem ser observados nesses históricos básicos, podendo ser causados pelos seguintes processos:

a) Partenogênese – as gametas germinam antes de serem fertilizados (fecundados), originando gametófitos.

b) Aposporia – o esporófito pode dar origem a gametófito sem que haja meiose.

c) Apogamia – o gametófito pode dar origem a esporófito sem que haja fusão de gametas.

REFERÊNCIAS

- Bicudo, C. & Bicudo, R. 1970. Algas de águas continentais brasileiras. Fundação Brasileira para o desenvolvimento do Ensino de Ciências, São Paulo.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1978 Introduction to the algae. Structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Joly, A.B. 1975. Botânica. Introdução à taxonomia vegetal. Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Lee, R.E. 1989. Phycology. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Oliveira, E.C. 2003. Introdução à biologia vegetal. 2a ed. Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. Biologia Vegetal. 7ª ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Scagel, R.F.; Bandoni, R.J.; Rouse, G.E.; Schofield, W.B.; Stein, T.R. & Taylor, T.M.C. 1965. An evolutionary survey of the plant kingdom, Wadsworth Publishing Co., Inc.,

California.

Smith, G.M. 1971. Botânica cryptogâmica. Volume I. Algas e Fungos. Fundação Caluste Gulbenkian, Lisboa.

Szé, P. 1986. A biology of the algae. Wm C. Brown Publishers, Dubuque.

Weberling, F. & Schawantes, O. 1986. Taxonomia vegetal. Editora Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo, SP, Brasil.

Van den Hoek, C.; Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. Algae - an introduction to phycology. Cambridge University Press, Cambridge.

Weisz, P.B. & Fuller, M.S. The science of botany. 1962. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS

CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS

INTRODUÇÃO

O estudo dos fungos compreende uma vasta área de pesquisas, a Micologia é relativamente recente (cerca de 250 anos), se comparada à Botânica e à Zoologia. Muitos grupos de fungos são conhecidos somente há 30-40 anos. Poucas pessoas têm consciência da importância dos fungos em nosso dia-a-dia. Basta lembrar que a Micologia tem ramificações, aplicações e disciplinas na Medicina, Veterinária, Zootecnia, Agronomia, Bioquímica, Genética, Citologia, etc. Cerca de 70.000 espécies foram descritas (Tabela 2), contudo, estima-se que este número representa apenas cerca de 5% das espécies existentes (de um total de 1,5 milhões de espécies). Esta afirmação demonstra o quanto o grupo é pouco conhecido.

O QUE SÃO FUNGOS?

Os organismos tradicionalmente tratados como fungos são muito diversificados e, em muitos casos, pouco relacionados filogeneticamente. Sua posição entre os seres vivos tem sido polêmica e continuamente reinterpretada. Tradicionalmente, têm sido estudados em disciplinas de Botânica, embora reconhecidamente distintos das plantas e dos animais.

No sistema de cinco reinos, proposto por Whittaker (1969) para a classificação dos seres vivos, o grupo adquiriu identidade própria: **Reino Fungi** (Gr. *sphongos* = esponja, latim - *fungus*) ou **Reino Myceteae** (Gr. *mykes*, *miketes* = cogumelo) (Alexopoulos & Mims, 1979). Essa classificação, entretanto, não resolveu muitas dúvidas quanto à posição de alguns grupos que foram mantidos arbitrariamente entre os fungos.

Estudos ultraestruturais e moleculares recentes levaram a uma verdadeira revolução na interpretação do que são fungos (Figura 1 e Tabela 2). Verifica-se no diagrama que grupos importantes de fungos (ex. cogumelos, bolores, leveduras, ferrugens, carvões, etc.) mostraram-se muito mais próximo dos animais do que das plantas, o que é bastante lógico, considerando-se que são heterotróficos e apresentam quitina como componente de sua parede celular. Grupos tradicionalmente problemáticos (Classe

Plasmodiophoromycetes e particularmente a Classe **Myxomycetes**) mostraram-se bem separados dos anteriores. Mais surpreendente é que a Classe **Oomycetes** mostrou-se muito mais próxima de alguns grupos de algas. Essas informações reforçaram interpretações anteriores, baseadas em critérios bioquímicos (composição da parede, vias de síntese de aminoácidos e enzimas).

Para acomodar essas novas informações, os organismos tradicionalmente considerados como fungos foram separados em três reinos, conforme classificação apresentada na Tabela 2. Ficaram no Reino Fungi apenas as classes **Chytridiomycetes**, **Zygomycetes**, **Ascomycetes** e **Basidiomycetes**. Foi extinta uma classe de fungos que era conhecida apenas através da reprodução assexuada (Classe **Deuteromycetes** = fungos imperfeitos ou fungos mitospóricos). Os dados moleculares confirmaram a crença antiga de que esses fungos pertencem às classes **Ascomycetes** e **Basidiomycetes** e que perderam definitivamente a reprodução sexuada ou esta é rara. Atualmente, estes grupos são referidos como "fungos mitospóricos".

Hoje, quando falamos em fungos, é necessário distinguir os fungos das classificações tradicionais (fungos *sensu lato*, isto é, em sentido amplo) da classificação atual (fungos *sensu stricto*, isto é, sentido estrito, ou, em outras palavras, fungos verdadeiros).

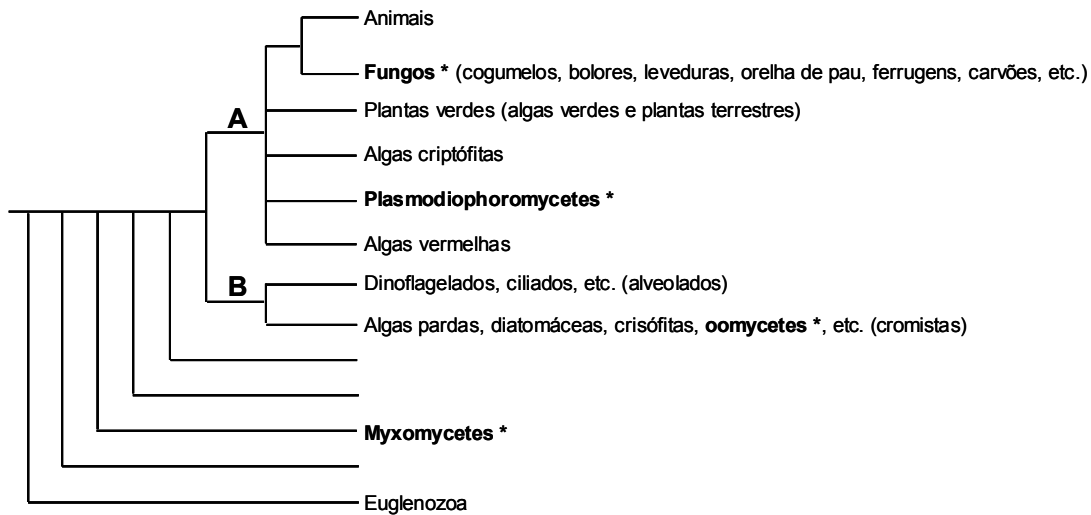


Figura 1. Filogenia molecular simplificada dos eucariontes mitocondriais. Grupo: A - cristas mitocondriais achatadas (animais, plantas, fungos, etc.); Grupo B - cristas mitocondriais tubulares (algas pardas, diatomáceas, oomicetes, etc). * = **grupos tradicionalmente considerados como fungos** (modificado de Sogin & Patterson, 2000) (<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>).

Tabela 2. Classificação recente dos organismos tradicionalmente tratados como fungos, número estimado de espécies e classes (modificado de Hawksworth et al., 1995).

Reino	Filo	Número de espécies	Classes apresentadas no texto
Protista	Acasiomycota	12	
	Dictyosteliomycota	46	
	Myxomycota	719	1) Classe Myxomycetes
	Plasmodiophoromycota	45	
		TOTAL 812	
Chromista (= Stramenopila)	Hyphochytriomycota	24	
	Labyrinthulomycota	42	
	Oomycota	694	2) Classe Oomycetes
		760	
Fungi	Chytridiomycota	793	
	Zygomycota	1.056	3) Classe Zygomycetes
	Ascomycota	32.267	4) Classe Ascomycetes
	Basidiomycota	22.244	5) Classe Basidiomycetes
	fungos mitospóricos	14.104	
		TOTAL 70.464	
Número total de espécies descritas		72.036	

Neste texto serão apresentadas as cinco classes enumeradas na Tabela 2, embora as duas primeiras não sejam mais consideradas fungos. A ênfase será dada para as classes e gêneros porque estas categorias taxonômicas permitem agrupar melhor as informações morfológicas, biológicas e evolutivas. Além disso, as classes são mais estáveis nos diferentes sistemas de classificação adotados na literatura. Isso minimiza as dificuldades do estudo em livros com diferentes sistemas de classificação.

A filogenia baseada em dados moleculares para o Reino Fungi (fungos verdadeiros) está apresentada na Figura 2. O grupo é considerado monofilético, apresentando algumas características comuns com os animais (ex. presença de quitina e glicogênio como substância de reserva).

Os **Chytridiomycetes** distinguem-se dos demais por serem os únicos a apresentarem um caráter considerado primitivo (um único flagelo liso, inserido posteriormente). Este grupo é tipicamente aquático, muitos são parasitas de algas e podem causar impacto na dinâmica do fitoplâncton. Entretanto, muitas espécies deste grupo ocorrem no ambiente terrestre, como patógenos de plantas, mas sendo flagelados, dependem da água existente nas plantas.

Os **Zygomycetes**, tradicionalmente separados das demais classes por apresentarem comumente micélio cenocítico, não são monofiléticos de acordo com dados moleculares. Alguns grupos incluídos nesta classe parecem representar linhas basais dos

Ascomycetes e Basidiomycetes. Essa interpretação confirma especulações anteriores baseadas nas semelhanças no processo de fertilização dos **Zygomycetes** (conjugação de gametângios) com representantes primitivos dos **Ascomycetes**. Os dados moleculares também confirmam as especulações anteriores sobre o parentesco entre os **Ascomycetes e Basidiomycetes**, baseadas nas semelhanças de diversos aspectos do histórico de vida que serão estudados adiante.

O processo de fertilização de representantes da classe **Ascomycetes** também apresenta semelhanças com o das algas vermelhas (Divisão Rhodophyta). O gametângio feminino (ascogônio) assemelha-se ao carpogônio daquelas. Além disso, as hifas ascógenas e os ascocarpos apresentam analogias com os ramos dos gonimoblastos, e cistocarpos dessas algas, tendo a mesma função de ampliar o resultado de uma única fertilização, produzindo, respectivamente, muitos ascósporos e carpósporos. Essas semelhanças, entretanto, hoje são interpretadas como convergência, sem significado filogenético.

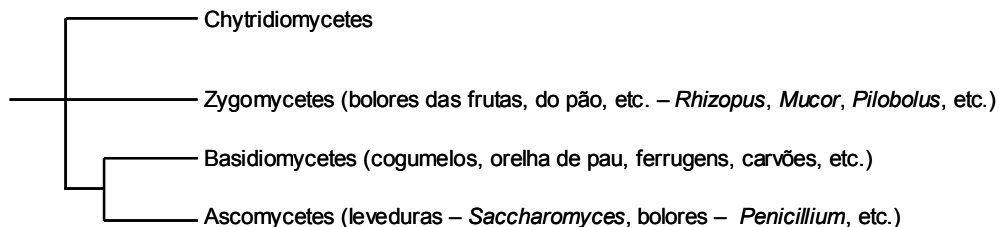


Figura 2. Filogenia molecular atual do Reino Fungi (<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>).

ORIGEM

Os fungos verdadeiros sofreram um processo de irradiação à cerca de 1 bilhão de anos, como um grupo independente dos animais. As evidências fósseis são relativamente pobres se comparadas a outros grupos, e indicam sua presença no Proterozóico (900 - 570 milhões de anos). Sua diversidade aumentou durante a Era Paleozóica, com a presença de todas as classes modernas na Época Pensilvânia (320 - 286 milhões de anos). A maioria dos grupos parece ter origem terrestre, mas todos os grupos invadiram águas continentais e marinhas. Exceção é a Classe **Chytridiomycetes** que provavelmente teve origem aquática.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS FUNGOS VERDADEIROS

- Eucarióticos, não vasculares.
- Nutrição por absorção (aclorofilados e heterotróficos).
- Não formam tecidos verdadeiros.
- Parede celular contendo quitina.
- Reserva na forma de glicogênio.
- Reprodução através de esporos meióticos (sexual) e mitóticos (assexual).

NUTRIÇÃO

Os fungos são heterotróficos, necessitando de fontes de carbono fixadas por outros organismos vivos ou mortos, vegetais, animais ou mesmo de outros fungos. Possuem pigmentos responsáveis pelas cores variadas que apresentam, mas nenhum capaz de absorver energia para síntese de carboidratos a partir do CO₂. Possuem em comum com os animais a habilidade de transportar enzimas que quebram biopolímeros que são absorvidos para nutrição. Diferentemente dos animais e da Classe Myxomycetes não possuem cavidades digestivas, crescendo no interior da sua própria fonte de alimento, onde liberam enzimas digestivas. À medida que os nutrientes tornam-se limitantes, expandem-se em direção a novas fontes e finalmente produzem esporos resistentes para a sua dispersão.

Os fungos são ditos **sapróbios**, quando dependem de matéria orgânica morta, e **biotróficos**, quando dependem de matéria orgânica viva. Neste caso, formam associações simbióticas (**parasitismo**, **comensalismo** e **mutualismo**). Existe um terceiro grupo, ainda, que pode ser considerado, **predador**.

Exemplos de fungos sapróbios são os decompositores primários da matéria orgânica morta, vivendo em substratos como solo, troncos, folhedo, animais mortos e exudados de animais. Os biotróficos vivem em associações simbióticas com organismos vivos como procariontes, algas, plantas terrestres e animais, especialmente artrópodes.

Note que termo o simbiose (vivendo juntos) foi criado por De Bary em 1887, tendo sido definido pelo autor como "organismos vivendo em estreito contato com outros de espécies diferentes, obtendo destes nutrientes, ou qualquer outro benefício". Esta definição ainda é aceita atualmente, com algumas modificações. Distinguem-se três tipos

principais de simbiose:

Tipo de simbiose	Efeito sobre as espécies		Natureza da interação	
	1	2		
Parasitismo	+	-	1 = parasita	2 = hospedeiro
Comensalismo	+	0	1 = comensal	2 = hospedeiro
Mutualismo	+	+	convivência	

Vale destacar, entretanto, que esses três tipos de simbioses representam um gradiente de interações que nem sempre podem ser distinguidas, onde o parasitismo e o mutualismo são seus extremos. Exemplos de parasitismo são numerosos entre as plantas e animais, incluindo o homem e serão mencionados a seguir, quando tratarmos da importância dos fungos.

Um bom exemplo de simbiose mutualística de fungos com algas são os **liquens**, enquanto que com raízes de plantas terrestres formam as **micorrizas**. Os liquens são pouco freqüentes em regiões poluídas, mas formam a "vegetação" dominante em regiões de altas latitudes. Estima-se que 80% das plantas formam associações do tipo micorriza, o que é suficiente para demonstrar sua importância na natureza e para o homem. Como exemplo, podem-se citar as orquídeas, que invariavelmente apresentam fungos associados. Gametófitos de certas pteridófitas (= criptógamas vasculares), como *Psilotum*, *Selaginella* e *Lycopodium* são aclorofilados e também apresentam associações com fungos. Descobertas recentes são as associações com caules e folhas, onde os fungos ocorrem internamente aos tecidos (endófitas), protegem as plantas contra a herbivoria e podem influenciar a floração entre outras características da reprodução.

Outro exemplo curioso de associação mutualística são os formigueiros conhecidos popularmente como saueiros. As formigas saúva não se alimentam das folhas que coletam pois são incapazes de digerir a celulose. As folhas são usadas para alimentar os fungos cultivados no interior dos saueiros que são ingeridos pelas formigas.

Em alguns ambientes pobres em nitrogênio, vários grupos diferentes de fungos possuem adaptações como laços ou estruturas adesivas que capturam e digerem nematódeos e outros pequenos animais. Esses grupos, portanto, não são saprobiontes nem biotróficos, podendo ser considerados predadores.

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO

Além de uma fonte de matéria orgânica, os fungos, dependem, evidentemente, de água no estado líquido para seu crescimento, o que é essencial para todo processo vital. A maioria também depende do oxigênio para a respiração, sendo, portanto, **aeróbios**. Muitos, entretanto, são **anaeróbios** facultativos, isto é, respiram na presença de oxigênio e fermentam na sua ausência.

Dentre outros fatores ambientais, as temperaturas entre 20 e 30°C são ideais para o crescimento dos fungos, mas muitos crescem, ou pelo menos sobrevivem, em temperaturas extremas como a temperatura do nitrogênio líquido (sobrevivência a 195°C negativos). O pH próximo a 6, isto é, ligeiramente ácido, é ideal para a grande maioria dos fungos, diferindo das bactérias que crescem melhor em pH alcalino. A luz tem um papel importante na diferenciação e morfogênese das estruturas reprodutivas de muitas espécies.

Os fungos ocorrem nos mais variados ambientes, tanto aquáticos, marinhos e de águas continentais, quanto terrestres. Esporos resistentes são muito comuns no ar, dispersando-se facilmente através deste meio. Uma placa de Petri contendo meio de cultura esterilizado torna-se contaminada por fungos com facilidade, se mantida aberta durante alguns segundos, o que comprova a ocorrência e abundância de esporos no ar.

A diversidade da maioria dos grupos de fungos tende a aumentar nas regiões tropicais, mas estudos detalhados ainda estão em fase inicial.

MORFOLOGIA

Os fungos podem ser unicelulares, mas também podem formar pequenas colônias ou indivíduos pluricelulares. Mais comumente, são caracterizados por corpos (talo) não móveis, geralmente constituídos de filamentos alongados microscópicos (hifas). O conjunto de filamentos que compõe o talo dos fungos é chamado de **micélio**. O micélio é um sistema de filamentos geralmente muito ramificados, constituindo às vezes, corpos macroscópicos morfológicamente complexos (ex. cogumelo).

Ao microscópio óptico as hifas são muito simples, notando-se seu contorno, representado pela parede celular, e seu citoplasma, cujo conteúdo não pode ser identificado nas preparações rápidas. Podem ser cenocíticas ou septadas (celulares).

As hifas septadas podem apresentar, ao microscópio eletrônico, **septo completo**,

com **poro simples** ou **poro dolíporo** (com espessamento).

O micélio pode ser classificado em dois tipos de acordo com o arranjo das hifas: **prosênquima** e **pseudoparênquima**. O micélio do tipo prosênquima caracteriza-se por sua aparência distintamente filamentosa, enquanto no pseudoparênquima a estrutura filamentosa não pode ser reconhecida, isto é, lembra um **parênquima**.

PAREDE CELULAR

A parede celular é muito complexa quimicamente, destacando-se a quitina como componente importante. As leveduras (Classe Ascomycetes) produzem quantidades reduzidas de quitina na parede celular. Outras poucas espécies desta classe possuem celulose na parede celular, enquanto a Classe Myxomycetes e certas espécies de Chytridiomycetes não apresentam parede celular. Vale lembrar que a celulose é um componente da parede celular característico das plantas, enquanto a quitina é um componente do exoesqueleto de artrópodes, mas também ocorre na parede celular de algumas algas verdes, como por exemplo em *Oedogonium*.

RESERVA

O **glicogênio** é a principal substância de reserva dos fungos e dos animais. O glicogênio, bem como o amido, são polissacarídeos constituídos por uma cadeia de monômeros de glicose. Duas frações compõem o amido, a amilose, formada por uma cadeia linear, pouco ramificada e a amilopectina, muito ramificada. O glicogênio assemelha-se a esta última fração do amido, sendo ainda mais ramificado.

REPRODUÇÃO

Distingue-se aqui, como nas algas, e em muitos outros organismos, a reprodução **assexual** (envolve apenas mitoses) da **sexual** (resultante da plasmogamia, cariogamia e meiose). A reprodução assexual é mais importante para multiplicação e dispersão, enquanto a reprodução sexual tem como principal função a produção de variabilidade genética da progênie. Por meio da reprodução assexuada várias gerações são produzidas

no intervalo de um ano, enquanto a reprodução sexuada ocorre, comumente, em uma única época do ano porque exige condições ambientais específicas.

Reprodução assexuada. Pode ser classificada em dois tipos: i) reprodução **vegetativa** (sem formação de células especializadas) e ii) reprodução **espórica** (com formação de células especializadas – esporos).

São exemplos da reprodução vegetativa: i) a gemação ou brotamento; ii) a fissão (= divisão transversal), seguida pela separação das células filhas e iii) a fragmentação das hifas.

Na reprodução espórica os esporos formados na reprodução assexuada são conhecidos como **mitósporos** (derivados da mitose), sendo muito variáveis, móveis por meio de um ou dois flagelos (**zoósporos**) ou imóveis (**aplanósporos**). Os fungos com zoósporos dominam no ambiente aquático ou são parasitas de plantas, enquanto aqueles com aplanósporos dominam no ambiente terrestre.

Os aplanósporos são produzidos no interior de esporângios, sendo denominados **endósporos**, ou externamente, na extremidade de esporangióforos (**exósporos**, como exemplo os **conídios**). Podem ser uni ou pluricelulares, uni ou plurinucleados. Uma mesma espécie pode apresentar até quatro tipos de esporos morfológicamente distintos como é o caso de certas espécies de ferrugem (gênero *Puccinia*).

Na reprodução assexuada, os esporos são produzidos em grande número, são resistentes a condições ambientais extremas e facilmente dispersos pelo ar. Exemplificando, esporos de fungos conhecidos como “ferrugem do trigo”, gênero *Puccinia*, podem ser encontrados na atmosfera até 10 Km de altitude, tendo sido referida sua dispersão, através do ar, a partir do México até o Canadá. Os esporos dos fungos podem ser ativamente ou passivamente liberados e dispersos por diversos meios eficientes. O ar que respiramos “está cheio” de esporos de espécies que são dispersos por este meio. Espécies patogênicas das culturas de plantas são especialmente adaptadas a este meio de dispersão. Outras são dispersas pela água dos rios ou da chuva, enquanto outras pela superfície de insetos e outros animais. Além da dispersão, os esporos usualmente são resistentes às condições ambientais adversas permitindo a sobrevivência nestes períodos.

Reprodução sexuada (também conhecida como gamética). Envolve, como nas algas, a **isogamia** e **heterogamia (anisogamia e oogamia)**, como visto anteriormente no capítulo sobre reprodução nas criptógamas. Ao final do processo sempre há formação de esporos do tipo **meiósporos** (derivados da meiose).

Gametângios femininos e masculinos podem ocorrer em indivíduos distintos (sexos

separados) ou em um único indivíduo. Quando os dois sexos estão presentes em um mesmo indivíduo pode ocorrer que os gametas femininos e masculinos, derivados do mesmo talo, sejam compatíveis ou não. Em outras situações, não se distinguem os indivíduos masculinos dos femininos, porque ambos são morfológicamente idênticos, apresentando gametângios e gametas semelhantes. Diferem apenas pelo comportamento sexual, isto é, são compatíveis entre si, mas auto-incompatíveis. Nesse caso, atribuem-se, arbitrariamente, os símbolos (+) e (-) para os indivíduos sexualmente compatíveis. Fala-se, comumente, em "linhagens" (+) e (-). Diz-se **heterotalia**, (espécies heterotálicas) quando os indivíduos são de sexos separados ou quando apresentam ambos os sexos, mas que são auto-incompatíveis e **homotalia** (espécies homotálicas) quando apresentam ambos os sexos e são autocompatíveis.

O processo de encontro dos gametas (fecundação ou fertilização) é morfológica e fisiologicamente complexo e diverso. Hormônios envolvidos nesse processo têm sido caracterizados em todos os grupos de fungos. Morfológicamente, distinguem-se: i) **conjugação de planogametas**, isto é, gametas móveis, de modo semelhante ao que ocorre em muitas algas; ii) **espermatização**, onde o gameta feminino permanece fixo ao talo, enquanto o masculino (aplanósporo) desprende-se do micélio, aderindo-se ao feminino, de modo semelhante ao que ocorre nas algas vermelhas. Nos três casos seguintes, não são produzidos gametas diferenciados. Hifas diferenciadas, ou não, entram em contato após que ocorre sua fusão ou migração dos núcleos gaméticos masculinos. Esses processos provavelmente representam estratégias reprodutivas no ambiente terrestre; iii) **somatogamia**, hifas somáticas pouco ou não diferenciadas entram em contato; iv) **contato de gametângios**, gametângios diferenciados justapõem-se; v) **conjugação de gametângios**, gametângios diferenciados fundem-se.

IMPORTÂNCIA

Os fungos são de importância vital para a sobrevivência dos ecossistemas e do homem.

Ecologia (decompositores, micorrizas). São fundamentais para o funcionamento dos ecossistemas, sendo os decompositores primários da matéria orgânica e responsáveis pela reciclagem de nutrientes. Os fungos e as bactérias vêm decompondo a matéria orgânica animal e vegetal há cerca de 2 bilhões de anos, liberando, assim, o nitrogênio,

fósforo, potássio, enxofre, ferro, cálcio, magnésio, zinco, etc. Sem a decomposição da matéria orgânica esses elementos ficariam retidos, indisponíveis para as plantas fotossintetizantes. Liberam, ainda, o CO₂ para a atmosfera que pode ser usado novamente na fotossíntese.

Como decompositores, entretanto, podem representar prejuízos para o homem, sendo a causa do apodrecimento de alimentos, da madeira, etc. O congelamento dos alimentos faz-se necessário justamente para retardar o processo de decomposição, assim como tratamentos específicos são necessários para a madeira e outros materiais.

Outros são de extrema importância na natureza por formarem associações mutualísticas do tipo micorriza (com raízes). Basta lembrar que 80% das plantas formam associações desse tipo. Provavelmente, muitas árvores não podem sobreviver sem estas associações.

Agricultura (micorriza, pragas). O cultivo e a produção de árvores como o pinheiro, e de plantas agrícolas como o morango, têm sido beneficiados pelas associações do tipo micorrizas. Conhecendo essa importância, o homem tem selecionado linhagens de fungos mais favoráveis.

Outros também apresentam enorme interesse agrícola não pelos seus benefícios, mas ao contrário pelos enormes prejuízos causados pelas pragas das plantas cultivadas. Os fungos são os mais importantes patógenos (ecto e endoparasitas) das plantas, citando-se como exemplo, as ferrugens do café, da cana de açúcar, do milho, do trigo, pragas da batata e muitas hortaliças, os carvões, etc. Considerável soma de recursos são despendidos com o uso dos fungicidas, o que, entretanto, não representa solução definitiva do problema.

Pecuária e saúde pública (parasitas, toxinas, etc.). Ocorrem também como parasitas dos animais, citando-se como exemplos as infecções internas aos tecidos, algumas das quais podem ser mortais para o homem: *Pneumocystis* (tipo de pneumonia), *Coccidioides* (coccidioidomicose pulmonar), *Ajellomyces* (blastomicose e histoplasmose) e *Cryptococcus* (criptococose). Outros produzem micoses superficiais: *Epidermophyton*, *Microsporum* (dermatoses), *Candida albicans* (candidioses) e *Aspergillus fumigatus* (aspergiloses). Além do parasitismo, a simples presença de esporos no ar pode ser a causa de alergias no homem e animais.

Alguns bolores produzem metabólitos secundários como toxinas (aflatoxinas), que podem chegar a contaminar cereais mal estocados. Por sua vez, estes podem transmitir

essas toxinas para aves e mamíferos domésticos via consumo de rações ou contaminar diretamente ao homem. As aflatoxinas podem ser potentes toxinas e carcinogênicas, causar distúrbios digestivos no homem ou levar à morte animais domésticos. Outros produzem alcalóides, tóxicos ou alucinógenos.

Alimentação do homem (alimentação direta, processos industriais, etc.).

Saccharomyces cerevisiae (levedura, fermento) tem sido considerada a espécie domesticada mais importante para o homem. A espécie está envolvida nos processos fermentativos responsáveis pela fabricação e produção do álcool etílico, cerveja, vinho, no processamento e aromatização do pão, etc. Outros fungos estão envolvidos na produção industrial da glicerina, vitaminas, ácidos orgânicos (ácido cítrico que também ocorre nas frutas cítricas, ácido giberélico, hormônios vegetais, entre outros), enzimas (amilases, celulasas) e antibióticos (penicilina, griseofulvina). A fabricação e aromatização de certos tipos de queijos (tipo Camembert, Roquefort e Gorgonzola) são mediados por *Penicillium roquefortii* (para a fase imperfeita do gênero).

Muitos fungos podem ser consumidos diretamente como alimento, apresentando grande interesse por serem muito nutritivos. No Brasil, ainda são consumidos em pequena escala, ao contrário do que ocorre na Europa e no Japão.

Medicina, ciências. Os fungos são de grande importância para o homem na produção de antibióticos (*Penicillium* - penicilina). É bom lembrar que os antibióticos tiveram, e ainda têm, grande importância para a sobrevivência da humanidade, mas seu uso indiscriminado levou à origem de linhagens resistentes de bactérias.

Algumas espécies como *Saccharomyces cerevisiae*, *Neurospora crassa* e *Ustilago maydis*, etc. têm sido estudadas como organismos modelo em áreas da ciência como a genética, fisiologia, bioquímica e biologia molecular.

1) CLASSE MYXOMYCETES

(Gr. *myxo* = secreção viscosa + *myketes* = fungo)

Características básicas

- Parede celular ausente.
- Plasmódio, estrutura vegetativa com movimentos amebóides e fagocitose.
- Reprodução por esporos.

A classe não pertence aos fungos verdadeiros, sendo filogeneticamente mais relacionada a diferentes protistas amebóides cuja linhagem tem sido denominada de Amoebozoa, tendo sido incluída em nosso estudo por seu interesse histórico e por ser estudada por micólogos. Produzem esporos, característica comum aos fungos, algas e outras plantas, mas apresentam um caráter amebóide dos plasmódios e mixamebas, desprovidos de parede celular e seu modo de nutrição é através do englobamento de partículas sólidas (fagocitose). Grupo relativamente homogêneo de organismos com cerca de 700 espécies. Cresce em locais sombreados e úmidos, principalmente sobre madeira e folhas em decomposição no interior de matas.

O plasmódio, a parte vegetativa do fungo, constitui-se de uma massa citoplasmática, multinucleada e envolta por membrana plasmática, mas sem parede celular. Sua aparência é gelatinosa, irregular, com até 10 cm de diâmetro, deslocando-se sobre o substrato através de movimentos amebóides e, portanto, não possui forma ou tamanho definidos. Os movimentos amebóides são devidos a proteínas contrácteis. Observado à lupa, por transparência, verifica-se intenso movimento interno ao plasmódio, caracterizado por "correntes citoplasmáticas". Deslocando-se pelo substrato, o plasmódio fagocita partículas orgânicas sólidas, bactérias e esporos que são digeridos em vacúolos digestivos. Possuem pigmentos que dão cores variadas como o amarelo, enegrecido, etc., mas sua coloração é dependente do pH e tipo de alimento ingerido.

Esporângios diferenciam-se quando o ambiente torna-se progressivamente mais seco. São morfológicamente complexos e por isso denominados corpos de frutificação. Quando maduros, atingem alguns milímetros de comprimento e têm aparência dessecada, rompendo-se para liberação dos esporos que se dispersam através do ar.

O histórico de vida é haplobionte diplonte. Os esporos são resistentes ao dessecamento e germinam quando as condições são favoráveis. Na germinação são liberadas células flageladas ou células amebóides, dependendo da umidade ambiental. Essas células podem se interconverter e, finalmente, se comportam como gametas. Após a formação do zigoto, $2n$, divisões mitóticas sucessivas diferenciam novamente o plasmódio. A meiose ocorre na formação dos esporos.

Exemplos: *Lycogala*, *Hemitrichia*, *Arcyria*, *Stemonitis*, *Physarum*, etc.

Coleta: São saprófitas, crescendo sobre madeira em decomposição, folhas mortas, esterco, entre outros substratos orgânicos. Podem ser coletados principalmente junto ao solo das matas. O **plasmódio**, geralmente macroscópico, ocorre comumente após uma chuva, podendo permanecer por tempo mais prolongado em locais úmidos (sob a casca, em fendas ou embaixo de troncos), enquanto os **corpos de frutificação**, minúsculos (alguns milímetros de comprimento), em locais mais secos.

Estudo: Estude macroscópica e microscopicamente as estruturas vegetativas (plasmódio) e reprodutivas (corpos de frutificação) de alguns desses gêneros, procurando situá-las no histórico de vida do grupo. O plasmódio deve ser observado em estado vivo, enquanto os corpos de frutificação podem ser preservados secos. Nos corpos de frutificação, podem ser observados: o esporângio, o perídio (= envoltório) , o capílicio, os esporos e a columela.

2) CLASSE OOMYCETES

(Gr. *oo* = ovo + *myketes* = fungo)

Características básicas

- Micélio unicelular ou cenocítico.
- Septos, quando presentes (separando as estruturas de reprodução: esporângios e gametângios), é completo (sem poros).
- Parede celular contém celulose e beta glucano. Ausência de quitina.
- Reprodução espórica através de zoósporos (endósporos) biflagelados, sendo um dos flagelos liso e outro provido de fibrilas (heteroconta).
- Reprodução gamética por contato de gametângios (anterídios e oogônios).
- Histórico de vida haplobionte diplonte.

O nome da classe deve-se à formação de oosferas no interior de oogônios.

Apresentam flagelos, sendo dependentes da água do meio (aquáticos). A meiose é gamética (ocorre na formação dos gametas), resultando em micélio vegetativo diplóide.

A classe não é mais considerada como pertencente aos fungos, tendo sido deslocada para o novo Reino Chromista, juntamente com as algas pardas, diatomáceas e crisófitas. No passado, os **Oomycetes** foram considerados relacionados aos **Chytridiomycetes** e **Plasmodiophoromycetes** pela presença de flagelos e com os **Zygomycetes** por apresentarem micélios cenocíticos. Todos eram agrupados em uma única classe, **Phycomycetes** (*phyco* = algas + *mykes* = fungos semelhantes a algas), que incluía os fungos unicelulares ou cenocíticos considerados mais primitivos.

A classe, com muitas espécies, pode ser ilustrada pelo gênero *Saprolegnia*, entre outros gêneros relacionados.

Exemplos: *Saprolegnia*, *Achlya* ou *Dictyuchus*.

Coleta: O grupo é conhecido como bolor aquático, porque forma um halo esbranquiçado em torno de insetos e outros animais, em sementes em decomposição na água (saprobionte) ou são parasitas superficiais de peixes e anfíbios. Podem ser obtidos com iscas, isto é sementes (melancia, abóbora, etc.) ou insetos (abelhas, vespas ou moscas recém mortas, sem esmagamento) colocados em frascos contendo água de lagos ou de poças de chuva. Os insetos devem ser colocados, cuidadosamente, flutuando sobre a superfície da água. Devem-se manter os frascos no escuro para evitar o desenvolvimento de algas. Geralmente, esses fungos aparecem entre 8 a 15 dias após o início do experimento, formando um halo esbranquiçado com até 0,5 cm de diâmetro. As melhores observações são em material vivo, mas após encontrarem-se bem desenvolvidos, devem ser preservados em álcool 70% para evitar sua decomposição.

Estudo: Retire com uma pinça uma pequena porção do halo esbranquiçado que envolve a semente ou o inseto. Coloque sobre uma lâmina contendo uma gota de água. Observe ao esteromicroscópio, dissocie com dois estiletes e cubra com a lamínula. Observe ao microscópio.

- a) Como são as hifas? Onde ocorrem septos?
- b) Procure observar as estruturas de reprodução, esporângios e gametângios, tente compará-las. Obs: os gametângios são mais raramente observados que os esporângios.

As hifas são ramificadas, cenocíticas, apresentando septos (completos) somente na formação de estruturas reprodutivas (gametângios masculinos e femininos e esporângios). O micélio é diplóide e homotático, produzindo gametângios masculinos e femininos (reprodução gamética) e esporângios que liberam esporos biflagelados.

Os esporângios são estruturas de reprodução assexuada do tipo zoosporângio, produzindo zoósporos biflagelados. Os zoósporos, após dispersão na água, podem perder os flagelos e encistar, fixando-se a algum substrato. Ao germinar, produzem outro tipo de zoósporo (reniforme) que após nova dispersão e encontro de substrato adequado dão origem a um novo micélio.

A reprodução gamética envolve o contato de hifas gaméticas (gametângios), formadas por meiose, sendo, portanto, o ciclo de vida haplobionte diplonte. *Saprolegnia* assemelha-se aos gêneros *Achlya* (heterotático) e a *Dictyuchus*, cujos esporos germinam no interior do esporângio.

3) CLASSE ZYGOMYCETES

(Gr. *zygos* = vitelo + *spora* = semente, em referência ao zigósporo, um tipo de esporo de resistência)

Características básicas

- Micélio cenocítico.
- Septos, quando presentes (somente na delimitação das estruturas de reprodução), completos.
- Parede celular contém quitina.
- Reprodução gamética por conjugação de gametângios (cenogametas) e formação de zigósporos que dão nome à classe.
- Reprodução esporica envolve a formação de endósporos.
- Ausência de gametas ou esporos flagelados.
- Histórico de vida haplobionte haplonte.

A maioria cresce no ambiente terrestre, em contato com o ar, o que pode ser deduzido pela ausência de esporos flagelados. Cerca de 1.000 espécies são conhecidas

para a classe, sendo, *Rhizopus*, *Mucor*, *Absidia* e *Zygorhynchus* exemplos comuns de zigomicetes, conhecidos como bolores ou mofos. Representantes da classe variam desde sapróbios a parasitos facultativos ou obrigatórios de plantas, animais e mesmo de outros fungos.

Exemplos: *Rhizopus* (*rhiza* = raiz). "Bolor negro do pão", *Absidia*, *Mucor* ou *Zygorhynchus*.

Coleta: São conhecidos popularmente, juntamente com outros fungos, como mofos ou bolores. Crescem em ambientes úmidos sobre diversos materiais orgânicos, como frutas em decomposição (ex. laranja, limão, tomate, mamão e maracujá), cebola, amendoim, feijão, papel, madeira, tecidos e pão envelhecido, por exemplo.

Fatias de pão devem ser umedecidas, adicionando-se um pouco de açúcar, sendo mantidas em recipientes fechados com plástico transparente. As colônias iniciam-se pelo desenvolvimento de hifas que crescem concentricamente. Nesse estágio, comumente, são esbranquiçadas, lembrando tufo de algodão. Quando diferenciam esporângios, apresentam colorações variadas (negro, verde azulado, etc.). O processo de amadurecimento dos esporos inicia-se pelas regiões centrais (mais velhas), progredindo em direção à margem. A partir de então, as hifas degeneram, sendo inadequadas para observação, restando apenas esporos. As melhores observações podem ser feitas em material vivo. Para retardar o processo de decomposição, podem ser mantidos em geladeira, ou fixados em álcool 70%, antes que toda a colônia produza esporos.

Estudo:a) Retire uma pequena porção da margem da colônia com uma pinça. Mergulhe em álcool 70% e em seguida coloque sobre uma lâmina contendo uma gota de água. Observe ao esteromicroscópio e dissocie bem com a ajuda de dois estiletos. Cubra com lamínula e observe ao microscópio.

b) Observe as hifas. São septadas ou cenocíticas? Onde ocorrem septos?

c) Observe as estruturas reprodutivas e compare-as. Que tipo de esporos apresenta, zoósporos ou aplanósporos?

d) Estude o histórico de vida. Que fase do histórico está sendo observada em seu material?

O micélio é cenocítico, haplóide, formado por hifas muito ramificadas, imersas no

substrato (rizóides). Espalha-se no substrato por um sistema de estolões superficiais. Macroscopicamente, tem uma aparência aveludada de cor branca e por isso são conhecidos, juntamente com outros fungos, como mofos ou bolores.

A reprodução esporíca caracteriza-se por esporângios produzidos na extremidade de esporangióforos eretos que se originam próximos aos rizóides. Os esporângios produzem endósporos do tipo aplanósporo que se dispersam pelo ar. Ao germinar produzem novos micélios idênticos.

Espécies do gênero são heterotáticas. A reprodução gamética envolve a conjugação de hifas gaméticas compatíveis, denominadas cenogametas que após plasmogamia e cariogamia formam cenozigotos. Quando maduros, os cenozigotos apresentam parede reforçada e ornamentada, funcionando como um esporo de resistência (zigósporo). A meiose ocorre na germinação do zigósporo que origina diretamente um esporângio. O histórico de vida é, portanto, haplobionte haplonte.

Exemplos: *Pilobolus* (*pilo* = guarda-chuva, *bolus* = atirar).

Coleta: Deve ser cultivado em esterco fresco de cavalo, mantido em câmaras úmidas (recipientes amplos, recobertos com plástico transparente e mantidos em local iluminado). Espécies do gênero estão entre os primeiros decompositores do esterco de diversos herbívoros não-rumiantes, aparecendo cerca de três a oito dias após a defecação do animal. Devem ser observados em estado vivo. O esterco pode ser utilizado para obter outras espécies de fungos.

Estudo: a) Retire com uma pinça o esporângio e o esporangióforo, tomando cuidado para não esmagar o material e retirar intacta sua porção basal.

b) Coloque sobre uma lâmina contendo uma gota de água e observe ao esteromicroscópio.

c) Cubra com uma lamínula e estude ao microscópio. Observe o tipo de esporos que apresenta. Zoósporos ou aplanósporos?

O gênero apresenta interessantes sistemas fisiológicos de dispersão dos esporos e de co-evolução, envolvendo herbívoros, gramíneas e larvas do trato digestivo desses animais. Os esporangióforos podem atingir até cerca de 5 cm de comprimento. São transparentes e crescem em direção à luz (fototrópico positivo) e desenvolvem em sua

extremidade uma porção dilatada (vesícula sub-esporangial) sobre a qual situa-se o esporângio. A luz é percebida por carotenóides presentes na vesícula sub-esporangial. A vesícula também funciona como uma lente concentrando a luz em determinados pontos. A absorção contínua de água leva ao aumento do turgor na vesícula e causa sua ruptura explosiva, lançando o esporângio cheio de esporos em direção à luz refletida pelas folhas brilhantes das gramíneas. O esporângio adere-se às folhas e, assim, está sujeito à ingestão pelos animais. Os esporos são resistentes ao trato digestivo, sendo um dos pioneiros na decomposição do esterco. Algumas larvas do trato digestivo desses animais especializaram-se em “pegar carona” nos esporângios quando eles são lançados em direção às folhas das gramíneas, podendo contaminar outros animais.

4) CLASSE ASCOMYCETES

(Gr. *askos* = bolsa + *myketes* = fungo)

Características básicas

- Micélio filamentosos, pluricelular, bem desenvolvido, rudimentar ou unicelular.
- Septos centralmente perfurados (poro simples).
- Presença de quitina na parede celular. Celulose geralmente ausente.
- O **asco** é a característica distintiva da classe, sendo uma estrutura em forma de saco contendo endósporos (ascósporos) em número de quatro, mais comumente oito, ou outros múltiplos de quatro. São formados como resultado da cariogamia seguida imediatamente pela meiose.
- Reprodução gamética por copulação de gametângios, contato de gametângios, somatogamia ou espermatização.
- Ausência de células flageladas.
- Reprodução esporica por exósporos especializados (conídios), produzidos na extremidade de conidióforos.
- Histórico de vida haplobionte haplonte, com exceções.

O micélio, embora septado (celular) é funcionalmente cenocítico porque os núcleos e outras organelas podem migrar através dos poros. As células podem ser uni, bi ou multinucleadas.

Reprodução espórica (assexual). Os esporos são formados por mitose (mitósporos). Como exemplo temos os conídios (exósporos), produzidos na extremidade de conidióforos, sendo conhecida como fase imperfeita em oposição à fase perfeita (reprodução gamética).

Reprodução gamética (sexual). É muito variável no grupo, podendo envolver contato de gametângios, conjugação de gametângios, somatogamia ou espermatização.

A característica mais importante para distinguir o grupo é o asco. *Saccharomyces cerevisiae*, por exemplo, é unicelular, apresentando histórico de vida diplobionte que envolve conjugação de células gaméticas e os ascos são isolados.

Os ascomicetes filamentosos exibem históricos mais complexos. Nesse tipo de ciclo: i) os gametângios (ascogônios e anterídios) são formados em indivíduos distintos (+) e (-) (micélio heterotálico). A fertilização ocorre por contacto desses gametângios; ii) após a fertilização, formam-se hifas ascógenas, derivadas do ascogônio que crescem e se ramificam, mantendo os dois núcleos parentais (hifas dicarióticas). Em outras palavras, ocorreu plasmogamia, mas não cariogamia.

Desenvolvimento das hifas ascógenas. Ocorre através de ganchos, denominados "crozier". Esse tipo de crescimento é responsável pela manutenção da organização dicariótica das novas células formadas. Note que a função básica das hifas ascógenas é propagar o resultado da fertilização, de modo análogo ao que ocorre no carposporófito de Rhodophyta (= algas vermelhas).

Desenvolvimento do asco. Na extremidade das hifas dicarióticas ocorre a fusão dos núcleos parentais (cariogamia), formando um núcleo diplóide. O núcleo formado sofre meiose, a qual pode ser seguida por mitoses. Ascósporos são formados em número de quatro, ou múltiplo, após sua delimitação por paredes celulares.

No decorrer do processo de fertilização e desenvolvimento das hifas ascógenas muitos ascomicetes formam um corpo de frutificação (ascocarpo), onde se agrupam os ascos. O ascocarpo é análogo ao cistocarpo de Rhodophyta. A porção do ascocarpo que reúne os ascos e células vegetativas (paráfises), orientadas perpendicularmente denomina-se himênio. Distinguem-se, basicamente, três tipos de ascocarpos:

- i) Apotécio: em forma de taça com himênio exposto.
- ii) Peritécio: em forma de urna, com um poro (ostíolo).
- iii) Cleistotécio: fechado.

Diversos tipos e formas de ascos e ascósporos são reconhecidos, apresentando importância taxonômica.

Os Ascomycetes e Basidiomycetes (ver adiante) podem apresentar grande complexidade morfológica.

A Classe Ascomycetes é muito diversificada, sendo dividida em quanto subclasses com base nos critérios sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3. Subclasses de Ascomycetes e suas características básicas.

Subclasse	Hemiascomycetidae	Plectomycetidae	Hymenoascomycetidae	Loculoascomycetidae
Talo	Unicelular (geralmente)	Micélio	Micélio	Micélio
Hifas ascógenas	Ausentes	Presentes	Presentes	Presentes
Tipo de ascocarpo	Ausentes	Cleistotécio (geralmente)	Peritécio, apotécio	Ascostroma
Reprodução vegetativa	Brotamento Fissão Artrósporos	Conídios	Conídios	Conídios
Ocorrência	Exudados de plantas, sapróbios, parasitas	Sapróbios, Parasitas	Sapróbios, Parasitas	Sapróbios, Parasitas
Representantes	<i>Saccharomyces</i> <i>Schizosaccharomyces</i>	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Tuber</i>	<i>Monilia</i> , <i>Peziza</i> , <i>Aleuria</i> , <i>Morchella</i> , <i>Sordaria</i> , <i>Xylaria</i>	<i>Mycosphaerella</i>

Exemplos: *Saccharomyces* (*sacharon* = açúcar + *myketes* = fungo), levedura ou fermento.

Leveduras ou fermentos do gênero *Saccharomyces* são microscópicos, muito simples, unicelulares, podendo formar micélio rudimentar.

Coleta e cultivo: A espécie *Saccharomyces cerevisiae* pode ser obtida colocando-se uma pequena porção de fermento de pão em solução de glicose ou sacarose. Liberam bolhas de CO₂ após alguns minutos quando a temperatura é adequada. Aparece, ainda, no resíduo (borra) depositado no fundo da garrafa da cerveja caracu que não é filtrada. Sendo decompositores de açúcares, leveduras selvagens ocorrem na superfície de frutas e sucos das mesmas expostas ao ar. Podem ser obtidos em soluções de glicose, sacarose,

mel ou suco de frutas (uva, laranja, maçã, etc.) deixados para fermentar. Neste caso, o tempo para obtenção das culturas é mais lento, dependente de sua presença no meio ou contaminação pelo ar. Devem ser observados em estado vivo.

Estudo: a) Tome uma gota do material em suspensão, prepare uma lâmina e examine ao microscópio, empregando pouca luz.

b) Estude a organização dos indivíduos e as etapas do processo de brotamento.

c) Por que o fermento é empregado na fabricação do pão?

A reprodução vegetativa dá-se por brotamento ou gemação. A reprodução gamética envolve a conjugação de células compatíveis que se comportam como gametas. *Saccharomyces cerevisiae* é heterotálico e o histórico de vida é diplobionte. Outras espécies, entretanto, podem ser homotálicas e com históricos de vida haplobiontes haplontes ou diplontes.

O gênero apresenta centenas de espécies e linhagens conhecidas, sendo *S. cerevisiae* responsável pela produção do álcool, fermentação do pão e da cerveja, etc. *Saccharomyces cerevisiae* é considerada, dentre todas espécies domesticadas pelo homem, a mais importante do ponto de vista econômico. A seleção de linhagens de leveduras iniciou-se com os trabalhos de Pasteur sobre o vinho (1860 - 1870), demonstrando que a fermentação é um processo biológico. Apresentam alto teor protéico, de vitaminas do complexo B e de carotenóides (precursores da vitamina A).

Exemplos: *Schizosaccharomyces*.

Também se trata de uma levedura. Diferencia-se por suas células alongadas e reprodução vegetativa por divisões transversais e não por brotamento ou gemação, como ocorre em *Saccharomyces*.

Coleta, cultivo e observações: São cultivadas popularmente em chá preto com açúcar, crescendo em associação com bactérias e leveduras do gênero *Saccharomyces*. A associação é cultivada com fins medicinais e é conhecida como "kombucha" ou "alga do chá". O resultado final da fermentação dessa associação é a produção de vinagre. As

possíveis propriedades medicinais podem ser devidas às vitaminas do complexo B e carotenóides (precursores da vitamina A). Devem ser observados em estado vivo, empregando-se os mesmos métodos do material anterior.

Esta levedura também pode ocorrer nos mesmos materiais onde ocorrem linhagens selvagens de *Saccharomyces*.

Exemplos: *Penicillium* "pequeno pincel", *Aspergillus*.

Esses gêneros ilustram a reprodução assexuada (fungos mitospóricos) mais característica da Classe Ascomycetes. Esta fase de reprodução é conhecida como fase imperfeita, para distinguir da reprodução gamética (fase perfeita).

São conhecidos como mofos ou bolores, juntamente com outros fungos (Zygomycetes). Crescem em grande variedade de substratos orgânicos úmidos como os alimentos em geral, incluindo frutas (laranja, limão, tomate, mamão, maracujá, abacate), cebola, amendoim, arroz, feijão cozidos e pão envelhecido, paredes, papel, madeira, tecidos, sapatos, tênis umedecidos, etc. Apresentam colorações variadas dependendo da cor dos esporos (negro, verde, amarelo, etc.).

Espécies e linhagens de *Penicillium* são responsáveis pela produção da penicilina, pela fabricação de queijos dos tipos Camembert, Roquefort e Gorgonzola (*Penicillium roquefortii*). Outras produzem micotoxinas (aflatoxinas) em grãos mal estocados, podendo contaminar animais domesticados via consumo de rações, ou diretamente o homem. Espécies de *Aspergillus* também produzem aflatoxinas, enquanto outras produzem micoses das vias respiratórias no homem ou nos animais, principalmente pássaros. A produção industrial do ácido cítrico e do saquê também envolve espécies desse gênero.

Coleta: Conhecidos popularmente, juntamente com outros fungos, como mofos ou bolores. Podem ser obtidos nos mesmos tipos de substratos descritos anteriormente para *Rhizopus* e outros gêneros da Classe Zygomycetes. Comumente, crescem em mistura com aqueles gêneros. Portanto, ver aquele item para os procedimentos de coleta e cultivo.

Penicillium roquefortii pode ser obtido em queijos dos tipos Camembert, Roquefort ou Gorgonzola.

Estudo: a) Retire com uma pinça uma pequena porção da borda da colônia. Mergulhe

em álcool 70%, coloque sobre a lâmina contendo uma gota de água. Observe ao esteromicroscópio e dissocie com dois estiletes. Cubra com lamínula e observe ao microscópio com pouca luz.

b) Estude a organização das hifas e dos conidióforos em vários estágios de desenvolvimento.

c) Como são formados os conídios? Endógenos ou exógenos?

d) Procure distinguir os dois gêneros comparando a organização dos esporos.

Exemplos: *Sordaria* (ascocarpo do tipo peritécio) ou *Ascobolus* (ascocarpo do tipo apotécio; *asco* = bolsa, saco + *bolus* = atirar).

São muito adequados para o estudo da fase perfeita dos Ascomycetes (ascocarpo, himênio, ascos e ascósporos).

Coleta: São microscópicos, desenvolvendo-se sobre esterco de cavalo, depois do desaparecimento de *Pilobolus*. Devem ser procurados em estado vivo utilizando-se um esteromicroscópio.

Estudo: a) Coloque uma bolota fecal de cavalo em uma placa de Petri e observe ao esteromicroscópio para localizar os corpos de frutificação. Separe os corpos de frutificação com ajuda de pinças ou estiletes e coloque-os sobre uma lâmina com uma gota de água. Observe ao esteromicroscópio. Cubra com lamínula e exerça uma leve pressão sobre a mesma para esmagar o peritécio ou apotécio.

b) Observe ao microscópio. Procure entender a organização do ascocarpo, a forma dos ascos e o número de ascósporos.

Exemplo: *Xylaria* (*xylon* = madeira, decompositor de madeira).

Esse gênero ilustra ascocarpos macroscópicos do tipo peritécio, reunidos em um conjunto denominado ascostroma.

Coleta: Desenvolve-se em troncos de árvores senescentes ou mortas no interior da mata, principalmente naquelas ainda em posição vertical. Pode ser fixado em álcool 70%.

Estudo: a) Observe o ascostroma macroscopicamente. Corte um segmento, transversalmente. Observe ao esteromicroscópio a face cortada e verifique se apresenta peritécios em bom estado, isto é, não completamente vazios.

b) Faça cortes delgados com uma gilete para observação ao microscópio.

c) Procure entender a organização do ascocarpo, a forma dos ascos e o número de ascósporos.

Outros exemplos: *Monilia* com ascocarpos do tipo apotécio pedicelado; *Peziza* e *Aleuria*, com apotécios muito desenvolvidos; *Tuber* (trufa) com apotécio muito modificado; *Morchella* com apotécio muito modificado. Os dois últimos gêneros são comestíveis e muito apreciados na Europa.

Muitos ascomicetes crescem no solo úmido, madeira em decomposição, esterco, etc. Assim, podem ser localizados até mesmo nos vasos de plantas. Apresentam-se sob forma de pequena taça (em sua maioria, com apenas alguns milímetros), portanto, somente são encontrados após inspeção muito cuidadosa daqueles substratos com uma lupa de mão. Alguns gêneros, entretanto, (exemplo – *Peziza*), possuem apotécios com até 10 cm de diâmetro. Devem ser observados preferencialmente quando vivos, mas também podem ser fixados em álcool 70%.

5) CLASSE BASIDIOMYCETES

(Gr. *basidion* = pequeno pedestal + *myketes* = fungo)

Características básicas

- Micélio filamentosos, pluricelular, bem desenvolvido.
- Septos centralmente perfurados (septo dolíporo, isto é com espessamento junto ao bordo).
- Presença de quitina na parede celular. Celulose geralmente ausente.
- A característica distintiva da classe é o **basídio**, estrutura especializada na produção de esporos exógenos (basidiósporos) em número de quatro, ou mais raramente dois, formados como resultado da cariogamia e meiose.
- Reprodução gamética por somatogamia ou espermatização.
- Presença de uma fase dicariótica (com dois tipos de núcleos, derivados dos parentais).
- Reprodução esporica por exósporos especializados, conídios, produzidos na extremidade de conidióforos.
- Ausência de gametas ou esporos flagelados.
- Histórico de vida haplobionte haplonte.

Os basidiomicetes apresentam muitas semelhanças com ascomicetes. As características das duas classes estão comparadas na Tabela 4.

Tabela 4. Comparação entre as classes Ascomycetes e Basidiomycetes.

Características	Ascomycetes	Basidiomycetes
Parede celular	quitina e β -glucano	quitina e β -glucano
Talo	micélio com hifas bem desenvolvidas, ramificadas e septadas	
Septo	poro simples	poro dolíporo
Fase dicariótica	curta; hifas ascógenas	longa; micélio secundário
Reprodução gamética	asco (endósporos)	basídio (exósporos)
Corpo de fructificação	ascocarpo	basidiocarpo
Reprodução vegetativa	brotamento, fissão, fragmentação, artrósporos, clamidósporos, conídios	Brotamento, fragmentação, Artrósporos, conídios
Dicariotização	copulação de gametângios, contato de gametângios, espermatização, somatogamia	Espermatização, somatogamia

A reprodução esporica também é conhecida como fase imperfeita, em oposição à fase perfeita (reprodução gamética). A reprodução gamética também apresenta semelhanças entre as duas classes. A característica mais importante para distinguir os basidiomicetes é o basídio. O histórico de vida dos basidiomicetes é haplobionte haplonte.

Note que:

1) Não existem gametângios diferenciados, mas união de hifas somáticas (somatogamia) distintas (+) e (-) (heterotalia).

2) Após a fertilização, forma-se um micélio dicariótico ($n + n$) chamado de micélio secundário, em oposição ao micélio primário haplóide. O micélio secundário pode crescer indefinidamente, mantendo-se dicariótico através de ganchos conhecidos com "clamp connection", semelhantes ao "crozier" descrito para os ascomicetes.

3) Em condições ambientais específicas diferencia-se o corpo de frutificação (basidiocarpo), ainda dicariótico.

4) No basidiocarpo ocorre a cariogamia logo seguida pela meiose, diferenciando-se os basídios e basidiósporos.

Assim, basídios e ascos são considerados homólogos e os basidiomicetes, possivelmente, derivados dos ascomicetes. Existem duas hipóteses contrárias para origem de basídios a partir de ascos. Na primeira hipótese os basídios septados são considerados mais primitivos que os inteiros, enquanto na segunda hipótese os basídios septados são considerados derivados.

Os basídios formam-se em uma região específica do basidiocarpo, conhecida como himênio.

Outros basidiomicetes apresentam históricos de vida ainda mais complexos, como é o caso do gênero *Puccinia* ("ferrugem"). Nesse histórico ocorrem até quatro tipos de esporos, sendo a principal semelhança com o histórico anterior, a formação do basídio que envolve cariogamia muito defasada da plasmogamia.

A Classe Basidiomycetes é muito diversificada, sendo dividida em três subclasses com base nos critérios sintetizados na Tabela 5.

Tabela 5. Subclasses da Classe Basidiomycetes e suas características básicas.

Classe Basidiomycetes				
Subclasse	Holobasidiomycetidae		Phragmobasidiomycetidae	Teliomycetidae
Séries	Hymenomycetes	Gasteromycetes		

Basídio	inteiro	inteiro	septado longitudinal ou transversal	Septado transversal
Himênio	exposto	não exposto	exposto	sem himênio
Basidiósporos	eliminados ativamente (balistósporos)	eliminados passivamente	eliminados ativamente (balistósporos)	Ustilaginales – não Uredinales (balistósporos)
Ocorrência	sapróbios em solo, madeira, parasitas	sapróbios em solo, madeira, parasitas	sapróbios em madeira	parasitas
Representantes	<i>Amanita</i> <i>Agaricus</i> <i>Boletus</i> <i>Polyporus</i> <i>Pleurotus</i> <i>Clavaria</i>	<i>Cyathus</i> <i>Geastrum</i> <i>Dictyophora</i> <i>Scleroderma</i>	<i>Auricularia</i> <i>Tremella</i>	<i>Ustilago maydis</i> <i>Puccinia graminis</i>

Exemplo: Basidiocarpo do tipo “cogumelo”.

O corpo de frutificação (basidiocarpo) tem a forma de um “chapéu” com textura macia, sendo efêmero (curta duração). O himênio fica exposto na superfície dos basidiocarpos, localizando-se em lamelas ou poros.

Podem ser citados como exemplos de cogumelos com himênio localizado em lamelas o gênero *Amanita*, com algumas espécies altamente venenosas, *Agaricus* (champignon) e *Pleurotus*, ambos com espécies comestíveis. O cultivo de cogumelos para fins de alimentação humana tem sido realizado com sucesso no Brasil.

Boletus, com algumas espécies comestíveis, cresce em simbiose com raízes de pinheiro (comum nos jardins do Instituto de Botânica da USP em certas épocas do ano) e exemplifica um cogumelo com himênio localizado em poros.

Muitos outros cogumelos macroscópicos podem ser coletados na natureza e observados vivos ou preservados em álcool 70%. Outros, comestíveis, também podem ser encontrados no mercado.

1) *Agaricus* (“champignon”) ou *Pleurotus*.

Coleta: Cogumelos comestíveis (“champignon”), macroscópicos, podendo ser obtidos nos mercados. Exemplares vivos e frescos são mais adequados para observação, sendo os mais desenvolvidos os melhores. Podem ser fixados em álcool 70%.

Estudo: a) Observe e estude a morfologia de um corpo de frutificação (basidiocarpo).

b) Faça cortes transversais às lamelas, para observação ao microscópio. Observe o himênio, basídios e basidiósporos. Compare com esquemas e figuras apresentados nos livros.

2) *Coprinus* ("copro" = esterco).

Coleta: É um pequeno cogumelo macroscópico que se desenvolve no esterco de cavalo, após a seqüência de aparecimento de *Pilobolus* e *Sordaria* e/ou *Ascobolus*. É um dos melhores cogumelos para observação de basídios e basidiósporos, podendo ser seguido por outras agaricales maiores (*Psilocibe*).

Estudo: a) Observe o corpo de frutificação (basidiocarpo) no estereomicroscópio.
b) Faça cortes transversais ao píleo (chapéu), mergulhe em álcool 70%, monte uma lâmina e observe ao microscópio. Observe os basídios e os basidiósporos.

Exemplo: Basidiocarpo do tipo "orelha de pau".

O corpo de frutificação (basidiocarpo) geralmente é perene (dura várias estações do ano), com textura rígida e himênio formado em poros ou mais raramente lamelas.

Coleta: O gênero *Polyporus*, entre outros como *Fomes* e *Ganoderma*, podem ser facilmente coletados, principalmente sobre troncos de árvores mortas. Sendo de consistência dura. Podem ser preservados secos, após limpeza e secagem ao ar livre.

Exemplo: Basidiocarpos cartilagosos e gelatinosos.

Auricularia. Basidiocarpo macroscópico, com aparência de uma orelha, sendo conhecida como "Orelha de Judá". Apresenta basídios septados transversalmente. Cresce em madeira morta, principalmente nas matas. Pode ser fixada em álcool 70%.

Tremella. Macroscópico, com aparência gelatinosa, com basídios septados longitudinalmente. Cresce nos mesmos tipos de locais que o anterior, sendo mais rara. Pode ser fixada em álcool 70%.

Exemplo: Basidiocarpos em forma de coral.

O corpo de frutificação apresenta himênio exposto na superfície, tendo como exemplo *Clavaria*.

Exemplo: Basidiocarpos com outras formas.

Os basidiocarpos sem himênio apresentam diversas formas ou, se presente, os basidiocarpos permanecem fechados até a maturação dos basídios. Incluem-se aqui: *Lycoperdon*, *Scleroderma*, *Dictyophora*, *Cyathus* (“ninho de pássaro”) e *Geastrum* (“estrela da terra”). *Scleroderma*, assim como *Boletus*, ocorre em associação com eucalipto e pinheiros (micorriza).

Exemplo: Basidiocarpos ausentes.

1) “Carvão do milho”, pertencente à espécie *Ustilago maydis* forma galhas nos grãos (fruto) do milho.

2) “Ferrugem” - *Puccinia* sp.

O nome popular “ferrugem” se deve à sua aparência, formando manchas amareladas ou ferruginosas nas folhas de gramíneas ou dicotiledôneas (trevo de três folhas, gerânio, jambo, etc.).

Estudo: a) Observe ao esteromicroscópio uma folha de gerânio ou trevo, com manchas cor de ferrugem ou amareladas. Retire uma porção da folha e faça cortes transversais passando pela região da mancha. Prepare uma lâmina com álcool 70%. Substitua o álcool pela água e observe ao microscópio.

b) Qual é a cor dos esporos e de que modo estão arrançados nas folhas?

c) Procure entender e identificar a fase do histórico de vida que está sendo observada.

SIMBIOSE ENTRE ALGAS E FUNGOS: LIQUENS

Os líquens são associações estáveis entre algas (**fotobiontes** ou **ficobiontes**) e fungos (**micobiontes**), formando talos com morfologia e estrutura definidas e constantes, e capazes de auto-reprodução. São comumente considerados como o melhor exemplo de simbiose mutualística. Existem, entretanto, interpretações diversas quanto à natureza dessas associações: 1) **Mutualismo**: o fungo absorve nutrientes orgânicos derivados das algas e as algas obtêm proteção, por exemplo, contra dessecação e excesso de luz; 2) **Parasitismo fraco**: os fungos parasitam as algas que resistem ao ataque. Esse ponto de vista baseia-se no fato de que os fungos emitem haustórios que penetram na parede celular das algas, ou mesmo invadem o citoplasma. Os fungos podem, ainda, apresentar saprofitismo nas células mortas das algas.

Existem argumentos favoráveis a essas duas interpretações contrastantes. A principal conclusão é que existe um equilíbrio muito delicado nessa associação. Qualquer distúrbio que altere a taxa de crescimento e/ou mortalidade dos componentes micobionte ou fotobionte pode levar à morte da associação. Experimentos de isolamento dos dois componentes, por exemplo, mostraram que a reassociação dos organismos que compõem o líquen ocorre somente em condições especiais, desfavoráveis a ambos componentes isolados. Se as condições forem favoráveis ao fungo, pode ocorrer que as algas não resistam ao ataque.

Como consequência do equilíbrio delicado desta associação, os líquens são bons indicadores da ação do homem no ambiente, sendo muito sensíveis à poluição. Assim, a flora líquênica se modifica com o grau de poluição.

Morfologia e reprodução

O micobionte é o componente estrutural dos líquens, sendo o principal responsável por sua morfologia. O talo dos líquens pode ser classificado em:

- 1) **Folhoso**. Estruturalmente, o talo folhoso apresenta-se estratificado (heterômero)

com muitas camadas diferenciadas. É facilmente removido do substrato pelo fato de que apresenta rizines que fixam o talo somente em pontos definidos.

2) **Gelatinoso**. É uma variação do talo folhoso com consistência gelatinosa. Estruturalmente, o talo gelatinoso apresenta-se não estratificado (homômero).

3) **Crostoso**. Estruturalmente, assemelha-se ao folhoso, mas aderindo-se fortemente ao substrato, além disso não apresenta córtex inferior nem rizines.

4) **Fruticoso**. Com aspecto arborescente. Estruturalmente estratificado com muitas camadas distintas.

Exemplos: *Leptogium* sp. (talo folhoso e gelatinoso)

Canoparmelia sp. (talo folhoso)

Estudo: a) Observe a morfologia externa do talo. Tome um segmento e faça cortes transversais ao mesmo. Adicione uma gota de álcool 70% e uma gota de água. Cubra com lamínula.

b) Estude ao microscópio, procurando reconhecer os componentes micobionte e fotobionte. As hifas do fungo são cenocíticas ou celulares?

c) Compare os dois gêneros quanto a sua organização, isto é, se estratificados (heterômero) ou não (homômero).

Os líquens, sendo composto por dois genomas distintos, não apresentam reprodução gamética. A reprodução vegetativa se dá por:

1) **Sorédios**. Estruturas compostas por um conjunto de células de algas envolvidas por hifas de fungos. A região do talo com sorédios é denominada de sorália.

2) **Isídios**. Pequenos ramos diferenciados do talo que se destacam com facilidade pela ação mecânica das chuvas, ventos, etc.

3) **Fragmentação**. Fragmentos indiferenciados do talo.

O fotobionte isoladamente não apresenta reprodução gamética conhecida, enquanto o micobionte pode apresentar. Assim, os fungos podem apresentar basídios ou ascos, dependendo da classe a que pertencem, respectivamente, Basidiomycetes e Ascomycetes.

Características biológicas dos líquens

1) Resistência a condições ambientais extremas (ex. temperatura, luz e umidade). Crescem, por exemplo, na superfície das rochas submetidas a altas irradiâncias e temperaturas, e nos pólos. No Ártico, o gênero *Cladonia* é o principal alimento das renas. A resistência à temperatura e ao dessecamento está ligada, basicamente, ao fato de que: a) apresentam células muito pequenas, com pequenos vacúolos; b) possuem pressão osmótica elevada e c) a principal reserva de água é extracelular, acumulando-se nos espaços entre os filamentos do micélio.

2) Nutrição independente do substrato, crescendo sobre rochas, troncos ou terra. Dependem, basicamente, da água das chuvas ou de outras fontes que transportam elementos minerais e orgânicos.

3) Crescimento muito lento. Algumas datações sugerem até 4.000 anos de idade para alguns indivíduos.

Em decorrência dessas características, os líquens podem ser pioneiros em ambientes rochosos, causando erosão das rochas por sua ação mecânica ou através de ácidos liquênicos.

Identificação e classificação

A identificação dos componentes micobionte e fotobionte, separadamente, apresenta dificuldades, particularmente em relação ao segundo.

As algas têm sido identificadas somente a nível de gênero, sendo exemplos mais comuns: *Trebouxia* e *Trentepohlia* (Divisão Chlorophyta) e *Nostoc* ou *Anabaena* (Divisão Cyanobacteria). Os micobiontes pertencem às classes Ascomycetes (maioria) e Basidiomycetes (2 - 4 gêneros exclusivos de regiões tropicais). As dificuldades do conceito de espécie entre os líquens decorrem do fato de que são dois genomas distintos que em combinação constituem associações íntimas que funcionam como indivíduos. Assim, os líquens não constituem um grupo taxonômico, mas um grupo biológico. Para fins de classificação, os líquens são considerados fungos liquenizados. Assim, são classificados como fungos (classes Ascomycetes e Basidiomycetes), aplicando-se as categorias taxonômicas usuais (espécie, gênero, família, ordem, classe, etc.).

Classe Ascomycetes. Constitui o maior grupo com cerca de 18.000 espécies. Podem ser reconhecidos facilmente pela presença de apotécios e peritécios.

Exemplos: *Canoparmelia*, *Leptogium*, *Caloplaca*, *Graphis*, *Cladonia*, *Usnea*.

Classe Basidiomycetes. Pequeno grupo com 2 - 4 gêneros, de acordo com diferentes autores. *Cora* é um gênero comum nas encostas das estradas que cortam a Serra do Mar.

Líquens mitospóricos. O micobionte não apresenta estruturas de reprodução gamética. Em outras palavras, apenas a fase imperfeita do micobionte é conhecida, sendo representada por picnídios.

GLOSSÁRIO

ANSA. O mesmo que "clamp connection".

APOTÉCIO. Estrutura de reprodução (corpo de frutificação ou ascocarpo) de fungos da Classe Ascomycetes, aberto em forma de taça. Ver ascocarpo.

ASCO. Esporângio de fungos da Classe Ascomycetes em forma de saco, contendo um número definido de ascósporos (= esporos, em número de quatro ou múltiplo de quatro), formado pela cariogamia, seguida pela meiose.

ASCOCARPO. Estrutura de reprodução comumente chamada de corpo de frutificação de fungos da Classe Ascomycetes. Apotécio, cleistotécio e peritécio. Suas partes principais são a parede (perídio) e o himênio.

ASCOGÔNIO. Gametângio feminino de fungos da Classe Ascomycetes.

ASCÓSPORO. Esporo de fungos da Classe Ascomycetes, formado em número de quatro ou múltiplo de quatro no interior do asco através de cariogamia seguida por meiose.

ASCOSTROMA. Estroma, matriz, "tecido" de preenchimento. Diz-se de corpos de frutificação de certos fungos da Classe Ascomycetes compostos por peritécios unidos entre si por uma matriz.

BASIDIOCARPO. Estrutura de reprodução comumente chamada de corpo de frutificação de fungos da Classe Basidiomycetes.

BASÍDIO. Estrutura de reprodução de fungos da Classe Basidiomycetes contendo em sua

superfície quatro, ou mais raramente dois basidiósporos (esporos), produzidos pela cariogamia e meiose.

BASIDIÓSPORO. Esporo de fungos da Classe Basidiomycetes, formado em número de quatro ou mais raramente dois na superfície do basídio, através de cariogamia seguida por meiose.

CAPILÍCIO. Estrutura filamentosa de sustentação dos esporos nos corpos de frutificação de fungos das classes Myxomycetes e Basidiomycetes (gasteromicetes).

"CLAMP CONNECTION". Hifa de conexão em forma de ponte ou gancho que ocorre no micélio secundário (ploidia $n+n$) de muitos fungos da Classe Basidiomycetes. Análoga ao "crozier" de muitos fungos da Classe Ascomycetes.

CLEISTOTÉCIO. Estrutura de reprodução (corpo de frutificação ou ascocarpo) de fungos da Classe Ascomycetes completamente fechado. Ver ascocarpo.

COLUMELA. Estrutura estéril, de sustentação, encontrada no interior de esporângios ou outros corpos de frutificação, sendo comumente uma extensão do pedicelo.

CONÍDIO. O mesmo que conidiósporo.

CONIDIÓSPORO. Esporo imóvel formado por mitose (mitósporo) na extremidade de hifas, ou sobre uma célula esporógena de muitos fungos das classes Ascomycetes e Basidiomycetes e dos fungos mitospóricos (deuteromicetes).

CONIDIÓFORO. Hifa simples ou ramificada, ereta, originada de hifas somáticas, portando, em sua extremidade, uma ou mais células mãe de conídios.

"CROZIER". Hifa de conexão em forma de ponte ou gancho que ocorre nas hifas ascógenas (ploidia $n+n$) de muitos fungos da Classe Ascomycetes. Análoga a "clamp connection" de muitos fungos da Classe Basidiomycetes.

DICARIÓTICO. Diz-se de micélios ou hifas contendo núcleos aos pares, sendo que os núcleos de cada par são derivados de diferentes células parentais.

CORPO DE FRUTIFICAÇÃO. Estrutura de reprodução com organização complexa de muitos fungos das classes Myxomycetes, Ascomycetes e Basidiomycetes. Exemplos: ascocarpo e basidiocarpo.

ESPORANGIÓFORO. Hifa ou estrutura que sustenta o esporângio.

ESCLERÓCIO. Estrutura de resistência ao dessecação.

ESTIPE. Haste que sustenta o píleo.

ESTROMA. Matriz, "tecido" de preenchimento.

ETÁLIO. Tipo de frutificação de Myxomycetes desprovida de forma regular ou definida, formada pela união de numerosos esporângios.

FOTOBIONTE. Refere-se ao componente algal dos líquens, em oposição ao micobionte.

FICOBIONTE. O mesmo que fotobionte.

GANCHO. O mesmo que grampo.

GLEBA. Porção interna, fértil, do corpo de frutificação de fungos da Classe Basidiomycetes (gasteromicetes).

GRAMPO. O mesmo que "clamp connection".

HAUSTÓRIO. Estrutura de absorção originada de células ou hifas de parasitas que penetram no hospedeiro.

HETEROCARIÓTICO. Indivíduo que exhibe heterocariose, isto é, núcleos distintos.

HETEROTÁLICO. Organismo ou espécie com indivíduos auto-incompatíveis (auto-estéreis), requerendo, portanto, a união de indivíduos de sexos distintos para reprodução sexuada. Nesta definição, os indivíduos podem ser portadores dos dois sexos, mas são auto-incompatíveis. Uma definição mais estrita considera que os sexos estão segregados em indivíduos distintos. A terminologia é empregada principalmente nos fungos. Ver homotático.

HOMOTÁLICO. Organismo ou espécie com indivíduos auto-compatíveis, requerendo, portanto, um único indivíduo para reprodução sexuada. A terminologia é empregada principalmente nos fungos. Ver heterotático.

HIMÊNIO. Camada do corpo de frutificação de fungos das classes Ascomycetes e Basidiomycetes contendo ascos ou basídios, e paráfises orientadas paralelamente entre si.

HIFA. Unidade estrutural da maioria dos fungos, representada por filamento tubular cenocítico ou septado (celular).

LAMELA. Estrutura em forma de placa (lâmina) na qual muitos fungos da Classe Basidiomycetes produzem basídios.

MICÉLIO. Conjunto dos filamentos (hifas) que compõe o corpo (talo) dos fungos.

MICOBIONTE. Refere-se ao fungo componente dos líquens, em oposição ao ficobionte.

MICOLOGIA. Área das ciências biológicas que se dedica ao estudo dos fungos.

MICORRIZA. Associação simbiótica entre hifas de fungos e raízes de plantas.

MITÓSPORO. Esporo formado por mitose. Exemplo: conidiósporo ou conídio.

MIXAMEBA. Célula amebóide de Myxomycetes que se comporta como gameta ou pode converter-se em um mixoflagelado.

MIXOFLAGELADO. Célula provida de flagelo de Myxomycetes, que se comporta como gameta ou pode converter-se em uma mixameba.

OSTÍOLO. Poro.

PARÁFISE. Células estéreis presentes no himênio.

PEDICELO. Pequeno sustentáculo de uma estrutura, parte ou corpo. Suporte, pequeno pedúnculo.

- PERÍDIO.** Parede ou cobertura externa de corpos de frutificação de fungos.
- PERITÉCIO.** Estrutura de reprodução (corpo de frutificação ou ascocarpo) de fungos da Classe Ascomycetes fechado, em forma de urna ou garrafa, com um ostíolo (poro) na extremidade.
- PÍLEO.** Porção superior, “chapéu” de certos tipos de basidiocarpos e ascocarpos.
- PLASMÓDIO.** Estrutura somática de Myxomycetes, caracterizada por uma massa protoplasmática desprovida de parede celular, multinucleada, móvel com nutrição e mobilidade amebóide.
- PSEUDOPLASMÓDIO.** Conjunto de mixamebas que se comporta como uma unidade de modo semelhante a um plasmódio.
- RIZOMORFA.** Conjunto de hifas somáticas unidas entre si, formando filamentos espessos que lembram raízes.
- TALO.** Corpo de criptógamas avasculares (algas, briófitas e fungos).
- TELEUTÓSPORO.** Teliósporo. Esporo de resistência com parede espessa de certos fungos da Classe Basidiomycetes, onde ocorre a cariogamia. Exemplos: ferrugens do gênero *Puccinia* e carvões do gênero *Ustilago*.
- TELIÓSPORO.** Teleutósporo.
- TRAMA.** “Tecido” fúngico que compõe o píleo e sustenta o himênio de certos fungos da Classe Basidiomycetes (Holobasidiomycetidae).
- UREDÓSPORO.** Esporo binucleado de certos fungos da Classe Basidiomycetes. Exemplo: ferrugem do gênero *Puccinia*.
- ZIGÓSPORO.** Esporo de resistência resultante da fusão de (gametângios) de fungos da Classe Zygomycetes.

REFERÊNCIAS

- Ainsworth, G.G. & Sussman, A.S. 1973. The fungi. Academic Press, New York. 4 volumes.
- Ainsworth, G.C.; Sparrow, F.K. & Sussman, A.S. 1973. The Fungi. An advanced treatise. Vol. IVA. A taxonomic review with keys: Ascomycetes and fungi imperfecti. New York, Academic Press.
- Ainsworth, G.C.; Sparrow, F.K. & Sussman, A.S. 1973. The Fungi. An advanced treatise. Vol. IVB. A taxonomic review with keys: Basidiomycetes and lower Fungi. New York,

- Academic Press.
- Alexopoulos, C.J.; Mims, C.E. & Blackwell, M. 1996. *Introductory mycology*. 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Barnes, E.H. 1979. *Atlas and manual of plant pathology*. Plenum Press, New York.
- Bartinicki-Garcia, S. 1970. Cell wall composition and other biochemical markers in fungal phylogeny. *In*: HARNORNE, J.B. *Phylogeny*, Academic Press, London. pp. 81-103.
- Batista Pereira, A. & Putzke, J. 1990. Famílias e gêneros de fungos agaricales (cogumelos) do Rio Grande do Sul. Livraria e Editora da FISC, Santa Cruz do Sul.
- Bold, H.C. 1972. *O reino vegetal*. Editora Edgard Blucher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bold, H.C.; Alexopoulos, C.J. & Delevorias, T. 1987. *Morfology of plants and fungi*. Harper & Row, Publishers, New York.
- Bononi, V.L.R. & Piccolo-Grandi, R.A. 1999. *Zigomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos. Noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas*. São Paulo, Instituto de Botânica. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.
- Carlile, M.J. & Watkinson, S.C. 1997. *The fungi*. Academic press, London.
- Des Abbayes, H.D.; Chadefaud, M.; De Ferré, Y.; Feldmann, J.; Gaussens, H.; Grasse, P.-P.; Leredde, M.C.; Ozenda, P. & Prévôt, A.R. 1963. *Botanique: Anatomie-cycles évolutifs, systématique*. Masson et Cie. Ed., Paris.
- Deacom, J. 1980. *Introduction to modern mycology*. Blackwell Sc. Publication. New York.
- Fergus, C.L. 1963. *Illustrated genera of wood decay fungi*. Burgess Publishing Company, Minesota.
- Hale, M.E. 1969. *How to know the liquens*. W.M.C. Brown Co. Publishers, Dubuque.
- Hawksworth, D.L. 1997. The fascination of Fungi: exploring fungal diversity. *Mycologia* 11 (2): 18-22.
- Grandi, R.A.P. 1986. *Fungos imperfeitos*. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Instituto de Botânica, folheto Nº 19: 18.
- Joly, A.B. 1975. *Botânica. Introdução à taxonomia vegetal*. Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Lacaz, C.S. 1977. *Infecções por agentes oportunistas*. Editora Edgard Blucher Ltda e Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Lacaz, C.S.; Minami, P.S. & Purchio, A. 1970. *O grande mundo dos fungos*. Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Lacaz, C.S; Porto, E. & Martins, C.M. 1991. *Micologia médica*. Sarvier, São Paulo.
- Marcelli, M.P. 1987. *Ecologia dos liquens dos manguezais da região Sul-Sudeste do Brasil, com especial atenção ao de Itanhém (SP)*. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP.

- Moore-Landecker, E. 1996. *Fundamental of the fungi*. 4th ed. Prentice Hall.
- Oliveira, E.C. 2003. *Introdução à biologia vegetal*. 2a ed. EDUSP, São Paulo, SP, Brasil.
- Pacioni, G. 1981. *Guide to mushrooms*. Simon & Schuster's, New York.
- Pelczar, M.; Reid, R. & Chan, E.C.S. 1980. *Microbiologia Vol. I*. Tradução Manuel Adolfo May Pereira. McGraw-Hill do Brasil.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro.
- Rawitscher, R. 1972. *Elementos básicos de botânica*. Companhia Editora Nacional, São Paulo.
- Ribeiro, C.H. 1998. *A família Parmeliaceae (Ascomycota liquenizados) em regiões montanhosas dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP.
- Scagel, R.F.; Bandoni, R.J.; Rouse, G.E.; Schofield, W.B.; Stein, T.R. & Taylor, T.M.C. 1965. *An evolutionary survey of the plant kingdom*, Wadsworth Publishing Co., Inc., California.
- Sinnott, E.W. & Wilson, K.S. 1963. *Botany: Principles and problems*. 6th ed. McGraw-Hill Book Co. Inc. USA.
- Smith, G.M. 1971. *Botânica criptogâmica*. I. volume. *Algas e Fungos*. Fundação Caluste Gulbenkin, Lisboa.
- Stevenson, G.B. 1974. *Biologia dos fungos, bactérias e vírus*. Tradução de Denise Navas Pereira. Ed. da Universidade de São Paulo.
- Teixeira, A.R. 1971. *Gêneros de myxomycetes*. *Rickia (supl): 1-150*.
- Truffem, S.F.B. 1984. *Mucorales do Estado de São Paulo*, 4. *Espécies coprófilas*. *Rickia II: 53-64*.
- Truffem, S.F.B. & Bononi, V.L.R. 1985. *Cogumelos comestíveis*. Icone Editora LTDA., São Paulo.
- Webster, J. 1993. *Introduction to fungi*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Whittaker, R.H. 1969. *New concepts of kingdoms of organisms*. *Science* 163: 150-160.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ALGAS

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ALGAS

Alga é um termo genérico, desprovido de significado taxonômico, que inclui organismos que possuem clorofila *a* e um talo não diferenciado em raiz, caule ou folhas, com hábito predominantemente aquático. Esses organismos não são necessariamente semelhantes entre si e nem sempre possuem origem evolutiva próxima. Desempenham um papel ecológico importante como produtores primários dos ecossistemas onde ocorrem, sendo provavelmente responsáveis por mais de 50% do total da produção primária de todo o planeta. O fato de serem clorofilados, não implica que sejam verdes, pois além da clorofila, possuem outros pigmentos denominados acessórios, que podem mascarar a presença da clorofila, proporcionando às algas colorações avermelhadas, azuladas, pardas ou até enegrecidas.

Quanto à organização do talo as algas apresentam uma diversidade muito grande. Existem desde formas microscópicas até formas que atingem 60 m de comprimento, como as algas pardas do gênero *Macrocystis*.

As algas podem ser encontradas nos mais diversos ambientes, existindo desde formas terrestres e aquáticas, até formas que vivem em associações com outros organismos (ex. líquens: fungo + alga). As formas mais comuns são aquáticas, podendo ocorrer em rios, lagos, mangues e mares. Nesses ambientes, podem fazer parte do bentos (conjunto de indivíduos que vivem fixos ao substrato) ou plâncton (conjunto de indivíduos que vivem em suspensão na coluna de água devido à sua pequena ou nula capacidade de locomoção).

Quando se consideram organismos marinhos bentônicos (algas e animais), pode-se fazer uma distinção quanto à faixa do litoral que ocupam. O litoral pode ser dividido em **supra-litoral**, **médio-litoral** e **infra-litoral**. O supra-litoral corresponde a faixa mais alta do litoral, que mesmo nas marés mais altas não fica submerso. Está sujeito apenas a borrifos de água salgada, especialmente em locais muito batidos. O médio-litoral corresponde à faixa que pode ser temporariamente descoberta nas marés-baixas. O infra-litoral corresponde à faixa que nunca fica exposta ao ar, mesmo nas marés mais baixas.

Dentre as algas figuram os organismos mais antigos da Terra (cianobactérias ou algas azuis), havendo evidências de sua existência já no Pré-Cambriano, há aproximadamente 3,5 bilhões de anos. Possivelmente, foram os responsáveis pela produção e acúmulo de oxigênio na atmosfera primitiva e ainda hoje, desempenham papel importante na manutenção dos níveis desse gás, especialmente as formas marinhas

planctônicas. Além disto, as algas têm sido reconhecidas como os organismos que deram origem a todos os outros vegetais existentes atualmente.

O termo alga inclui organismos de linhagens filogenéticas completamente diferentes. A **Ficologia**, ciência que estuda as algas (*phykos*, do grego = alga), é o ramo da biologia que abrange a maior diversidade de grandes grupos de organismos (incluindo organismos procariontes e eucariontes). Harvey em 1836 classificou as algas baseadas na sua composição pigmentar. Essa classificação básica persiste até hoje; entretanto, as relações evolutivas entre os grupos de algas nunca foram muito claras devido a um registro fóssil muito limitado para a maioria dos grupos, a uma morfologia simples e a uma grande plasticidade fenotípica. Muitos avanços foram obtidos com a microscopia eletrônica que permitiu um detalhado estudo da ultraestrutura das células, e mais recentemente da biologia molecular que tem sido uma ferramenta importante para estabelecer hipóteses sobre as relações evolutivas entre as várias linhagens de algas. Estudos moleculares mostraram definitivamente que as algas formam um grupo artificial que inclui táxons que muitas vezes são mais relacionados com organismos não fotossintetizantes do que com outras algas.

Os eucariontes diversificaram-se em várias linhagens filogenéticas ("crown lineages") das quais as principais são: i) os animais (Metazoa: invertebrados e vertebrados); ii) os fungos verdadeiros; iii) as plantas verdes (com clorofila *a* e *b* que incluem as algas verdes); iv) as algas vermelhas; v) os estramenópilas (inclui os oomicetos e as algas heterocontes: pardas, diatomáceas e outras algas com clorofilas *a* e *c*); e vi) os alveolados (inclui os dinoflagelados, ciliados, entre outros).

Dentre as principais linhagens de algas eucarióticas podemos citar: Chlorophyta, Rhodophyta, Glaucocystophyta, Euglenophyta, Chlorarachniophyta, Heterokonta (Raphidophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Eustigmatophyta e Phaeophyta), Haptophyta (= Prymnesiophyta), Cryptophyta e Dinophyta (Tabela 1). Os últimos quatro grupos foram denominados de algas cromófitas devido à presença de clorofila *a* e *c* e várias xantofilas. Apenas parte dessas divisões será abordada aqui em maior detalhamento: Chlorophyta, Euglenophyta, Rhodophyta, Phaeophyta, Bacillariophyta e Dinophyta.

Home-pages relacionadas ao tema algas:

<http://seaweed.ucg.ie/>

<http://www.botany.uwc.ac.za/algae/>

<http://www.start1.com>

www.ib.usp.br/algamaris

ORGANIZAÇÃO VEGETATIVA DAS ALGAS

As algas apresentam os mais diversos níveis de organização vegetativa. Essa organização muitas vezes é semelhante em grupos evolutivamente muito distintos, demonstrando um paralelismo evolutivo de determinadas morfologias. A maior diversidade de formas é encontrada no ambiente marinho.

A seguir serão apresentados os tipos básicos de organização vegetativa das algas. Deve-se ressaltar que esses "tipos morfológicos" são comumente denominados de "talo", independentemente de serem unicelulares ou pluricelulares.

Talo = corpo celular ou cenocítico sem organização de raízes, caules, folhas, flores ou frutos.

1) FORMAS UNICELULARES

Incluem-se aqui os indivíduos formados por uma única célula. Estão presentes em todos os grupos de algas, mesmo que apenas na forma de gametas ou esporos. Reconhecem-se três tipos:

1.1) Unicelular flagelado - É a denominação utilizada para designar uma célula com flagelos (um ou mais). Ocorre em Chlorophyta, Euglenophyta e Dinophyta de água doce ou marinhas.

1.2) Unicelular aflagelado - É a denominação utilizada para designar uma célula sem flagelos. Podem ocorrer em Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta, Dinophyta e Rhodophyta. Aqui estão incluídas também algumas formas móveis. Formas amebóides podem ocorrer em Dinophyta. Entre as diatomáceas bentônicas também são muito freqüentes as formas móveis, no entanto, esses movimentos não são promovidos por pseudópodes.

2) FORMAS COLONIAIS

São constituídas por agregados de células, onde cada célula apresenta uma interdependência menor em relação às demais, quando comparadas às de um organismo pluricelular. As células da colônia apresentam-se unidas fisicamente apenas por mucilagens e freqüentemente não têm ligações citoplasmáticas entre si. São encontradas tanto fazendo parte do plâncton, quanto do bentos. Podem-se reconhecer dois tipos:

2.1) Colônias amorfas - Não existe uma organização definida das células na colônia. Podem ocorrer em Cyanobacteria e Chlorophyta de água doce ou marinhas.

2.2) Cenóbio - É um tipo de colônia mais elaborada e complexa, com forma e número de células definidos. Esse tipo de talo ocorre em Chlorophyta, porém, apenas em espécies de água doce.

3) FORMAS PLURICELULARES

Aqui estão incluídos os indivíduos formados por duas ou mais células.

3.1) Formas filamentosas - Os talos filamentosos apresentam grande diversidade de formas, variando desde aquelas muito simples, constituídas por uma única seqüência linear de células, até formas mais complexas, resultando em talos foliáceos, cilíndricos, crostosos, etc. Nesses últimos casos a organização filamentosa só pode ser verificada pelo acompanhamento do desenvolvimento através de cortes anatômicos. Formam-se a partir de sucessivas divisões celulares. As células filhas permanecem unidas através de uma parede comum e de ligações citoplasmáticas. Podem também ser encontradas tanto fazendo parte do plâncton, quanto do bentos de água doce ou marinho.

3.1.1) **Filamentos não ramificados** - Formam-se a partir de sucessivas divisões celulares, sempre em um mesmo plano. São comuns em Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta e Dinophyta.

3.1.2) **Filamentos ramificados** - São formas mais complexas em relação à anterior, pois ocorre mudança no plano de divisão celular. No sentido espacial, leva à ocupação de novos planos, possibilitando, portanto, a ocupação de novos espaços. Podem ser constituídos por apenas uma série de células (unisseriado) ou por duas ou mais séries (plurisseriado). As formas mais simples são encontradas entre as Cyanobacteria, Chlorophyta e Rhodophyta. Formas plurisseriadas ramificadas podem estar presentes em Cyanobacteria, Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta. Existem formas filamentosas mais complexas, como as que apresentam uma distinção entre porção prostrada e erecta, ou seja, existem filamentos adaptados para a fixação do talo e filamentos erectos, mais especializados para a fotossíntese. Esse tipo de talo é comum entre as Phaeophyta, podendo ocorrer também em Chlorophyta. Certas espécies não apresentam porção erecta, sendo constituídas apenas por um disco, que fica aderido ao substrato. Este tipo de organização é denominada de **talo crostoso**, sendo freqüentemente encontrado sobre costões rochosos do litoral. Essa crosta é formada pela fusão de filamentos prostrados fortemente aderidos ao substrato. Estudos recentes de cultivo em laboratório têm

demonstrado que algumas destas espécies crostosas são fases do histórico de vida de algas eretas, como *Ralfsia/Scytosiphon* (Phaeophyta) e *Petrocelis/Gigartina* (Rhodophyta). Essa fusão e organização dos filamentos podem ocorrer também na porção ereta, dando origem a um **talo Pseudoparenquimatoso**. Essa morfologia é típica de muitas Rhodophyta, também ocorrendo em algumas Phaeophyta e algumas Chlorophyta cenocíticas. Está presente também nos corpos de frutificação de alguns fungos verdadeiros.

3.2) Formas parenquimatosas - No talo verdadeiramente parenquimatoso as divisões celulares podem ocorrer em qualquer plano, podendo formar um tecido bidimensional ou tridimensional. Lâminas parenquimatosas de uma ou duas camadas de células de espessura ocorrem em Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta. Porém, talos parenquimatosos tridimensionais e mais espessos somente são encontrados em certas Phaeophyta, todas marinhas, que atingem as maiores dimensões entre as algas (até 60 m). Nessas algas, formam-se tecidos especializados que desempenham funções distintas.

4) FORMAS CENOCÍTICAS

O talo cenocítico é constituído por filamentos tubulares que não estão divididos em células. Ocorrem exclusivamente em certas espécies de Chlorophyta, sendo a grande maioria marinha. As formas mais simples são pequenos filamentos não ramificados, enquanto que podem ocorrer formas maiores, bem ramificadas, formadas por um único filamento de espessura (uniaxial) ou por vários filamentos justapostos (multiaxial), formando um talo pseudoparenquimatoso.

MONERA FOTOSSINTETIZANTES: DIVISÃO CYANOBACTERIA

kyanos (grego) = azul

phyton (grego) = planta

A Divisão Cyanobacteria, conhecida como algas azuis ou cianobactérias, inclui representantes que muitas vezes apresentam coloração azul. No entanto, podem ser esverdeadas, avermelhadas ou enegrecidas. São organismos procarióticos, como as bactérias, pertencendo ao Reino Monera.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Procarióticas.
- Clorofila *a*.
- Ficobiliproteínas (pigmentos acessórios e reserva de nitrogênio): *c*-ficocianina, aloficocianina (azuis), *c*-ficoeritrina e ficoeritrocianina (vermelhos).
- Xantofilas e carotenos (grandes proporções de β -caroteno).
- Glicogênio (amido das cianofíceas).
- Mucopolissacarídeos (presente na bainha de mucilagem).
- Ausência de flagelos.

COMPARAÇÃO COM OUTRAS BACTÉRIAS

- Cyanobacteria são organismos fotossintetizantes que possuem clorofila *a*. Bactérias, quando fotossintetizantes, não possuem clorofila *a*.
- Cyanobacteria apresenta como produto final da fotossíntese o oxigênio (O_2). Bactérias nunca liberam O_2 como produto final da fotossíntese.
- Cyanobacteria não possui flagelos. Algumas bactérias os possuem.
- Cyanobacteria atinge maior complexidade morfológica que bactérias.

ORIGEM

As cianobactérias representam um grupo monofilético muito antigo, dentro das Eubactéria, tendo sido os primeiros organismos fotossintetizantes com clorofila *a*, que surgiram na Terra, há aproximadamente 3,5 bilhões de anos. Existem evidências fósseis, os estromatólitos, que datam do Pré-Cambriano. Estromatólitos são formações calcárias dispostas em camadas, formados possivelmente por algas azuis. Provavelmente foram os responsáveis pelo acúmulo de O₂ na atmosfera primitiva, o que possibilitou o aparecimento da camada de Ozônio (O₃), que retém parte da radiação ultra-violeta (UV), permitindo a evolução de organismos mais sensíveis à radiação UV. As cianobactérias são pouco sensíveis a essa radiação, possuindo um sistema de reparo do material genético.

A fotossíntese em algas azuis é estimulada por baixos teores de O₂, refletindo talvez, sua adaptação à ausência de O₂ livre na atmosfera do Pré-Cambriano.

OCORRÊNCIA

As algas azuis podem viver em ambientes extremamente diversos. A maioria é de água doce, podendo sobreviver a temperaturas de até 74°C em fontes termais (ex. *Synechococcus*) ou a temperaturas muito baixas de lagos antárticos, onde podem ocorrer sob a calota de gelo. Existem formas marinhas que resistem a altas salinidades, ou a períodos de dessecação, como as cianobactérias que habitam o supra-litoral. Algumas formas são terrestres, vivendo sobre rochas ou solo úmido. Outras vivem em associações com fungos, como nos líquens *Cora* e *Leptogium*, entre outros. Ainda existem algumas que se associam a outros vegetais (*Anthoceros*, briófitas; *Azolla*, pteridófitas; *Cycas*, gimnospermas) ou a protozoários.

MORFOLOGIA

A organização do talo da maior parte das algas azuis é muito simples: podem ser unicelulares, coloniais ou filamentosas.

As formas filamentosas possuem filamento constituído por tricoma (seqüência linear de células) envolvido por uma bainha de mucilagem (filamento = tricoma + bainha). Os filamentos podem ser unisseriados não ramificados ou ramificados. Podem ser ainda,

plurisseriados.

Quanto à ramificação, pode-se reconhecer:

a) Ramificação verdadeira - quando a ramificação origina-se em consequência de uma mudança no plano de divisão da célula.

b) Ramificação falsa - quando a ramificação origina-se sem que haja uma mudança no plano de divisão da célula. Ocorre em formas que possuem uma bainha resistente ou espessa.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

São organismos procariontes, sem apresentar portanto, um núcleo organizado ou organelas rodeadas por membranas. O DNA está disperso no citoplasma.

1) Parede celular - é semelhante à encontrada em bactérias gram-negativas. Essa parede é complexa e composta por várias camadas. Apenas as duas camadas mais internas são as mesmas para todas as algas azuis. A estrutura das camadas mais externas depende das condições ambientais e da quantidade de mucilagem secretada. O constituinte presente em maior quantidade é um mucopeptídeo (= glicopeptídeo). Verifica-se a presença de plasmodesmos em formas filamentosas.

2) Bainha - é um revestimento mucilaginoso, externo à parede celular, que está constantemente sendo secretado. Possivelmente, é composto por ácidos pécticos e mucopolissacarídeos. Porém, sua estrutura ainda não foi completamente elucidada. Sabe-se que é constituído por fibrilas embebidas em uma matriz amorfa. Desempenha papel importante na absorção de elementos traços. A mucilagem "liga-se" a esses elementos, tornando-os disponíveis para a célula. Essa habilidade dá às cianobactérias vantagens sobre outras algas do fitoplâncton.

3) Tilacóides - são membranas lipo-protéicas localizadas na periferia da célula. Provavelmente, originaram-se por invaginações do plasmalema. Os pigmentos fotossintetizantes localizam-se nos tilacóides.

4) Pigmentos - estão associados aos tilacóides. Podem ocorrer os seguintes pigmentos:

4.1) **Clorofila a**: presente em todas as algas azuis. Há provavelmente duas formas moleculares, com picos de absorção em 580 e 670 nm.

4.2) **Ficobiliproteínas**: agrupadas em corpúsculos chamados de ficobilissomos, que se dispõem sobre os tilacóides. Podem estar presentes as seguintes

ficobiliproteínas: i) c-ficocianina: presente em todas as cianobactérias;

ii) aloficocianina: presente em todas as algas azuis;

iii) c-ficoeritrina: presente apenas em algumas espécies;

iv) ficoeritrocianina: presente apenas em algumas espécies.

4.3) **Carotenóides**: Entre os carotenos mais comuns, registra-se a presença de β -caroteno. Quanto às xantofilas, várias delas podem estar presentes porém, não ocorre luteína.

A concentração desses pigmentos pode variar em resposta à qualidade de luz e condições ambientais.

5) Carboxissomos (= corpos poliédricos) - correspondem ao centro onde ocorre o ciclo de Calvin, contendo a enzima Ribulose-difosfato-carboxilase, responsável pela incorporação do CO_2 na seguinte reação:



6) Reserva - possuem **grânulos de amido**, também conhecidos como **amido das cianofíceas**. Esse amido é constituído por uma cadeia altamente ramificada, semelhante ao glicogênio. Além de reservas de polissacarídeos as algas azuis apresentam **grânulos de cianoficina** compostos por polipeptídeos e localizados nas porções periféricas das células. Esses grânulos são facilmente observados através da microscopia óptica. Ocorrem também **grânulos de polifosfato**, comuns em células adultas e ausentes em células muito jovens. Esses dois tipos de grânulos podem ser facilmente utilizados pelas algas, quando o ambiente onde ocorrem torna-se desprovido de nitrato e fosfato, permitindo que as algas continuem com crescimento ativo, mesmo nessas situações.

7) Vesículas de gás - são estruturas que possuem um gás produzido pela atividade metabólica da célula. São cilíndricas e circundadas por membranas protéicas, e não lipo-protéicas. Essas vesículas não ocorrem em todas as algas azuis, estando presentes apenas nas formas planctônicas. Desempenham papel importante na flutuabilidade do organismo, controlando sua posição na coluna de água. À medida que aumenta a atividade fotossintetizante, vesículas de gás diminuem e conseqüentemente a alga afunda. Quando isso ocorre, a alga é submetida a um ambiente com menos luz e conseqüentemente há uma redução na taxa de fotossíntese e as vesículas começam a se formar novamente. Desta forma, a célula volta a flutuar.

8) Ribossomos - estão presentes nas células das cianobactérias, sendo semelhantes aos que ocorrem em bactérias (70S).

REPRODUÇÃO

Não se conhece reprodução gamética nas algas azuis. Nunca se observou plasmogamia; no entanto, existem evidências de combinação gênica. Podem se reproduzir de várias formas:

1) Divisão celular simples - ocorre em formas unicelulares, filamentosas e coloniais.

2) Fragmentação - ocorre em formas filamentosas e coloniais e corresponde à separação de partes desses organismos. Cada uma delas dará origem a um novo organismo.

3) Hormogônios - ocorrem em formas filamentosas. São fragmentos de tricoma que deslizam na bainha, até a extremidade do filamento, desprendendo-se deste e dando origem a um novo indivíduo.

4) Endósporo - ocorre no tipo de reprodução assexuada em que a formação de esporos é feita através da divisão endógena do protoplasto em duas ou mais partes, que emergem quando a parede se rompe.

5) Exósporo - ocorre no tipo de reprodução assexuada em que a formação de esporos é feita através de sucessivas divisões em uma das porções terminais de uma célula (somente ocorre em células que tenham polaridade).

6) Acineto - ocorre em formas filamentosas. Desenvolve-se a partir de uma célula vegetativa que se torna maior, com reservas (principalmente grânulos de cianoficina) e com parede espessa. Funciona como um esporo de resistência a condições ambientais desfavoráveis, que pode ficar dormente por muito tempo (até 64 anos) e depois pode germinar, originando um novo filamento.

HETEROCITO

É uma célula de conteúdo homogêneo, parede espessa, geralmente maior que a célula vegetativa, de cor verde-amarelada que pode ocorrer em algumas algas azuis filamentosas. Está relacionada à fixação de nitrogênio (N_2). Nessa célula, ocorre a conversão de N_2 em amônia, através da enzima nitrogenase, na ausência de oxigênio. Portanto, a atividade dessa enzima é incompatível com a atividade fotossintetizante. A amônia produzida é usada para formar glutamina que é transportada para outras células do filamento ou liberada para o meio.

Apesar dessa fixação de N_2 ocorrer predominantemente nos heterocitos, verificou-se que algumas células vegetativas de algas azuis podem fixar nitrogênio em condições

anóxicas. Entre estas estão espécies unicelulares e espécies filamentosas sem heterocitos.

Outras possíveis funções relacionadas ao heterocito: i) pode germinar formando um novo indivíduo; ii) as ligações do heterocito com as células adjacentes representam pontos de fragilidade do filamento, favorecendo a fragmentação; e iii) talvez esteja relacionado à diferenciação de acinetos, que sempre se formam a partir de células vegetativas que estejam adjacentes a heterocitos.

MOBILIDADE

Muitas cianobactérias unicelulares e filamentosas podem apresentar movimento de deslizamento quando em contacto com o substrato, ou outras algas. Algumas apresentam um movimento oscilatório nas extremidades. Esse movimento pode ocorrer em resposta a estímulo luminoso. Possivelmente, essa movimentação é decorrente da contração de microfibrilas presentes no protoplasto.

TOXINAS

Certas algas azuis podem produzir toxinas e liberá-las para o meio onde vivem. Existem vários registros no mundo todo de mortes de aves, peixes e mamíferos causadas pela ingestão de águas contaminadas. Muitas vezes podem liberar substâncias que causam odor e sabor característicos às águas de reservatórios de abastecimento, como o ocorrido em Guarapiranga (SP) em 1991.

As substâncias tóxicas isoladas até o presente a partir de cianobactérias de água doce são de dois tipos: alcalóides (neurotoxinas) ou peptídeos de baixo peso molecular (hepatotoxinas).

As neurotoxinas atingem o sistema neuromuscular paralisando músculos esqueléticos e respiratórios, podendo levar à morte por parada respiratória. Podem ser produzidas por espécies de *Anabaena* e *Aphanizomenon*.

As hepatotoxinas agem mais vagarosamente, atingindo o fígado. Causam necrose, provocando morte por hemorragia. Podem ser produzidas por espécies de *Microcystis*, *Nodularia*, *Oscillatoria* e *Anabaena*.

IMPORTÂNCIA

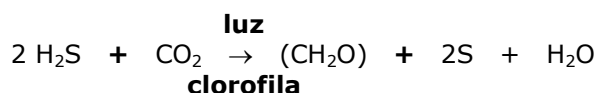
A grande importância econômica das algas azuis está relacionada às formas fixadoras de nitrogênio, que quando presentes ou adicionadas ao solo, podem em muitos casos, substituir ou reduzir a utilização de fertilizantes. Além disto, algumas cianobactérias são utilizadas como fonte de proteínas (ex. *Spirulina*).

ASPECTOS ECOLÓGICOS

Nos sistemas ecológicos atuais, as algas azuis são importantes tanto pela produção fotossintetizante quanto pela fixação de N₂.

As cianobactérias que têm a capacidade de fixar nitrogênio apresentam vantagens em relação a algas sem essa capacidade, especialmente em ambientes pobres em nitrogênio.

Em ambientes anóxicos algumas algas azuis podem usar H₂S como doador de elétrons, de modo semelhante ao que ocorre em bactérias fotossintetizantes, que não usam a água como doador de elétrons:



Têm, portanto, a habilidade de fotossintetizar sob condições aeróbicas ou anaeróbicas. São fototróficas anaeróbicas facultativas, e preenchem um importante nicho ecológico nos sistemas aquáticos.

Essa capacidade representa uma vantagem tanto em relação a algas eucarióticas (restritas a ambientes fotoaeróbicos), quanto a bactérias fotossintetizantes (restritas a ambientes fotoanaeróbicos). Desta forma, algas azuis com essa capacidade têm vantagem seletiva sobre organismos em ambientes que flutuam entre essas duas condições como, por exemplo, certos lagos, que no inverno são anaeróbicos e no verão, aeróbicos.

CLASSIFICAÇÃO

São reconhecidas aproximadamente 2.000 espécies, distribuídas em 150 gêneros. Existem várias proposições de classificação das cianobactérias. Apresentamos a seguir, a que consideramos mais simples, e não necessariamente a mais natural ou atual.

DIVISÃO: Cyanobacteria

CLASSE: Cyanophyceae

- 1) Ordem Chroococcales: unicelulares ou coloniais.
- 2) Ordem Nostocales: filamentosas.
- 3) Ordem Chamaesiphonales: reprodução por esporos (endósporos ou exósporos).

PROCLORÓFITAS

pro (grego) = antes de

chloro (grego) = verde

phyton (grego) = planta

As proclorofitas são algas que só foram descritas a partir de 1975. O primeiro gênero descrito, *Prochloron*, vive em associação a tunicados marinhos. São algas procarióticas, como as algas azuis, no entanto, devido à presença de clorofila *b* e ausência de ficobilinas, foram consideradas como uma divisão separada. Posteriormente foram descritos mais dois gêneros, não associados a tunicados.

1) Ocorrência

São encontradas em água doce (*Prochlorothrix*) ou marinha (*Prochloron* e *Prochlorococcus*), fazendo parte do plâncton, ou associadas com ascídias coloniais.

2) Morfologia

Conhecem-se formas unicelulares e filamentosas não ramificadas.

3) Organização celular

São procariontes, bioquímica e estruturalmente semelhantes às algas azuis, não possuindo, no entanto, grânulos de cianoficina.

3.1) Parede celular - é semelhante à encontrada em algas azuis e bactérias Gram-negativas.

3.2) Tilacóides - encontram-se geralmente agrupados em pares no citoplasma. Nas cianobactérias eles encontram-se isolados e apresentam ficobilissomos.

3.3) Pigmentos - estão associados aos tilacóides, ocorrendo os seguintes pigmentos: clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides semelhantes aos encontrados em cianofíceas. No entanto, não apresentam ficobiliproteínas.

3.4) Carboxissomos - estão presentes nas proclorofíceas com função semelhante à apresentada para cianobactérias.

3.5) Reserva - apresentam amido similar ao encontrado nas algas azuis.

3.6) Ribossomos - possuem ribossomos 70S, semelhantes aos encontrados em cianofíceas e bactérias.

3.7) DNA - encontra-se geralmente na periferia da célula.

4) Classificação

São descritos apenas três gêneros pertencentes a uma única classe: Prochlorophyceae.

5) Considerações evolutivas

A descoberta de um procarionte com clorofila *b* fez com que muitos pesquisadores acreditassem na possibilidade de que esse grupo pudesse ser o ancestral dos cloroplastos das algas verdes e outros vegetais "superiores". No entanto, trabalhos recentes incluindo estudos moleculares vêm demonstrando grande distância evolutiva entre as proclorofíceas e os plastos com clorofila *b* (Palenik & Haselkorn, 1992). Esses mesmos estudos sugerem que a clorofila *b* tenha surgido várias vezes durante a evolução (Urbach et al., 1992). Proclorófita é um grupo polifilético e artificial. Desta forma, atualmente a maioria dos autores preferem não aceitar a Divisão Prochlorophyta, e reclassificam os gêneros com clorofila *b* e ausência de ficobiliproteínas em cianobactérias.

CARACTERIZAÇÃO E TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS DAS ALGAS COM CLOROFILAS *a* E *b*: DIVISÕES CHLOROPHYTA E EUGLENOPHYTA

DIVISÃO CHLOROPHYTA

chloro (grego) = verde

phyton (grego) = planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Eucarióticas.
- Clorofila *a* e *b*.
- Xantofilas (principalmente luteína) e carotenos (principalmente β -caroteno).
- Reserva: amido.
- Parede celular: principalmente celulose.
- Presença de flagelos em alguma fase do ciclo de vida.

OCORRÊNCIA

As algas verdes estão presentes nos ambientes mais diversos. A grande maioria das espécies, aproximadamente 90%, é de água doce, apresentando uma distribuição cosmopolita, isto é, apresentam ampla distribuição no planeta. É o grupo predominante do plâncton de água doce. A maior parte das formas marinhas encontra-se em águas tropicais e sub-tropicais, fazendo parte do bentos. Existem algumas formas terrestres, crescendo sobre troncos ou barrancos úmidos (ex. *Trentepohlia*). Outras crescem sobre camadas de gelo nos pólos (ex. *Chlamydomonas*). Existem ainda, formas saprófitas (sem pigmentos) e formas que vivem em associações com fungos (líquens), protozoários, celenterados (ex. hidras) e mamíferos (pêlos de bicho-preguiça).

MORFOLOGIA

Existem desde formas microscópicas até formas que podem atingir alguns metros de comprimento (ex. *Codium*).

A morfologia é muito diversificada, existindo formas unicelulares, coloniais, filamentosas e parenquimatosas. Algumas formas coloniais apresentam um número definido de células para a espécie. Essas colônias recebem o nome de **cenóbio**. As formas filamentosas podem ser celulares ou cenocíticas, estas não apresentam paredes transversais, e são multinucleadas, existem também formas cenocíticas não filamentosas.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

A organização celular é eucariótica. Durante a divisão celular, após a formação de dois núcleos filhos, os microtúbulos podem se dispor de duas formas distintas. Esses microtúbulos podem se arranjar paralelamente ao plano de divisão da célula (**ficoplasto**) ou perpendicularmente a este (**fragmoplasto**). O comportamento diferenciado desses microtúbulos durante a divisão celular é considerado de importância filogenética.

1) Parede celular. É constituída por uma estrutura fibrilar embebida em uma matriz não fibrilar (geralmente hemicelulose). A estrutura fibrilar é geralmente de celulose, porém em alguns gêneros podem ocorrer polímeros de xilose (ex. *Bryopsis* e *Caulerpa*) ou polímeros de manose (ex. *Acetabularia*). Alguns gêneros podem apresentar depósito de carbonato de cálcio na parede.

2) Cloroplastos. Possuem de um a muitos cloroplastos por célula. A forma é extremamente variável, constituindo um importante critério na classificação das clorofíceas. Existem cloroplastos na forma de fita, estrelado, laminar, discóide, reticulado, etc. Ao microscópio eletrônico, verifica-se que muitas algas verdes possuem bandas com 2-6 tilacóides cada. Em alguns gêneros é possível encontrar grana, semelhantes aos encontrados em plantas vasculares.

3) Pigmentos. Os pigmentos são muito semelhantes aos que encontramos em plantas vasculares e briófitas. Essa semelhança, juntamente com outras características em comum, fazem com que alguns autores tratem as algas verdes, plantas vasculares e briófitas como pertencentes a uma mesma divisão, Chlorophyta.

Estão presentes as clorofilas *a* e *b*, e carotenóides, sendo o principal a luteína (xantofila). Outras xantofilas podem ocorrer, bem como β -caroteno.

4) Pirenóides. Está presente em muitas algas verdes, ocorrendo um ou mais por cloroplasto.

5) Reserva. O produto de reserva é o amido, semelhante ao encontrado em plantas vasculares e briófitas. É armazenado dentro do cloroplasto, associado aos pirenóides, quando esses existem.

As reações bioquímicas da fotossíntese que levam à síntese de amido são semelhantes às de plantas vasculares, sendo que muitas destas reações foram inicialmente estudadas em algas verdes como a *Chlorella*.

6) Flagelo. Podem apresentar flagelos nas fases vegetativa, reprodutiva ou em ambas. O número de flagelos por célula é variável, mas geralmente são dois ou quatro flagelos de tamanho e organização iguais, localizados na região anterior. Podem ser simples ou plumosos.

A maioria das células flageladas apresenta estigma (mancha ocelar) localizado no cloroplasto, em posição anterior próximo aos flagelos. A mancha ocelar consiste em uma ou mais camadas de lipídios localizados no estroma entre a última camada de tilacóides e o envelope do cloroplasto. Geralmente é alaranjado ou avermelhado pela presença de carotenóides. Está relacionado à percepção luminosa.

REPRODUÇÃO E HISTÓRICO DE VIDA

Nas clorófitas ocorre reprodução vegetativa, esporica e gamética. A reprodução vegetativa ocorre por divisão celular simples ou fragmentação, podem se reproduzir pela formação de esporos (zoósporos ou aplanósporos).

Quanto à morfologia dos gametas verifica-se a isogamia, anisogamia e oogamia. Esses gametas podem ser móveis (planogametas = zoogametas) ou imóveis (aplanogametas).

O histórico de vida é extremamente variável:

1) Haplobionte diplonte. ex. *Caulerpa*, *Codium*.

2) Haplobionte haplonte. ex. *Zygnema*, *Spirogyra*.

3) Diplobionte isomórfico. ex. *Ulva*, *Chaetomorpha*.

4) Diplobionte heteromórfico. ex. *Derbesia* ($2n$), alternando com uma fase n muito diferente, descrita no passado como um gênero distinto, *Halicystis*.

CLASSIFICAÇÃO

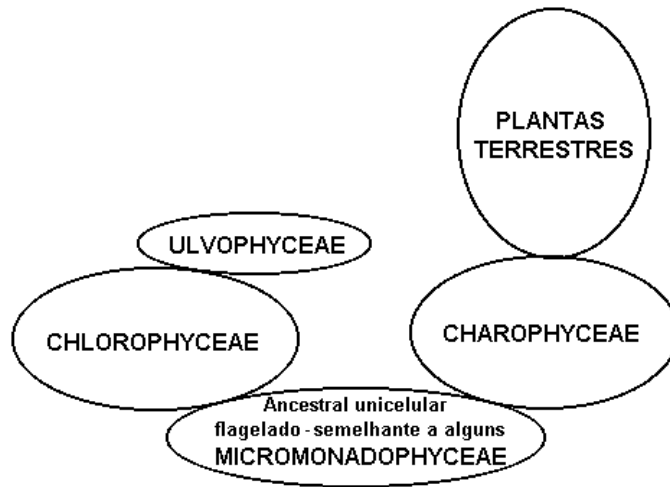
São referidas cerca de 500 gêneros e aproximadamente 8.000 espécies distribuídas em quatro classes: Micromonadophyceae, Charophyceae, Ulvophyceae e Chlorophyceae (Lee, 1989).

EVOLUÇÃO DO GRUPO

Esta linhagem filogenética inclui organismos eucarióticos com clorofila *a* e *b* em um grupo monofilético bem característico: as algas verdes, as briófitas, as pteridófitas e as plantas com sementes. Alguns autores propõem que essa linhagem seja chamada como um todo de Chlorophyta que significa literalmente “plantas verdes”. Essa linhagem inclui praticamente todos os tipos de morfologia vegetativa, de organismos unicelulares até as complexas plantas terrestres, e talvez, graças a essa grande diversidade de formas, foi a única linhagem dentro das algas a colonizar com sucesso o ambiente terrestre.

Com o emprego da microscopia eletrônica, novas interpretações surgiram para explicar tanto a evolução das algas verdes, quanto suas relações com outros grupos, como Bryophyta e plantas vasculares. Além da presença de fragmoplasto ou ficoplasto, são levados em conta o arranjo dos microtúbulos na base de inserção dos flagelos e o sentido em que ocorre o depósito da parede celular durante a divisão (centrípeta ou centrifugamente). Dados morfológicos e moleculares dividem as plantas verdes em duas linhagens, a primeira contendo as carofíceas e as plantas terrestres, e a segunda as demais algas verdes.

A origem dessas linhagens é desconhecida, sendo o ancestral tratado apenas como um arquétipo unicelular flagelado. É possível que novas informações, sejam de ultra-estrutura, bioquímica ou biologia molecular, provoquem modificações neste esquema.



Linhagem das Clorófitas

Engloba a maioria das Chlorophyta. Algumas características ultraestruturais e bioquímicas são geralmente comuns a esses organismos:

- 1) Células móveis simétricas.
- 2) Flagelo aderido anteriormente, associado a 4 grupos de microtúbulos basais, arranjados cruzadamente.
- 3) Ficoplasto: Após a divisão celular o fuso mitótico se dispersa e os dois núcleos filhos ficam próximos. Surgem microtúbulos perpendiculares em relação aos primeiros túbulos do fuso mitótico inicial e a parede forma-se ao longo desses microtúbulos, geralmente por “estrangulamento”.
- 4) Presença da enzima glicolato desidrogenase.

Linhagem das Carófitas

Essa linha levou à evolução de Charophyceae (tratada por alguns autores como uma divisão, Charophyta), Bryophyta e plantas vasculares. Os organismos incluídos nessa linha geralmente apresentam as seguintes características:

- 1) Células móveis assimétricas com flagelos laterais.
- 2) A base do flagelo consiste de uma banda grande e uma pequena de microtúbulos.

3) Fragmoplasto: após a divisão celular, o aparato do fuso nuclear não se desagrega, mas permanece, mantendo os dois núcleos filhos separados, enquanto a nova parede celular é formada, geralmente através de um depósito em forma de placa.

4) Presença da enzima glicolato oxidase.

Hoje é amplamente aceito que as Charophyceae são o *grupo irmão* das plantas terrestres, mas ainda existe controvérsia sobre qual das suas ordens seria mais próxima das plantas terrestres (Charales x Coleochaetales).

Dentre as algas verdes que são incluídas nessa linha evolutiva, a Ordem Coleochaetales é a que apresenta características bioquímicas e ultraestruturais mais próximas de um possível ancestral das plantas vasculares. O gênero *Coleochaete*, representante atual dessa ordem, apresenta: i) características ultra-estruturais semelhantes às plantas vasculares; ii) reprodução oogâmica, com ciclo haplobionte haplonte; iii) apenas um anterozóide por anterídio; iv) zigoto protegido por células estéreis. Este germina na planta mãe através de meiose, formando 8-32 zoósporos biflagelados; v) talo parenquimatoso, pelo menos para algumas espécies (as outras espécies são filamentosas).

Uma das possíveis explicações para a origem das plantas terrestres a partir de um ancestral com características semelhantes ao gênero *Coleochaete* seria o atraso na meiose, possibilitando o desenvolvimento de um esporófito a partir do zigoto.

GLOSSÁRIO

Grupo irmão: grupo (táxon) monofilético mais próximo de um outro grupo. Ambos os grupos compartilharam um ancestral comum mais recente do que com outros grupos.

DIVISÃO EUGLENOPHYTA

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Eucarióticas.
- Núcleo mesocariótico.
- Clorofila *a* e *b*.
- Xantofilas (neoxantina e anteraxantina) e carotenos (principalmente β -caroteno).
- Reserva: paramilo.
- Ausência de parede celular.
- Presença de película protéica organizada espiraladamente ao redor do citoplasma.
- Presença de mancha ocelar (= estigma).
- Presença de um ou dois flagelos por célula.

OCORRÊNCIA

São descritas cerca de 800 espécies que ocorrem em ambiente marinho ou de água doce. Além de formas clorofiladas, existem formas incolores e saprófitas. As euglenofíceas clorofiladas são comumente encontradas em ambientes ricos em matéria orgânica, podendo assimilar essas substâncias. O gênero mais estudado é *Euglena*.

MORFOLOGIA

A grande maioria é unicelular, existindo apenas um gênero colonial. Geralmente, apresenta um flagelo anterior e mancha ocelar na porção anterior do citoplasma.

ESTRUTURA CELULAR

1) Parede celular - Está ausente. Internamente à membrana plasmática existe uma película protéica organizada espiraladamente.

2) Cloroplastos - Os tilacóides estão associados em número de três por banda. Existem três membranas envolvendo o cloroplasto, sendo a mais externa de retículo endoplasmático rugoso.

3) Pigmentos - As euglenofíceas fotossintetizantes possuem clorofila *a* e *b*, β -caroteno e xantofilas exclusivas do grupo (neoxantina e anteraxantina).

4) Pirenóides - Podem ocorrer em algumas euglenofíceas.

5) Reserva - O produto de reserva está na forma de grãos de paramilo, que é também um carboidrato como o amido, mas que não apresenta reação com o iodo. Esses grãos acumulam-se no citoplasma.

6) Núcleo - Os cromossomos permanecem condensados mesmo durante a interfase (núcleo mesocariótico), semelhante aos encontrados em Pyrrophyta, que será tratada mais adiante.

7) Flagelos - Os indivíduos dessa divisão possuem um ou dois flagelos (geralmente um).

REPRODUÇÃO

Conhece-se apenas reprodução vegetativa, através de divisão longitudinal da célula.

Quando as condições ambientais tornam-se desfavoráveis, o indivíduo, que é constituído por apenas uma célula, transforma-se em cisto, o qual permanece dormente até que as condições se tornem favoráveis.

CLASSIFICAÇÃO

São referidos cerca de 40 gêneros e aproximadamente 800 espécies distribuídas em apenas uma classe: Euglenophyceae.

CONSIDERAÇÕES EVOLUTIVAS

O cloroplasto de Euglenophyta é considerado como tendo uma origem endosimbiótica com algas verdes. Essa suposição está baseada na semelhança entre os

cloroplastos desses dois grupos. O principal suporte para essa afirmação poderia ser a existência de formas sem cloroplasto e presença de um envelope triplo nos cloroplastos nas formas clorofiladas (para maiores informações consultar Lee, 1989; Szé, 1989).

CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DAS ALGAS COM CLOROFILAS *a* E *c* E FUCOXANTINA: DIVISÕES PHAEOPHYTA, BACILLARIOPHYTA E PYRROPHYTA

Aqui serão abordados organismos de duas linhagens filogenéticas distintas dentro dos eucariontes: os estramenópilas e os alveolados, que são considerados grupos irmãos, ou seja, originaram-se de um ancestral comum a menos tempo do que as demais linhagens eucarióticas.

1) Linhagem das Estramenópilas:

Essa linhagem inclui organismos autotróficos (algas heterocontes) e heterotróficos (oomicetos e labirintomicetos, que são estudados no capítulo de Fungos) em função da presença de uma estrutura flagelar característica. As algas heterocontes (hetero = diferentes, contes = flagelo), possuem geralmente dois flagelos, um liso e outro plumoso, formam um agrupamento monofilético com três grupos principais: 1) Bacillariophyta (diatomáceas), que por sua vez se divide em dois subgrupos também monofiléticos, as penadas e as cêntricas; 2) Chrysophyta e Eustigmatophyta; 3) Phaeophyta e Xantophyta.

2) Linhagem dos alveolados:

Essa linhagem também inclui organismos autotróficos (parte dos dinoflagelados ou Pyrrophyta) e heterotróficos (outra parte de Pyrrophyta, ciliados e foraminíferos, "apicoplexas" - *Plasmodium*), e foi estabelecida em função da presença de alvéolos (vesículas membranosas, achatadas que se localizam sob a membrana plasmática).

DIVISÃO PHAEOPHYTA

phaios (grego) = pardo

phyton (grego) = planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Eucarióticas.
- Clorofila *a*, *c*₁ e *c*₂.
- Xantofilas (principalmente fucoxantina) e carotenos (principalmente β-caroteno).
- Reserva: laminarina e manitol.
- Parede celular: celulose, ácido algínico e fucoídina.
- Presença de flagelos nos gametas e/ou esporos.

OCORRÊNCIA

São descritos aproximadamente 250 gêneros que se encontram em sua maioria em águas frias. Existem apenas 4-5 gêneros de água doce sendo o restante marinho. Em águas claras podem atingir até 220 metros de profundidade.

MORFOLOGIA

Não existem formas coloniais nem unicelulares, exceto gametas e esporos. As formas mais simples são pluricelulares microscópicas epífitas. As mais complexas podem atingir até 60 m de comprimento (*Macrocystis* sp.). A organização do talo pode ser filamentosa, pseudoparenquimatosa ou parenquimatosa.

1) Talo filamentoso - presente nas formas mais simples, sendo unisseriado ereto, ramificado ou não, partindo de uma porção prostrada. Portanto, é possível a distinção de filamentos rasteiros de fixação e filamentos axiais eretos.

2) Talo Pseudoparenquimatoso - é composto por filamentos justapostos, unidos por mucilagem, em uma massa amorfa ou formando crostas.

3) Talo Parenquimatoso - é formado por células que podem se dividir em vários planos, formando um verdadeiro tecido. Esse talo pode ser cilíndrico ou achatado na forma de fita ou lâmina. Existe uma diferenciação entre medula e córtex. A medula é constituída por células incolores, enquanto que cloroplastos estão presentes no córtex.

Na medula de certas feófitas como as da Ordem Laminariales, as células cessam a divisão em determinada fase do crescimento. No entanto, a planta continua a crescer e essas células passam a ser esticadas. Desta forma, originam-se células longas que na região de contato com as células adjacentes permanecem com a largura original. Nessa região de contato, existem poros nas paredes que permitem o transporte de produtos da fotossíntese, principalmente de manitol. Essas células assemelham-se aos tubos crivados das plantas vasculares, sendo anucleadas e apresentando muitas mitocôndrias.

CRESCIMENTO

O crescimento das feófitas pode ocorrer de diferentes formas:

1) Crescimento intercalar ou difuso - ocorre quando a maioria das células da alga é capaz de se dividir. Está presente na Ordem Ectocarpales (ex. *Giffordia*).

2) Crescimento tricotálico - as divisões celulares estão localizadas na base de um ou vários filamentos. Ex. ordens Desmarestiales, Cutleriales e Chordariales (ex. *Levringia*).

3) Crescimento apical - ocorre através de uma célula apical (*Sargassum*), um grupo de células apicais - meristema apical (*Chnoospora*), ou uma margem de células apicais (*Padina*). Ex. ordens Sphacelariales, Dictyotales e Fucales.

4) Meristema intercalar - o crescimento ocorre através de divisões celulares de uma zona meristemática (tecido) localizada na base da lâmina. Ex. Ordem Laminariales.

5) Meristoderme - é uma camada superficial de meristema presente nas ordens Fucales e Laminariales, que se divide e acrescenta células de uma forma centrípeta. Essas células sofrem divisões periclinais que acrescentam camadas ao córtex, e divisões anticlinais permitindo o aumento de superfície.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

1) Parede celular - é formada por uma camada mais interna constituída por celulose, e outra mais externa composta principalmente por ácido algínico e fucoídina, ambos polissacarídeos. O ácido algínico pode ser encontrado combinado a íons de cálcio, magnésio e ferro formando alginatos. Algumas algas pardas podem apresentar calcificação, como espécies do gênero *Padina*, que possuem depósitos de CaCO_3 na forma de aragonita em sua parede.

2) Cloroplastos - estão em número de um a muitos por célula, sendo esse número utilizado como critério taxonômico, dentro do grupo. A forma é extremamente variada, existindo formas estreladas, cilíndricas ou lenticulares. Um estudo ultraestrutural dos cloroplastos mostra que as lamelas estão arranjadas em grupo de três, formando uma banda. Existe sempre uma banda periférica ao plasto. Envolvendo o cloroplasto, existem duas camadas de retículo endoplasmático rugoso, sendo que em muitos gêneros, a mais externa envolve também o núcleo.

3) Pigmentos - possuem além da clorofila *a*, clorofilas c_1 e c_2 . Entre os carotenos, o mais comum é o β -caroteno, enquanto que entre as xantofilas, a mais freqüente é a fucoxantina, um pigmento marrom que é parcialmente responsável pela cor parda dessas algas.

4) Pirenóides - pode estar presente nas ordens mais primitivas, porém está ausente nas ordens Dictyotales, Sphacelariales, Laminariales e Fucales.

5) Reserva - os principais produtos de reserva das algas pardas são polissacarídeos do tipo laminarina e manitol, que ocorrem no citoplasma. Também podem ocorrer compostos fenólicos agregados formando vesículas de fucosana de coloração parda. Essas, juntamente com a fucoxantina presente nos plastos, são responsáveis pela cor parda dessas algas.

6) Flagelos - entre as feófitas não são encontradas células vegetativas móveis, porém todas produzem células germinativas móveis, sejam os gametas, zoósporos ou ambos. Geralmente, existem dois flagelos diferentes inseridos lateralmente ou subapicalmente. Um é longo, plumoso, e o outro curto simples. Nas proximidades do ponto de inserção do(s) flagelo(s) ocorre a mancha ocelar vermelha constituída por estruturas lipídicas fotossensíveis.

REPRODUÇÃO

Ocorre reprodução vegetativa, esporica e gamética nas algas pardas. Quanto à morfologia dos gametas, verifica-se isogamia, anisogamia e oogamia.

Entre as feófitas adota-se uma nomenclatura especial para as células reprodutivas: órgãos pluriloculares e uniloculares.

1) Órgão plurilocular - as células produzidas nesta estrutura são móveis e derivadas de mitose. O órgão plurilocular pode aparecer tanto no **gametófito** quanto no **esporófito**. Quando ocorre no gametófito (n), funciona como um gametângio, produzindo células haplóides sexuais (gametas). Porém, pode ocorrer desenvolvimento partenogénico desses gametas. Quando ocorre no esporófito ($2n$), funciona como um esporângio, produzindo células diplóides assexuais (esporos).

2) Órgão unilocular - ocorre apenas no **esporófito**. É formado por uma célula geralmente grande e esférica, e corresponde ao centro da meiose. Após a meiose formam-se quatro ou mais esporos haplóides (sempre múltiplos de quatro).

HISTÓRICO DE VIDA

É monofásico (haplobionte diplonte) ou difásico (diplobionte), apresentando espécies com alternância de geração isomórfica ou heteromórfica.

CLASSIFICAÇÃO

São referidos cerca de 265 gêneros e 1.500-2.000 espécies. Três classes artificiais podem ser reconhecidas, baseadas no tipo de histórico de vida:

1) Isogeneratae - histórico biológico com alternância de geração isomórfica. Ex. ordens Ectocarpales, Sphacelariales e Dictyotales.

2) Heterogeneratae - alternância de geração heteromórfica, sendo o esporófito sempre maior que o gametófito. Ex. ordens Laminariales, Dictyosiphonales e Chordariales.

3) Cyclosporeae - não há alternância de gerações pluricelulares de vida livre. Atualmente, interpreta-se a fase macroscópica como sendo o esporófito, enquanto que o

gametófito seria extremamente reduzido. Os esporângios são formados em cavidades especiais denominadas de conceptáculos, que podem estar espalhados no talo ou agrupados em porções dilatadas das extremidades dos ramos, denominadas de receptáculos. Ex. Ordem Fucales.

DIVISÃO BACILLARIOPHYTA (Diatomáceas)

Essa divisão, juntamente com as divisões Xantophyta e Chrysophyta, é tratada por alguns autores como três classes (Chrysophyceae, Xantophyceae e Bacillariophyceae) pertencentes a uma única divisão, Divisão Chrysophyta. Elas apresentam as seguintes características em comum:

- 1) Tipo de reserva (crisolaminarina).
- 2) Pigmentos (clorofila *a*, *c* e carotenóides).
- 3) Estrutura do cloroplasto (três tilacóides por banda, e retículo endoplasmático rugoso envolvendo o cloroplasto juntamente com o núcleo).

Aqui adotaremos a categoria de Divisão para designar esses três grupos, sendo que a Divisão Bacillariophyta será a única estudada em maiores detalhes.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Eucarióticas.
- Clorofila *a*, *c*₁ e *c*₂.
- Xantofilas (principalmente fucoxantina) e carotenos (principalmente β-caroteno).
- Reserva: crisolaminarina e óleos.
- Parede celular: sílica.
- Presença de flagelo no gameta masculino (Ordem Centrales).

OCORRÊNCIA

As diatomáceas são os organismos mais importantes do plâncton marinho. Estão presentes também em ambientes de água doce ou terrestres úmidos. Algumas formas são saprófitas, enquanto que outras podem viver simbioticamente.

MORFOLOGIA

A grande maioria das diatomáceas é unicelular, porém existem formas coloniais. São geralmente marrom-amareladas, verde-amareladas ou marrom-escuras.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

1) Parede celular - é denominada de frústula, sendo formada por duas partes ou valvas, que se encaixam: epiteca (maior) e hipoteca (menor). O local de encaixe entre estas duas valvas é denominado de pleura. Muitas vezes, ocorre a deposição de mais parede entre as duas valvas, formando bandas. A parede é constituída por sílica e substâncias pécticas (carboidrato). A sílica confere uma grande resistência a essa estrutura. Não existem evidências de que haja celulose.

2) Cloroplasto - geralmente dois cloroplastos parietais com um pirenóide central. Porém, existem gêneros em que ocorre apenas um ou numerosos cloroplastos discóides. A ultraestrutura desses cloroplastos é semelhante à de Phaeophyta.

3) Pigmentos - possuem clorofila *a*, *c*₁ e *c*₂. O carotenóide predominante é a fucoxantina, um pigmento marrom. Possui também β -caroteno e outras xantofilas.

4) Reserva - apresenta crisolaminarina, que se acumula em vesículas no citoplasma. Apresenta também óleos, que são encontrados nos cloroplastos ou no citoplasma.

5) Flagelos - estão presentes apenas em gametas masculinos da Ordem Centrales, um por célula.

TAXONOMIA

São referidos cerca de 250 gêneros e aproximadamente 100.000 espécies distribuídas em uma única classe: Bacillariophyceae. Autores mais tradicionais reconhecem duas ordens com base na simetria da célula:

1) Ordem Pennales - a estrutura da valva é geralmente arranjada em referência a uma linha central, proporcionando uma simetria bilateral. Existem geralmente dois cloroplastos parietais, um núcleo central, suspenso por pontes citoplasmáticas, e um vacúolo central. Na maioria das Pennales, encontra-se no centro da valva, um sulco com fissura vertical, sem depósito de sílica, denominado de rafe. Ela pode ter forma reta, ondulada ou sigmóide. Na região central e nas laterais existem espessamentos esféricos denominados respectivamente de nódulo central e nódulos polares.

2) Ordem Centrales - a estrutura da valva é arranjada em referência a um ponto central localizado na própria valva dando origem a uma valva cêntrica ou radial, ou é arranjada em referência a dois, três ou mais pontos, dando origem à valva biangular, triangular ou poligonal. Nesses casos, a simetria é sempre radiada. Essas células apresentam numerosos cloroplastos discóides, um núcleo e um grande vacúolo central.

MOVIMENTO

Diatomáceas da Ordem Pennales podem apresentar movimentação. O mecanismo não está totalmente esclarecido, porém está relacionado com a presença de rafe. Através de estudos de microscopia eletrônica, verificou-se a presença de fibrilas na região da rafe, bem como corpos cristalóides, produtores de muco, que facilita a locomoção. O movimento nessas diatomáceas está na dependência da adesão ao substrato. Os "caminhos" percorridos dependem da forma da rafe.

REPRODUÇÃO E HISTÓRICO DE VIDA

Nas diatomáceas, ocorre tanto a reprodução gamética quanto a vegetativa e

espórica.

1) Reprodução vegetativa

Ocorre através da simples divisão celular ou bipartição. Após o aumento do protoplasto de uma célula, as duas valvas se afastam. No entanto, a divisão plasmática só ocorre após a divisão mitótica do núcleo diplóide. A seguir, cada célula filha forma uma nova hipoteca que se encaixa na metade “materna” da carapaça. Desta forma, apenas uma célula filha mantém o tamanho da célula mãe; a outra é um pouco menor. No transcurso das sucessivas divisões celulares, uma parte da população vai diminuindo de tamanho. Esta redução constante é compensada, em algumas espécies, por um maior número de divisões da célula filha de maior tamanho. No entanto, quando atinge um tamanho mínimo, o tamanho inicial é recuperado principalmente através da reprodução gamética, através do aumento do zigoto.

2) Reprodução espórica

Algumas diatomáceas podem formar estatósporos quando as condições ambientais tornam-se adversas. Ocorre um espessamento da parede e perda do vacúolo, o que promove o afundamento da célula na massa d'água. Essas células podem voltar à atividade quando as condições melhoram. Durante este processo, ocorre um aumento de protoplasto com conseqüente restabelecimento do tamanho da espécie.

3) Reprodução gamética

3.1) Ordem Centrales - São organismos haplobiontes diplontes e a reprodução é oogâmica com meiose na formação de gametas. O gameta masculino tem um flagelo, sendo denominado de anterozóide. Este penetra no oogônio (aflagelado) através de uma falha nas valvas ou após a oosfera ter sido liberada da parede. O zigoto que se origina da fecundação recupera o tamanho da espécie. Este é denominado de auxósporo porém, não é um esporo de resistência, pois assim que se formam as duas valvas ele inicia o processo de bipartição.

3.2) Ordem Pennales - São também organismos haplobiontes diplontes e a reprodução é isogâmica com meiose gamética. Duas células vegetativas transformam-se em gametângios. Colocam-se paralelamente uma a outra e segregam substâncias gelatinosas (pectinas). Cada célula sofre meiose, dando origem a quatro núcleos haplóides, sendo que dois degeneram. Desta forma, cada célula fica com dois gametas, um imóvel e o outro móvel (movimentos amebóides). As duas células abrem-se e o gameta móvel de cada célula migra para junto do gameta imóvel da outra célula,

fundindo-se. Os dois zigotos crescem, formando auxósporos. Pode também ocorrer autogamia (fusão de dois gametas dentro da mesma célula), ou apomixia (célula mãe desenvolve um auxósporo sem que haja o processo sexual ou redução cromossômica).

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Após a morte das diatomáceas, as frústulas, extremamente resistentes devido à presença de sílica, são depositadas no fundo de lagos ou mares. Esses depósitos podem atingir proporções significativas, como o de Lampoc na Califórnia, de origem marinha, que possui milhas de extensão e 200 m de espessura. Esses depósitos foram elevados pelas atividades geológicas. No nordeste do Brasil também existem alguns desses depósitos, que recebem o nome de terras de diatomáceas. Essas terras de diatomáceas têm extensivo uso industrial como filtro de líquidos, especialmente em refinarias de açúcar, e como isolante térmico em caldeiras. São empregadas também como abrasivo. Devido à resistência das paredes das diatomáceas, as frústulas têm sido preservadas ao longo do tempo, permitindo uma análise da flora fóssil e conseqüente dedução da temperatura e alcalinidade das águas de tempos passados. São também utilizadas como indicadores de camadas que podem conter petróleo ou gás natural.

ASPECTOS ECOLÓGICOS

As diatomáceas estão entre os componentes mais abundantes e importantes dos ecossistemas marinhos. Algumas diatomáceas liberam substâncias tóxicas e envenenam a água quando as populações se tornam muito densas, em um fenômeno chamado de “maré vermelha”, como é descrito mais adiante para alguns dinoflagelados (ex. *Pseudonitschia*).

DIVISÃO PYRRHOPHYTA = DINOPHYTA (Dinoflagelados)

pyrrhós (grego): cor de fogo

phyton (grego): planta

São incluídas predominantemente formas unicelulares biflageladas que ocorrem principalmente no plâncton marinho. No entanto, existem formas de água doce. Podem ser fotossintetizantes (algumas simbióticas com animais) ou heterotróficas (saprófitas, parasitas e holozóicas).

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Eucarióticas.
- Clorofila *a* e *c*₂.
- Xantofilas (peridinina, neoperidinina, dinoxantina, etc.) e carotenos, principalmente β -caroteno.
- Reserva: amido e óleo.
- Parede celular: quando presente, é composta de celulose.
- Presença de dois flagelos.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

1) Parede celular - quando presente, é composta por celulose. É também denominada de **teca**. Essa estrutura é formada por unidades achatadas (placas poligonais) localizadas em vesículas, que se depositam sob a membrana plasmática.

2) Cloroplastos - ocorrem numerosos por célula, sendo constituídos por bandas de 2-3 tilacóides e o envoltório possui três membranas. Não apresenta retículo endoplasmático. Algumas formas possuem pirenóides.

3) Pigmentos - nas formas autotróficas ocorrem: clorofila *a* e *c*, β -caroteno e xantofilas exclusivas ao grupo, como peridinina, neoperidinina, dinoxantina e neodinoxantina.

4) Reserva - os principais produtos de reserva são amido e óleo.

5) Núcleo - é do tipo mesocariótico, caracterizado pela presença de cromossomos permanentemente condensados, mesmo na interfase. Esse tipo de núcleo também ocorre em Euglenophyta.

REPRODUÇÃO E HISTÓRICO DE VIDA

Reproduzem-se vegetativamente através de simples divisão celular. Ocorre também reprodução sexuada através da formação de gametas (isogamia ou anisogamia). São organismos haplobiontes haplontes.

ASPECTOS ECOLÓGICOS

Representantes desta divisão podem causar marés vermelhas, que correspondem a um aumento exagerado do número de indivíduos de uma dada espécie, formando manchas de coloração visível nos mares, devido à alta densidade. Ocorrem principalmente em águas costeiras ricas em nutrientes. Entre os principais gêneros causadores de marés vermelhas destacam-se: *Prorocentrum*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Gymnodinium* e *Alexandrium*. Podem causar morte de peixes pelo consumo exagerado de oxigênio e produção de toxinas. Essas toxinas agem no sistema nervoso. Os moluscos geralmente não são sensíveis mas podem acumular essas toxinas, que podem atingir o homem e outros mamíferos através da ingestão desses moluscos.

BIOLUMINESCÊNCIA

Alguns gêneros apresentam bioluminescência (ex. *Noctiluca*). Através da oxidação da luciferina pela luciferase, ocorre a formação de um produto excitado que libera ftons.

CONSIDERAÇÕES EVOLUTIVAS

Existem algumas evidências de que as Pyrrophyta sejam um grupo secundariamente fotossintetizante, resultante da simbiose com organismos fotossintetizantes. Dentre estas evidências, destacam-se:

- 1) Metade das espécies não tem pigmentos.
- 2) Cloroplastos envoltos por três membranas.
- 3) Condição binucleada em certos dinoflagelados. Neste caso, um núcleo é eucariótico e o outro mesocariótico. O núcleo eucariótico está associado aos cloroplastos, estando separados do resto da célula por uma membrana.

TAXONOMIA

Reconhecem-se cinco classes, três destas exclusivamente heterotróficas. Apenas as outras duas incluem organismos fotossintetizantes (classes Dinophyceae e Desmophyceae).

CARACTERIZAÇÃO, BIOLOGIA E IMPORTÂNCIA DAS ALGAS COM CLOROFILA *a* E FICOBILIPROTEÍNAS: DIVISÃO RHODOPHYTA

rhodon (grego) = rosa

phyton (grego) = planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Eucarióticas.
- Clorofila *a* e ficobiliproteínas (*b*, *r* e *c*-ficoeritrina, alofococianina e *c* e *r*-ficocianina).
- Xantofilas (zeaxantina, luteína, etc.) e carotenos (principalmente β -caroteno).
- Reserva: amido das florídeas.
- Parede celular: celulose, agar e carragenana.
- Ausência de flagelos em todas as fases de vida, inclusive nos gametas e esporos.

SEMELHANÇAS ENTRE RHODOPHYTA E CYANOBACTERIA

- Ausência de estágios com flagelos.
- Presença de ficobiliproteínas.
- Os cloroplastos de Rhodophyta são semelhantes à célula de uma Cyanobacteria, que apresentam tilacóides não agregados com ficobilissomos.

DIFERENÇAS DE OUTRAS ALGAS EUCARIÓTICAS

- Ausência de estágios flagelados.
- Presença de ficobiliproteínas.
- Tilacóides não agregados nos cloroplastos.
- Produto de reserva: amido das florídeas.
- Reprodução sexuada oogâmica envolvendo células especializadas femininas

(carpogônio) e masculinas (espermácio).

OCORRÊNCIA

São na sua maioria algas marinhas bentônicas, existindo poucas espécies de água doce. Ocorrem desde a região equatorial até as regiões polares, podendo ocorrer até profundidades de aproximadamente 260 m em regiões de águas com elevado índice de transparência.

MORFOLOGIA

A maioria é multicelular, existindo poucos gêneros unicelulares. Entre as multicelulares predominam as formas filamentosas às vezes assumindo formas complexas, pseudoparenquimatosas. Entre as filamentosas ocorre um tipo peculiar de talo conhecido como polissifônico. O gênero *Porphyra* apresenta talo não filamentoso, membranoso, com duas camadas de células. Quanto ao tamanho variam de microscópicas até espécies com alguns metros de comprimento.

CRESCIMENTO

O crescimento da grande maioria das algas vermelhas ocorre através de uma ou mais células apicais, enquanto que nas formas membranosas, o crescimento é difuso.

As espécies filamentosas, com crescimento através de uma célula apical, muitas vezes apresentam-se com morfologia cilíndrica com um sistema de crescimento uniaxial. Quando o crescimento ocorre através de várias células apicais, o talo é constituído por vários filamentos, cada um deles apresentando uma célula inicial apical, constituindo-se em um sistema de crescimento multiaxial. Nesses dois tipos de crescimento, as células apresentam-se tão justapostas que em corte transversal podem ser confundidas com células de um parênquima. É possível uma distinção entre células corticais e medulares. As células corticais são pequenas e pigmentadas, enquanto que as medulares são maiores e pouco ou nada pigmentadas.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

O talo é constituído por células eucarióticas. Estas podem estar ligadas às células adjacentes através de ligações citoplasmáticas (“pit-connection”). Essas ligações encontram-se preenchidas por polissacarídeos protéicos.

1) Parede celular - é constituída basicamente por duas partes, uma interna e rígida, formada por microfibrilas de celulose (a maioria das algas vermelhas), e outra mais externa, mucilaginosa, formada por polímeros de galactanas, como o ágar e as carragenanas.

Certos grupos de algas vermelhas apresentam deposição de carbonato de cálcio na parede, dando grande rigidez ao talo. Essa deposição pode estar na forma de aragonita ou calcita.

2) Cloroplastos - apresentam um número variável de cloroplastos (um a muitos por célula), geralmente ovais ou discóides, podendo em alguns gêneros apresentar forma estrelada. Os tilacóides encontram-se livres nos cloroplastos, apresentando ficobilissomos em sua superfície.

3) Pigmentos

- Clorofila *a* (presente em todas as algas vermelhas).
- Carotenóides: carotenos - principalmente β -caroteno.
xantofilas - zeaxantina, luteína, etc.
- Ficobiliproteínas: sempre associadas, formando os ficobilissomos. Presentes as seguintes ficobilinas: *c*- e *r*-ficocianina, aloficocianina e *b*-, *r*- e *c*-ficoeritrina. As ficoeritrinas são as responsáveis pela coloração vermelha que na maioria dos gêneros de Rhodophyta mascaram a presença de outros pigmentos.

4) Pirenóides - estão presentes em algumas Bangiophycidae e na Ordem Nemalionales (Sub-classe Florideophycidae).

5) Reserva - o principal material de reserva é o amido das florídeas, que é armazenado no citoplasma e não nos cloroplastos. Apresenta propriedades entre o glicogênio e o amido. Reage com iodo formando uma substância de coloração marrom-avermelhada.

6) Flagelos - as Rhodophyta caracterizam-se pela ausência de flagelos, mesmo nas células reprodutoras.

REPRODUÇÃO

Nesse grupo de algas ocorre reprodução vegetativa, espórica e gamética.

A reprodução vegetativa pode ocorrer através da fragmentação do talo.

A reprodução espórica ocorre através da formação de esporos. Quando são resultantes de meiose, são formados em número de quatro dentro de um esporângio (= tetrasporângio), recebendo o nome de tetrásporos. Estes podem estar arranjados de forma cruciada, zonada ou tetraédrica.

A reprodução gamética não é conhecida para todos os gêneros. Nas que possuem reprodução gamética verifica-se a oogamia. O gameta feminino é denominado de carpogônio e apresenta uma porção diferenciada, a tricogine, enquanto que o gameta masculino é denominado espermácio (aplanogameta = aflagelado).

Características do histórico de vida são importantes no reconhecimento taxonômico de classes, ordens e famílias de Rhodophyta. Esse histórico será exemplificado tomando como exemplo dois gêneros: *Gracilaria* (Florideophycidae) e *Porphyra* (Bangiophycidae).

No gênero *Gracilaria*, o histórico de vida é trifásico, existindo as seguintes fases: gametofítica (n), carposporofítica ($2n$) e tetrasporofítica ($2n$). O tetrasporófito e o gametófito são isomórficos e independentes, enquanto que o carposporófito é parasita do gametófito feminino. Os gametófitos masculinos produzem numerosos espermácios que são carregados através dos movimentos da água até os gametófitos femininos; estes possuem células especializadas na superfície do talo, denominadas de carpogônios. Essas células possuem uma porção alongada que se projeta para o meio, como um pêlo, denominada de tricogine. É nessa porção que o espermácio vai se aderir. Após a fecundação o carpogônio origina a fase carposporofítica com número diplóide de cromossomos. O carposporófito desenvolve-se superficialmente sobre o gametófito feminino, como parasita deste. É protegido por células do gametófito, formando uma estrutura típica, como uma urna, denominada de cistocarpo. O carposporófito produz carpósporos, tipo de esporos diplóides, que são liberados gradativamente através de um orifício do cistocarpo (ostíolo). Esses carpósporos ao germinarem originam a fase esporofítica, que se desenvolve e produz tetrasporângios. Estes sofrem meiose, dando origem a esporos haplóides. Como esses esporos são formados em número de quatro dentro de um esporângio, recebem o nome de tetrásporos e estão arranjados cruciadamente. A germinação dos tetrásporos resulta em gametófitos masculinos ou femininos.

O gênero *Porphyra* (Bangiophycidae) apresenta um histórico de vida difásico e

heteromórfico, sendo que as duas fases heteromórficas foram tratadas como gêneros distintos por muito tempo. A fase “conchocelis” é microscópica e filamentosa, ocorrendo em camadas internas superficiais de conchas, enquanto que a fase foliácea é macroscópica, ocorrendo, no Brasil, apenas no inverno-primavera, crescendo no médio-litoral superior de costões rochosos. Para muitas espécies de *Porphyra*, o fotoperíodo (duração dos períodos claro/escuro) desempenha um papel importante no controle desse histórico de vida. A fase foliácea produz carpogônios muito reduzidos e espermácios. Após a fertilização, forma-se o zigoto, que se divide várias vezes, dando origem a carpósporos. Não são formados cistocarpos como em *Gracilaria*. Esses carpósporos são liberados e germinam dando origem à fase filamentosa “conchocelis”. Esses filamentos diferenciam esporos denominados de conchósporos, os quais ao serem liberados, germinam e dão origem à fase foliácea. A etapa do histórico de vida em que ocorre a meiose pode variar com a espécie.

CLASSIFICAÇÃO

São referidos 500-600 gêneros e 5.000-5.500 espécies distribuídas em uma única classe, Rhodophyceae, e duas sub-classes, que podem ser distintas pelas seguintes características:

Característica	Sub-classe BANGIOPHYCIDAE	Sub-classe FLORIDEOPHYCIDAE
Núcleos por célula	uninucleadas	multinucleadas
Cloroplasto	Um, estrelado e axial (há exceções)	vários, pequenos, discóides, localizados periféricamente
Tipo de crescimento	intercalar	apical exceção: Corallinaceae e Delesseriaceae
Talo	formas unicelulares e pluricelulares	pluricelulares
Ligações citoplasmáticas	ausência (exceção: “conchocelis”)	presença
Reprodução gamética	geralmente ausente	presente
% em gêneros	1%	99%
Exemplos	<i>Porphyra</i>	<i>Gracilaria</i> , <i>Centroceras</i>

CONSIDERAÇÕES EVOLUTIVAS

A linhagem das algas vermelhas foi reconhecida desde o início como um grupo independente e monofilético já que não apresenta formas flageladas e possui uma composição de pigmentos semelhante ao das cianobactérias. Os dados moleculares corroboraram a monofilia e independência das algas vermelhas, colocando-as como uma das principais linhagens dentro dos eucariotos. Dados moleculares apontam as Chlorophyta e as Glaucocystophyta como os grupos mais próximos das Rhodophyta.

Considerando-se as duas subclasses, Florideophycidae é monofilética e apresenta as formas mais derivadas, enquanto que Bangiophycidae é considerada polifilética e apresenta as espécies mais antigas.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DE ALGAS MARINHAS BENTÔNICAS (Rhodophyta, Phaeophyta e Chlorophyta)

1) ALIMENTAÇÃO - consumo direto

1.1) Homem

As algas vêm sendo usadas como alimento desde tempos muito antigos. Existem evidências de que elas já eram utilizadas no Japão há 10.000 anos. Atualmente, os povos orientais utilizam-nas amplamente na alimentação, sendo que os principais gêneros são apresentados na Tabela 6. Destes gêneros, talvez apenas em quatro deles, *Porphyra*, *Euचेuma*, *Laminaria* e *Undaria*, a produção através do cultivo excede o obtido através de colheita em populações naturais.

Tabela 6. Principais algas marinhas comestíveis.

Algas verdes (Chlorophyta)	Algas pardas (Phaeophyta)	Algas vermelhas (Rhodophyta)
<i>Monostroma</i>	<i>Laminaria</i>	<i>Porphyra</i>
<i>Caulerpa</i>	<i>Undaria</i>	<i>Palmaria</i>
<i>Enteromorpha</i>	<i>Alaria</i>	<i>Gracilaria</i>
		<i>Euचेuma</i>

A análise química de muitas algas mostrou que elas apresentam conteúdo significativo de proteínas, vitaminas (Tabela 7) e sais minerais (Tabela 8). As algas contêm grande quantidade de polissacarídeos que, de modo geral, não são digeridos pelos seres humanos. Porém, povos que consomem algas regularmente parecem ter maior capacidade de digestibilidade, e essa capacidade parece estar relacionada a modificações da flora intestinal. Quanto às proteínas presentes nas algas, muitas questões permanecem sobre sua digestibilidade.

Tabela 7. Teor de vitaminas em algas marinhas e outros alimentos em mg / 100 g e ui = unidade internacional (adaptado de Arasaki & Arasaki, 1983).

	A(ui)	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	B ₆ (mg)	B ₁₂ (mg)	C(mg)
<i>Porphyra</i> sp. ("nori")	38.400	0,21	1,00	1,04	13-29	20
<i>Laminaria</i> sp. ("kombu")	430	0,08	0,32	0,27	0,3	11
Tomate	200	0,08	0,03	0,11	0	20
Espinafre	2.600	0,12	0,30	0,18	0	100
Maçã	5	0,02	0,03	0,03	0	5
Couve	10	0,05	0,05	0,16	0	44

Tabela 8. Teor de sais minerais (mg por 100 g) em algas marinhas e outros alimentos (adaptado de Arasaki & Arasaki, 1983).

CÁLCIO:

Algas		Outros alimentos	
<i>Hizikia fusiforme</i>	1.400	Gergelim ("sesame seeds")	1.100
<i>Undaria pinnatifida</i>	1.300	Sardinha seca	330
<i>Laminaria</i> sp.	800	Soja	190
<i>Ulva</i> sp.	730	Leite	100
<i>Porphyra tenera</i>	470	Espinafre	98

FERRO:

Algas		Outros alimentos	
<i>Enteromorpha</i> sp.	106	Gergelim ("sesame seeds")	16
<i>Ulva</i> sp.	87	ardinha seca	10
<i>Hizikia fusiforme</i>	29	Soja	7
<i>Porphyra tenera</i>	23	Bife	3,6
<i>Laminaria</i> sp.	15	Espinafre	3,3

IODO:

Algas		Outros alimentos	
<i>Laminaria</i> sp.	193 – 471	Gergelim ("sesame seeds")	0,29
<i>Eisenia bicyclis</i>	98 – 564	Sardinha seca	0,15
<i>Sargassum confusum</i>	300	Soja	0,07
<i>Gelidium</i> sp.	160	Bife	0,01
<i>Porphyra tenera</i>	0,5	Espinafre	0,006

1.1.1) Rhodophyta

- *Porphyra* spp. (nome comum “nori”) - é usada principalmente no preparo do sushi, prato típico da cozinha japonesa e tem uma longa história de cultivo entre os povos da China e do Japão. Neste último país, o cultivo teve início há aproximadamente 300 anos, estando atualmente em um estágio avançado, envolvendo um total controle do histórico de vida dessa alga. Somente no Japão em 1978, um total de 21.150 t de “nori” foi produzido, no valor de US\$ 540 milhões; sendo portanto, a indústria mais importante de alimentos de algas do mundo. A produção nestes últimos anos tem aumentado (mais que 60.000 t ao ano). Atualmente, os valores estão em torno de US\$ 1.800 milhões. No Japão, o cultivo de “nori” envolve populações de pescadores que em determinada época do ano dedicam-se ao cultivo desta alga e, em outras épocas, à pesca.

- *Eucheuma* spp. (nome comum ágar-ágar) - é apreciado como alimento, principalmente entre os povos da China e da Malásia. O nome popular dessa alga, ágar-ágar, não deve ser confundido com o ficocolóide que será tratado mais adiante. Técnicas específicas no cultivo dessa alga foram desenvolvidas nas Filipinas, sendo que a produção anual foi superior a 100.000 t de peso seco, para a produção de carragenana.

1.1.2). Phaeophyta

- *Laminaria japonica* (nome comum “kombu”) - muitos produtos derivados de “kombu” são produzidos atualmente. Estes são preparados com carnes, peixes e sopas. O cultivo tem sido efetuado principalmente na China, onde estudos sobre a biologia e a ecologia destas algas, têm levado a um sistema de cultivo bem planejado e em larga escala. Seleções e cruzamentos são técnicas que vêm sendo empregadas na obtenção de formas mais adequadas ao cultivo. O comércio anual do produto movimenta cerca de US\$ 600 milhões.

- *Undaria pinnatifida* (nome comum “wakame”) - é uma alga muito apreciada como alimento entre os povos do Japão, China e Coréia, sendo utilizada como ingrediente de sopas e molhos. Tem sido cultivada desde a década de 50. É produzida principalmente no Japão, China e Coreia, sendo este último o maior produtor atual. A produção anual tem sido de 20.000 t no valor de US\$ 600 milhões.

1.2) Animais - rações

As algas marinhas têm sido regularmente usadas em várias partes do mundo como alimento para gado, ovelhas, cavalos, porcos e aves domésticas, em áreas onde são abundantes. Em regiões mais distantes da costa, as algas são secas e acrescidas como

um suplemento à dieta regular dos rebanhos. Há relatos de que ovelhas podem sobreviver somente com dieta de algas, mas é recomendado usá-las como um complemento e não como dieta única. A comercialização de rações à base de algas movimentava cerca de US\$ 15 milhões por ano. Algumas espécies de algas são utilizadas frescas na alimentação de moluscos e equinodermos em cultivos intensivos (ex. abalone, gênero *Haliotis*; ouriço, gênero *Loxechinus*).

No Brasil alguns autores fornecem dados sobre o teor de proteínas, cinzas e sais minerais presentes em algas marinhas; porém, parece não existir no mercado nenhuma ração à base de algas. No entanto, considera-se economicamente viável o preparo de farinhas de algas, desde que sejam feitos os testes necessários sobre concentrações ótimas para cada animal e que se mantenha uma composição razoavelmente homogênea.

2) FICOCOLÓIDES

São substâncias mucilaginosas (polissacarídeos coloidais) extraídas de algas. O interesse comercial nos ficocolóides resulta de seu comportamento em soluções aquosas, onde eles formam substâncias viscosas ou géis semelhantes à gelatina.

Os ficocolóides são classificados em três tipos principais: alginato, ágar e carragenana. Dependendo de suas propriedades físicas, esses polissacarídeos terão emprego determinado. Detalhes da estrutura de muitos deles necessitam ainda esclarecimentos, não apenas pela complexidade das moléculas, mas também pela necessidade de técnicas requintadas para sua análise.

2.1) Alginatos

O ácido algínico e seus vários sais, presentes na parede celular, constituem-se em ficocolóides característicos das algas pardas. São polímeros dos ácidos L-glururônico e D-manurônico.

Os alginatos são usados como agentes gelificantes, estabilizantes e emulsificantes. Impedem a formação de cristais macroscópicos de gelo em soluções aquosas, mesmo quando submetidos a temperaturas muito baixas, tendo portanto, grande importância nas indústrias de sorvetes. Atualmente, vêm sendo utilizados na indústria de tecidos, onde têm se mostrado superior aos outros géis. Vêm sendo também utilizados com sucesso na indústria de tintas por manter os pigmentos em suspensão. Outra aplicação está na indústria da cerveja, permitindo a formação da espuma, por formar uma película

resistente às bolhas decorrentes da agitação do líquido.

Os principais gêneros utilizados para produção de alginato são: *Macrocystis*, *Laminaria* e *Ascophyllum*, todos característicos de águas frias. O gênero *Macrocystis* é coletado de populações naturais na costa oeste dos EUA. O gênero *Laminaria* vem sendo cultivado intensamente na China, onde a produção ultrapassou 200.000 t de algas secas por ano. Uma significativa parcela desse material é utilizado nas indústrias de alginato da própria China. Aproximadamente 27.000 t de alginatos com valores de US\$ 230 milhões foram comercializados em 1990.

2.2) Carragenanas

São polissacarídeos presentes na parede celular de algas vermelhas. São polímeros de D-galactose que se caracterizam por apresentar grupos sulfatados.

As carragenanas são agrupadas em três famílias: lambda carragenano, kappa carragenano e iota carragenano. Cada uma apresenta propriedades físicas diferentes, tendo diferentes aplicações industriais. Têm numerosas aplicações como na indústria farmacêutica, cosmética e de tintas; porém, a maior aplicação está na indústria alimentícia onde, devido a suas propriedades gelificantes e estabilizantes são utilizados na fabricação de queijos, cremes e gelatinas. É conhecido com o nome comercial de “musgo da Irlanda”. No início da década de 90 foram produzidas 15.500 t ao ano de carragenanas no valor de US\$ 100 milhões.

Os principais gêneros produtores de carragenana são: *Chondrus*, *Euclima*, *Kappaphycus*, *Gigartina*, *Iridaea* e *Hypnea*. Os únicos que vêm sendo cultivados comercialmente são *Euclima* e *Kappaphycus*.

2.3) Ágar

É uma família de polissacarídeos presentes em algas vermelhas, que apresenta estruturas de D e L-galactose. Alguns ágares possuem um baixo teor de sulfato, o que lhes confere uma alta força de gel.

O ágar, além de ter as aplicações das carragenanas, pode ser usado na preparação de meios de culturas, sendo a matéria prima básica na biologia molecular. A utilização do ágar para preparação desses meios deve-se principalmente a: i) formação de gel em baixas concentrações; ii) baixa reatividade com outras moléculas; e iii) resistência à degradação pelos microrganismos mais comuns.

Preparações comerciais de ágar são obtidas principalmente de espécies de *Gelidium* e *Gracilaria*. *Gelidium*, juntamente com *Pterocladia*, fornecem um ágar excelente para

microbiologia. Tentativas de cultivo dessas algas, principalmente *Gracilaria*, vêm sendo realizadas em vários países, alcançando grande sucesso no Chile que é hoje seu maior produtor.

A partir de frações menos iônicas do ágar, sob condições controladas, obtém-se a agarose, que é um produto altamente refinado e tem sido amplamente utilizado na área biotecnológica. Aproximadamente US\$ 50 milhões de agarose são comercializados anualmente, sendo que alguns produtos chegam ao preço de US\$ 5.000 o kilo.

3) FERTILIZANTES

O valor das algas como fertilizantes tem sido repetidamente demonstrado, principalmente em fazendas próximas ao mar. As algas são coletadas, ou se aproveita o material atirado à praia. Contribuem principalmente como fontes de nitrogênio e potássio, porém, apresentam baixo teor de fósforo. As algas calcárias têm sido usadas em solos de pH ácido, como corretivo do solo, em vários países como Inglaterra, Escócia, Irlanda e Dinamarca. A comercialização de fertilizantes a base de algas movimenta US\$ 15 milhões por ano.

No Brasil, o uso de algas como fertilizantes é esporádico e artesanal. No entanto, ocorrem extensos depósitos de algas calcárias na costa brasileira, que constituem atrativa fonte de calcário. Sua exploração entretanto, deve ser acompanhada de estudos especialmente planejados para verificar os efeitos dessa exploração em outros recursos biológicos de importância econômica.

4) FICOBILIPROTEÍNAS

São proteínas que contêm pigmentos e que atingem alto valor comercial, sendo utilizadas como marcadores fluorescentes com muitas aplicações em áreas de biotecnologia como por exemplo, na histoquímica. São encontradas principalmente nas algas vermelhas e o produto mais importante é a *r*-ficoeritrina, extraída principalmente de espécies de *Porphyra*. Técnicas sofisticadas são necessárias para a separação e purificação desse produto, o que faz com que o preço final atinja valores altos no mercado.

5) β -CAROTENO

Pode ser encontrado em diferentes vegetais e algas. Comercialmente é obtido artificialmente ou através do cultivo de microalgas pertencentes ao gênero *Dunaliella*. Esta clorofícea unicelular é cultivada em lagos altamente salinos, em locais com alta intensidade luminosa. Nessas condições, as células acumulam mais de 5% de β -caroteno. Esse pigmento é conhecido como um antioxidante potente e vem sendo usado como complemento alimentar. Existem controvérsias sobre a eficácia do produto sintético, que pode ser obtido por um custo inferior ao produto natural. O mercado atual movimentava cerca de US\$ 100 milhões de β -caroteno extraído de algas por ano.

6) MEDICINA

Preparações com base em algas têm sido usadas há séculos pelas populações, devido às propriedades medicinais. Algas pardas, como por exemplo a *Laminaria*, são efetivas na cura do bócio, devido ao alto teor de iodo. Outras algas têm sido usadas com vermífugos e outras para combater o escorbuto, como a *Porphyra*. Atualmente, muitos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de se isolar compostos que tenham ação farmacológica.

REFERÊNCIAS

- Arasaki, S. & Arasaki, T. 1983. Vegetables from the sea. Japan Publications, Inc., Tokyo.
- Bhattacharya D. & Medlin, L. 1998. Algal phylogeny and the origin of land plants. *Plant Physiol.* 116: 9-15.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1985. Introduction to the algae. Structure and reproduction. 2nd Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Craigie, J.S. & Leigh, C. 1973. Carragenans and agars. In: Hellebust, J.A. & Craigie, J.S. (eds.). Handbook of phycological methods - Physiological and biochemical methods, pp 109-132.

- Glicksman, M. 1987. Utilization of seaweed hydrocolloids in the food industry. *Hydrobiologia* 151/152: 31-47.
- Guiry, D. & Blunden, G. 1991. Seaweed resources in Europe - uses and potential. John Wiley & Sons., Chichester.
- Humm, H. & Wicks, S.R. 1980. Introduction and guide to the marine bluegreen algae. John Wiley & Sons, Inc.
- Jensen, A. 1993. Present and future needs for algae and algal products. *Hydrobiologia* 260/261: 15-23.
- Joly, A.B. 1975. Botânica. Introdução a taxonomia vegetal. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Kumar, S. & Rzhetsky, A. 1996. Evolutionary relationship of eukaryotic kindoms. *J. Mol. Evol.* 42: 183-193.
- Lee, R.E. 1989. Phycology. 2nd Ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Littler, D.S.; Littler, M.M.; Bucher, K.E. & Norris, J.N. 1989. Marine plants of the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washinton.
- Lobban, C.S.; Chapman, D.J. & Kremer, B.P. 1988. Experimental phycology. A laboratory manual. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lobban, C.S. & Harrison, P.J. 1997. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge.
- McCourt, R.M. 1995. Green algal phylogeny. *TREE* 10: 159-163.
- McHugh, D.J. 1987. Production and utilization of products from commercial seaweeds. *FAO Fish. Tech. Pap.* 288.
- McLachlan, J. 1985. Macroalgae (seaweeds): industrial resources and their utilization. *Plant and Soil* 89: 137-157.
- McCourt, R. M. 1995. Green algal phylogeny. *TREE* 10: 159-163.
- Oliveira, E.C. 2003. Introdução à biologia vegetal. 2a ed. EDUSP, São Paulo.
- Oliveira, E.C.; Oliveira, M.; Saito, R.M. & Garofald, G.M.C. 1992. Carragenanas. Algas polivalentes. *Ciência Hoje* 14: 73-77.
- Oliveira, E.C. & Plastino, E.M. 1992. The exploitation of seaweeds in Brazil the need for a new code to assure sustainable yields. *In: Cordeiro-Marino, M.; Azevedo, M.T.P.; Sant'Anna, C.L.; Tomida, N.Y.; Plastino, E.M. (eds.). Algae and environment: a general approach, Sociedade Brasileira de Ficologia, São Paulo. pp. 83-98.*
- Palenik, B. & Haselkorn, R. 1992. Multiple evolutionary origins of prochlorophytes, the chlorophyll b containing prokaryotes. *Nature* 355: 265-267.
- Radmer, R.J. 1996. Algal diversity and commercial algal products. *BioScience* 46:263-

270.

- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro.
- Renn, D.W. 1990. Seaweeds and biotechnology - inseparable companions. *Hydrobiologia* 204/205: 7-13.
- Scagel, R.F.; Bandoni, R.J.; Rouse, G.E.; Schofield, W.B.; Stein, T.R. & Taylor, T.M.C. 1965. *An evolutionary survey of the plant kingdom*. Wadsworth Publishing Co., Inc., California.
- Smith, G.M. 1971. *Botânica cryptogâmica*. Volume I. Algas e Fungos. Fundação Caluste Gulbenkian, Lisboa.
- Sze, P. 1986. *A biology of the algae*. Wm C. Brown Publishers, Dubuque.
- Tseng, C.K. 1981. Commercial cultivation. In: Lobban, C.S. & Wynne, M.J. (eds.). *The biology of seaweeds*. University of California Press, Berkeley. pp. 726-741.
- Urbach, E.; Robertson, D.L. & Chisholm, S.W. 1992. Multiple evolutionary origins of prochlorophytes within the cyanobacterial radiation. *Nature* 355: 267-270.
- Van den Hoek, C; Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. *Algae - an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Weberling, F. & Schwantes, H.O. 1986. *Taxonomia vegetal*. Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo.

EXERCÍCIOS: ALGAS

Nas aulas práticas serão desenvolvidos três exercícios com base no estudo do material coletado pelos próprios alunos durante excursão a ser realizada para o litoral. Durante três aulas práticas posteriores à excursão, os alunos terão a oportunidade de identificar e estudar a organização vegetativa e reprodutiva das algas coletadas.

A seguir, apresentamos os guias de excursão, de atividades de laboratório e de apresentação destes exercícios, que deverão ser lidos com atenção. As atividades propostas para a excursão deverão ser divididas entre os participantes de cada equipe. O guia deverá ser levado para o local de coleta, visando sanar dúvidas durante o trabalho prático.

GUIA DE EXCURSÃO AO LITORAL

LEIA ESTE GUIA antes da viagem, verificando os procedimentos de coleta e providenciando o material necessário. O aproveitamento das aulas práticas subseqüentes a esta viagem dependerá da qualidade do material coletado.

I) Objetivos:

(a) Observação das populações de algas marinhas, *in situ*, sua distribuição vertical e associações mais evidentes.

(b) Aprendizado das técnicas de coleta e preservação de algas bentônicas e planctônicas. Coleta de material de algas marinhas para estudo em aula prática.

II) Material por equipe.

A) **Material de coleta:**

1) Balde com tampa hermética e volume de pelo menos três litros (pode ser conseguido em qualquer pizzaria);

2) Sacos plásticos para coleta (resistentes e sem furos):

- tamanho 30 x 24 cm - 20 unidades;

- tamanho 15 x 12 cm - 50 unidades;

- sacos plásticos pretos (lixo) - volume = 20 L - 3 unidades;
- 3) Elásticos de dinheiro para fechar os sacos com alga - 50 unidades;
- 4) Etiquetas confeccionadas pelos alunos a partir de papel vegetal cortado em retângulos de 3 x 2 cm - 50 unidades;
- 5) Espátula - uma por aluno;
- 6) Luvas cirúrgicas para manipular formol;
- 7) Lupa de mão;
- 8) Caderno, lápis, borracha, etc, para anotações e desenhos;
- 9) Caneta para retro-projetor;
- 10) Fita adesiva para etiquetar baldes (usar caneta de retroprojetor);
- 11) Guia de excursão (este aqui) - não esqueça!
- 12) Prancheta para anotações, envolvida por saco plástico em caso de chuva;
- 13) Máquina fotográfica (caso a equipe tenha interesse em fotografar algas em seu ambiente natural) - não obrigatório.

B) Material de uso pessoal:

- 1) Trajes de banho;
- 2) Alpargata com solado de corda ou tênis (que não escorregue quando molhado);
- 3) Chapéu;
- 4) Toalha;
- 5) Autan ou óleo para evitar borrachudos;
- 6) Lanche;
 - Não há lugar para trocar de roupa; viaje já com o traje de banho.
 - Tome cuidado para não escorregar, especialmente em pedras molhadas e locais varridos pelas ondas.
 - Pessoas alérgicas a picadas de borrachudo devem usar roupa completa.

III) Atividades:

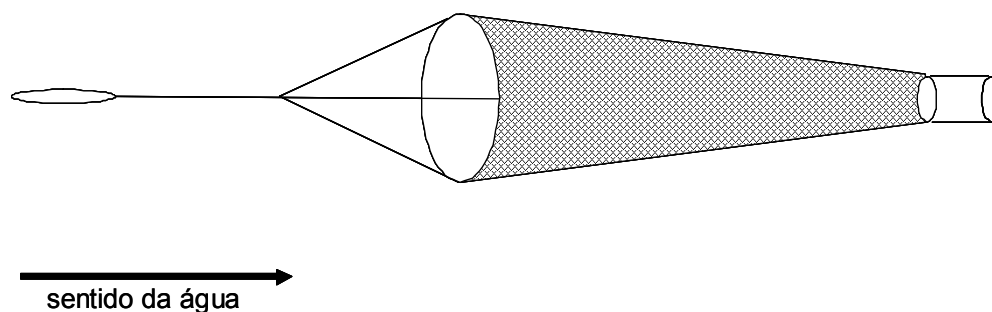
A) Grupos de trabalho.

- 1) Cada equipe deverá acompanhar o professor ou monitor que lhes foi designado.
- 2) Um membro da equipe deve anotar as observações ambientais e etiquetar o material coletado. O outro fará a coleta propriamente dita.

B) Como coletar algas planctônicas.

O plâncton será coletado através de uma rede de malha de proporções reduzidas (malha = 40 μm). Um representante da equipe deverá passar a rede na superfície da água, em local não agitado, evitando desta forma, que a rede colete muitos resíduos que se encontrem em suspensão na coluna de água. A rede deverá ser arrastada por aproximadamente 10-15 minutos. Tome cuidado para não arrastar a “boca” da rede junto ao fundo arenoso, isto pode acarretar a coleta de areia ao invés de plâncton. Após a coleta, o líquido presente no frasco localizado na porção terminal da rede deverá ser cuidadosamente transportado para frascos destinados à fixação e transporte do plâncton.

REDE DE PLÂNCTON



C) Como coletar algas bentônicas.

1) Colete apenas o material necessário para seus estudos no laboratório. Não colete em demasia ou o que não pretenda estudar. Use lupa de mão se necessário.

2) Selecione os exemplares a serem coletados. Escolha plantas inteiras, com base, bem desenvolvidas e férteis (com estruturas de reprodução), sempre que possível.

3) Não arranque simplesmente as plantas de seus substratos. Esse procedimento faz com que se colete apenas fragmentos dos indivíduos, o que poderá dificultar a identificação do material. Segure a planta com a mão esquerda e com a direita introduza uma espátula entre a base da alga e o substrato para que se remova um espécime completo.

4) Após a coleta, o material deverá ser lavado em água do mar para remover areia e animais.

5) Coloque as plantas em sacos plásticos adequados a seu tamanho. As plantas coletadas devem ser mantidas apenas úmidas. Não coloque água nos sacos ou

vidros. Diferentes espécies deverão ser colocadas em sacos plásticos individualizados e esses sacos menores separados em sacos maiores por Divisão ainda durante a coleta: algas pardas, algas vermelhas e algas verdes.

6) Todos os materiais coletados deverão ser etiquetados. As etiquetas devem ser de papel vegetal grosso escritas a lápis e conter as seguintes informações:

- nome do coletor;
- local e data da coleta;
- altura em relação ao nível da água (supra, médio ou infralitoral);
- local batido, protegido ou poça;
- planta de sol ou sombra;
- cor do material ao ser coletado;
- outras informações que forem consideradas pertinentes.

7) Proteja o material coletado do sol direto. Guarde-o em local fresco, na sombra, até que seja fixado.

8) Cada balde deverá ser etiquetado com as seguintes informações: número da equipe, nome dos participantes e período (noturno ou diurno).

D) Preservação.

1) A preservação das algas planctônicas e bentônicas será feita com formol comercial diluído à 4% em água do mar (40 ml de formol para 960 ml de água do mar).

2) Acrescente um volume necessário para embeber as algas contidas no saco plástico. Não exagere na quantidade de solução.

3) Guarde o material fixado na sombra até que o mesmo seja transportado para o laboratório.

EXERCÍCIOS EM LABORATÓRIO

E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os exercícios referentes às algas coletadas e estudadas devem ser apresentados ao final de cada aula prática (total: três exercícios – um por aula).

Importante: não serão aceitos exercícios após o término da aula prática.

A) Atividades de laboratório.

Inicialmente, a equipe deverá localizar seu material (balde com tampa devidamente etiquetado com: o número da equipe, nome dos participantes e período - noturno ou diurno). As algas a serem estudadas durante a aula deverão ser lavadas delicadamente em água de torneira para retirar o excesso de formol (cuidado para não perder algas muito pequenas!).

Lembre-se que o formol é tóxico. Portanto, cuidado ao manipular os sacos plásticos contendo fixador. Faça esse procedimento nas pias do laboratório de preferência utilizando luvas cirúrgicas. Não deixe o líquido respingar sobre as bancadas. Caso isto ocorra, lave imediatamente com água e enxugue com papel absorvente. Reúna os sacos plásticos a serem descartados em um único saco antes de colocá-los no lixo.

Após o estudo, as algas deverão ser herborizadas. O material necessário para a herborização estará disponível no laboratório.

O estudo deverá ser realizado na seguinte seqüência, que corresponde àquela normalmente seguida nas pesquisas da área de taxonomia:

1. Identificação - o material em estudo deverá ser identificado utilizando-se de uma chave dicotômica que será fornecida pelos professores.

2. Confirmação do gênero - após a determinação do gênero, os alunos deverão compará-lo à descrição e figuras fornecidas por um livro texto, indicado no item Referências. Cada equipe deverá dispor de pelo menos dois livros durante as aulas práticas. Sem estes, será impossível o desenvolvimento do projeto. Caso o gênero não corresponda à descrição do material em estudo, a equipe deverá voltar à chave de identificação e tentar encontrar seu erro.

3. Descrição - após se certificar da identificação correta, a equipe deverá fazer uma descrição do material em estudo, incluindo apenas as características presentes em seu material e as importantes para a diferenciação com outros gêneros. Devem ser também confeccionadas figuras.

Após o término do trabalho prático, o tempo disponível ao final de cada aula deverá

ser utilizado para a organização dos dados e preparação do exercício para entrega.

B) Atividades durante o desenvolvimento dos exercícios em laboratório.

Foram planejadas três aulas para o desenvolvimento desses exercícios. Os professores juntamente com as equipes deverão selecionar os materiais a serem estudados em cada aula. Esses materiais deverão ser incluídos no exercício a ser entregue ao término da aula. Isto não impede que outras algas sejam observadas durante as aulas práticas, caso haja tempo, porém, não devem fazer parte do texto para avaliação.

Aula I.

Phaeophyta - um exemplar filamentoso e dois exemplares parenquimatosos.
Bacillariophyta e Pyrrophyta - três exemplares (total).

Aula II.

Rhodophyta - um exemplar filamentoso simples, um exemplar pseudoparenquimatoso (calcificado ou não) e um exemplar parenquimatoso.

Aula III.

Euglenophyta - um exemplar.

Chlorophyta - um exemplar filamentoso, um exemplar parenquimatoso e um exemplar cenocítico.

C) Forma de apresentação dos exercícios (um por aula).

Os exercícios propostos têm como objetivo o treinamento nos procedimentos básicos de identificação, ilustração e descrição dos táxons de algas selecionados. Além disso, durante seu desenvolvimento o aluno terá oportunidade de entrar em contato com a morfologia vegetativa e reprodutiva dos grupos estudados.

- 1) Título - deve ser conciso e refletir o conteúdo do exercício.
- 2) Sinopse dos gêneros identificados na aula, os quais deverão estar ordenados segundo seus posicionamentos taxonômicos dentro de um sistema de classificação.
- 3) Descrição detalhada de cada táxon, iniciando pelo aspecto macroscópico ou aparência geral do organismo estudado.
- 4) Figuras de cada táxon estudado, incluindo detalhes das estruturas reprodutivas observadas.
- 5) Observações feitas em campo sobre o ambiente em que foi encontrado cada

táxon.

D) Material necessário para a realização do trabalho prático em sala de aula.

Além do material já pedido para as primeiras aulas práticas (lâmina, lamínula, pinça, etc.) e dos materiais solicitados para a excursão, cada equipe deverá trazer para as aulas práticas dois livros para auxiliar na identificação e uma cópia xerox do glossário que se encontra nas últimas páginas do livro Bold & Wynne (1985).

E) Herborização.

O material estudado durante um projeto taxonômico deve, via de regra, ser depositado em um herbário, para que seja possível posteriormente seu estudo por outras pessoas. Por isso, o curso deverá incluir um período de tempo ao final de cada aula em que o material estudado será herborizado, sendo então repassadas técnicas para esse procedimento. Dessa forma, o material estudado por sua equipe não deverá ser desprezado, mas sim guardado para herborização. Um exemplar de cada táxon herborizado fará parte do exercício diário.

REFERÊNCIAS BÁSICAS PARA OS EXERCÍCIOS

- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1985. *Introduction to the algae. Structure and reproduction*. 2nd Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Joly, A.B. 1957. Contribuição para o conhecimento flora ficológica da Baía de Santos e arredores. *Bolm Fac. Filosofia, Ciências Univ. S. Paulo. Ser. Bot.* 14: 1-196.
- Joly, A.B. 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Bolm Fac. Filosofia, Ciências Univ. S. Paulo. Ser. Bot.* 21: 1-393.
- Joly, A.B. 1967. *Gêneros de algas marinhas da costa atlântica latino-americana*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Joly, A.B. 1975. *Botânica. Introdução à taxonomia vegetal*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lee, R.E. 1989. *Phycology*. 2nd Ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Littler, D.S.; Littler, M.M.; Bucher, K.E. & Norris, J.N. 1989. *Marine plants of the Caribbeans*. Smithsonian Institution Press, Washington.

- Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S. E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Scagel, R.F.; Bandoni, R.J.; Rouse, G.E.; Schofield, W.B.; Stein, T.R. & Taylor, T.M.C. 1965. *An evolutionary survey of the plant kingdom*, Wadsworth Publishing Co., Inc., California.
- Smith, G.M. 1971. *Botânica cryptogâmica*. Volume I. Algas e Fungos. Fundação Caluste Gulbenkian, Lisboa.
- Sze, P. 1986. *A biology of the algae*. Wm C. Brown Publishers, Dubuque.
- Ugadim, Y. 1970. *Algas marinhas do litoral sul do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ugadim, Y. 1973. *Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná (Brasil)*. I-Divisão Chlorophyta. *Bolm Botânica, Univ. S. Paulo* 1: 11-77.
- Ugadim, Y. 1974. *Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná (Brasil)*. III - Divisão Rhodophyta (1): Goniotrichales, Bangiales, Nematinales e Gelidiales. *Bolm Botânica, Univ. S. Paulo* 2: 93-137.
- Ugadim, Y. 1976. *Ceramiales do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná (Brasil)*. *Bolm Botânica, Univ. S. Paulo* 4: 133-172
- Van den Hoek, C; Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. *Algae - an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Weberling, F. & Schwantes, H.O. 1986. *Taxonomia vegetal*. Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS EXERCÍCIOS

Além do conteúdo (coerência, clareza, objetividade, etc.), serão avaliados os seguintes itens:

- figuras e legendas;
- descrições;
- observações de campo;
- identificação;
- citações de nomes científicos;
- herbário.

**DIVISÕES BRYOPHYTA,
PSILOPHYTA, ARTHROPHYTA,
LYCOPODOPHYTA E
PTEROPHYTA**

ADAPTAÇÃO DAS PLANTAS AO AMBIENTE TERRESTRE

Acredita-se que as plantas terrestres tenham surgido na era paleozóica, originadas a partir de ancestrais aquáticos. O primeiro fóssil bem conservado dessas plantas terrestres primitivas data de 395 milhões de anos, pertencendo ao gênero *Rhynia*.

Embora diferentes teorias sobre a origem dos vegetais terrestres tenham sido propostas, todas elas concordam que as plantas terrestres se originaram a partir da linhagem verde, de algas com clorofila *a* e *b*, possivelmente de algum representante do grupo das Coleochaetales.

Certas algas podem suportar períodos relativamente longos de dessecação, ou mesmo viver permanentemente em ambientes apenas úmidos, onde raramente ou nunca ficam imersas em água. No entanto, sua dependência da água é ainda muito grande. A origem e evolução das plantas terrestres estão ligadas, nesse sentido, ao aparecimento de adaptações que tornaram os vegetais progressivamente mais independentes do meio aquático. Entre elas, as mais facilmente observáveis são as morfológicas. No entanto, modificações de ordem bioquímica, fisiológica e reprodutiva foram tão importantes quanto estas.

Uma primeira necessidade para a sobrevivência no ambiente terrestre está relacionada à redução da perda d'água por evaporação, sem o que a planta, em algum tempo, estaria completamente seca. Várias adaptações podem ser encontradas nas plantas com essa função. A **epiderme** é uma camada externa de tecido diferenciado onde as células encontram-se intimamente justapostas, dificultando a perda de água das camadas inferiores. Esse tecido torna-se muito mais eficiente com o aparecimento de uma camada de cera que ocorre sobre a epiderme, denominada **cutícula**, que reduz ainda mais a perda de água por evaporação.

Por outro lado, ao impermeabilizar o vegetal, essas estruturas também dificultam a realização de trocas gasosas, essenciais à fotossíntese e respiração (gás carbônico e oxigênio, respectivamente), surgindo adaptações como **poros** e **câmaras aeríferas** onde as trocas podem ocorrer com um mínimo de perda de água. Além disso em outros grupos nota-se o aparecimento de uma estrutura formada por células especialmente diferenciadas da epiderme, os **estômatos**, em cujo centro situa-se um poro (**ostíolo**). A abertura e o fechamento desse poro permite o controle das trocas gasosas.

Outra adaptação necessária à conquista do ambiente terrestre está relacionada à absorção de água e nutrientes. No ambiente aquático, todas as células que recobrem o

vegetal estão em contacto com o meio e podem absorver diretamente água e os sais minerais nela dissolvidos. No ambiente terrestre esses elementos são obtidos, de forma geral, do substrato. **Rizóides** e **raízes** realizam essa função e, ao mesmo tempo, permitem melhor fixação e apoio em substrato particulado, no qual os elementos de fixação existentes nas algas não são eficientes.

O transporte dessa água e sais absorvidos pelas raízes ou rizóides, bem como de outras substâncias produzidas pela planta também é um problema para as plantas terrestres. Nas algas, que normalmente estão completamente imersas na água e cuja espessura jamais ultrapassa poucos centímetros, sendo normalmente muito menor, o transporte célula a célula pode ocorrer. No ambiente terrestre, a água é proveniente do solo, sendo necessária sua elevação contra a força de gravidade. Desta forma, o mecanismo de transporte célula a célula é eficiente apenas em percursos muito curtos, o que limita o crescimento em altura dos vegetais.

Por outro lado, ao observar-se uma alga qualquer fora da água, por exemplo durante uma maré baixa, fica evidenciado um outro tipo de problema: a sustentação, que no meio líquido é dada pela própria água, desaparece fora dela, levando o organismo a colapsar sobre si mesmo. Além disso, ao se imaginar um organismo de porte arbóreo, fica evidente também que as células da base seriam esmagadas pelo peso do restante do vegetal acima delas, o que também limitaria o tamanho.

A adaptação relacionada tanto ao problema da condução de água, sais e outras substâncias através da planta, como de sua sustentação no meio aéreo foi dada pelo aparecimento de uma nova substância química, a **lignina**, em um interessante exemplo da importância da evolução bioquímica dos grupos vegetais como um todo. Essa substância deposita-se lentamente nas paredes das células, endurecendo-as e, em última instância levando-as à morte. Essas células são constituintes do **xilema**, responsável tanto pela condução de água e sais minerais como pela sustentação da planta. Células onde apenas as paredes são lignificadas são denominadas **elementos traqueais** e através de seu interior, vazio, ocorre o processo de condução da água. Células mais estreitas com maior grau de lignificação são denominadas **fibras**, tendo como função a sustentação do vegetal. Em seu conjunto esses elementos permitiram um aumento progressivo do tamanho dos vegetais terrestres, proporcional ao seu grau de lignificação.

Durante o processo de ocupação do ambiente terrestre também foi necessário o aparecimento de adaptações reprodutivas, tendo em vista que as algas dependem da água para o transporte dos gametas e mesmo para a posterior disseminação de gametas e esporos. As plantas terrestres consideradas mais primitivas são dependentes da água

também para fecundação, sendo o gameta masculino liberado para “nadar” até o feminino apenas em ocasiões em que o ambiente apresente suficiente grau de umidade (gotas de orvalho por exemplo). A independência completa de água no meio externo é atingida apenas em parte das Gimnospermas e nas Angiospermas, onde há a formação do **tubo polínico** durante a fecundação.

Por outro lado, surgiram adaptações para proteção contra o estresse do ambiente aéreo, passando os elementos reprodutivos a serem protegidos por um **envoltório de células vegetativas**.

DIVISÃO BRYOPHYTA

bryon (grego) - musgo

phyton (grego) - planta

A Divisão Bryophyta compreende vegetais terrestres com morfologia bastante simples, conhecidos popularmente como “musgos” ou “hepáticas”. São organismos eucariontes, pluricelulares, onde apenas os elementos reprodutivos são unicelulares, enquadrando-se no Reino Plantae, como todos os demais grupos de plantas terrestres.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Clorofila **a** e **b**. - Material de reserva: amido.
- Parede celular de celulose.- Presença de cutícula*.
- Histórico de vida diplobionte heteromórfico, esporófito parcial ou completamente dependente do gametófito*.
- Reprodução oogâmica.
- Esporófito não ramificado, com um único esporângio terminal*.
- Gametângio e esporângios envolvidos por camada de células estéreis*.

*Características que permitem a distinção entre algas e briófitas de forma geral (grifadas).

OCORRÊNCIA

As briófitas são características de ambientes terrestres úmidos. Entretanto, algumas apresentam adaptações que permitem a ocupação dos mais variados tipos de ambientes, resistindo tanto à imersão, em ambientes totalmente aquáticos, como a desidratação quando atuam como sucessores primários na colonização, por exemplo de rochas nuas ou mesmo ao congelamento em regiões polares. Apresentam-se entretanto sempre dependentes da água, ao menos para o deslocamento do anterozóide flagelado até a oosfera. Não há representantes marinhos.

HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA

As briófitas são diplobiontes, apresentando alternância de gerações heteromórficas entre gametófito ramificado, fotossintetizante e independente, e esporófito não ramificado e ao menos parcialmente dependente do gametófito.

A partir da meiose ocorrida em estruturas especiais do esporófito surgem os esporos que ao germinarem originam os gametófitos. Os esporos podem originar diretamente a planta que produzirá as estruturas reprodutivas, normalmente ereta, ou originar primeiro uma fase filamentosa, com filamento unisseriado, ramificado, com paredes transversais oblíquas ao eixo longitudinal (**protonema**), que dará origem a parte ereta.

Os gametófitos são compostos por **rizóides**, **filídios** e **caulídios**. Os mais simples não apresentam diferenciação entre filídio e caulídio e geralmente são prostrados, sendo denominados **talosos**, enquanto aqueles onde se distinguem essas estruturas, normalmente eretos, são denominados **folhosos**.

No ápice dos gametófitos surgem estruturas de reprodução características, denominados **arquegônios**, onde se diferencia o gameta feminino (oosfera) e **anterídios**, onde se diferenciam os gametas masculinos (anterozóides). Em condições adequadas de umidade os anterozóides pequenos e biflagelados são liberados pelo rompimento da parede do anterídeo, enquanto as células do canal do arquegônio rompem-se, liberando um fluido que direciona os anterozóides até a oosfera, havendo então a fecundação.

Nas briófitas o zigoto germina sobre a planta mãe e o esporófito resultante permanece ligado a ela durante toda a sua vida, apresentando dependência parcial ou total.

Os esporófitos nunca são ramificados e apresentam diferentes graus de complexidade segundo o grupo à que pertencem, sendo formados por **pé**, **seta** e **cápsula**. O pé fica imerso no tecido do gametófito e é responsável pela absorção de substâncias nutritivas e água. Sustentado pela seta encontra-se o esporângio, terminal, denominado cápsula, apresentando um envoltório de tecido externo com função de proteção, sendo os esporos diferenciados por meiose a partir de camadas internas (tecido esporógeno). Em certos casos, quando a cápsula apresenta deiscência (= abertura) transversal, observa-se um **opérculo** que se destaca para permitir a passagem dos

esporos. Os dentes do **peristômio** (grego: *peri* = ao redor, *stomios* = boca), através de movimentos higroscópicos, devidos à variação da umidade do ar, ajudam na liberação dos esporos.

A cápsula pode estar parcial ou totalmente coberta pela **caliptra** que é formada por restos do tecido do arquegônio transportados durante o desenvolvimento do esporófito, e fornece uma proteção adicional.

O esporófito, embora sempre dependente do gametófito pode, em certas classes de Bryophyta, realizar fotossíntese, ao menos durante o início de seu desenvolvimento.

REPRODUÇÃO

Além da reprodução gamética e esporica, já apresentados no histórico de vida, as briófitas podem apresentar algumas formas de reprodução vegetativa:

1. **Fragmentação** - desenvolvimento de fragmentos do talo em outro indivíduo.
2. **Gemas** (ou propágulos) - estruturas especialmente diferenciadas, com forma definida que darão origem a um novo indivíduo. As gemas são produzidas dentro de estruturas em forma de taça denominadas conceptáculos.
3. **Aposporia** - desenvolvimento do esporófito em gametófito sem que ocorra meiose. Normalmente ocorre a partir de um fragmento da seta cuja regeneração origina um gametófito. Pode resultar na formação de organismos poliplóides.
4. **Apogamia** - desenvolvimento do gametófito em esporófito sem que haja fecundação. Pode ocorrer não apenas a partir de gametas, mas também de filídios ou do próprio protonema.

CLASSIFICAÇÃO

Na antiguidade, o termo "muscus" era utilizado por estudiosos gregos e romanos englobando, além das briófitas propriamente ditas, os líquens e algumas algas, plantas vasculares e mesmo invertebrados.

Embora na Renascença alguns autores tenham estudado gêneros de interesse médico, Dillenius (1741) em sua obra "Historia Muscarum" foi o primeiro autor a estudar esses organismos de forma mais compreensiva. No entanto, o trabalho interpreta erroneamente a cápsula (esporângio) como antera e os esporos como grãos de pólen. Em

função disso, Linnaeus (1753) em "Species Plantarum" classifica as briófitas como próximas a angiospermas.

A interpretação correta das estruturas encontradas nesses vegetais, não apenas referentes ao esporófito, mas também ao ciclo de vida, a função de anterídios e arquegônios foi dada por Hedwig (1801), permitindo o estabelecimento de bases mais corretas para sua classificação.

Atualmente, briófitas são separadas pela maioria dos autores em três classes, Hepaticae, Anthocerotae e Musci (ex. Schofield, 1985). Outros autores tratam essas três classes como divisões (ex. Raven et al., 2007), segundo tendências relacionadas ao conhecimento da filogenia desses grupos.

Classe Hepaticae

hepatos (grego) = fígado

Na Classe Hepaticae encontram-se incluídas todas as briófitas com o esporófito mais simples que conhecemos, isto é aquele no qual não há tecidos estéreis no interior da capsula. Representantes da Classe Hepaticae podem possuir gametófito taloso, com simetria dorsiventral, característicos desta classe, havendo também representantes folhosos.

Os gametófitos apresentam talo de aspecto lobado, fixo ao substrato por rizóides unicelulares, células com vários cloroplastos, anterídios e arquegônios superficiais. O protonema é reduzido, constituído por poucas células, sendo considerado por alguns autores como ausente.

O esporófito é delicado, de tamanho reduzido e geralmente aclorofilado, muitas vezes não sendo visível a olho nu. A cápsula é simples, sendo envolvida por uma camada de tecido uniestratificada. A maturação dos esporos é simultânea. A liberação dos esporos de seu interior é feita através de uma abertura longitudinal dessa parede (deiscência longitudinal).

A dispersão dos esporos é auxiliada por **elatérios**, células mortas que ocorrem entre esporos, apresentando paredes com reforço em espiral que, através de movimentos higroscópicos, arremessam esses esporos à distância. Os elatérios têm origem também a partir de células mãe de esporos, não havendo tecido vegetativo no interior da cápsula das Hepaticae.

A Classe Hepaticae é constituída por cerca de 300 gêneros e 10.000 espécies.

Marchantia polymorpha

O talo de *M. polymorpha* apresenta uma estrutura das mais complexas entre as

hepáticas. O gametófito tem o corpo vegetativo grande, com 5 – 10 cm de tamanho total, lobado e ramificado dicotomicamente, em forma de fita estreita com bordos ligeiramente ondulados. Do lado ventral há duas ou mais fileiras de escamas e rizóides de dois tipos: uns têm paredes lisas e se desenvolvem predominantemente no sentido vertical penetrando no substrato, enquanto outros são tuberculados (com espessamento), desenvolvendo-se predominantemente no sentido horizontal. A superfície dorsal do talo apresenta-se dividida em áreas losangulares, no centro dos quais há um **poro aerífero**. Esse se comunica com câmaras internas, denominadas aeríferas, onde se encontram os **filamentos assimiladores**; abaixo dessa região, o parênquima é formado por um talo não clorofilado que funciona como depósito de material de reserva. Nesse parênquima encontram-se também pelo menos dois outros tipos de células isoladas, as coradas com antocianina (avermelhadas) e as que contêm óleo.

No lado dorsal ocorrem estruturas em forma de cálice, denominadas **conceptáculos**, no interior dos quais se desenvolvem propágulos pluricelulares de contorno elíptico comprimido.

Ao invés de ocorrer sobre a superfície do talo, como em muitas outras hepáticas, os anterídios e arquegônios desenvolvem-se em ramos especiais, ficando elevados sobre o talo. Esses ramos são denominados respectivamente **anteridióforos** e **arquegonióforos** (grego *foros* = portador), diferenciando-se por apresentar lobos do ramo masculino mais fendidos.

O esporófito se desenvolve dentro do arquegônio feminino, constando de um pé, uma seta curta e uma cápsula, que só emerge do envoltório ao final de seu desenvolvimento, pela distensão da seta.

Classe Anthocerotae

anthos (grego) = flor

A Classe Anthocerotae é constituída por representantes talosos, com simetria dorsiventral sendo o talo, de aspecto lobado, fixo ao substrato por rizóides unicelulares. As células do gametófito apresentam apenas 1 cloroplasto. Anterídios e arquegônios se encontram imersos no tecido vegetativo, o que constitui uma semelhança deste grupo com as pteridófitas.

O esporófito é bem característico, não apresentando seta e possuindo uma cápsula alongada e clorofilada. A região basal da cápsula apresenta células meristemáticas que permitem seu crescimento indefinido e a liberação contínua de esporos. A maturação desses esporos ocorre gradualmente da base para o ápice do esporófito, até que sejam

liberados através de uma fenda longitudinal no ápice da cápsula. É de se destacar a complexidade do esporófito que possui uma columela central, ao redor do qual se encontram os esporos em vários graus de diferenciação, os **pseudo- elatérios** pluricelulares e higroscópicos e uma camada de tecido pluriestratificada que envolve o tecido esporógeno, externamente diferenciada em uma epiderme e onde ocorrem as células com cloroplastos. Na epiderme podem diferenciar-se estômatos não funcionais.

A Classe Anthocerotae apresenta apenas 4 gêneros e 300 espécies. O gênero mais comum é **Anthoceros**, sendo abundante em todo o Brasil, cuja descrição, em termos gerais corresponde à da classe, acima apresentada. O talo desse gênero é multilobado, carecendo de diferenciação interna, exceto pelas câmaras ventrais de mucilagem que podem abrigar algas azuis do gênero *Nostoc*, que ocorrem associadas.

Classe Musci

muscus (latim) = musgo

A Classe Musci é constituída por representantes com gametófitos folhosos de simetria radial, normalmente eretos, fixos ao substrato por rizóides pluricelulares. Apresentam vários cloroplastos por célula e desenvolvimento de protonema. Anterídios e arquegônios são superficiais. Os maiores representantes de briófitas estão nesta classe, podendo exceder a 30 cm de comprimento, como por exemplo no gênero *Dawsonia*.

O esporófito é bem visível, clorofilado e bastante diferenciado, apresentando cápsula envolta por tecido multiestratificado onde a camada externa pode apresentar um tipo primitivo de estômatos. No interior da cápsula encontram-se os esporos, ao redor de uma columela. A maturação dos esporos no interior da cápsula é simultânea. A deiscência é transversal, através da abertura do opérculo, sendo a dispersão dos esporos auxiliada por movimentos higroscópicos do peristômio.

A Classe Musci é a maior dentre as briófitas, sendo representada por cerca de 700 gêneros e 14.000 espécies.

IMPORTÂNCIA

As briófitas são ecologicamente importantes por serem espécies pioneiras na colonização, criando condições para a instalação posterior de outros organismos. Por esse motivo, são plantadas em locais sujeitos à erosão.

O gênero *Sphagnum* é aproveitado por sua capacidade de absorção e retenção de

líquidos sendo utilizado, por exemplo, na horticultura ou em derrames de petróleo.

A **turfa**, utilizada como combustível, é proveniente da deposição de *Sphagnum* em lagos de origem glacial no hemisfério norte. A parede celular desse gênero possui grande capacidade de absorção de bases, ao mesmo tempo em que libera íons H^+ levando, em locais onde suas abundâncias é grande, à acidificação do meio (até pH 3,0) e impedindo a existência de organismos decompositores. A deposição de sucessivas camadas desses vegetais mortos leva assim a formação das turfeiras. O uso de turfa na destilação do uísque escocês dá a essa bebida seu aroma característico.

Gametófito - Resumo das características diferenciais nas três classes de briófitas.

	Hepaticae	Anthocerotae	Musci
Estrutura	Taloso ou folhosos	Talosos	Folhosos
Simetria	Dorsiventral ou unicelular	Dorsiventral	Radial
Rizóides	Unicelular	Unicelulares	Pluricelulares
Cloroplastos/célula	Vários	Um	Vários
Protonema	Reduzido	Ausente	Presente
Anterídios/aruegônios	Superficiais	Imersos	Superficiais

Esporófito - Resumo das características diferenciais nas três classes de briófitas.

	Hepaticae	Anthocerotae	Musci
Estrutura	Pequeno, aclorofilado	Grande, clorofilado	Grande, clorofilado
Crescimento	Definido	Contínuo	Definido
Seta	Presente	Ausente	Presente
Forma da cápsula	Simples	Alongada	Diferenciada (opérculo, peristômio)
Maturação dos esporos	Simultânea	Gradual	Simultânea
Dispersão dos esporos	Elatérios	Pseudoelatérios	Dentes do peristômio
Columela	Ausente	Presente	Presente
Deiscência	Longitudinal ou irregular	Longitudinal	Transversal
estômatos	Ausente	Presente	Presente

INTRODUÇÃO ÀS PLANTAS VASCULARES

As Criptógamas vasculares são assim chamadas por possuir tecidos vasculares que permitem a condução de água, sais minerais e outras substâncias através do vegetal. As características que permitem sua diferenciação das briófitas podem ser assim resumidas:

- Presença de tecidos vasculares.
- Lignificação de parte das células (parede celular).
- Histórico de vida diplobionte, com alternância de gerações heteromórfica onde o esporófito, dependente apenas na fase inicial de seu desenvolvimento, é dominante e o gametófito, embora diminuto, é independente.
- Grande número de estômatos em todas as partes fotossintetizantes do vegetal.

As criptógamas vasculares, assim como as briófitas, possuem ainda em comum com as algas verdes o tipo de pigmentos (clorofilas *a* e *b*, carotenóides - luteínas, β -caroteno), amido como substância de reserva, parede celulósica e a presença de flagelos (no caso das criptógamas terrestres apenas no gameta masculino).

As criptógamas vasculares mantêm ainda a reprodução oogâmica, cutícula, gametângio e esporângio envolvidos por camadas de células vegetativas e histórico de vida diplobionte heteromórfico, adaptações já encontradas nas briófitas. São eucariontes, pluricelulares e fotossintetizantes, pertencendo, portando, ao Reino Plantae (*sensu* Whittaker, 1969).

Por essas características as criptógamas vasculares foram englobadas por muitos autores dentro de uma única divisão, denominada **Pteridophyta**. Entretanto, as pteridófitas são bastante diversas entre si, tanto em relação aos tecidos condutores e ao grau de lignificação, como também no que se refere à morfologia e reprodução, fator que levaram autores a incluí-las em quatro divisões diferentes, **Psilophyta**, **Lycopodophyta**, **ArthropHYta** e **Pterophyta**, como por exemplo no sistema apresentado por Scagel et al. (1965), adotado nesta apostila. Dados atuais reforçam essa tendência.

No histórico de vida o gametângio feminino, denominado arquegônio, possui em seu interior o gameta feminino, denominado oosfera. Os gametas masculinos são os anterozóides. Em condições adequadas de umidade, a parede do anterídio rompe-se e os anterozóides pequenos e flagelados são liberados, nadando então em direção ao arquegônio onde penetram por um canal especialmente diferenciado em sua porção mais alongada, até atingir a oosfera, ocorrendo então a fecundação. O zigoto germina sobre a

própria planta mãe, dando origem ao esporófito, fase dominante, dependente do gametófito apenas nos estágios iniciais. O esporófito irá formar, através de meiose, esporos que, ao germinarem, darão origem a um novo gametófito.

Existem vários tipos de cilindro vascular nas plantas vasculares. Os cilindros chamados **protosteles** possuem a parte central preenchida por xilema enquanto **sifonosteles**, **dictiosteles** e **eusteles** a têm preenchida por parênquima medular (tecido vivo). O grau de lignificação dos tecidos do caule é pequeno.

As folhas são classificadas em dois tipos, segundo o padrão de vascularização que apresentam: “folhas” onde os feixes vasculares que se dirigem à nervura foliar não deixam lacuna no cilindro vascular são denominadas **micrófilas**, sendo normalmente menores e apresentando nervuras não-ramificadas; as folhas onde os feixes vasculares que se dirigem à nervura foliar deixam uma lacuna preenchida por parênquima são denominadas **macrófilas**, podendo apresentar tamanho bem maior, com nervuras ramificadas.

DIVISÃO PSILOPHYTA

psilos (grego) = nú

phyton (grego) = planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Caule vascularizado e fotossintetizante.
- Ausência de raízes (presença de rizóides unicelulares).
- Ausência de folhas (presença de escamas).
- Esporângios terminais reunidos em sinângios.
- Homosporados (um único tipo de esporos).
- Gametófito cilíndrico aclorofilado.

HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA

A Divisão Psilophyta compreende os vegetais vasculares mais simples, possuindo esporófito de tamanho relativamente pequeno quando comparado às demais Pteridófitas, com caule cilíndrico, fotossintetizante, cilindro vascular tipo protosteles, pouco lignificado, e sem folhas ou raízes, apresentando apenas escamas ou rizóides.

Os esporângios terminais estão situados em ramos laterais muito curtos, reunidos em grupos de três, formando **sinângios**. A partir da meiose ocorrida nos esporângios surgem esporos cujo desenvolvimento origina os gametófitos.

O gametófito monóico é efêmero e diminuto, tendo formato cilíndrico, é saprófita e independente do esporófito, apesar de ser totalmente aclorofilado. Encontra-se sempre em simbiose com fungos.

Existem apenas dois gêneros atuais, *Psilotum* e *Tmesipteris*, o primeiro característico de regiões tropicais e o segundo nativo da Nova Zelândia e Austrália.

Embora muitos autores considerem esta divisão a mais primitiva dentre as pteridófitas, recentemente foi sugerido que ela seria derivada a partir de pterófitas, em função da existência de representantes desse grupo (ex. *Stromatopteris*), cujos gametófitos apresentam morfologia semelhante e também são saprófitas com esporófitos

sem raízes ou com raízes pouco diferenciadas e não funcionais, entre outras características. Entretanto, esta teoria não foi completamente aceita por muitos botânicos em função das muitas características distintas entre estes representantes e *Psilotum*.

DIVISÃO LYCOPODOPHYTA

lycos (grego) = lobo

podos (grego) = pé

phyton (grego) = planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Caule, raízes e folhas verdadeiras (vascularizadas).
- Esporângios reunidos em estróbilos.
- Homosporadas ou heterosporadas.
- Gametófito cilíndrico clorofilado.

HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA

A Divisão Lycopodophyta compreende vegetais vasculares cujo esporófito possui caule, raíz e folhas verdadeiras, vascularizadas (com xilema e floema). As folhas dispõem-se espiraladamente ao redor do caule e são do tipo **micrófila**.

No ápice dos ramos férteis encontram-se os **estróbilos**, estruturas especiais onde os esporângios encontram-se reunidos, situados na axila de folhas modificadas com função de proteção.

Nos esporângios, a partir da meiose, diferenciam-se esporos haplóides que originam os gametófitos. As licopodófitas podem ser **homosporadas** (ex. *Lycopodium* sp.) como briófitas ou psilófitas. Entretanto, alguns gêneros podem apresentar esporângios diferenciados originando dois tipos de esporos: **megasporângios**, onde são originados por meiose quatro esporos de tamanho maior, denominados **megásporos**, que se desenvolverão em gametófitos femininos e **microsporângios**, onde são originados, também por meiose, grande número de esporos de tamanho menor, denominados **micrósporos**, que darão origem à gametófitos masculinos. Plantas que possuem esse tipo de diferenciação de esporos e esporângios são denominadas **heterosporadas** (ex. *Selaginella* sp.).

Os gametófitos haplóides são maciços e sempre dióicos nas espécies heterosporadas, originando arquegônios ou anterídios que produzem anterozóides biflagelados.

A divisão apresenta apenas cinco gêneros atuais, dentre eles *Lycopodium*, *Selaginella* e *Isoetes*, amplamente distribuídos em regiões tropicais e temperadas.

DIVISÃO ARTHROPHYTA

arthros (grego) - articulado

phyton (grego) - planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Caule, raízes e folhas verdadeiras (vascularizadas).
- Esporângios reunidos em esporangióforos.
- Homosporadas.
- Esporos com elatérios.
- Gametófito membranoso clorofilado.

HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA

A Divisão ArthropHYTA compreende vegetais vasculares com folhas micrófilas de inserção verticilada, apresentando raízes verdadeiras (vascularizadas).

No ápice dos ramos férteis encontram-se estruturas denominadas, da mesma forma que em Lycopodophyta, de estróbilos que se apresentam, no entanto, com estrutura diferente daquelas. Nas artrófitas, os esporângios encontram-se reunidos em **esporangióforos** (do grego, *foros* = portador), possivelmente originados a partir da fusão de ramos durante a evolução do grupo.

As artrófitas são homosporadas, originando-se nos esporângios apenas um tipo de esporo a partir da meiose. Os esporos possuem **elatérios** originados de sua parede celular e que, pela perda de água distendem-se quando se rompe o envoltório do esporângio e a umidade relativa diminui.

Os gametófitos haplóides originados a partir do desenvolvimento desses esporos são membranosos, dióicos, podendo apresentar dimorfismo sexual ou sendo monóicos, apresentando, nesse caso, **protoginia**, observando-se inicialmente o aparecimento dos arquegônios e, apenas após o desaparecimento destes, o de anterídios.

Esta divisão apresenta apenas um gênero atual, *Equisetum*, com espécies ocorrendo tanto em regiões temperadas como tropicais.

DIVISÃO PTEROPHYTA

pteros (grego) - pena

phyton (grego) - planta

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Caule, raízes e folhas verdadeiras (vascularizadas).
- Folhas macrófilas (com exceções).
- Venação circinada e conseqüente presença de báculo.
- Esporângios reunidos em soros, espigas, sinângios ou esporocarpos.
- Homosporadas (heterosporadas em poucos grupos).
- Gametófito clorofilado.

HISTÓRICO DE VIDA E MORFOLOGIA

A Divisão Pterophyta compreende vegetais vasculares com folhas e raízes verdadeiras (vascularizadas).

As folhas são macrófilas na maioria dos grupos, ou seja, existe uma lacuna no cilindro vascular no ponto em que os feixes vasculares dirigem-se à folha. O maior grau de vascularização permite que as folhas nessa divisão atinjam um tamanho maior que nas demais criptógamas vasculares.

As folhas podem ser simples ou ter sua lâmina dividida, ficando os elementos resultantes da divisão (**folíolos**) ligados entre si pela nervura central da folha (**ráquis**). Estas folhas são denominadas **compostas** ou **pinadas**. Caso as divisões apresentadas cheguem até a ráquis, a folha é denominada **pinatisecta**, enquanto que, se as divisões forem incompletas, a folha é denominada **pinatifida**.

Folhas repetidamente subdivididas recebem a denominação de bipinadas, tripinadas, etc., podendo ser classificadas, por exemplo, em bipinatifidas ou bipinatisectas, em função do tipo de divisão apresentado.

O padrão de nervação das folhas apresenta grande importância taxonômica. Além disso, na maioria dos grupos, as folhas têm um arranjo peculiar da gema apical: a face

inferior da folha cresce mais que a superior (**vernação circinada**), resultando em seu enrolamento, formando uma estrutura característica denominada **báculo**.

O caule normalmente é subterrâneo, embora existam caules aéreos em alguns grupos.

Os esporângios encontram-se reunidos em **soros**, **esporocarpos**, **espigas** ou **sinângios**. Nos dois primeiros casos os esporângios encontram-se livres, protegidos ou não por uma camada de tecido protetor (**indúcio**), enquanto que tanto nas espigas como nos sinângios os esporângios estão fundidos dentro de tecido foliar. Espigas são formadas por ramos modificados fundidos entre si.

As pterófitas são classificadas ainda quanto à origem e ao tipo de desenvolvimento do esporângio. Esporângios **leptosporangiados** têm origem a partir de uma única célula superficial a partir da qual surge tanto o tecido esporígeno quanto o envoltório de células vegetativas, normalmente com uma única camada de células. Esporângios **eusporangiados** têm origem a partir de várias células superficiais surgindo, a partir de sua divisão, duas camadas superficiais, das quais a superior dará origem à um envoltório com muitas camadas e a interna ao tecido esporígeno.

Soros podem ocorrer na margem (soros marginais) ou na face inferior dos folíolos, podendo ser envolvidos por uma camada protetora (indúcio) ou não.

A forma do indúcio é variável. É chamado **falso indúcio** quando é resultado do dobramento da margem especialmente modificada da folha. Além disso, a **abertura** do indúcio pode ser **gradual** ou **completa**. O **indúcio** pode ser **persistente** ou **descíduo**, neste caso sendo totalmente perdido após a maturação dos esporos.

Nesses grupos, onde os esporângios encontram-se reunidos em soros, ocorre uma estrutura especialmente diferenciada, o **anel** (ou annulus) que, através de movimentos higroscópicos, é responsável pelo rompimento do **estômio**, uma camada de células de menor resistência, especialmente diferenciada para esse fim.

As células do anel são mortas e especialmente diferenciadas, apresentando as paredes voltadas para a face interna mais reforçada que a voltada para a face externa. Nesse processo, ao sofrerem dessecação, essas células, por efeito da coesão entre as moléculas de água existentes em seu interior, tem reduzido seu volume, pela contração da parede externa, menos reforçada. Com isso, ocorre uma redução do diâmetro do esporângio, forçando as células do estômio que, possuindo paredes pouco reforçadas, acabam por se romper, expondo os esporos. Com a continuidade do processo de dessecação, as células do anel continuam a se contrair, até que a força de coesão entre as moléculas de água em seu interior se torna menor que a tensão exercida pela parede externa, que retorna de forma explosiva ao seu tamanho original, arremessando os

esporos do interior do esporângio. Tal processo pode se repetir diversas vezes, a medida que as diferentes células do anel vão perdendo água.

O **anel** pode ser **longitudinal** ou **transversal** em relação ao eixo do esporângio. Ocorre de forma incipiente em certos grupos, sendo denominado então de **escudo**.

As pterófitas são, em sua maioria, homosporadas, sendo no entanto heterosporadas nos representantes aquáticos. Os esporos podem apresentar **maturação simultânea, gradual** ou **mista**.

Os gametófitos haplóides, também chamados de **protalos**, originados a partir do desenvolvimento desses esporos são membranosos, cordiformes (formato de coração) e monóicos.

A Divisão Pterophyta apresenta 10.000 espécies atuais, sendo sem dúvidas as criptógamas vasculares mais diversificadas no presente. Exibem considerável diversidade de habitats, sendo mais comuns em regiões tropicais, mas também podendo sobreviver em regiões temperadas graças aos rizomas suculentos que persistem durante o inverno. Apresenta uma única classe, **Filicopsida**, subdividida em seis ordens, com as características apresentadas na tabela a seguir.

	Ophioglossales	Marattiales	Osmundales	Filicales	Marsileales	Salviniales
AMBIENTE	Terrestre	Terrestre	Terrestre	Terrestre	Aquático ou terrestre	Aquático
FOLHA	Macrófila				Micrófila	
ESPORÂNGIO						
Agrupamento	Espiga	Sinângio	Pinas vegetativas	Soros	Esporocarpo (pina)	Esporocarpo (indúcio)
Origem	Eusporangiado		Leptosporangiado			
Camadas	Várias	Várias	2	1	1	1
Diferenciação	Homosporado				Heterosporado	
Anel	Ausente	Ausente	Não há (escudo)	Presente	Ausente	
Exemplos	<i>Ophioglossum</i>	<i>Marattia</i>	<i>Osmunda</i>	<i>Polypodium</i> <i>Adiantum</i>	<i>Marsilea</i>	<i>Salvinia</i> <i>Azolla</i>

FÓSSEIS DE CRIPTÓGAMAS VASCULARES

As Divisões Psilophyta, Lycopodophyta e ArthropHYta representam antigas linhas de plantas terrestres, com poucos representantes atuais. Os primeiros fósseis indiscutíveis de plantas vasculares são encontrados a partir do Período Devoniano (Era Paleozóica) sendo, na realidade, mais antigos no registro geológico que as briófitas. Uma vez que o número de fósseis encontrados é diretamente dependente do grau de lignificação do corpo vegetal, é possível que as briófitas já existissem antes desse período, mas que fósseis não tenham sido encontrados. Há evidências da existência de plantas terrestres no período anterior, o Siluriano, interpretadas como esporos ou partes de xilema.

Entre os fósseis mais antigos de plantas vasculares encontra-se o gênero *Rhynia* pertencente à extinta Divisão Rhyniophyta, tendo morfologia muito simples, apresentando caule ereto fotossintetizante, com ramificação dicotômica e esporângios terminais. Não possuía folhas ou raízes, sendo as primeiras substituídas e por rizóides, respectivamente. O cilindro vascular é do tipo protostélico.

A Divisão Lycopodophyta, também originada no Período Devoniano, teve seu maior desenvolvimento durante os Períodos Carbonífero e Permiano, sendo amplamente dominante nesse período, com exemplares de grande altura e tecidos altamente lignificados, como por exemplo *Lepidodendron*, que atingia até 30 m de altura. A Divisão ArthropHYta apresenta um desenvolvimento paralelo à de Lycopodophyta, podendo ser exemplificada pelo gênero *Calamites*. As plantas desse período constituíram grandes florestas. Parte delas se transformou nas jazidas de carvão mineral atuais.

As primeiras Pterophyta datam do Devoniano médio. Plantas com aspecto semelhante às filicineas atuais, com folhas compostas, são mais abundantes no Carbonífero e Permiano, como por exemplo o gênero *Psaronius*.

ANCESTRAIS DAS PLANTAS TERRESTRES

Diversas teorias vêm sendo formuladas procurando apontar quais grupos, dentre as algas, seriam os ancestrais das plantas terrestres. O aumento do conhecimento sobre a citologia, genética e bioquímica das algas vem modificando substancialmente essas teorias, fornecendo novos elementos para o conhecimento da relação entre algas e plantas terrestres.

É aceito de forma geral que as plantas terrestres originaram-se a partir de algas da Divisão Chlorophyta, com clorofila *a* e *b*, que possuem não apenas o mesmo tipo de pigmentos mas também o mesmo tipo de reserva celular (amido) e os mesmos componentes na parede celular (celulose e pectina).

Dentro das Chlorophyta a linha das carófitas é a que apresenta maior semelhança com as plantas terrestres, sendo possível que estas correspondam à linhagem precursora das plantas terrestres. Dentro dessa linha, o gênero atual *Coleochaete* (Ordem Coleochaetales) é o que possui maiores semelhanças com as plantas terrestres:

- 1) Presença de parênquima verdadeiro.
- 2) Divisão celular do tipo fragmoplasto, fibras do fuso persistentes durante a telófase, mantendo os núcleos afastados entre si.
- 3) Reprodução oogâmica.
- 4) Retenção do zigoto na planta mãe.
- 5) Gameta feminino e zigoto recobertos por camada de células vegetativas.

Os eventos evolutivos necessários para que uma alga desse tipo se transformasse em uma planta terrestre, seriam os seguintes:

- 1) Retardo na meiose (que em *Coleochaete* é zigótica).
- 2) Desenvolvimento do zigoto dentro do gametófito.
- 3) Estabelecimento de uma relação nutricional entre gametófito e zigoto.

TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS EM CRIPTÓGAMAS TERRESTRES

Diferentes teorias têm sido propostas para explicar a evolução das plantas terrestres. O grau de evolução de um grupo é analisado em função da presença de características consideradas primitivas e derivadas. Por sua vez, uma característica é considerada primitiva, ou derivada, em função de seu grau de complexidade nos diferentes grupos, nas habilidades competitivas que confere, ou de sua presença ou ausência em outros vegetais considerados primitivos ou derivados.

Possíveis tendências evolutivas na localização dos esporângios nas diferentes divisões de plantas vasculares são levantadas normalmente a partir de um ancestral hipotético semelhante à *Rhynia*, fóssil mais antigo conservado de plantas vasculares. Em Psilophyta, Lycopodophyta e ArthropHYta sugere-se uma redução dos ramos que transportam os esporângios. No caso de Lycopodophyta os esporângios ficam, ao final do processo evolutivo, protegidos por folhas, enquanto em ArthropHYta ficariam protegidos pelos próprios ramos fundidos. Em Pterophyta, a partir do ancestral tipo *Rhynia* formar-se-iam ramos com folhas compostas, estando os esporângios inicialmente na borda da folha. Dessa forma, a presença de soros na face inferior da folha é considerada um caráter derivado.

O conjunto de dados morfológicos de espécies atuais e fósseis, associado a dados moleculares, tem originado novas interpretações acerca dos agrupamentos filogenéticos das criptógamas terrestres. Acredita-se que os grupo de briófitas tenham tido origens independentes, estando as hepáticas mais próximas do ancestral aquático e os antóceros e musgos mais relacionados às plantas vasculares. Dentre estas, dois grupos se destacam, o primeiro incluindo as licopodófitas e grupos fósseis e o segundo as artrófitas, pterófitas e plantas com sementes.

Devido a essa interpretação os grupos de briófitas, aqui apresentados por razões didáticas, como classes, são considerados atualmente como divisões independentes entre si.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS CRIPTÓGAMAS VASCULARES

Embora as pteridófitas atuais sejam pouco importantes economicamente, os representantes fósseis desse grupo apresentam grande importância por sua contribuição na formação de parte das reservas de carvão vegetal que vêm sendo utilizadas pelo homem e cuja importância vem sendo explorada em países em desenvolvimento, especialmente na China, para o fornecimento de energia em usinas termo elétricas.

Representantes atuais são utilizados na alimentação, especialmente no Oriente, sendo consumidos tanto folhas jovens como partes do rizoma desses vegetais. As frondes desses vegetais também são utilizadas para preparação de chá ou bebidas alcoólicas.

Algumas espécies são utilizadas em certas regiões para fins medicinais como, por exemplo, o tratamento de verminoses, reumatismos ou úlceras.

Devido ao aspecto de certas frondes, as criptógamas vasculares são utilizadas também para fins ornamentais, tanto vivas como secas.

O gênero aquático *Azolla* ocorre associado à algas azuis (*Anabaena azollae*) fixadoras de nitrogênio, sendo utilizado para o enriquecimento do solo em plantações de arroz no Oriente.

As pteridófitas são ainda utilizadas no controle da erosão do solo.

REFERÊNCIAS

- Banks, H.P. 1970. Evolution and plants of the past. The MacMillan Press Ltd. London.
- Bold, H.C. 1972. O reino vegetal. Editora Edgard Blucher Ltda. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bold, H.C., Alexopoulos, C.J. & Delevoryas, T. 1987. Morphology of plants and fungi. Harper & Row, Pub. New York.
- Brade, A.C. 1958. Chaves artificiais para determinação de gêneros e subgêneros brasileiros da Família Polypodiaceae. Conselho Nacional de Pesquisas, Rio de Janeiro.
- Clarke, G.C.S. & Duckett, J.G. 1979. Bryophyta systematics. Academic Press London.
- Conard, H.S. 1956. How to know the mosses and liverworts. W.M.C. Brown Co. Publishers, Dubuque.
- Delevoryas, T. 1966. Diversificação nas plantas. Livraria Pioneira, São Paulo.

- Doyle, W.T. 1970. The biology of higher cryptogams. The MacMillan Co., Toronto,.
- Foster, A.F. & Gifford, E.M. 1974. Comparative morphology of vascular plants. W.H. Freeman Company, San Francisco.
- Hell, K.G. 1969. briófitas talosas dos arredores da Cidade de São Paulo (Brasil). Bolm Botânica Univ. S. Paulo, 335. ser. Bot. 25: 1-187.
- Joly, A.B. 1975. Botânica. Introdução a taxonomia vegetal. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- JONES, D.L. 1987. Enciclopedia of ferns. Timber Press, Portland.
- Lawrence, G.H.M. 1951. Taxonomia das plantas vasculares. Fund. Calouste Gulbenkian. Vol. 1. Capítulos 1-4.
- Kenrick, p. & Crane, P.R. 1997 The origin and early evolution of plants on land. Nature, 389: 33-39.
- Mcalaster, A.L. 1969. História geológica da vida. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo.
- Mendes, J.C. 1977. Paleontologia geral. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Oliveira, E.C. 2003. Introdução à biologia vegetal. 2a ed. Edusp, São Paulo, SP, Brasil.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. Biologia Vegetal. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Rawitscher, R. 1972. Elementos básicos de botânica. Companhia Editora Nacional, São Paulo.
- Scagel, R.F.; Bandoni, R.J.; Rouse, G.E.; Schofield, W.B.; Siein, T.R. & Taylor, T.M.C. 1965. An evolutionary survey of the plant kingdom. Wadsworth Publishing Co., Inc., California.
- Schofield, W.B. 1985. Introduction to Bryology McMillan Publishing Company, New York.
- Smith, G.M. 1979. Botânica criptogâmica. II. volume, Briófitas e Pteridófitas. Fundação Caluste Gulbenkian, Lisboa.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. Ferns and allied plants - With special reference to Tropical America. Springer-Verlag, New York.
- Watson, E.V. The structure and live of Bryophytes. Hutchinson, London.

AULAS PRÁTICAS DE BRYOPHYTA, PSILOPHYTA, LYCOPODOPHYTA E ARTHROPHYTA

Objetivos: Coleta, identificação e caracterização morfológica de gêneros de briófitas e pteridófitas vasculares. Reconhecimento de gametófitos e esporófitos e de suas estruturas especializadas.

Procedimentos: A coleta deverá ser efetuada em jardins com acompanhamento de um professor ou monitor. Os exemplares coletados deverão ser imediatamente acondicionados em placas de petri tampadas para evitar dessecação. Observe com cuidado e anote as características do ambiente em que cada espécie é encontrada.

Ao final de cada aula prática serão selecionados grupos voluntários para apresentação dos diferentes materiais estudados.

DIVISÃO BRYOPHYTA

1) *Marchantia* (Classe Hepaticae)

a) Observe macroscopicamente o gametófito quanto à cor, espessura maneira de fixação no substrato e ramificação.

b) Observe conceptáculos e propágulos. Qual a função dos propágulos?

c) Faça um corte transversal ao talo e observe cuidadosamente sua organização vista ao microscópio, partindo da epiderme, na face superior, até os rizóides, na face inferior. Com o auxílio da literatura, procure compreender o que são os diferentes tecidos. Faça um esquema com legenda.

d) Procure distinguir os gametófitos masculinos e femininos, respectivamente, com arquegonióforos (chapéu feminino, lobado) e anteridióforos (chapéu masculino, digitado).

e) Utilize lâminas preparadas e permanentes, disponíveis na aula, para observação de arquegônios, anterídios e esporófitos. Procure saber onde essas estruturas se localizam na planta.

2) *Symphyogyna* (Classe Hepaticae)

a) Observe macroscopicamente o talo quanto a ramificação, espessura e cor e compare com o de *Marchantia*.

b) Com o auxílio da literatura e de um esteromicroscópio identifique gametófitos femininos e masculinos. Identifique anterídios, arquegônios e esporófitos em desenvolvimento sob as escamas situadas na face dorsal dos gametófitos.

c) Caso haja esporófitos maduros, faça um esmagamento entre lâmina e lamínula para observação dos elatérios e esporos.

d) Esquematize todas as estruturas observadas, colocando legendas.

3) *Anthoceros* (Classe Anthocerotae)

a) Observe macroscopicamente os gametófitos. Note, na face dorsal, os esporófitos filiformes. Esquematize.

b) Coloque um fragmento do gametófito sobre uma lâmina com uma gota de água e observe em um esteromicroscópio. Note a presença, internamente, de manchas escuras que correspondem a colônias de *Anabaena* associadas ao gametófito. Observe o número de cloroplastos e os pirenóides.

c) Após esmagar o material, observe a alga azul associada.

d) Prepare uma lâmina, esmagando o esporófito e tente interpretar suas estruturas com o auxílio da literatura disponível. Esquematize o que estiver observando.

4) *Sematophyllum* (Classe Musci)

a) Observe macroscopicamente os gametófitos e esporófitos.

b) Esquematize, a partir de observações no esteromicroscópio, o gametófito e esporófitos em vários graus de desenvolvimento, indicando, com o auxílio da literatura as estruturas haplóides e diplóides.

c) A partir do material coletado, procure identificar qual característica permite a distinção de um protonema de musgo de uma alga verde filamentosa.

CRIPTÓGAMAS VASCULARES: DIVISÕES PSILOPHYTA, LYCOPODOPHYTA E ARTHROPHYTA

1) *Psilotum* (Divisão Psilophyta)

a) Observe, em demonstração, a planta viva, notando o caule verde, dicotomicamente ramificado e provido de pequenas escamas descíduais.

b) Observe, em lâmina permanente, diafanizada e corada, um segmento do caule, procurando identificar, com o auxílio da literatura, as diferentes estruturas e tecidos visíveis. Faça um esquema.

2) *Lycopodium* (Divisão Lycopodophyta)

a) Observe a planta macroscopicamente, retire uma porção terminal de um ramo contendo estróbilos e observe no esteromicroscópio. Dissecte as folhas do estróbilo com uma lupa procurando, com o auxílio da literatura, entender sua organização.

b) Faça cortes longitudinais medianos ao estróbilo, mantendo-o úmido com uma gota de água. Observe sua estrutura e a dos esporos.

3) *Selaginella* (Divisão Lycopodophyta)

a) Proceda como no material anterior.

b) Observe as diferenças quanto à morfologia geral, distribuição e tamanho das folhas, esporângios e esporos.

4) *Equisetum* (Divisão ArthropHYta)

a) Com o auxílio da literatura procure entender a estrutura macroscópica dando particular atenção à disposição de ramos e folhas no caule, posicionamento dos esporângios e estrutura interna do caule.

b) Dissecte os esporângios em um esteromicroscópio, retirando, com o auxílio de uma pinça e um estilete, os esporangióforos hexagonais, com esporângios agrupados ao redor do eixo central.

c) Prepare uma lâmina esmagando os esporângios e observe no esteromicroscópio e ao microscópio. Procure identificar as estruturas responsáveis pela dispersão dos esporos.

CRIPTÓGAMAS VASCULARES: DIVISÃO PTEROPHYTA

Procure identificar, com o uso da chave dicotômica neste guia, complementada pela chave para a Família Polypodiaceae, o exemplar previamente coletado. Anote que tipo de características são importantes na separação dos gêneros dentro desse grupo.

Após a identificação, siga os procedimentos abaixo indicados para cada gênero.

1) *Polystichum* (Ordem Filicales)

- a) Observe a morfologia das folhas e, no esteromicroscópio, os soros.
- b) Selecione soros ainda verdes e faça cortes transversais medianos, procurando entender sua estrutura com o auxílio da literatura.
- c) Remova o indúzio e monte os esporângios em uma lâmina ainda com glicerina para observar como se dá a deiscência (abertura) dos esporângios.
- d) Observe a venação dos folíolos.
- e) Esquematize as estruturas observadas.

2) *Ophyoglossum* (Ordem Ophyoglossales)

a) Observe a morfologia geral procurando entender sua organização vegetativa e reprodutiva. Compare com o representante de Filicales visto anteriormente.

3) *Salvinia* (Ordem Salviniiales)

a) Observe a morfologia geral da planta e a distribuição das folhas em torno do caule. Procure entender sua organização e identificar as estruturas que auxiliam em sua flutuação. Esquematize as estruturas observadas.

b) Observe os soros (esporocarpos) macroscopicamente. Corte-os e observe, a lupa e ao microscópio, os esporângios.

c) Como é possível provar que os folíolos mais subdivididos, semelhantes a raízes, na realidade não o são?

4) *Osmunda* (Ordem Osmundales)

a) Observe macroscopicamente a fronde, notando a distinção entre os folíolos vegetativos e outros modificados, onde se diferenciam os esporângios.

b) Observe a lupa os folíolos férteis e procure ver como se dá a deiscência dos

mesmos.

5) Outros exemplares da Família Polypodiaceae

Identifique ao menos mais um exemplar dessa família, procurando o aperfeiçoamento no uso da chave dicotômica.

Chave dicotômica artificial para identificação de alguns gêneros de Pteridófitas do Jardim do Departamento de Botânica- USP

1a. Ausência de folhas, caule ramificado dicotomicamente, esporângios fundidos em grupos de 3 lateralmente ao caule, na axila de escamas	<i>Psilotum</i>
1b. Folhas presentes, esporângios reunidos de outra forma	2
2a. Plantas aquáticas flutuantes, esporângios em esporocarpos	3
2b. Plantas diferentes, se aquáticas não flutuantes	4
3a. Plantas menores que 3 cm, folhas divididas em um folíolo superior e um inferior	<i>Azolla</i>
3b. Plantas maiores que 3 cm, folhas divididas em 2 folíolos superiores e um inferior	<i>Salvinia</i>
4a. Folhas menores que 2 cm, esporângios reunidos em estróbilos	5
4b. Folhas maiores que 2 cm, esporângios reunidos de outra forma	7
5a. Folhas dispostas verticiladamente, caule articulado	<i>Equisetum</i>
5b. Folhas inseridas espiraladamente no caule, podendo apresentar-se em certos casos torcidas, resultando em uma disposição dística	6
6a. Disposição espiralada, folhas de um único tipo, plantas homosporadas	<i>Lycopodium</i>
6b. Disposição dística, folhas de dois tipos (heterofilia), plantas heterosporadas	<i>Selaginella</i>
7a. Folhas simples, esporângios em espigas férteis que se originam na base da folha	<i>Ophyoglossum</i>
7b. Folhas compostas, esporângios reunidos de outra forma	8
8a. Folhas compostas por 4 folíolos, dispostos verticiladamente, resultando em forma de trevo, esporângios em esporocarpos	<i>Marsilea</i>
8b. Folhas pinadas, esporângios em soros ou em ramos modificados	9
9a. Esporângios sem anel típico, apenas com um grupo de células reforçadas (escudo)	<i>Osmunda</i>
9b. Esporângios sempre providos de anel	10

10a. Anel completo, caracteristicamente apical ou sub-apical, transversal, sem estômio, folhas de crescimento contínuo e hábito de trepadeira	Lygodium 11
10b. Anel nunca transversal apical, plantas com outro hábito	
11a. Folhas com ráquis ramificado dicotômicamente Anel completo, transversal inferior, sem estômio definido. Soros com poucos (3-8) esporângios grandes	Gleichenia 12
11b. Folha não regularmente dicotômica	
12a. Anel longitudinal oblíquo, completo ou não. Plantas arborescentes com caule aereo	Alsophylla <u>Prosseguir na chave para Família Polypodiaceae (disponível para consulta)</u>
12b. Anel perfeitamente longitudinal, interrompido por estômio	

Pteridófitas - Glossário para a Chave de Identificação

TERMO	ÓRGÃO	SIGNIFICADO
Acuminados	(indúσιο, vários órgãos)	agudo
Anastomasantes	(nervuras)	confluentes
Arestadas	(margem)	aristadas, terminada por ponta delgada
Arredondados	(soros)	circulares em vista superficial
Auriculado	(vários órgãos)	forma de orelha
Bipinadas	(folhas)	com pinas (folíolos) de 2ª ordem
Caduco	(indúσιο)	decíduo, que se desprende
Confluentes	(soros, nervuras)	convergentes
Contínuos	(soros)	forando continuamente toda ou grande parte da superfície da folha
Coreácio	(limbo)	coriáceo, consistência de couro
Crenadas	(folhas ou margem)	com recortes arredondados
Cuneiformes	(folhas)	forma de cunha
Dentadas	(folhas ou margem)	recortada em dentes
Digitadas	(folhas)	divididas em lobos dispostos como os dedos na mão.
Elipticos	(soros, indúσιο)	em forma de elipse
Estipuliforme	(vários órgãos)	como estípulas

TERMO	ÓRGÃO	SIGNIFICADO
Extrorso	(indúσιο)	abre para fora
Falciforme	(indúσιο)	reniformes, semi-hemisférico
Gameliforme	(indúσιο)	gamela, panela
Glabro	(vários órgãos)	sem pêlos
Herbáceo	(limbo)	tenro
Imergentes	(soros)	imersos
Incisas	(folhas ou margem)	com recortes profundos e irregulares
Integras	(folhas ou margem)	inteiras, simples
Introrso	(indúσιο)	abre para dentro
Lacerado	(vários órgãos)	rasgado = dilacerado
Lacínia		segmento profundo, estreito e pontiagudo de órgãos laminares como a folha
Lineares	(soros, indúσιο)	estreitos e alongados como uma linha
Livres	(nervuras)	não anastomosadas
Lobadas	(folhas ou margem)	com recortes pouco profundos arredondados
Membranacea	(margem)	delicada como uma membrana
Oblongos	(soros, folhas)	mais longos que largos, com bordos quase paralelos em grande extensão
Orbicular	(folha, limbo)	circular
Palmatífida	(folhas)	palmada = dividir (até o meio) como a palma da mão.
Papiráceo	(limbo)	consistência de papel
Pedado	(vários órgãos)	inseridos em suporte, paralelamente uns aos outros
Pedatiforme	(limbo)	inseridos em suporte
Peltado		com inserção no centro
Penadas = pinadas	(folhas)	dividida em folíolos, composta
Piloso	(vários órgãos)	com pêlos
Pina	(folha)	folíolo de folha composta
Pináfítidas	(folhas)	limbo pouco recortado. Os recortes chegam no máximo até a metade do limbo
Pinatissectas	(folhas)	limbo profundamente recortado. Os recortes chegam até a nervura
Pinato bipinatissecta	(folhas)	(penada, 2x pinatissecta)
Reflexa	(margem)	enrolada, revolvida
Reniformes	(indúσιο)	semi-Hemisférico, falciforme
Rosuladas	(folhas)	em roseta
Sagitado	(limbo)	em forma de seta

TERMO	ÓRGÃO	SIGNIFICADO
Secta	(vários órgãos)	subdividida, com insições que atingem a nervura
Simples	(folhas)	inteira, não dividida
Sinuada	(folhas ou margem)	sinuosa, ondulada
Solitários	(soros)	isolados
Superficiais	(soros)	na superfície
Trífido	(limbo)	tripartido
Tripinadas	(folhas)	com pinas (folíolos) de 3ª ordem

EXCURSÃO À MATA ATLÂNTICA

I) OBJETIVO

- a) Reconhecimento dos diferentes grupos de vegetais, particularmente criptógamas.
- b) Aspectos ecológicos.

II) MATERIAL

- a) Chapéu.
- b) Calça grossa.
- c) Calçado adequado (o ideal é uma bota).
- d) Repelente contra insetos.
- e) Capa de chuva.
- f) Canivete ou faca para coleta e sacos plásticos.
- g) Lanche.
- h) Lupa de mão.

Observações:

1. Tome cuidado com animais peçonhentos.
2. É absolutamente proibida a coleta de qualquer material dentro da área da reserva; se for o caso, colete após a saída da mesma.
3. Acondicione os restos de comida em sacos plásticos, não deixando vestígios na área da reserva.

III) ATIVIDADES

- a) Grupos de trabalho.

Os grupos deverão ser formados por aproximadamente 10-15 alunos e serão acompanhados por um professor.

Como dentro da reserva é proibida qualquer coleta, a documentação do material observado poderá ser feita utilizando-se máquina fotográfica.

IV) BIBLIOGRAFIA (Ler antes da excursão)

Coutinho, L.M. 1962. Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. Bol. Fac. Ciênc. Letras da Universidade de São Paulo, 18: 1-129.

Joly, A.B. 1970. Conheça a Vegetação Brasileira Editora da Universidade de São Paulo, 181 p.

A leitura prévia do capítulo 5 "A neblina da Serra" p. 47-58 permitirá o reconhecimento de muitos dos organismos presentes pelo próprio aluno, tornando bem mais interessante a excursão.

V) RELAÇÃO DOS GÊNEROS DAS DIVISÕES BRYOPHYTA E PTERIDOPHYTA MAIS COMUNS NA RESERVA BIOLÓGICA DE PARANAPIACABA.

PTERIDÓFITAS - PTEROPSIDA

SCHIZAEACEAE

Anemia. Ervas acaules. Folhas simplesmente pinadas. Folíolos grandes. O primeiro par de folíolos é fértil, longo, ramificado com esporângios densamente dispostos.

Lygodium (trepadeira). Raquis da folha volúvel. Folíolos primários, pinados. Esporângios nas margens franjadas dos folíolos secundários. Raquis liso e duro, amarelado.

GLEICHENIACEAE

Gleichenia. Acaule. Folhas nascendo aparentemente do solo, raquis tipicamente dicotômico. Folíolos primários disticamente dispostos. Gema dormente da dicotomia desenvolvendo-se mais tarde, repetindo o esquema de ramificação. Soros nús esparsos, com 3, 4 ou 5 esporângios grandes.

MARATTIACEAE

Marattia. Caule globóide revestido de estípulas carnosas, ao nível do solo (duas para cada folha). Folhas erectas muito divididas. Raquis de última ordem, distintamente alado. Limbo frágil e delicado. Sinângios pedunculados no lado dorsal dos folíolos de última ordem. Base do raquis de 2a. ordem, distintamente engrossado (nodoso).

HYMENOPHYLLACEAE

Hymenophyllum. Epífitas. rizoma negro, longo e fino, folhas esparsas delicadas. Ramificação dicotômica com eixo principal. Limbo extremamente fino contornando todas

as divisões do raquis que é negro, liso e brilhante nas porções inferiores (pecíolo). Soros terminais com indúcio bilabiado. Cheiro característico no rizoma.

Trichomanes. Epífitas ou terrestres. As epífitas com rizoma negro longo e fino, as terrestres acaules com folhas densamente dispostas. Ramificação dicotômica com eixo principal. Limbo extremamente fino bordejando todas as divisões do raquis que é negro, liso e brilhante. Soros terminais com indúcio em forma de cálice alongado.

CYATHEACEAE

Cyathea. Arbóreas, não ramificadas. Folhas enormes formando uma coroa no ápice do caule muito dividida. Em geral com espinhos negros no raquis e pecíolo. Tronco com restos persistentes de pecíolos velhos. Formação de xaxim abundante. Soros nus, esféricos muito bem arrumados nos folíolos.

Alsophila. Arbóreas, não ramificadas. Folhas enormes formando coroa no ápice, muito divididas, com ou sem espinhos. Tronco nu mostrando as enormes cicatrizes deixadas pelo pecíolo ao se desprender, dispostas em nítida espiral. Xaxim presente em maior ou menor quantidade. Soros como em *Cyathea*.

POLYPODIACEAE

Adiantum (avenca). Terrestres. Pecíolos e raquis pretos brilhantes lisos. Folíolos delicados, soros marginais, cada um, protegido pela margem dobrada do folíolo.

Blechnum. Ervas ou subarbóreas ou ainda escandentes. Soros longos, com indúcio, de ambos os lados da nervura principal. Folhas simplesmente pinadas. Há uma espécie com folhas férteis diferentes das folhas estéreis.

Elaphoglossum. Epífitas. Folhas inteiras, com escamas douradas ou não. Soros contínuos revestindo toda a superfície dorsal da folha fértil, que é diferente da folha vegetativa (em geral mais estreita).

Lindsaea. Terrestres. Folhas isoladas com pecíolo e raquis, lisos, negros e brilhantes. Folíolos disticamente dispostos, semilunares em contorno. Soros marginais.

Polypodium. Epífitas ou rupícolas. Folhas inteiras ou simplesmente pinadas. Soros de âmbito circular, nus. Às vezes plantas muito pequenas com aspecto de musgo, duras, com soros fundidos nas folhas férteis.

Polystichum (samambaia dos ramalhetes dos floristas). Terrestres, folhas isoladas eretas do solo. Pecíolos e raquis negros, lisos e brilhantes. Frondes de âmbito triangular, plana, verde brilhante. Soros circulares com indúcio. Negros quando maduros. Indúcio branco-leitoso caindo na maturação.

Pteridium. Terrestres. Frondes muito divididas, pecíolos e raquis negros ou

amarelados, lisos e brilhantes. Soros marginais contínuos embaixo da margem revoluta dos folíolos de última ordem. Invasora de terrenos antes ocupados por mata.

PTERIDÓFITAS - LYCOPSIDA

LYCOPODIACEAE

Lycopodium sp. 1. Terrestres. Caule erecto isolado ou ramificado uma vez, folhas pequenas densamente dispostas ao longo do caule de poucos centímetros de altura. Esporângios reniformes amarelos na axila de todas as folhas superiores. Ocorre em barrancos.

Lycopodium sp. 2. Terrestres. Caule rastejante fortemente presso ao substrato, ramificado dicotomicamente. Estróbilos isolados, erectos, grossos. Todas as porções revestidas de folhas pequenas. Folhas espiraladas.

Lycopodium cernuum. Terrestres. Caule erecto muito ramificado (dicotomias com desenvolvimento diferente). Folhas pequenas revestindo todas as porções caulinares. Estróbilos pequenos, um em cada ápice, sempre com pedúnculos. Folhas espiraladas.

SELAGINELLACEAE

Selaginella. Terrestres. Em touceiras ou com caules rastejantes, sempre distanciados do solo (rizóforo). Ramificação dicotômica folhas disticamente dispostas, pequenas apresentando heterofilia. Estróbilos terminais erectos, pequenos, com folhas não dísticas.

BRIÓFITAS

MARCHANTIALES

Marchantia. Terrestre. Cresce formando tapetes. Talo em fita dicotômica, cor verde característica, avermelhada do lado ventral. Rizóides só da região da nervura central. Cálices com propágulos, esparsamente distribuídos. Plantas femininas com arquegonióforo globóide, levemente lobado. Plantas masculinas com anteridióforo plano, digitiforme, profundamente lobado.

Dumortiera. Terrestre. Talo em forma de fita, ramificado dicotomicamente de cor verde claro. Arquegonióforo ou anteridióforo, sésseis, globóides no lado dorsal do talo, de cor verde bem claro.

JUNGERMANNIALES

Androcryphia. Terrestre. Cresce formando tapetes fofos. Talos em fita profundamente lobada nas margens com os lobos semelhantes a folhas disticamente

dispostos. Cor verde claro característica. Esporófito com longa seta alva e cápsula pequena esférica verde escuro.

Symphyogyna. Terrestre. Forma tapetes revestindo o substrato. Talo em fita estreita, não lobada, ramificada dicotomicamente com bordos crespos ou não, órgãos de reprodução no lado dorsal protegidos por escamas, os femininos espaçados sobre a nervura central. Os masculinos são densamente dispostos na nervura central e em geral aqui as fitas são mais estreitas, dando um aspecto pulverulento de cor amarelada à superfície do talo.

Riccardia. Terrestre. Talo em fita estreita (1 a menos de 1 mm de largura) verde escuro, ramificação dicotômica irregular, cresce por entre outras hepáticas às vezes isoladas. Muito freqüente.

Telaranea. Terrestre. Talo filamentosos, ramificado de cor verde-amarelada, em geral misturado com outras hepáticas. (Identificação segura só com lupa).

Isotachys. Terrestre. Talo folioso, cresce em densas almofadas, de cor vermelha-vinho-castanho, característica, folhas dísticas. Com anfigástrios.

ANTHOCEROTALES

Anthoceros ou *Phaeoceros*. Terrestres. Talo como pequenas folhas, de âmbito circular, margens crespas, em geral formando grandes colônias de cor verde escuro muito característica. Esporófitos erectos filiformes, abrindo-se por 2 valvas, marron.

SPHAGNALES

Sphagnum. Terrestre. Em densos aglomerados onde as porções mais velhas dos eixos estão mortas e compactadas. Eixos muito ramificados. Todas as porções revestidas de folhas pequeninas, densamente dispostas. cor verde-amarelada e esbranquiçada característica.

BRYALES

Leucobryum. Terrestres. Crescendo em almofadas densas de âmbito circular. Coloração branco-esverdeada muito característica.

Polytrichum. Terrestres. Crescendo em grandes conjuntos, densos, mas não almofadados, cobrindo grandes extensões, freqüente em barrancos. Eixos erectos não ramificados. Folhas verde escuro. Plantas masculinas quando férteis com cálice (periquécio) terminal. Plantas femininas reconhecíveis quando transportam o esporófito (com seta longa, cápsula grande coberta por caliptra ampla, cerdosa).

Hypopterygium. Terrestre ou mais freqüentemente sobre rochas verticais ou na base

de troncos. Eixos erectos não ramificados até certa altura, quando os ramos se formam aparecem sempre a 90° do eixo, disticamente em um único plano. Esporofitos erectos pequenos, sobre esta última porção.

LIQUENS - ASCOLIQUENS

Usnea. Epífita. Eixos cilíndricos abundantemente ramificados, revestidos de ramos curtos. Região medular branca e elástica. Cor cinza-esverdeada. Apotécios discóides, barbelado nas margens (barba de velho).

Cladonia. Epífita, no solo ou em pedras. Eixos erectos em geral cilíndricos de forma cônica invertida, verde claro. Apotécios reunidos no ápice, vermelhos (podécios). Eixos pulverulentos (com sorédios) de poucos centímetros de altura.

Cladonia. Terrestres em geral. Eixos cilíndricos, finos muito e irregularmente ramificados, cor cinza claro, formando almofadas.

Coenogonium. Epífita em troncos de árvore (parte baixa), cor verde. Talo com consistência de feltro; âmbito semicircular, em geral crescendo em um ângulo de 90° da superfície erecta do tronco. Apotécios cor-de-laranja do lado ventral, freqüentes.

Leptogium. Epífita ou sobre rochas. Talo foliáceo expandido, muito lobado, de margens crespas, de cor escura, superfície opaca não brilhante. Apotécios róseo-marrons ou de consistência gelatinosa firme, abundantes.

Cryptothecia sanguineum. Epífita nos troncos em geral de casca lisa. Talo fortemente presso, de âmbito circular de cor cinza-claro-vermelho vivo, de superfície pulverulenta.

LIQUENS - BASIDIOLIQUENS

Cora. Terrestres (às vezes epífitas). Talo foliáceo mole, em forma de ventarola, esbranquiçado-verde azulado, mostrando zonas concêntricas.

Dictyonema. Epífita. Cor cinza-branca-verde escuro, de consistência esponjosa, com zonas concêntricas não muito definidas. Talo de âmbito semicircular irregular. Raro.