



INSTITUTO FEDERAL
SÃO PAULO
Campus São Roque

Botânica I

Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos

fernandoss@ifsp.edu.br

www.fernandosantiago.com.br

(13) 7820-4644 / 8822-5365

aula 3

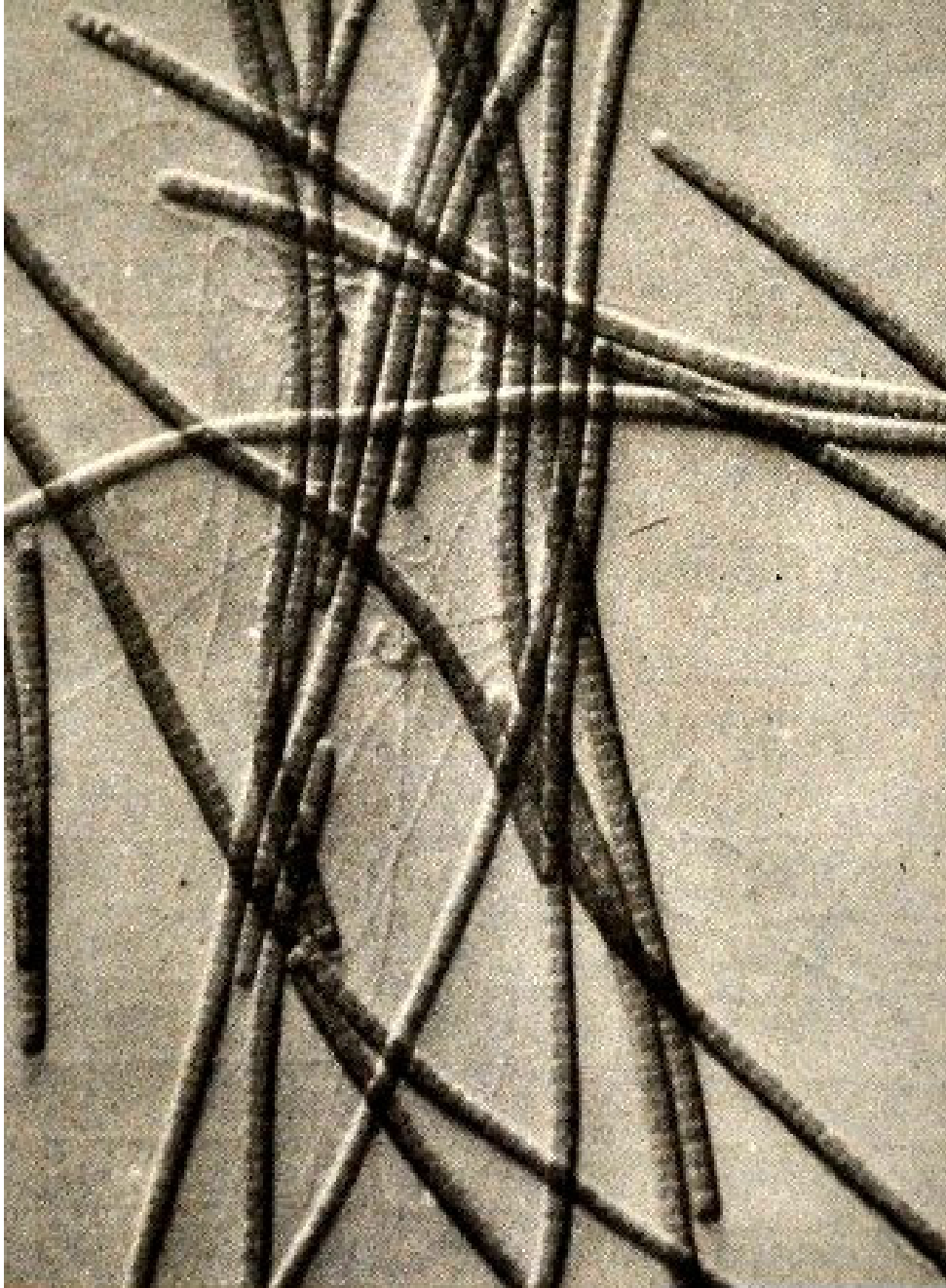
- **Cianobactérias** (Cyanobacteria)
- **Algas *sensu lato***: caracterização, morfologia, reprodução, tendências evolutivas, caracteres diagnósticos, sistemática e importância dos grandes grupos (Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta)

CIANOACTÉRIAS



acinetos

Anabaena,
cianobactéria
fixadora de
nitrogênio.
Colônia formada
por células em
forma de barril
unidas em uma
matriz gelatinosa.
Ocorrem
**heterocistos e
acinetos.**



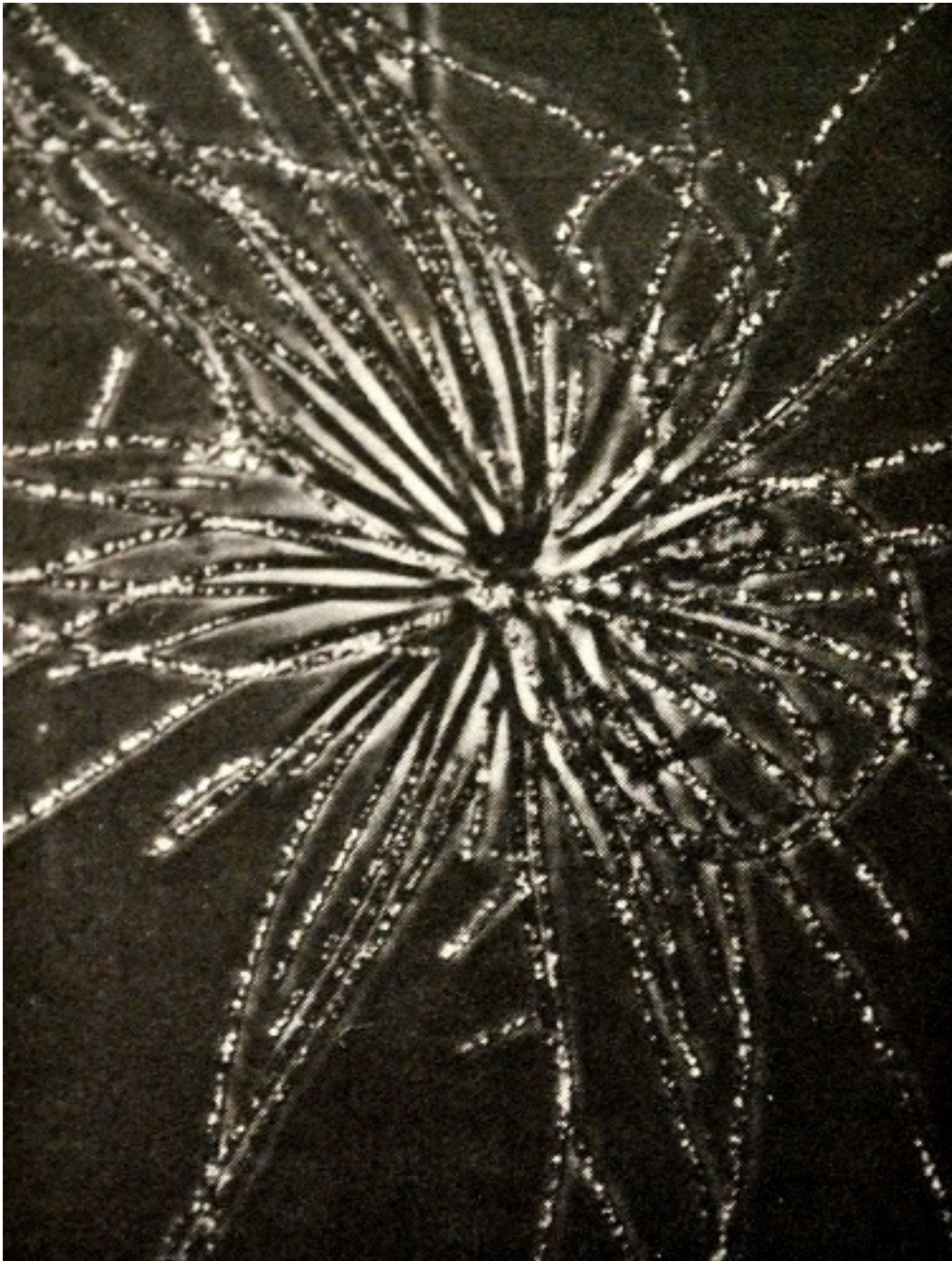
Oscillatoria, forma filamentosa na qual a única maneira de se reproduzir consiste na fragmentação dos **filamentos**.

(RAVEN et al., 1978, p. 214)

Gloeotrichia,
forma filamentosa
que origina um
heterocisto
basal.
Diferentemente
de *Oscillatoria*,
esta cianobactéria
pode gerar
acinetos, os
quais surgem
exatamente
acima dos
heterocistos.

(RAVEN et al., 1978, p.
214)





Thiothrix, uma **bactéria filamentosa quimiossintetizante** desprovida de clorofila. Esta espécie obtém energia a partir da **oxidação** do ácido sulfídrico. Os filamentos, inseridos ao substrato pela base formando uma 'roseta', estão cheios de gotículas de enxofre. **Em algumas classificações, já foram incluídas entre as cianobactérias**, como em Raven et al. (1978, p. 214).

Massas gelatinosas de *Nostoc commune*, cada uma contendo centenas de filamentos. Em ambientes dulcícolas é comum a visualização de massas globulosas semelhantes às de *Nostoc*, podendo ser de colônias de outras espécies.

(RAVEN et al., 1978, p. 214)





Divisão celular de *Anabaena*. Detalhe para as margens da célula em crescimento para o interior da célula. Não há formação de placa celular. (RAVEN et al., 1978, p. 217)



Dezenas de milhares de filamentos da cianobactéria planctônica *Trichodesmium* dão coloração avermelhada ao Mar Vermelho em suas típicas 'florescências' marinhas



http://pt.wikipedia.org/wiki/Mar_Vermelho

<http://www.coas.oregonstate.edu/index.cfm?fuseaction=content.display&pageID=589>

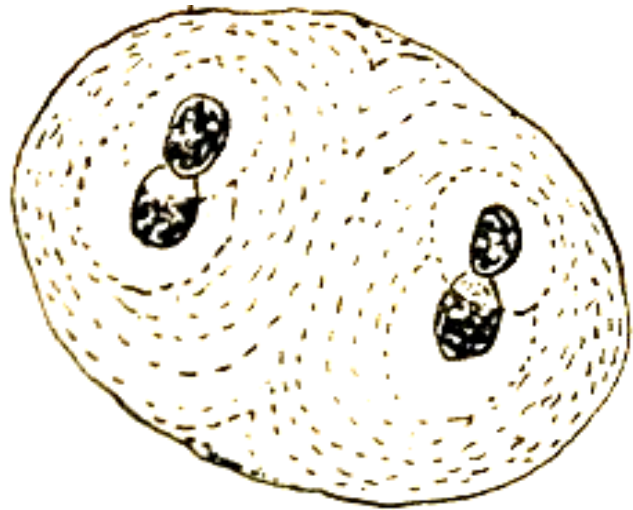
Características das Cianobactérias

1. Procariontes fotossintetizantes.
2. Responsáveis pelo acúmulo de O_2 na atmosfera primitiva (\rightarrow formação de O_3).
3. Clorofila-a (presente em eucariontes verdes).
4. Vários pigmentos acessórios (carotenoides, ficocianina e ficoeritrina).

Características das Cianobactérias

5. Clorofila-a e pigmentos acessórios **não encerrados em plastos** → espalhados em **sistema de membranas** na porção periférica da célula.

6. Parede celular **não celulósica** → mesmo tipo de polissacarídeo presente na parede das bactérias; além disso, parede contém **lipopolissacarídeos** (Gram Negativas).



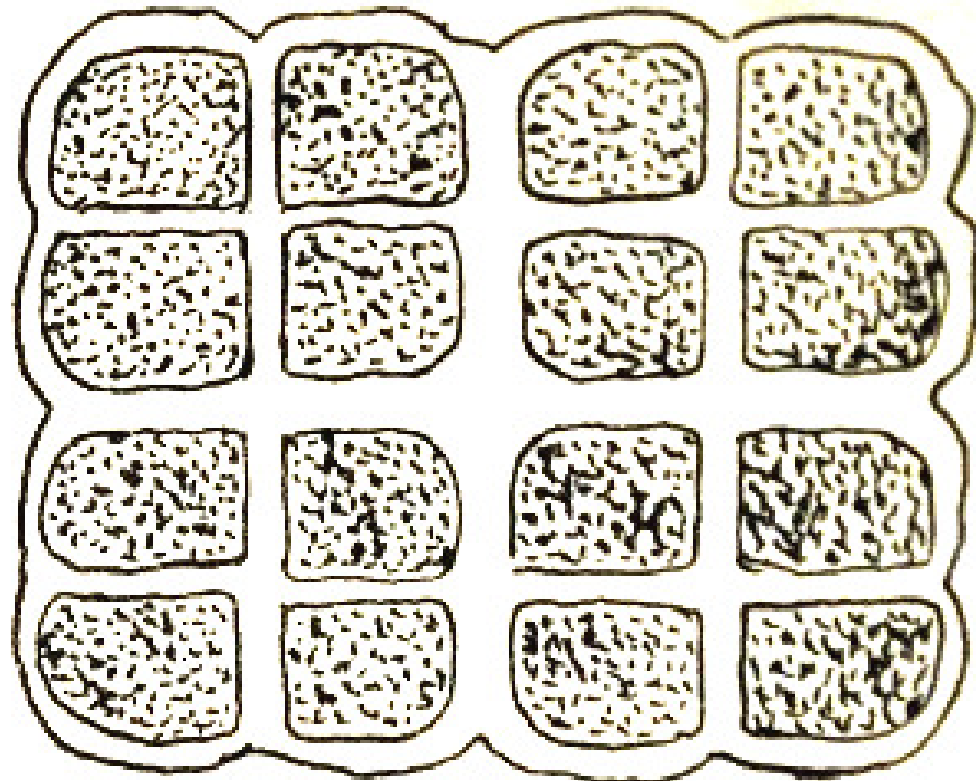
Duas colônias de *Anacystis*, com destaque para a camada de muco extracelularmente

(JOLY, 1977, p. 14)



Aspecto de uma colônia de *Agmenellum*

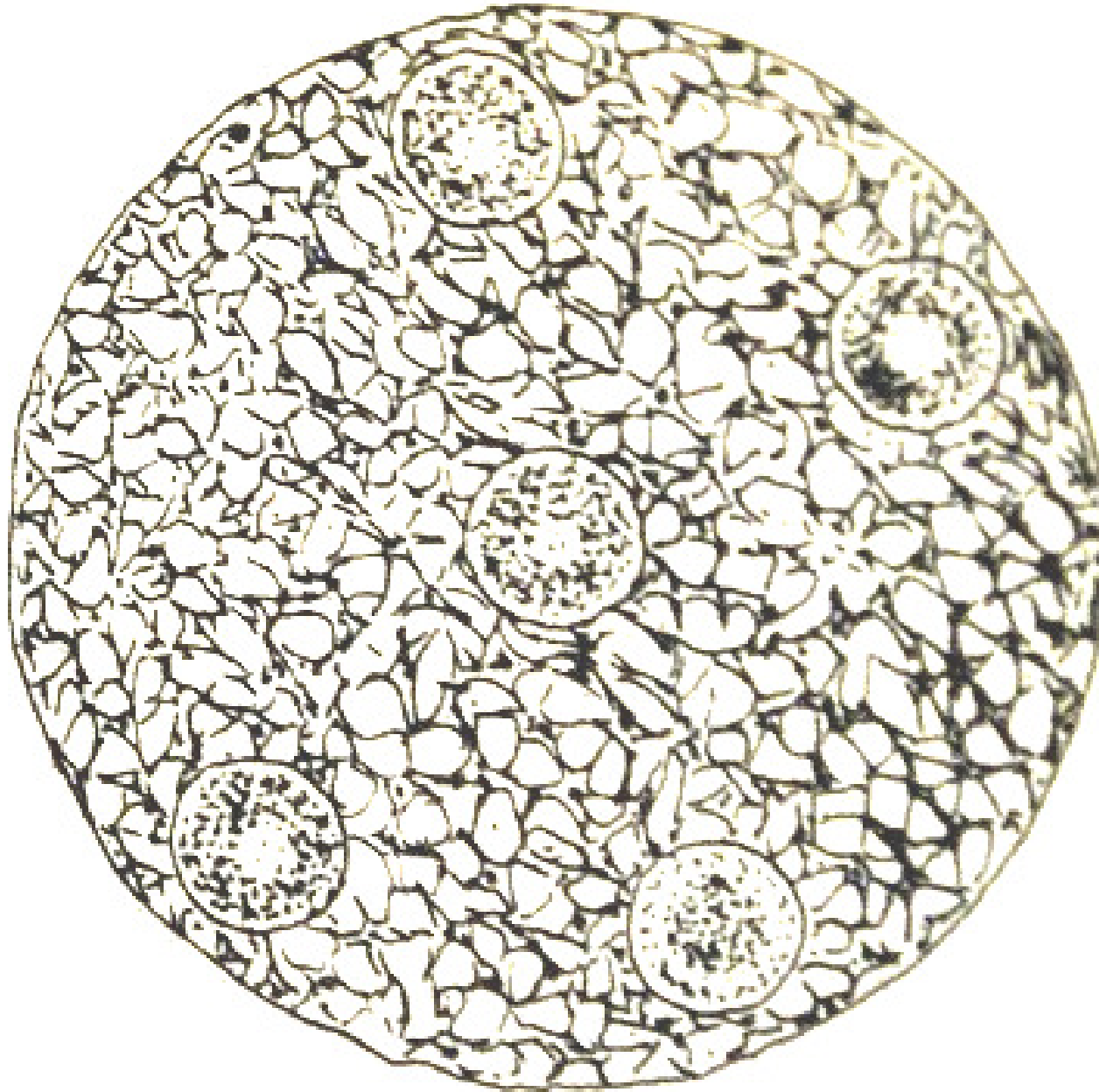
(JOLY, 1977, p. 14)



Características das Cianobactérias

7. Reserva energética hidrocarbonada é um polissacarídeo (“**amido das cianofíceas**”), muito semelhante ao glicogênio; também há acúmulo de lipídios e proteínas.

8. Microscópicas (individualmente) → com frequência formam massas com mais de 1m de comprimento.



Aspecto geral
de colônia de
Volvox, uma
clorófita que é
considerada a
'precursora' das
demais algas
verdes
multicelulares
(JOLY, 1977, p. 36)

Características das Cianobactérias

9. Unicelulares ou filamentosas (algumas com filamentos ramificados); algumas espécies formam placas ou colônias irregulares.

10. Pan-germinativas (qualquer célula pode dividir-se → subunidades que, ao se afastarem, formam novas colônias).

Características das Cianobactérias

11. Células **interligam-se** na colônia por meio de suas paredes externas ou **bainhas gelatinosas** → ‘pseudo-multicelularidade’ (cada célula tem vida independente).

12. Reprodução por **divisão celular** → formas coloniais e filamentosas exibem diversos tipos de fragmentação do talo (fragmentos **multicelulares: hormogônias**).

Características das Cianobactérias

13. Heterocistos → células maiores com parede **multiestratificada** em que tilacoides agrupam-se de forma **concêntrica** ou **reticulada**.

Alguns acinetos são muito resistentes a condições adversas do ambiente – germinação pode ocorrer após décadas de latência!

14. Acinetos → esporos de paredes grossas, com acúmulo de **grânulos de cianoficina proteica**, originadas de células vegetativas (sem potencial germinativo).

Características das Cianobactérias

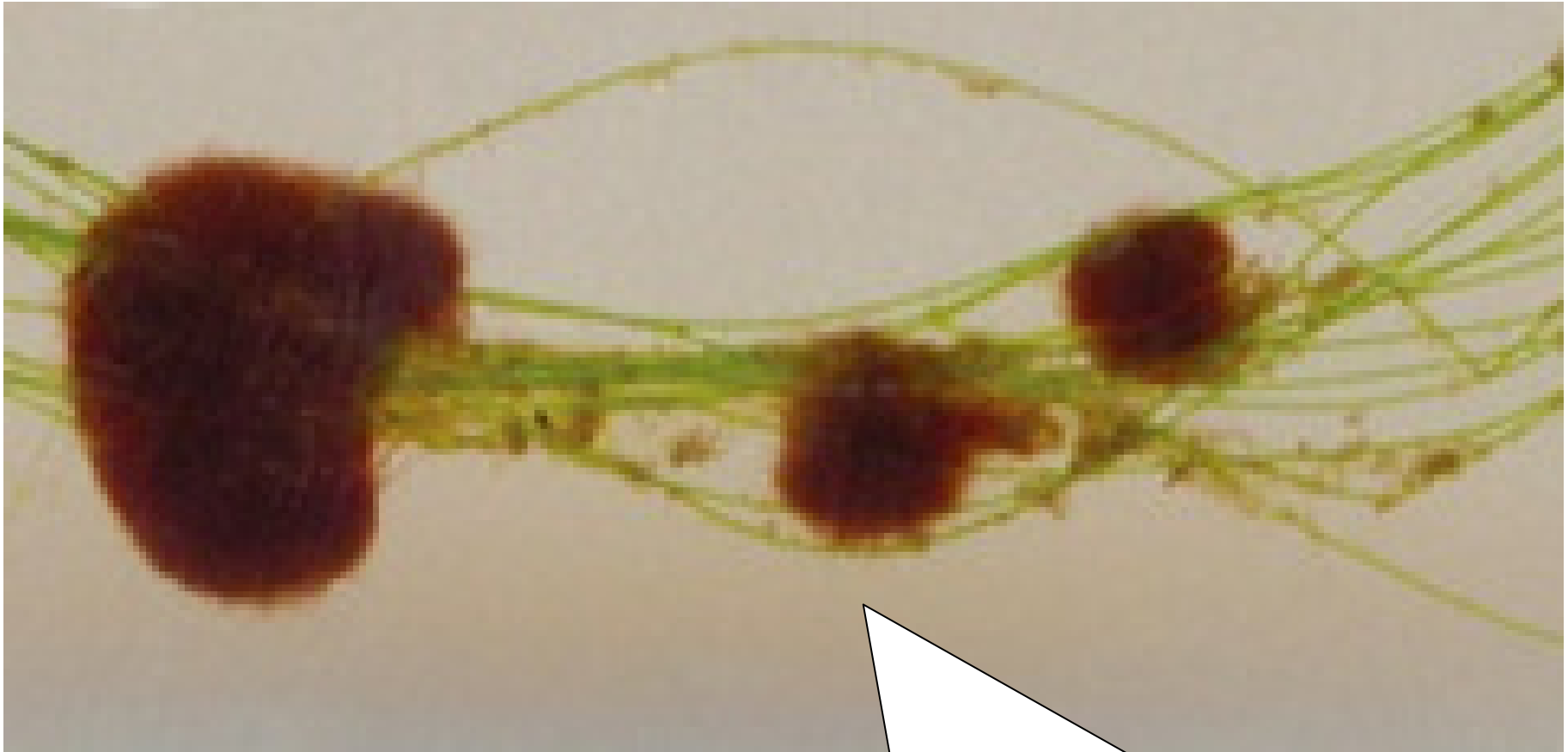
15. Recombinação genética idêntica à das bactérias → **transformação** (mediante incorporação de DNA exógeno) observada experimentalmente.

16. Algumas espécies de cianobactérias são terrestres, **colonizando** rochas ou solo úmido → **fixação do nitrogênio atmosférico** (participação no ciclo biogeoquímico do nitrogênio).

Taxonomia das Cianobactérias

1. Dificuldade de **delimitação** das espécies: **7.500** propostas, cerca de **200** espécies não-simbióticas catalogadas e reconhecidas.
2. **Distribuição ampla** de muitas espécies (ex: *Microcoleus vaginatus* → solo úmido, água doce ou salobra, da Groenlândia à Antártida, do Vale da Morte ao cume de diversas montanhas).

http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=24476



Sob condições ambientais variáveis, uma única colônia de *Microcoleus vaginatus* pode sofrer alterações tão grandes que seus indivíduos podem aparentar pertencer a mais de 10 espécies distintas!

Ecologia das Cianobactérias

- 1.** Crescem em meios **inóspitos** muitas vezes (água fervendo de fontes termais, lagos gelados do Ártico e da Antártida).
- 2.** **Pioneiras na colonização** (ex. recém-emersa ilha de Surtsey, próxima à Islândia).
- 3.** Inexistentes em **águas ácidas** → predomínio das algas eucarióticas.

Ecologia das Cianobactérias

4. Algumas espécies **planctônicas**.
5. Mesmo em **solos desérticos** ocorre grande **abundância**: 20 a 50 mil indivíduos por grama de solo seco.
6. Muitas espécies **fixadoras de nitrogênio** (portanto, com capacidade de colonizar diversos ambientes).



Microscopia eletrônica de transmissão de *Nitrobacter* sp, uma bactéria quimiossintética (SANTOS et al., 2009, v.1, p. 173)

Ecologia das Cianobactérias

7. Simbiontes em amebas, protozoários flagelados, diatomáceas (crisofíceas), euglenófitas, outras cianobactérias, plantas e fungos.

8. Hospedeiras de alguns fungos (quitridiomicetos) e alguns vírus.

Leitura: **A evolução da fotossíntese**

(RAVEN et al., 1978, p. 215)

A mais antiga das rochas conhecidas, oriunda da Groenlândia Ocidental, tem uma idade de 3,76 bilhões de anos. Todavia, as mais velhas que contêm fósseis têm de 3 a 3,36 bilhões de anos e ocorrem na África do Sul. Nestas rochas encontram-se bactérias e corpúsculos esferoidais orgânicos semelhantes a cianofíceas. Há, nelas, também, evidências de que a fotossíntese já se processaria há 3,3 bilhões de anos atrás.

São de dois tipos as evidências químicas. Primeiro, as plantas modernas, no curso da assimilação do carbono, acumulam seletivamente C_{12} de preferência ao seu isótopo mais pesado, C_{13} . Assim, a proporção de C_{12} para C_{13} é maior no material orgânico que se acumulou em resultado da atividade fotossintética do que no material orgânico formado de outras maneiras. Tal enriquecimento não se verifica nas rochas sul-africanas com 3,36 bilhões de anos, mas surge manifestamente naquelas que têm 3,3 bilhões de anos, sendo característico das mais jovens — indicando, posto isto, uma possível data para o início da fotossíntese. A segunda modalidade de evidência química consiste do encontro, nas rochas, de compostos provavelmente oriundos da decomposição da molécula de clorofila.

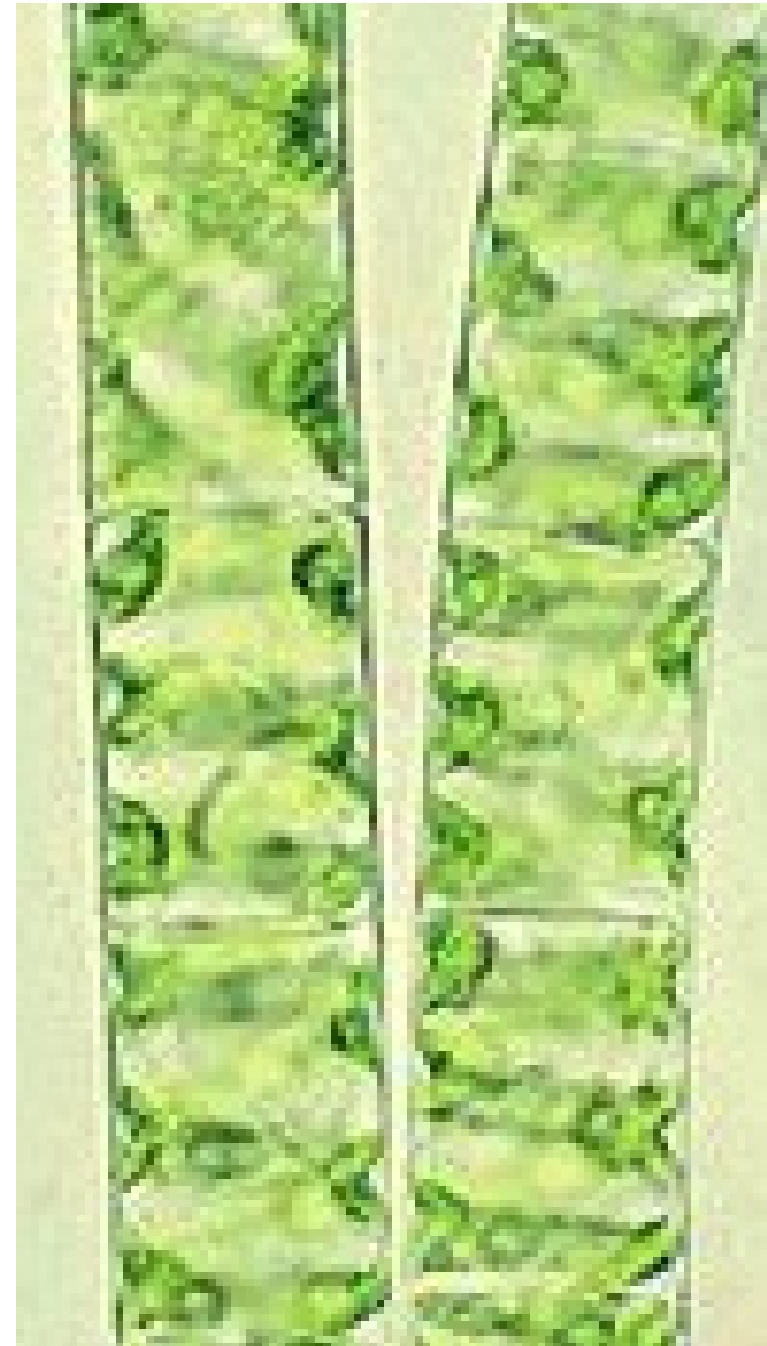
Uma evidência ulterior da primitiva ocorrência de fotossíntese provém da acumulação de carbono de cálcio, semelhante ao produzido pelas modernas cianofíceas, no calcário da Rodésia, cuja idade monta a uns 2,7 bilhões de anos. As cianofíceas, ou algas azuis, constituem um grupo especializado de bactérias que realizam a fotossíntese utilizando clorofila a e desprendendo oxigênio, tal como fazem as algas eucarióticas e plantas em geral. É o único grupo de procariotes vivos que levam a cabo a fotossíntese desta maneira.

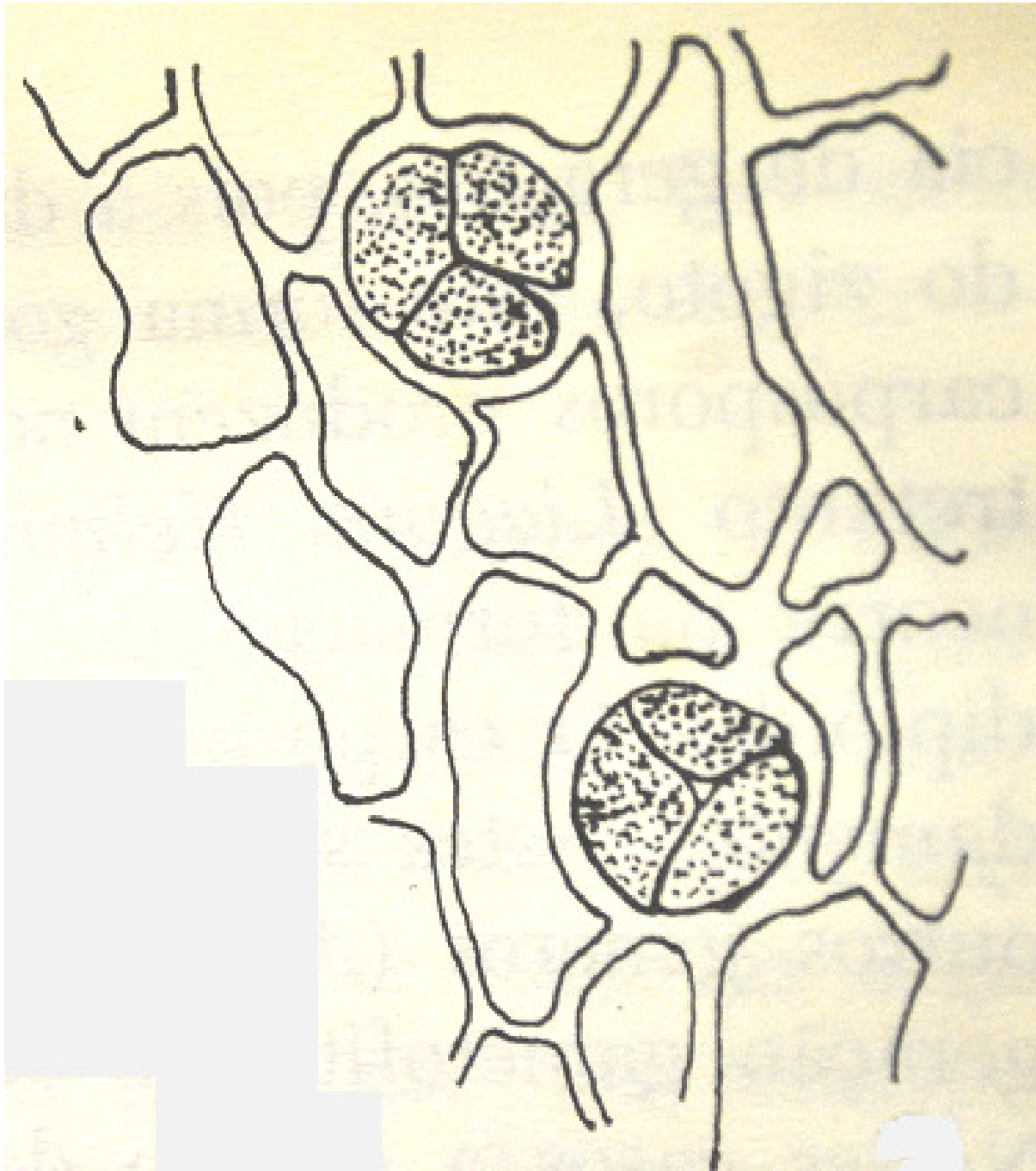
ALGAS *SENSU LATO*



Alga parda, ainda descrita em alguns livros como *feofíceia*. As **feófitas** podem atingir dezenas de metros de comprimento em muitos oceanos.

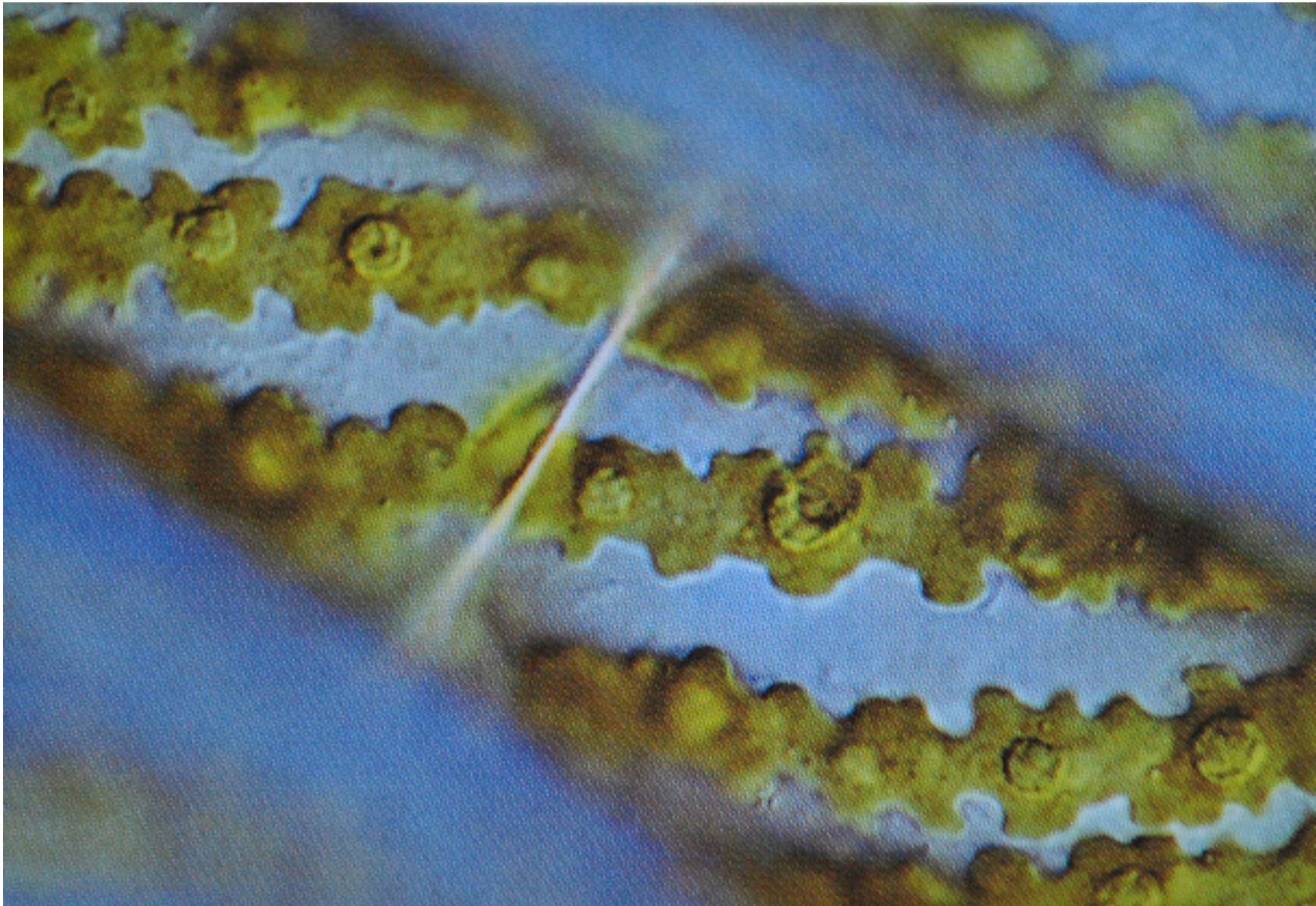
Em muitas **algas verdes** (**Clorófitas**), ainda descritas como *clorofíceas*, é possível, ao microscópio de luz, visualizar a estrutura típica de seus cloroplastos e o movimento citoplasmático de suas organelas.



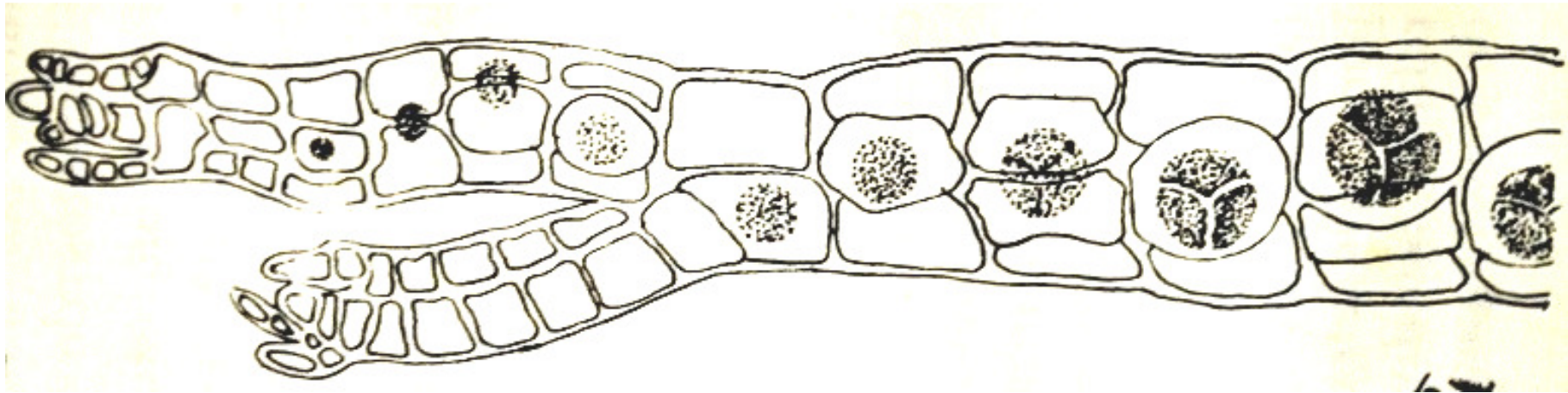


**Tetrasporângios
tetraédricos de
Champia, uma
alga vermelha**

(JOLY, 1977, p. 64)

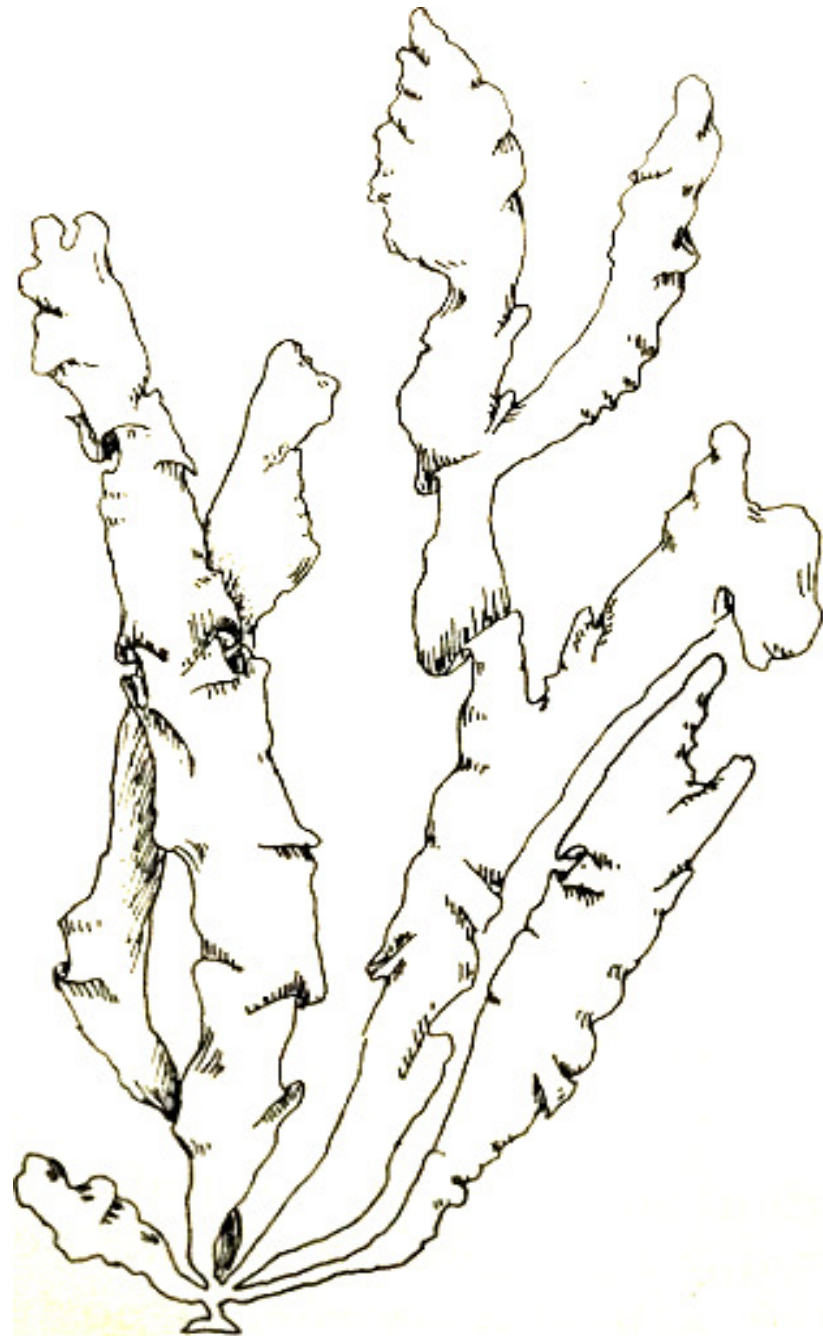


Spirogyra em micrografia de luz, em aumento de 390 vezes
(SANTOS et al., 2009, v. 1, p. 162)



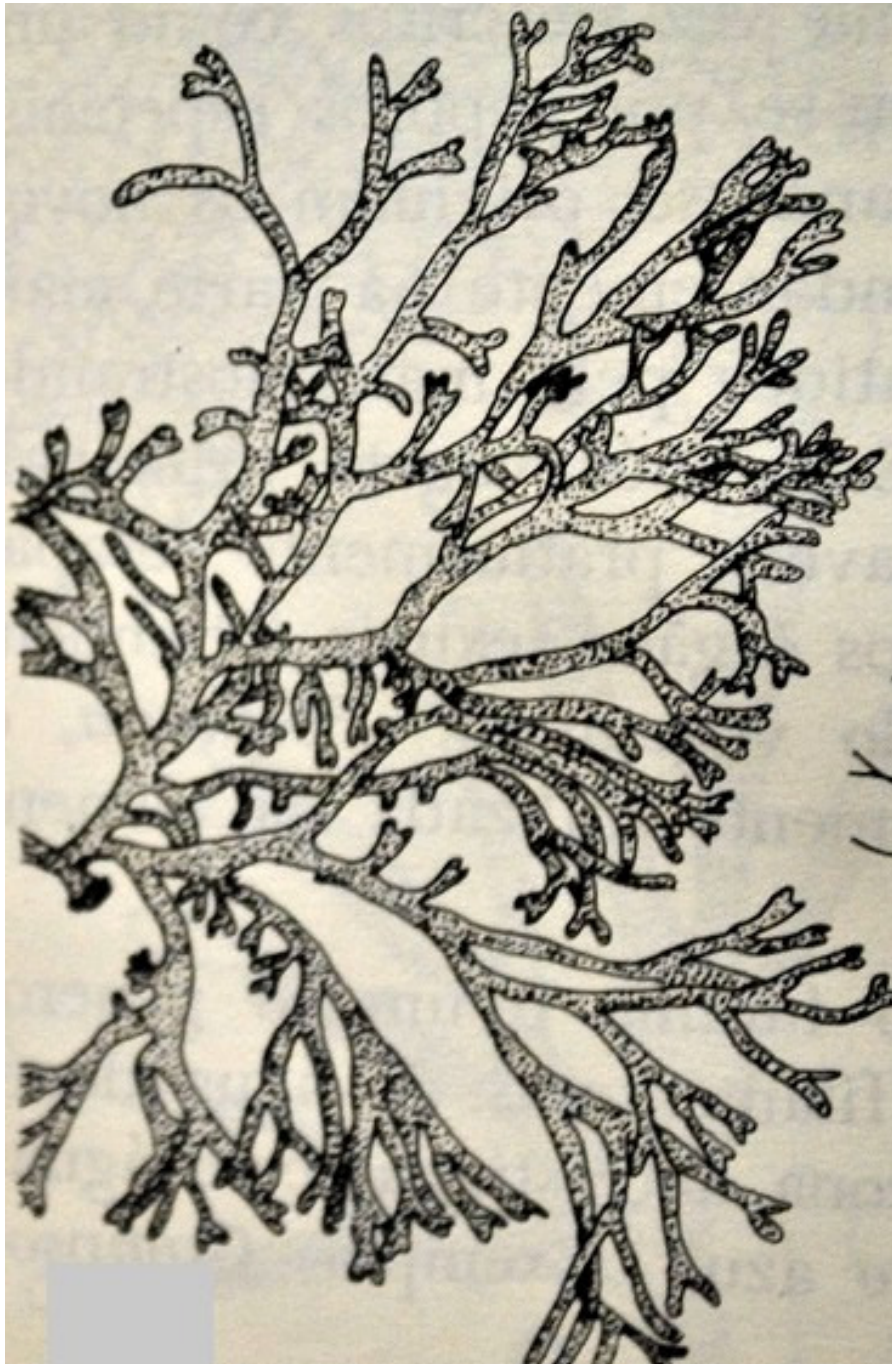
Acima: Ramo de *Polysiphonia* (alga vermelha) com tetrasporângios (JOLY, 1977, p. 64); abaixo: alga parda *Macrocystis*, destacando comportamento (JOLY, 1977, p. 52)





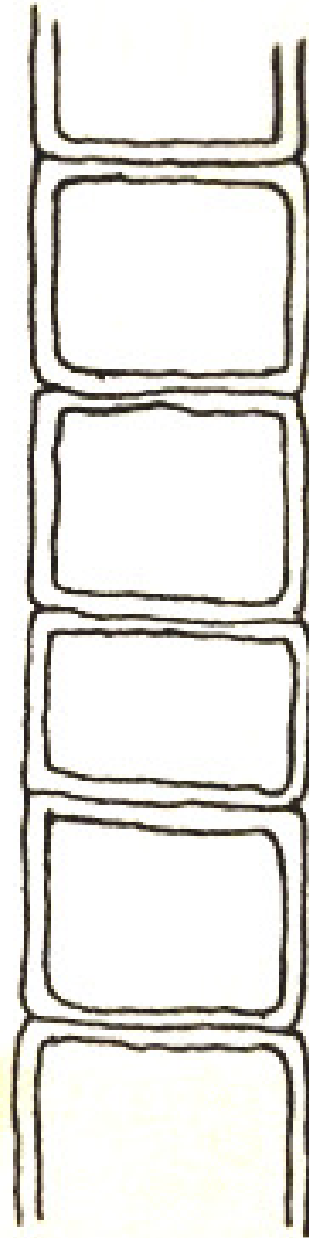
Ao lado: *Ulva*, uma alga verde comum no litoral; acima: alga verde *Cladophora*

(JOLY, 1977, p. 34)



Alga vermelha *Liagora*

(JOLY, 1977, p. 60)



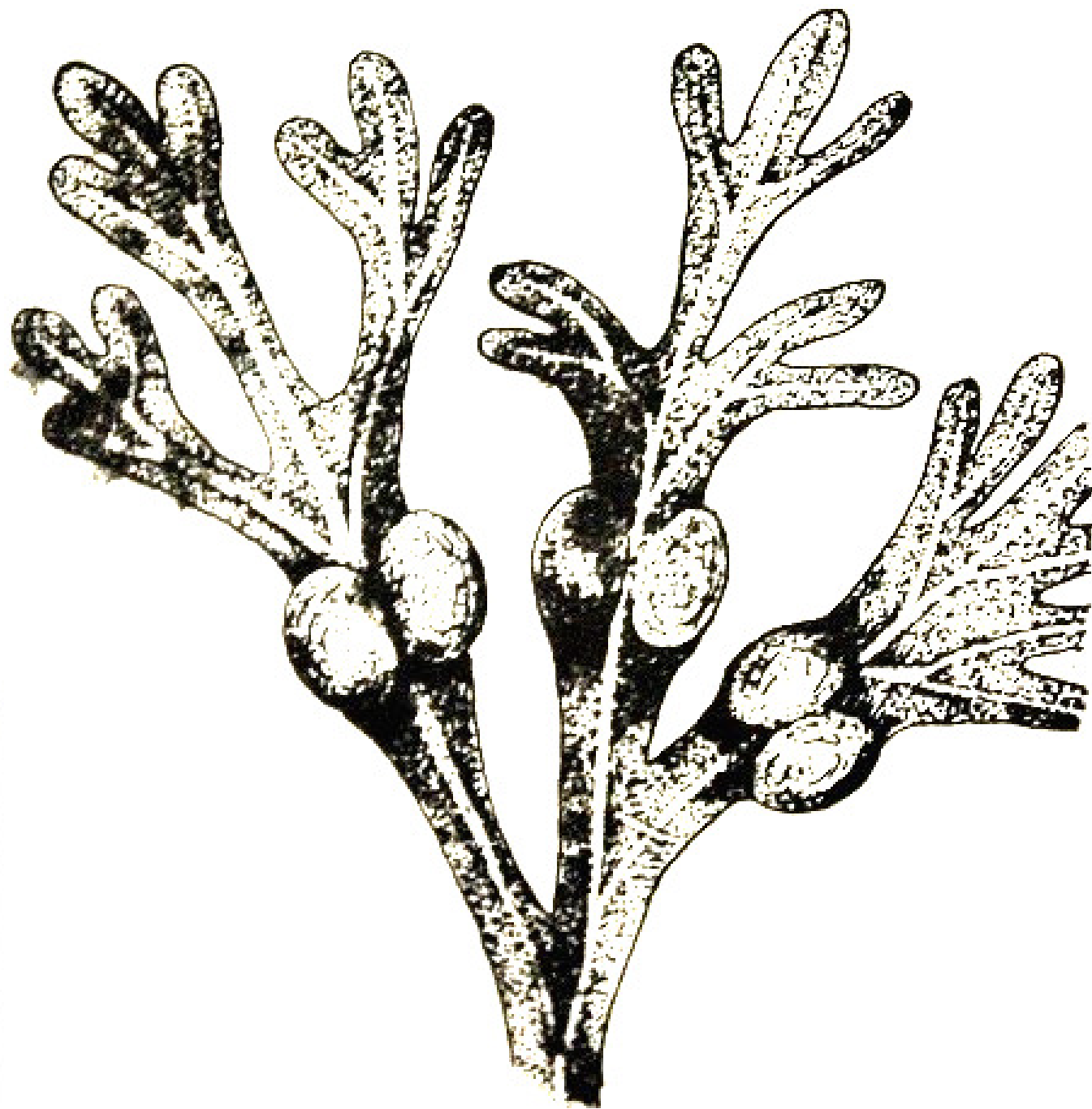
À esquerda:
clorófita
Enteromorpha,
com aspecto de
'cabeleira'; à
direita: alga verde
Chaetomorpha,
destacando a
porção mediana do
filamento

(JOLY, 1977, p. 34)

Acetabularia, alga verde;
aqui, um tufo crescendo
sobre os restos de uma
concha de gastrópode

(JOLY, 1977, p. 36)





Fucus,
alga parda
com
destaque
para os
tecidos de
flutuação

(JOLY, 1977,
p. 52)

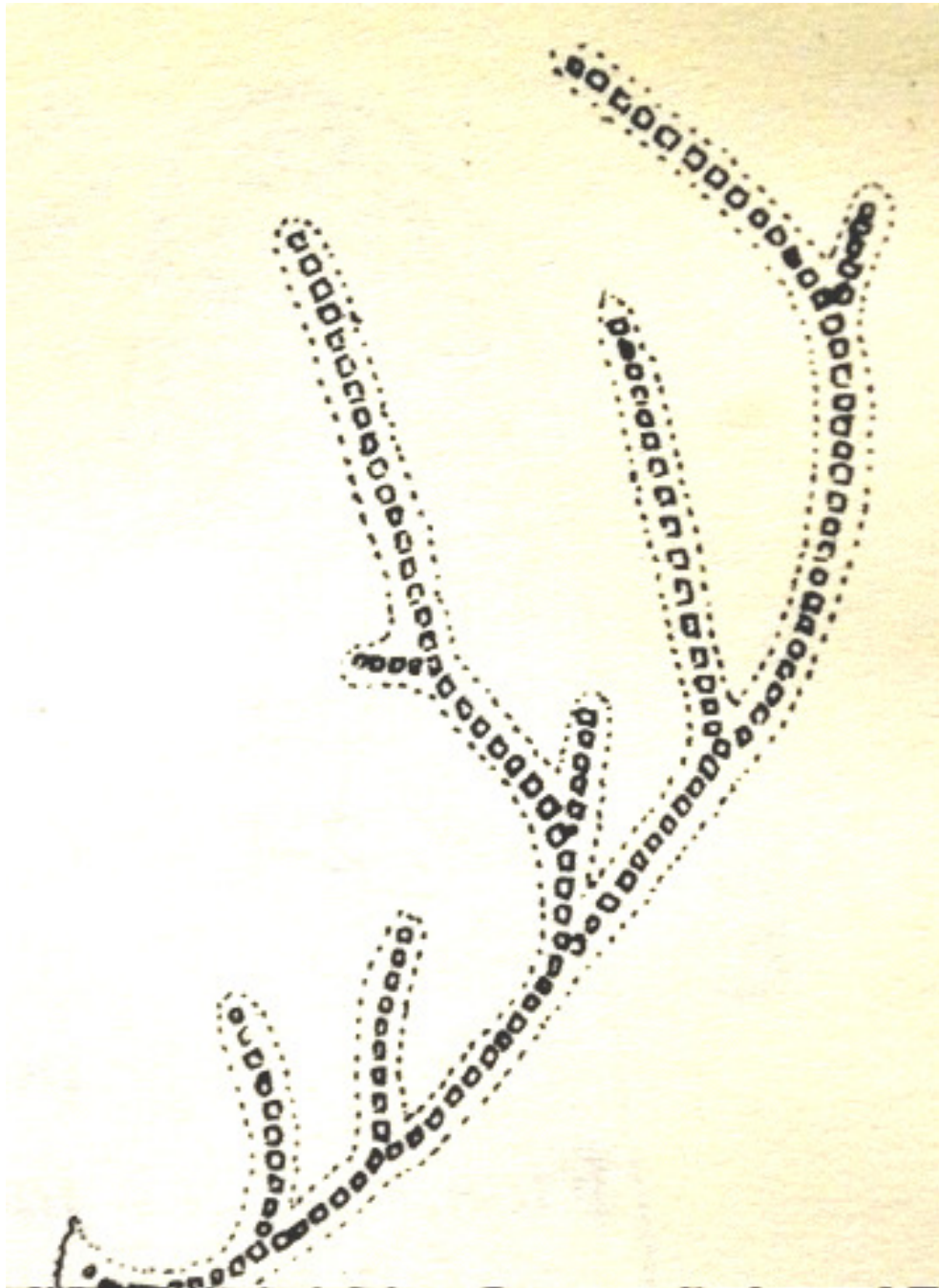


À esquerda:
aspecto
geral da
alga parda
Sporochnus
(JOLY, 1977, p.
50);

à direita:
aspecto
geral do
esporófito
de
Laminaria,
uma alga
parda

(JOLY, 1977, p.
52)

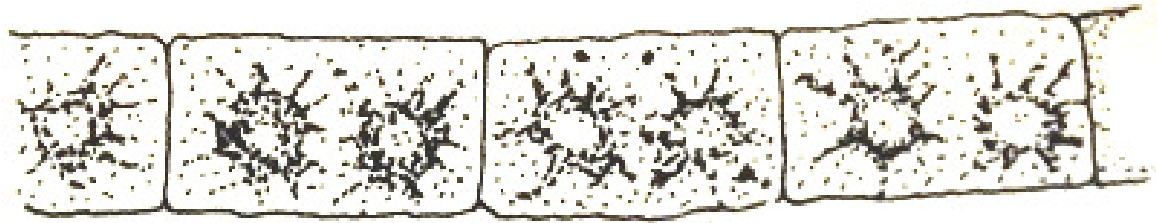




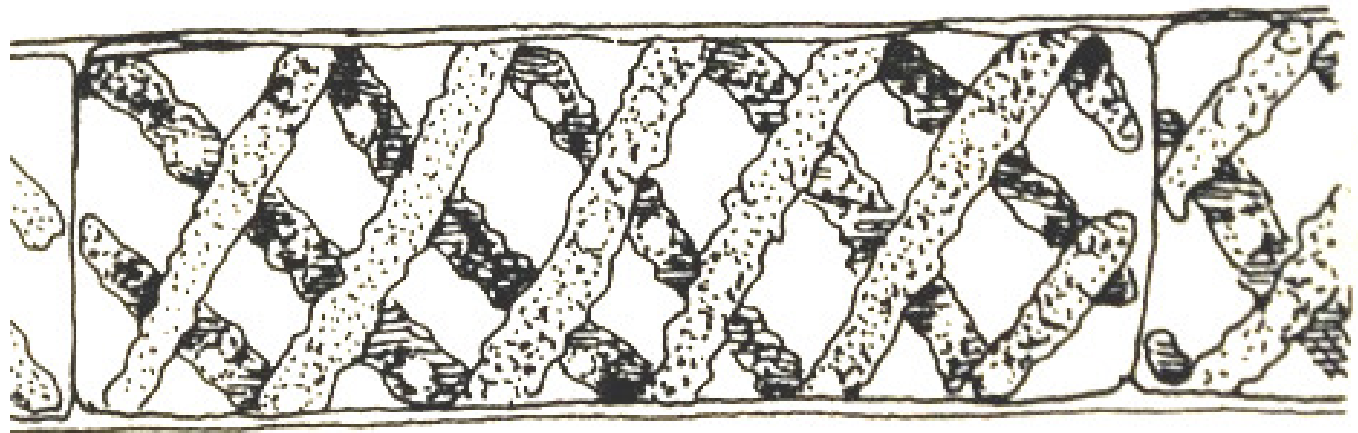
Aspecto geral de 'planta'
inteira de *Goniotrichum*

(JOLY, 1977, p. 60)

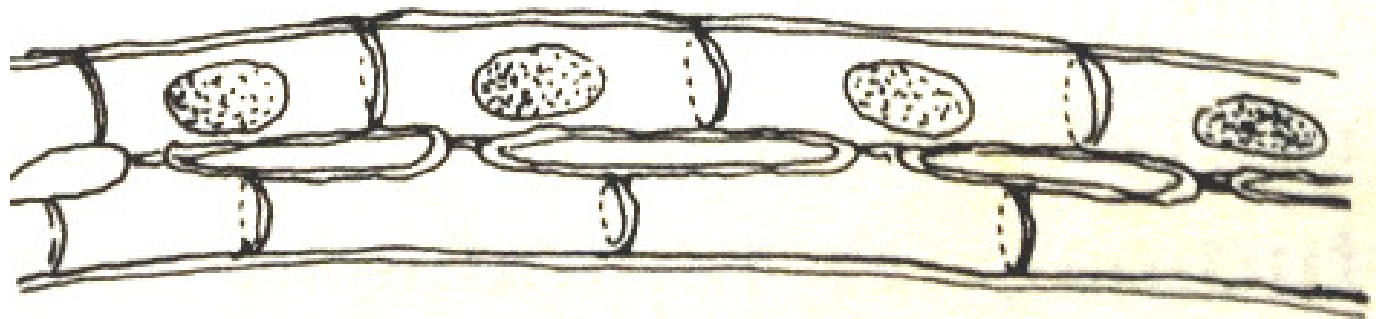
No alto: trecho
de um
filamento
vegetativo da
alga verde
Zygnema;



ao centro:
célula
vegetativa da
alga verde
Spirogyra;



embaixo:
zigotos da
mesma alga



(JOLY, 1977, p. 36)



Aspecto geral do talo
gametofítico da alga parda
Cutleria

(JOLY, 1977, p. 48)

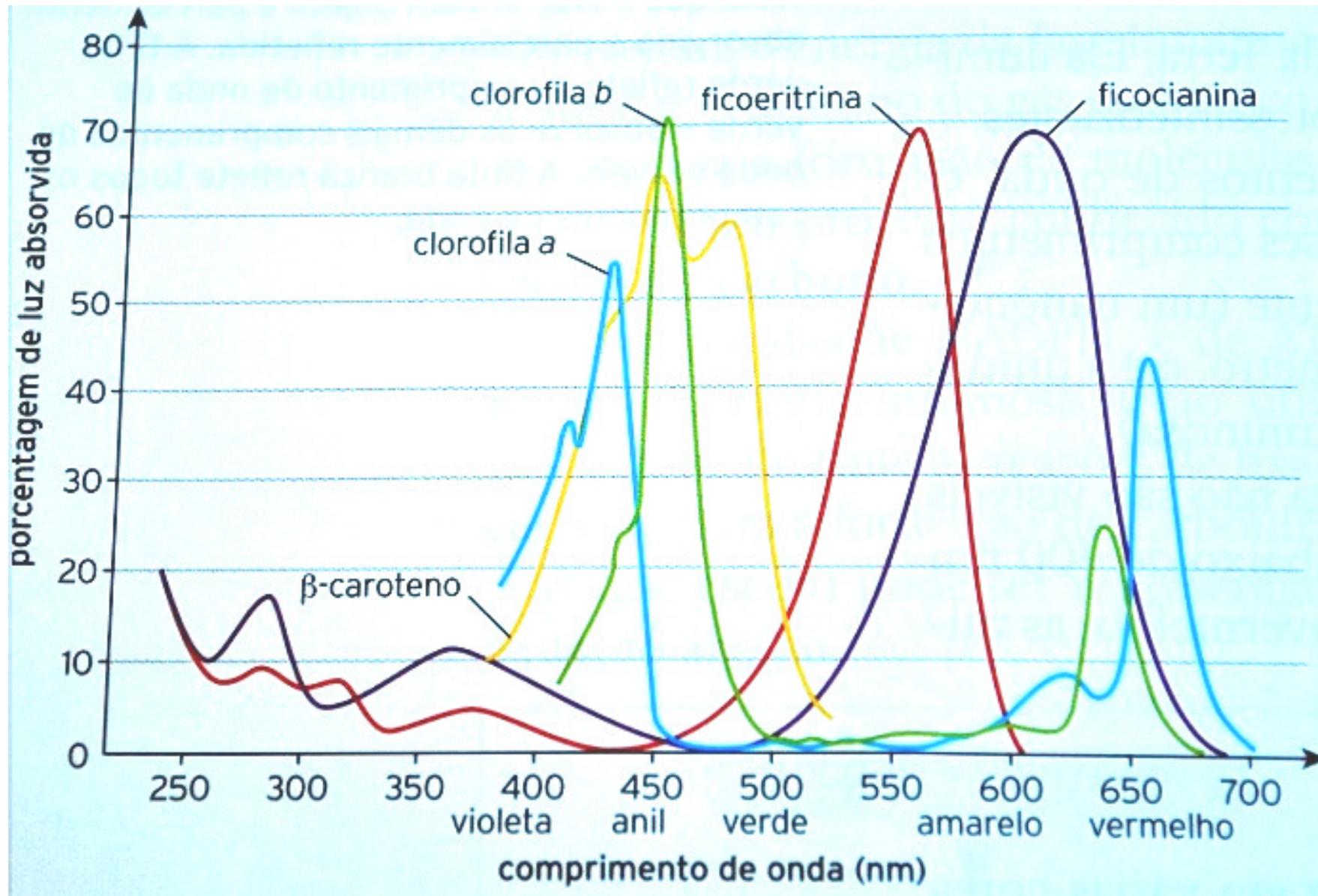
Características das Algas

1. Apresentam **traços das plantas** (autotrofia fotossintetizante).
2. **Planctônicas** ou **sésseis** no fundo do mar, nas rochas e no leito dos rios.
3. **Microscópicas** ou **macroscópicas**, em regiões iluminadas.
4. **Coloniais**, **individuais** ou em densos **aglomerados** (→ florestas de **kelps**).



Florestas submersas (*kelps*) formadas por diversas espécies de algas multicelulares

<http://alienlifepark.blogspot.com/2009/04/microbial-world.html>



Espectro de absorção de luz por diversos **pigmentos fotossintetizantes e acessórios** (SANTOS et al., 2009, v. 1, p. 166)

Características das Algas

5. Estrutura muito simples → **talo** (também comumente referidas como “*talófitas*”).
6. Condução de nutrientes de célula a célula.
7. Talos **simples** ou **ramificados** (em algumas espécies, como *Laminaria* sp, o talo pode atingir mais de 50m de comprimento).

Características das Algas

8. Células revestidas por **parede resistente** (**celulose** + **combinações**: sílica, ágar, carbonato de cálcio etc.).

9. Pelo menos **um cloroplasto** por célula, com imensa variação de forma, composição, tamanho e pigmentos.

10. Reprodução **sexuada** (**zoosporia** e formação de **tétrades**) ou **assexuada** (**fragmentação**).

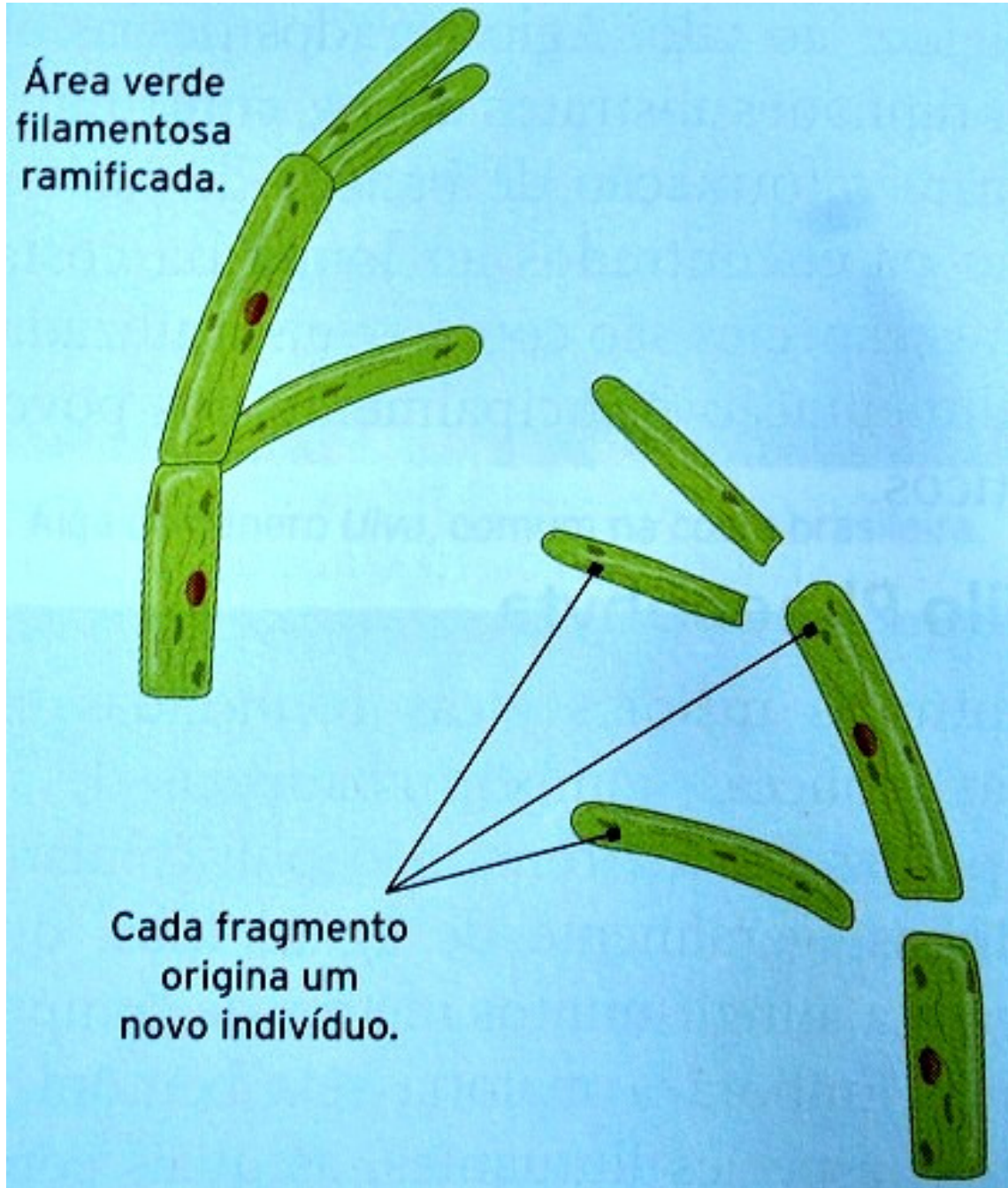
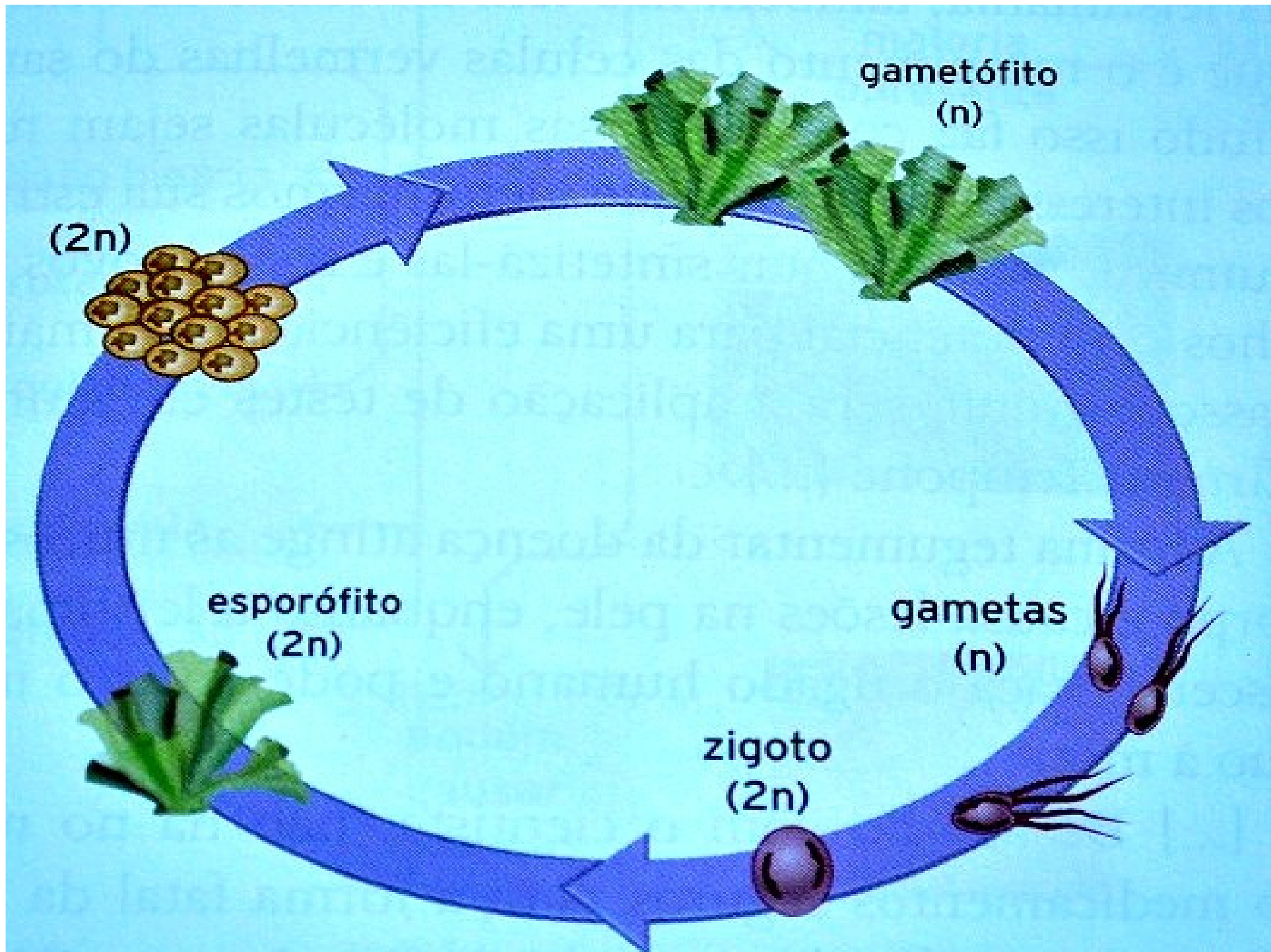


Diagrama mostrando **fragmentação** em algas – note que pedaços do ‘vegetal’ geram novos indivíduos

(SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 78)



Taxonomia das Algas

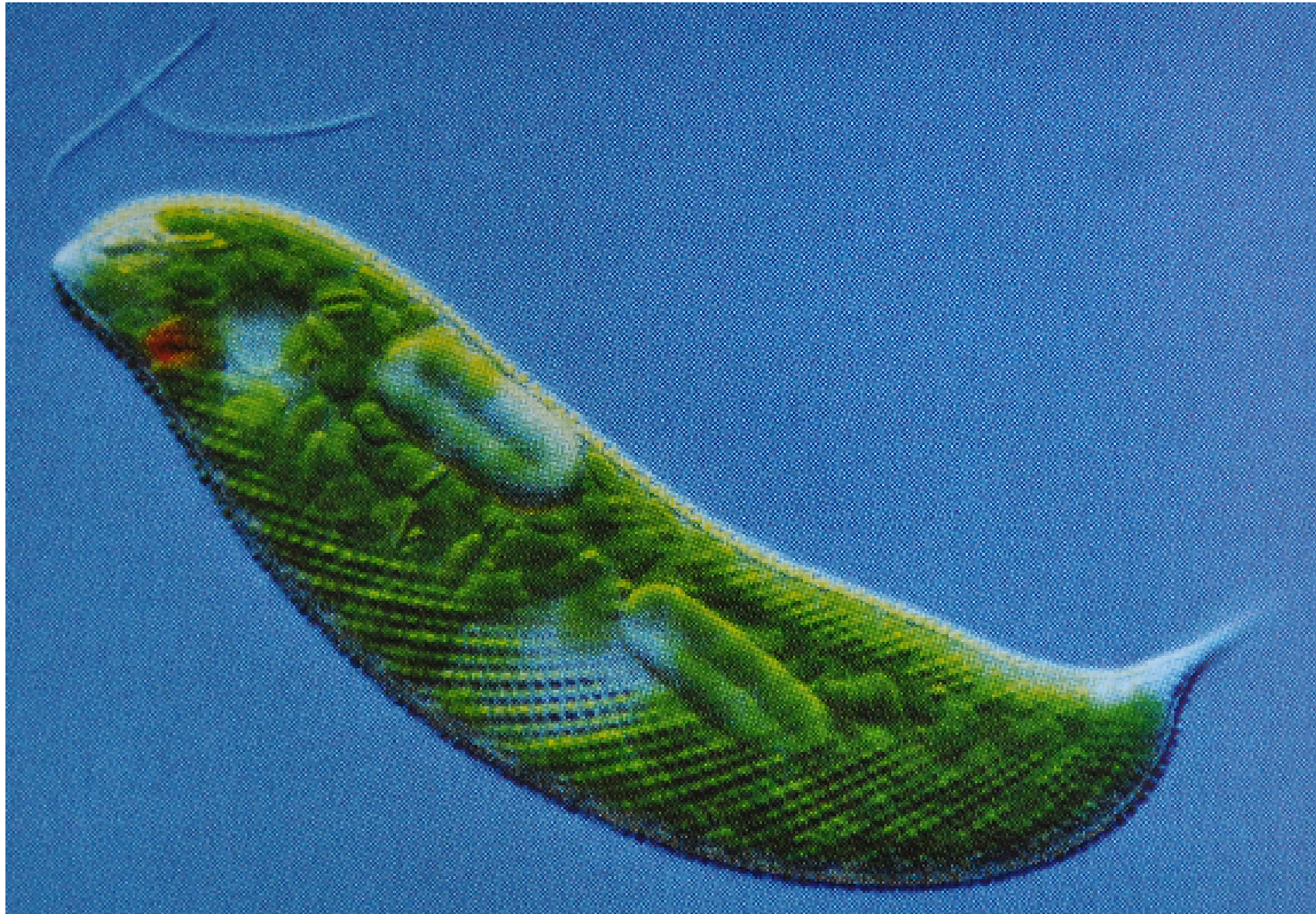
1. Pigmentos + substância de reserva:
critério básico para a classificação dos grupos.

2. Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta

Mais numerosas
Unicelulares ou multicelulares
Vida livre ou coloniais
Clorofilas a e b
Amido como reserva
Parede celulósica
Hipótese de ancestrais das plantas 'superiores'

Águas tropicais marinhas (predominantemente)
Clorofilas a e d + ficoeritrina
Amido como reserva
Maioria pluricelular
Talo fino e ramificado (maioria)
Bentônicas (maioria)

Maiores algas
Pluricelulares marinhas, geralmente de água fria
Bentônicas (maioria), Algumas espécies possuem bolsas de ar
Clorofilas a e c + fucoxantina
Óleos como resrva



Euglena spirogyra, alga unicelular (Euglenophyta) sob aumento de 800 vezes (SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 74)



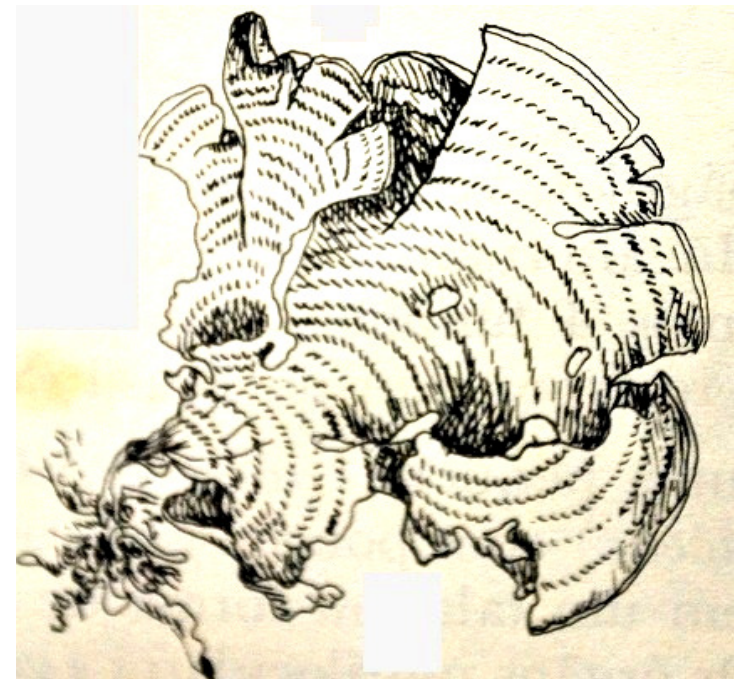
Alga *Ulva*, comum na costa brasileira (SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 76)



Alga vermelha (Rhodophyta), *Dichotomaria marginata*
(SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 77)



Ao lado: Alga parda
(Phaeophyta), *Padina
gymnospora* (SANTOS et
al., 2009, v. 2, p. 77);
embaixo:
representação da
mesma alga (JOLY, 1977,
p. 48)



Ecologia das Algas

1. Maioria **marinha** (poucas espécies **dulcícolas** e muito poucas **terrestres** → restritas a ambientes úmidos).
2. Algumas espécies vivem em **simbiose com fungos** → **fungos liquenizados**.
3. Podem viver em extremos de temperatura (águas termais ou águas geladas dos polos).



Associação entre **algas** e **fungos** originando **fungos liquenizados**, também descritos por muitos autores como **líquens** (SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 76)



Estrutura morfológica de um **fungo liquenizado**. Note os indivíduos de algas e os filamentos dos fungos (micélio).

Ecologia das Algas

4. Utilizadas como **fertilizantes** → grande quantidade de K^+ e Ca^{++} (*Sargassum* é usado até hoje misturado ao solo, como ‘adubo verde’).

5. **Alginatos** (de feofíceas) → **espessantes** (sorvetes, sabonetes, cremes dentais etc.).

6. **Ágar** (de rodofíceas) → medicamentos, **meios de cultura**, estabilizantes etc.



Algas verdes bentônicas (SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 74)

Ecologia das Algas

7. Utilizadas diretamente na **alimentação** (Ásia, Oceania e África → proteínas, vitaminas e fibras).
8. Produção de gás oxigênio para a atmosfera.
9. Base da cadeia alimentar marinha, de água salobra e de ambientes associados (restingas, manguezais, matas ciliares etc).



Sopa Wonton com algas, de Shangai – China

(SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 80)



Bloom de algas no Rio Piracicaba, em Limeira (SP)

(SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 80)



Eutrofização da Lagoa de Marapendi (RJ)

(SANTOS et al., 2008, p. 55)

A utilização industrial do ágar

Algumas espécies de algas vermelhas, como *Gelidium corneum*, *G. sesquipedale* e *Pterocladia capillacea*, têm grande importância econômica, pois delas é extraído o ágar-ágar, largamente utilizado principalmente pela indústria de alimentos.

O ágar-ágar, um hidrocoloide (estrutura tridimensional que retém moléculas de água em seu interior) formado por uma complexa mistura de polissacarídeos, transforma-se facilmente num gel firme de formas bem definidas. Mesmo em altas concentrações, apresenta excelente transparência, característica ideal para o emprego na fabricação de sorvetes, pudins, iogurtes, geleias, balas de goma, doces, gelatinas, coberturas de bolo, entre inúmeros outros.

Como essa substância não sofre ação dos ácidos gástricos nem é absorvida pelo intestino, torna-se ideal para ser usada como complemento nos tratamentos contra prisão de ventre e proteção da mucosa gástrica. Além disso, serve como agente carregador de medicamentos, antibióticos e vitaminas.

Outra aplicação importante do ágar é em diversas técnicas laboratoriais, por exemplo na elaboração de meios de cultura bacteriana e de tecidos, de géis para eletroforese e cromatografia, nas emulsões fotográficas, nas próteses dentárias e muito mais.

Aspecto do ágar-ágar industrializado.



Texto sobre aplicação das algas pelo ser humano, na fabricação do ágar.

(SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 77).

Fontes consultadas

JOLY, A.B. **Botânica**: Introdução à Taxonomia Vegetal. São Paulo: Cia. Ed. Nacional, 1977.

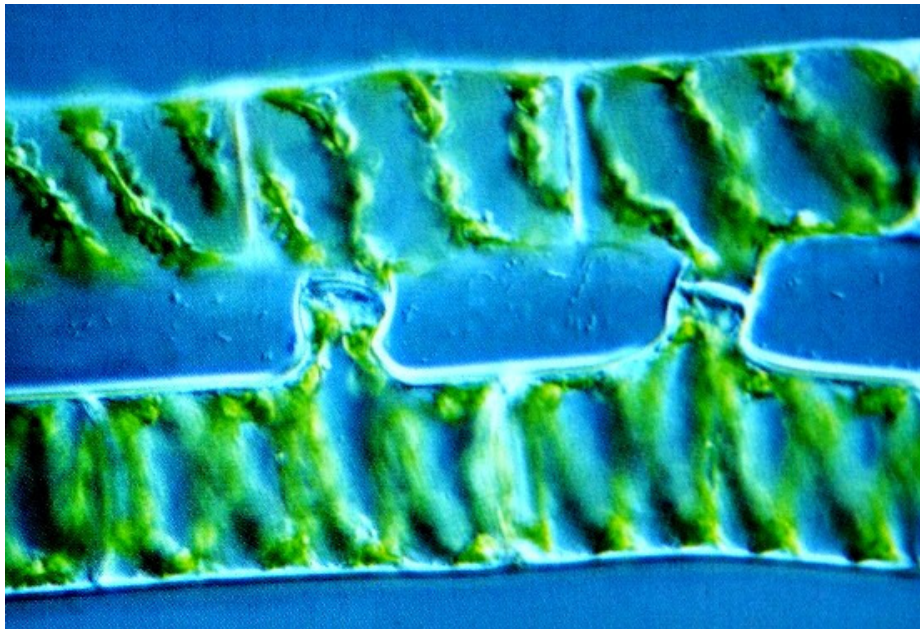
RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTIS, H. **Biologia Vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.

SANTOS, F. S. dos; AGUILAR, J. B.; CATANI, A. **Biologia**: Ensino Médio. São Paulo: Edições SM, 2009 (Coleção Ser Protagonista).

SANTOS, F. S. dos; KANETO, G. E.; AGUILAR, J. B. V. **Para viver juntos**: Ciências, 7o ano. São Paulo: Edições SM, 2008 (Coleção Para Viver Juntos).

Atividades

1. Observe a equação química abaixo. Descreva os reagentes e os produtos e explique se pode ser associada a algum tipo de organismo estudado nesta aula.



2. Micrografia de luz mostrando conjugação em *Spirogyra*, sob aumento de 1100 vezes (SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 79). Explique se o tipo de reprodução é sexuada ou assexuada.

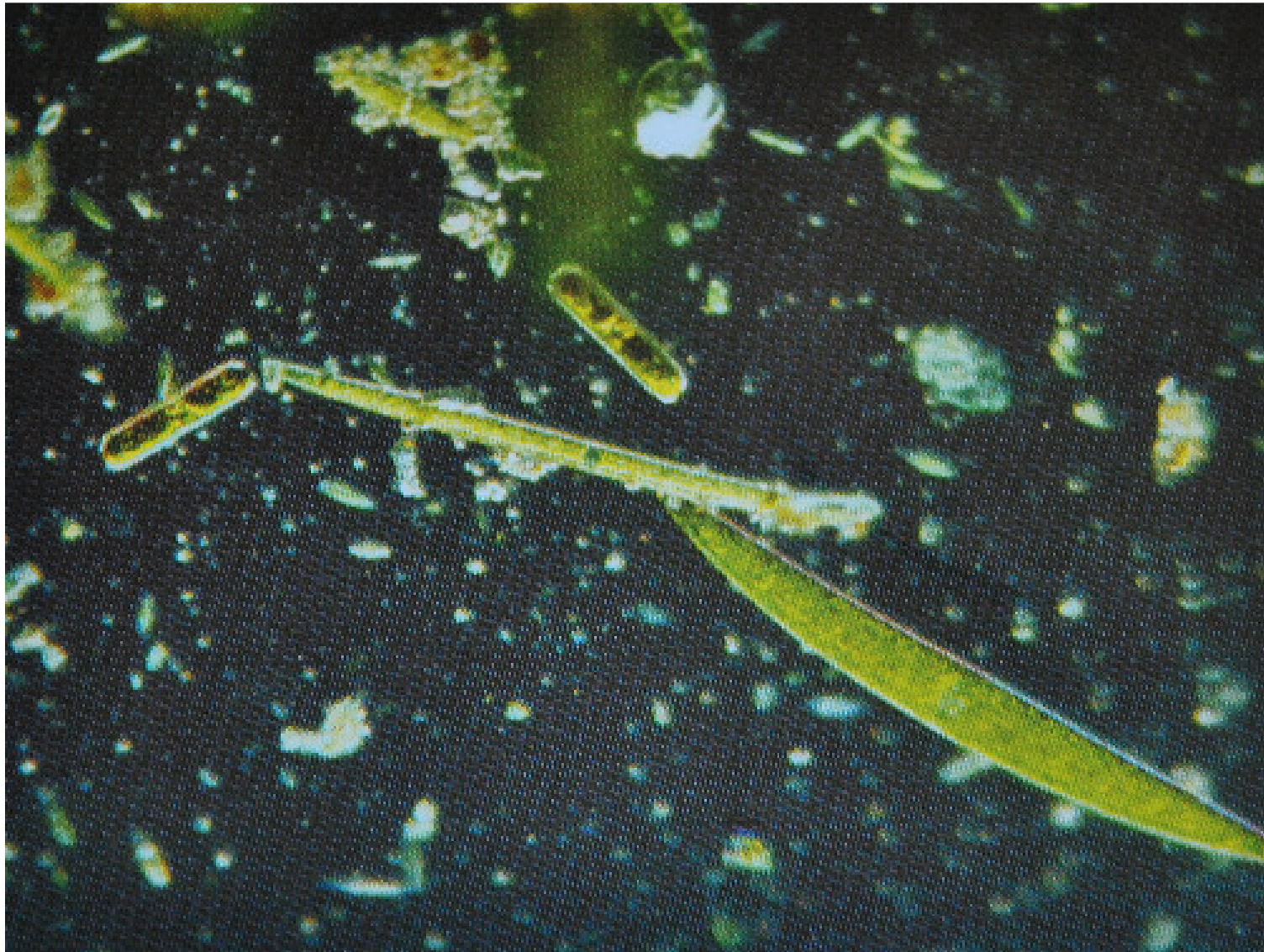
Eutrofização

Quando um lago, rio ou baía recebe uma quantidade excessiva de resíduos químicos de origem agrícola ou industrial, pode ocorrer a proliferação exagerada de várias algas e de cianobactérias.

A decomposição dessa grande quantidade de organismos provoca o esgotamento do oxigênio dissolvido na água e, conseqüentemente, a morte de grande quantidade de peixes e outros animais.

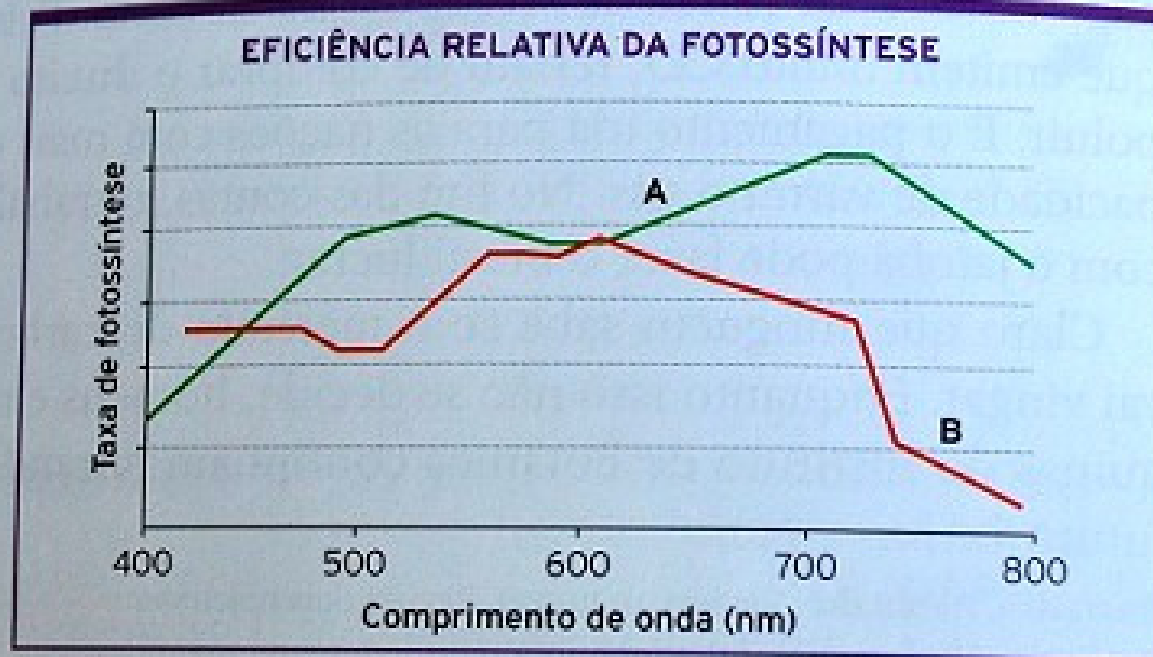
Esse fenômeno é conhecido como **eutrofização** e pode ser provocado pela intervenção humana no ambiente ou ter origem natural.

3. Leia o texto acima (SANTOS et al., 2008, p. 54) e explique por quê ocorre, bioquimicamente, o desenvolvimento excessivo de algas *sensu lato* e cianobactérias, levando à eutrofização.



4. Amostra de fitoplâncton (aumento de 70 vezes) em água coletada de pântano (SANTOS et al., 2009, v. 2, p. 81). Cite os possíveis organismos que podem ser encontrados na amostra.

5. O gráfico abaixo representa o espectro de eficiência relativa da fotossíntese de uma alga verde (A) e de uma alga vermelha (B). Observando o gráfico, responda:



- a) As duas algas, quando expostas à mesma fonte de luz, absorvem os mesmos comprimentos de onda luminosa, com o mesmo grau de eficiência? Justifique.
- b) Qual é o comprimento de luz que produz aproximadamente a mesma eficiência na fotossíntese?

SANTOS et al. (2009, v.2, p. 83)

6. Antigamente, o reino Protista incluía apenas os organismos unicelulares eucarióticos, protozoários e algas. O reino Protoctista que o substituiu nas classificações atuais inclui também as algas pluricelulares. Explique as características que os pesquisadores consideraram para justificar essa inclusão.

7. Uma hipótese bastante aceita afirma que, entre todas as algas, as clorofíceas devem ter dado origem aos vegetais. Quais são as características desse filo que podem sustentar essa hipótese?

8. Os euglenoides compõem um filo muito controverso; algumas classificações mais antigas consideram-nos como protozoários. Quais são as características desses organismos que permitem essa classificação?

9. Pesquisar informações no *site* abaixo e complementar as informações que não foram discutidas em sala de aula acerca dos organismos estudados nesta aula:

http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/microorganismos/CIANOBACTERIAS.html