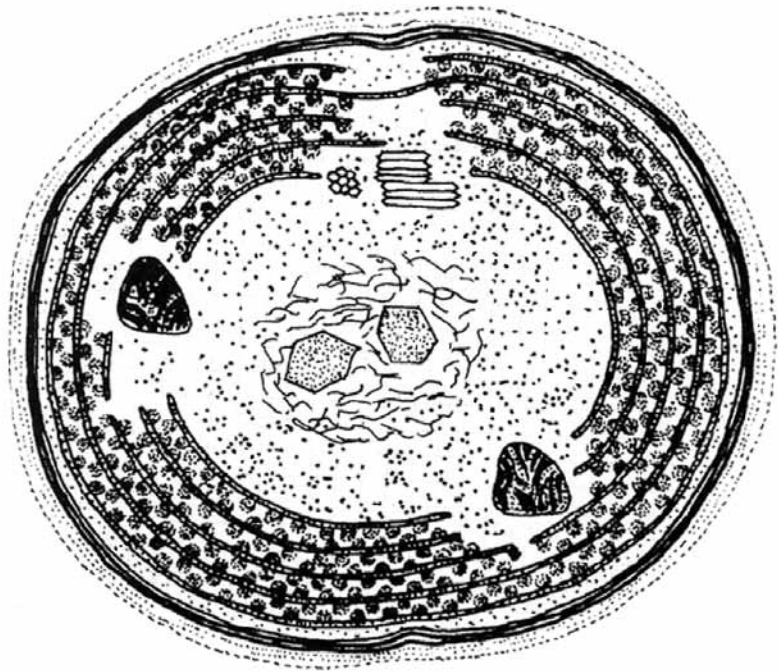




# CAPÍTULO 3



## Capítulo 3

*O terceiro capítulo tem por objetivo introduzir os principais grupos de organismos procariontes fotossintetizantes. Apresentamos os principais táxons, que estão representados nos ambientes continentais ou marinhos por organismos planctônicos e bentônicos.*



### Características Gerais

**Habitat:** aquáticos, ocasionalmente endolíticos e ambientes terrestres geralmente úmidos;

**Pigmentos:** clorofila a; carotenóides; luteína; zeaxantina; ficobiliproteínas ou ficobilinas;

**Substância de reserva:** amido das cianofíceas (similar ao glicogênio), cianoficina;

**Parede celular:** mureína e lipopolissacarídeos (LPS);

**Reprodução:** assexuada, através da ocorrência de mitoses. A recombinação genética já foi documentada, embora os mecanismos ainda não estejam bem estabelecidos;

**Organização vegetativa:** unicelulares, agregados celulares e filamentosos;

**Flagelo:** ausente.

## 3.1 Cianobactéria (Filo Cyanophyta)

São organismos procarióticos que apresentam tilacóides e clorofila a, resultando em capacidade de realizar fotossíntese. As cianófitas são frequentemente apresentadas entre os organismos conhecidos como algas. Entretanto, são bactérias Gram negativas, sendo então denominadas como cianobactérias. Suas células raramente excedem 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Os tilacóides estão presentes como vesículas achatadas formadas pela invaginação da membrana plasmática, e se dispõem na periferia da célula, conjunto que recebe a denominação cromoplasma.

Assim como sugere a denominação procarionte, estes organismos não apresentam o material genético envolto por uma membrana, mas apresenta-se agrupado no centro da célula (nucleoplasma). Sobre a superfície dos tilacóides pode-se observar corpos (ficobilissomos) com cerca de 30 *nm* de diâmetro (Figura 3.1), onde estão organizadas as ficobiliproteínas, pigmentos acessórios importantes para a fotossíntese. Dois tipos de ficobiliproteínas podem ser identificados: a ficocianina, um pigmento azul, e a ficoeritrina, um pigmento vermelho. Entre o material genético e os tilacóides é possível observar, utilizando-se um

*nm* é o símbolo da unidade de medida do nanômetro.  
1nm = um milionésimo de milímetro.

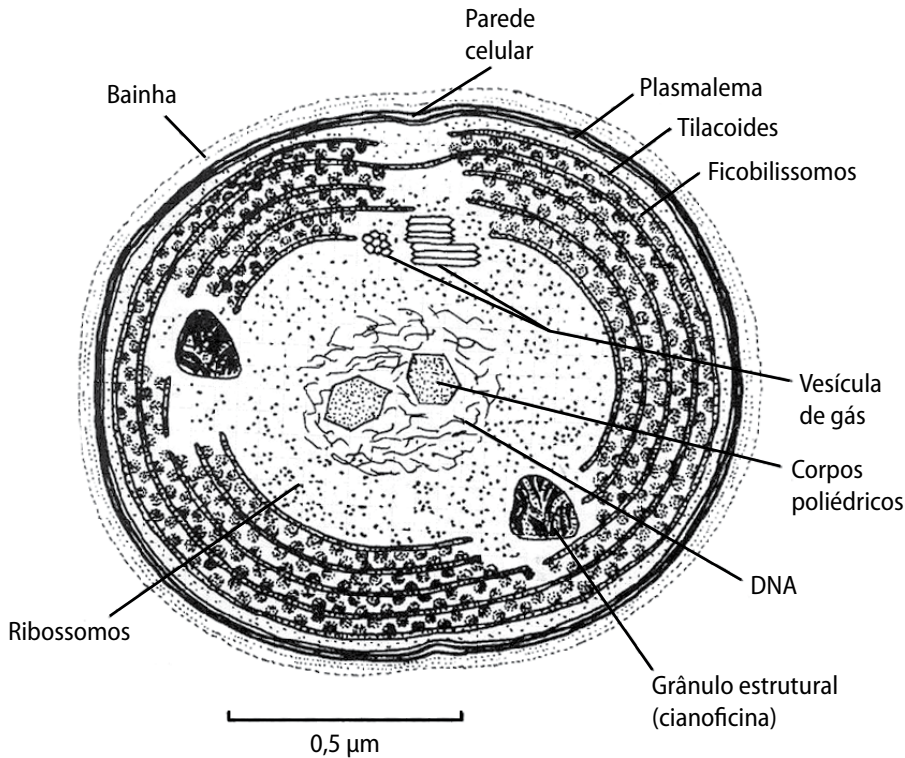


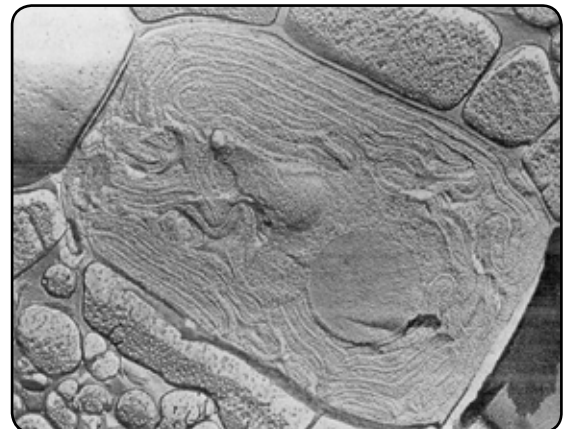
Figura 3.1 – Desenho esquemático da ultra-estrutura de cianobactéria (GRAHAM; WILCOX, 2000).

microscópio eletrônico de transmissão, os corpos poliédricos ou carboxissomos, local onde a enzima RuBisCO está presente, e portanto, centro do Ciclo de Calvin, fase da fotossíntese onde ocorre a incorporação de gás carbônico para a formação da molécula de glicose. Dependendo do estado fisiológico da célula, inúmeros grânulos de substância de reserva podem ser vistos.

No interior das células, vesículas de gás também podem ser observadas, responsáveis pela regulação da flutuação em espécies planctônicas. Quando as cianófitas podem causar florações quando encontram condições favoráveis de luz, temperatura e disponibilidade de nutrientes. Algumas espécies secretam substâncias químicas tóxicas a outros organismos, causando grandes prejuízos na pesca e na aquicultura.

Muitas cianófitas produzem uma bainha ou envelope mucilaginoso, que mantém os grupos de células ou filamentos unidos (Figura 3.2). Frequentemente, os filamentos podem crescer em grandes

Figura 3.2 – Microscopia eletrônica de varredura por técnica de criofatura (RAVEN et al., 2001, p. 288).



massas formando densos e espessos tapetes sobre o substrato, formação conhecida pelos mergulhadores como “paranho”. Algumas espécies são unicelulares, outras formam filamentos geralmente simples, alguns pouco ramificados ou formando colônias irregulares. Os filamentos se dividem por fragmentação mecânica ou de forma organizada, gerando jovens filamentos, os **hormogônios**. Alguns representantes desse grupo podem ainda formar esporos resistentes, denominados **acinetos** (Figura 3.3), células alargadas e mais longas que as demais células de um mesmo filamento, cheias de substância de reserva, envoltas por parede celular espessa. Os acinetos são resistentes ao calor e à seca, permitindo a sobrevivência das cianófitas em épocas desfavoráveis.

Muitos gêneros podem fixar nitrogênio, convertendo o gás nitrogênio em amônio, uma forma utilizada nas reações biológicas. Em espécies filamentosas, a fixação do nitrogênio ocorre geralmente dentro de células alargadas especializadas, chamadas de **heterocitos** (Figura 3.4). Algumas espécies, que não possuem heterocitos, podem fixar nitrogênio. No entanto, este processo nunca é simultâneo com a fotossíntese porque a enzima nitrogenase, que cataliza a reação, é inativada em presença de oxigênio. Várias espécies do gênero *Trichodesmium* Ehrenberg ex Gomont fazem este processo e são importantíssimas por produzirem marés vermelhas na costa brasileira, inclusive na região sul, durante o verão.

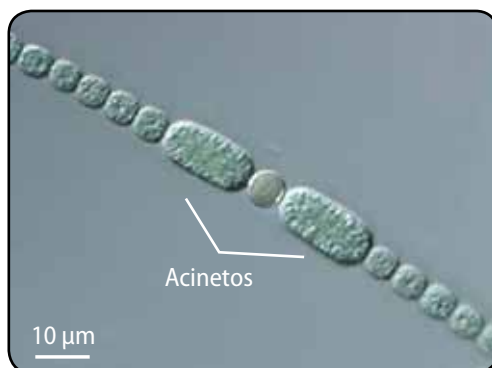


Figura 3.3 – Acinetos de *Anabaena*, considerado espora de resistência (<http://starcentral.mbl.edu/microscope/portal.php?pagetitle=assetfactsheet&imageid=1020>).

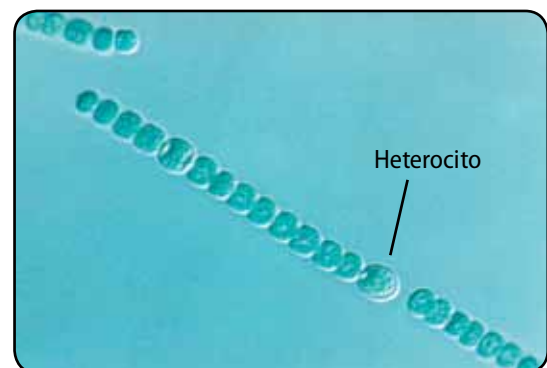


Figura 3.4 – Heterocito de *Anabaena*, células alargadas especializadas fixadoras de nitrogênio ([http://www.eioba.com/a982/cooperation\\_among\\_microorganisms](http://www.eioba.com/a982/cooperation_among_microorganisms)).

### Prochlorophyta – a descoberta dos ancestrais dos cloroplastos das plantas terrestres ou não?

Até o momento, somente três gêneros de procariontes fotossintetizantes são conhecidos como representantes do grupo artificial denominado como proclorófita. O primeiro, *Prochloron* R.A. Lewin, habita apenas regiões costeiras tropicais e é simbiote de ascídias. Suas células são esféricas, medem de 10 a 20  $\mu\text{m}$  de diâmetro e contêm um sistema extensivo de tilacóides. Dividem-se por fissão binária, na qual uma célula se divide em duas células filhas de tamanho similar. Assim como as cianófitas, possuem carboxissomos.

Os dois outros gêneros de proclorófitas são *Prochlorothrix* T. Burger-Wiersma, L.J. Stal & L.R. Mur e *Prochlorococcus* S.W. Chisholm, S.L. Frankel, R. Goericke, R.J. Olson, B. Palenik, J.B. Waterbury, L. West-Johnsrud & E.R. Zettler. O primeiro é filamentoso e é encontrado em vários lagos rasos nos Países Baixos. Os filamentos podem ter até 0,7  $\mu\text{m}$  de comprimento e são formados por células alonga-

das. Dentro do citoplasma, são encontradas vesículas de gás, como as das algas azuis. O segundo gênero é encontrado em toda a zona eufótica, região da coluna d'água onde penetra luz suficiente para a realização da fotossíntese, demonstrando sua adaptabilidade a diferentes níveis de radiação. Suas células medem somente de 0,6 a 0,8  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Atualmente, existem poucas evidências de que as proclorófitas sejam ancestrais diretos dos cloroplastos, sendo o nome Prochlorophyta, portanto, considerado inadequado. Seus representantes encontram-se filogeneticamente dispersos entre as cianobactérias (Figura 3.5).

Estes organismos, apesar de semelhantes às cianobactérias, apresentam clorofilas a e b, tilacóides empilhados, com organização semelhante a observa no cloroplasto das plantas vasculares (Figura 3.6). Considerando a teoria da endossimbiose, tal semelhança pode levar a interpretação de que estes organismos representariam os ancestrais destes cloroplastos. Entretanto, tal hipótese não encontra suporte nas análises moleculares e filogenéticas.

As cianobactérias são potencialmente produtoras de cianotoxinas, toxinas que podem acometer o fígado (hepatotoxinas) ou o sistema nervoso (neurotoxinas). Elas podem ser letais para o homem e outros animais, quando presentes na água que bebemos, cozinhamos os alimentos, ou na água dos sistemas de hemodiálise ou produtos injetáveis. Elas também produzem substâncias como a geosmina, que confere odor e sabor desagradável na água de consumo e no peixe que as ingere. Isto aumenta o custo do tratamento da água para consumo humano e traz prejuízos para a aquicultura.

#### Para ir mais longe

Você já ouviu falar da síndrome de Caruaru? Pesquise sobre o assunto.



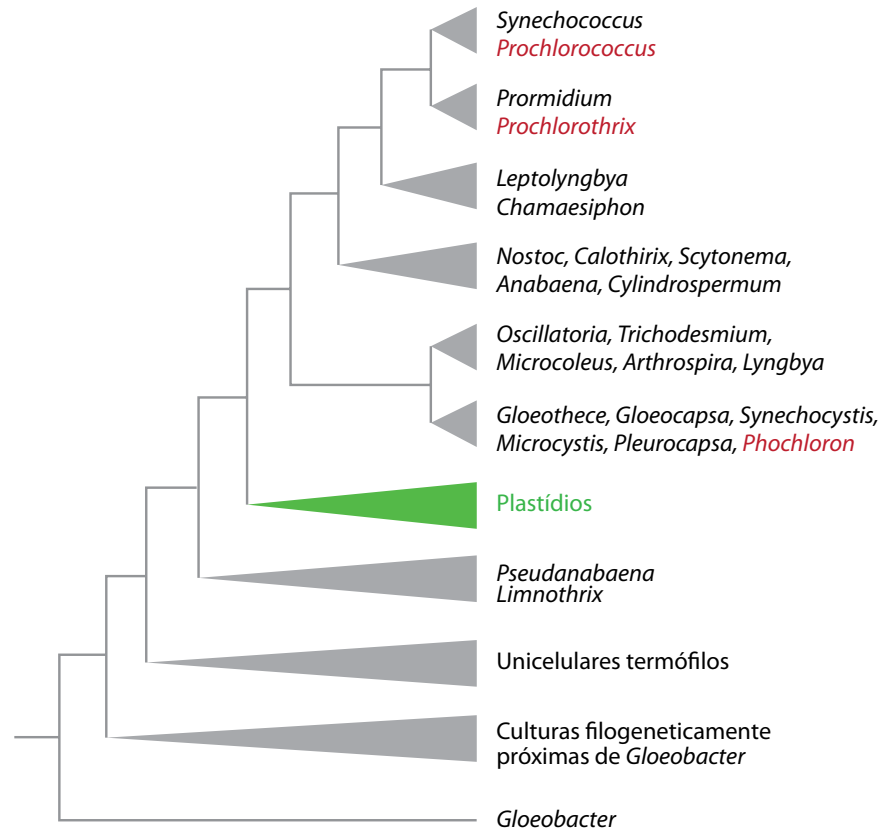
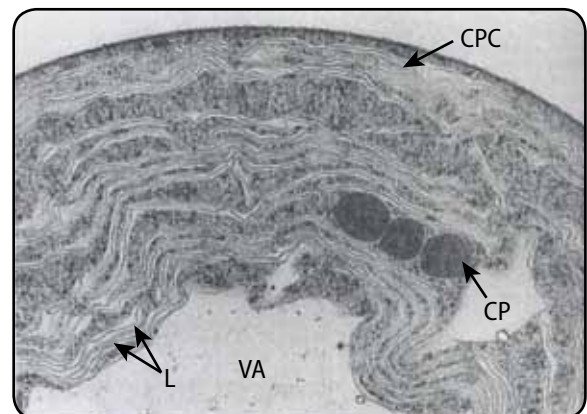


Figura 3.5 – Esquema da filogenia molecular dos organismos procariontes fotossintetizantes, destacando-se a ausência de um ancestral comum entre as proclorófitas (em vermelho) e os plastídios (verde). Tanto o referido grupo quanto a organela responsável pela fotossíntese entre os eucariontes encontram-se dispersos em meios diferentes, representado pelas cianobactérias (REVIERS, 2006, p. 31).

Figura 3.6 – Parte de uma célula de *Prochloron*. L = lamelas entre dois tilacoides empilhados; CPC = Camadas da Parede Celular; CP = Corpos Poliédricos; VA = Vacúolo.



## Resumo

### Filo Cyanophyta

As cianofíceas, ou cianobactérias são organismos procariontes que geralmente habitam ambientes aquáticos, e são caracterizadas por possuírem clorofila a, carotenóides, luteína, zeaxantina e ficobiliproteínas, além de armazenarem amido de cianofíceas. Sua reprodução é assexuada e existem representantes unicelulares e filamentosos. A regulação da flutuação de espécies planctônicas é feita através de vesículas de gás. São importantes economicamente, pois podem causar florações tóxicas, causando grandes prejuízos na pesca e aqüicultura. Muitas espécies produzem uma bainha ou envelope mucilaginoso. Podem formar novos filamentos através dos hormogônios. Algumas espécies podem ainda formar esporos resistentes (acinetos) e outras podem fixar nitrogênio em células especializadas (heterocistos).

Existem procariontes fotossintetizantes que possuem clorofila a e b,  $\beta$ -caroteno ( $\alpha$ -caroteno em um representante) e zeaxantina como pigmentos e amido como substância de reserva. Sua reprodução é assexuada, e pode ter espécies unicelulares ou filamentosas. Apenas três gêneros foram descobertos: *Prochloron*, *Prochlorotrix* e *Prochlorococcus*. Estes organismos foram por algum tempo considerados como representantes de um novo filo de bactéria fotossintetizante. Este grupo foi considerado como o provável endossimbionte que teriam dado origem aos cloroplastos das clorófitas e plantas vasculares. No entanto, estudos moleculares mostraram que este grupo pertence às cianobactérias e que a clorofila b teria surgido independentemente no referido grupo e nas clorófitas.

## Referências

BELL, P. R.; HEMSLEY A. R. *Green plants: their origin and diversity*. 2. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000.

BOLD, H. C.; WYNNE, M. J. *Introduction to the Algae: structure and reproduction*. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1985.

GRAHAM, L. E.; WILCOX, L. W. *Algae*. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

LEE, R. E. *Phycology*. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 1989.

OLIVEIRA, E. C. *Introdução à biologia vegetal*. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2003.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995.