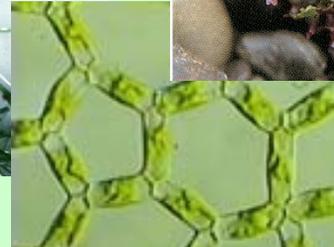
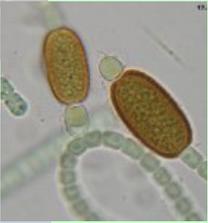
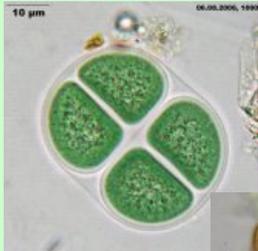


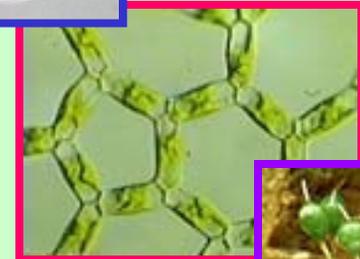
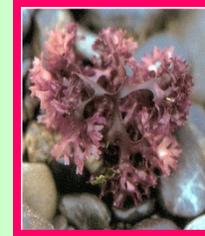
Vegetais inferiores?



Vegetais inferiores

classificação antiga (ainda adotada pelo Raven, 7a. ed):

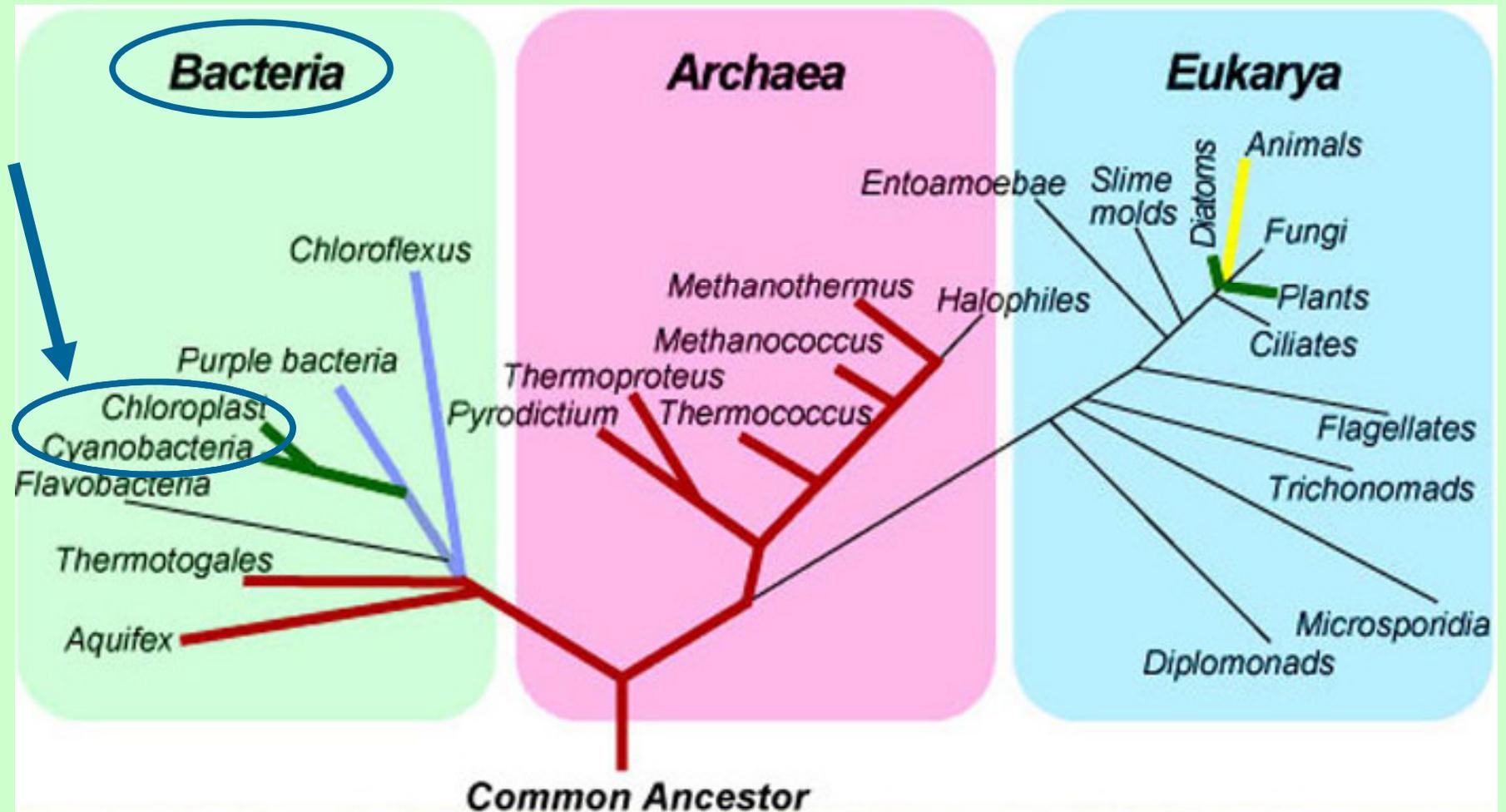
Reino		no. de espécies
→ Monera	bactérias (cianobactérias)	20000
Protista	algas protozoários	33000
Plantae	plantas (400 000)	40 000
Mycetae	fungos	77000
Animalia	animais	



Divisão dos seres vivos em três

Domínios:

- Bacteria
- Archaea
- Eukarya



CIANOBACTÉRIAS (a partir de 1979)

nome vulgar: algas azuis*

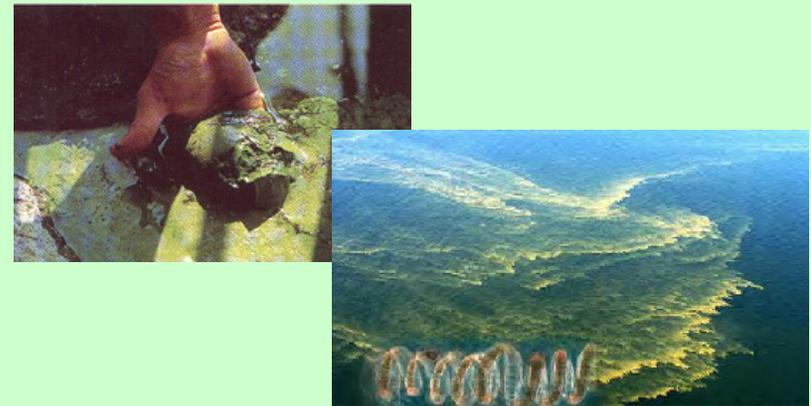
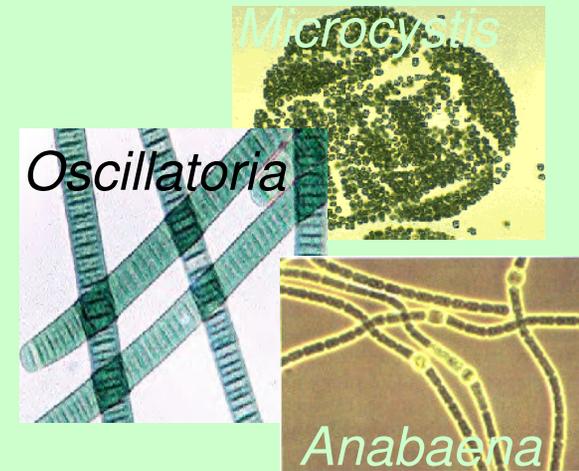
sinônimos:

- cianofíceas
- cianoprocariontes



primeira descrição de cianobactéria feita por Carolus Linnaeus em 1755

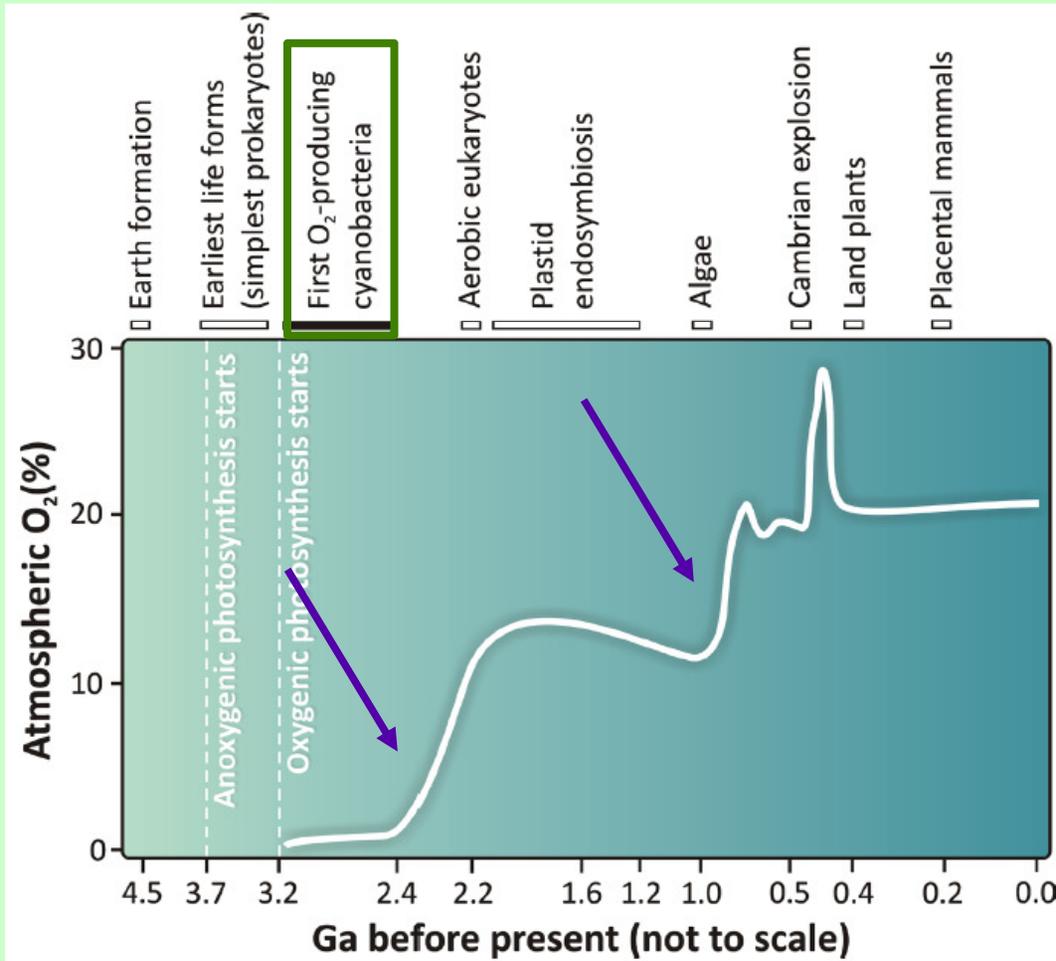
* azul = cian



dentre o Domínio Bacteria: as bactérias que realizam fotossíntese com liberação de O₂.

Cianobactérias: foto-autotróficos

Seres autotróficos: aqueles que são capazes de sintetizar todo material celular orgânico a partir da fixação de C inorgânico.

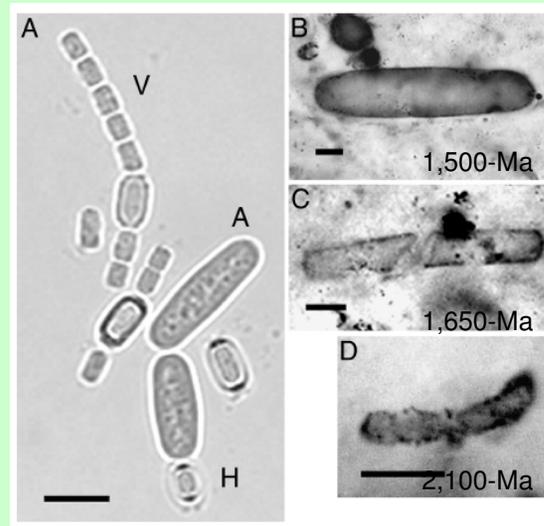


Fotossíntese oxigênica: durante o processo de fotossíntese é formado O₂

células especializadas de cianobactérias (acinetos)

atuais

fósseis

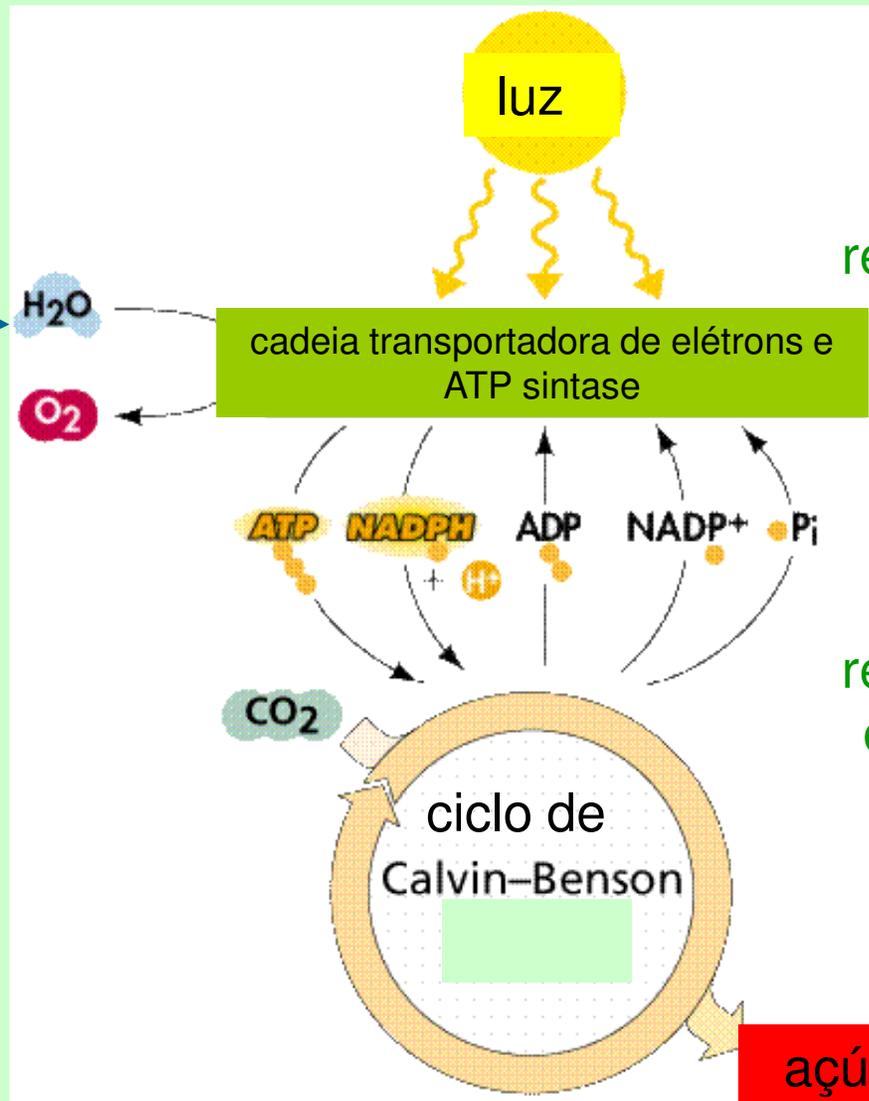


Archaeoellipsoides sp.

Cianobactérias: fotossíntese oxigênica

transformação de compostos simples em complexos utilizando a energia luminosa

abundante na natureza



reações luminosas (tilacóides)

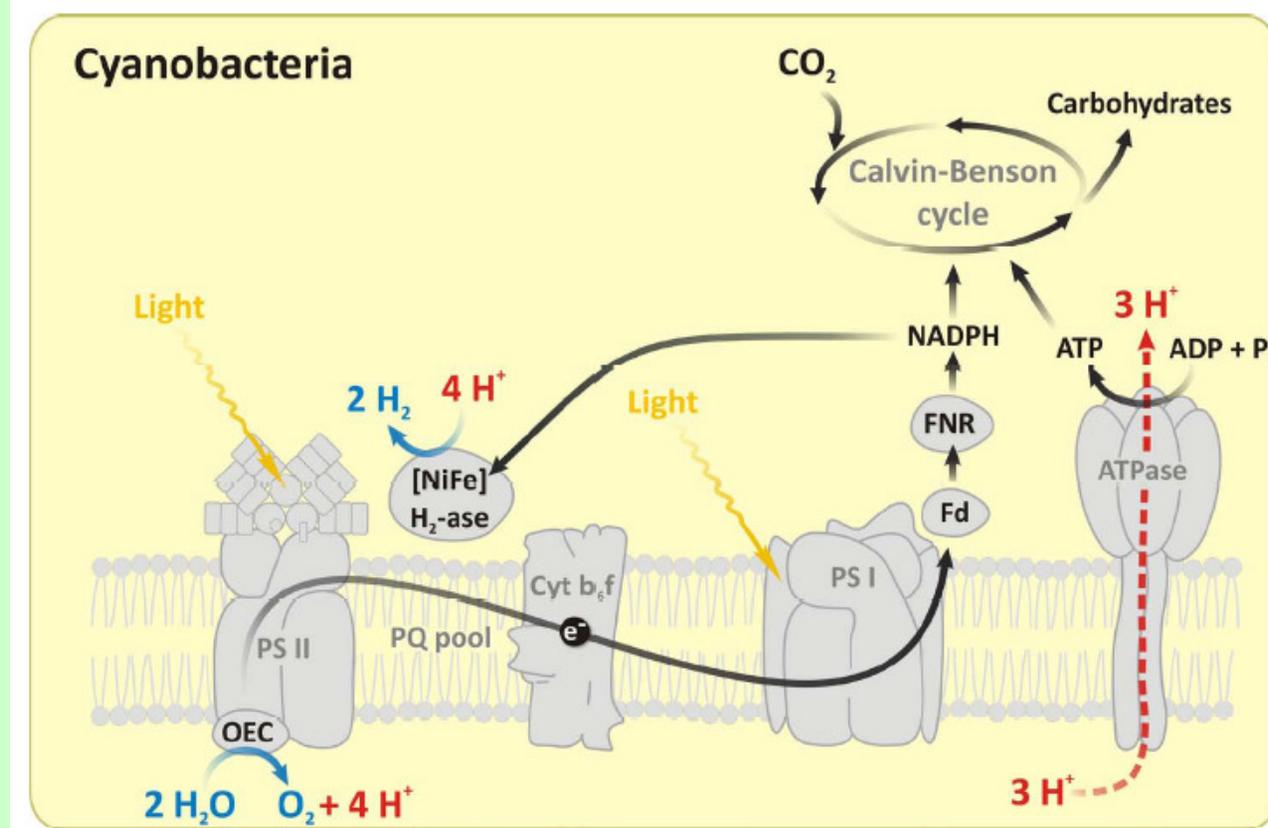
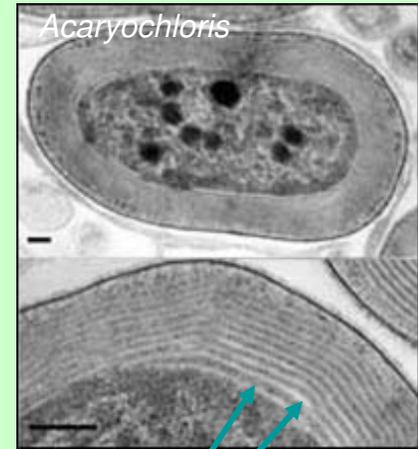
reações de fixação de carbono (CO₂) (citoplasma)

o ATP e o NADPH gerados nas reações luminosas são utilizados no ciclo de Calvin para a fixação do CO₂

açúcares

Cadeia transportadora de elétrons e ATPsintase na membrana do tilacóide:

- a cadeia transportadora de elétrons gera um gradiente de prótons
- a passagem dos prótons pela ATPsintase leva a síntese de ATP



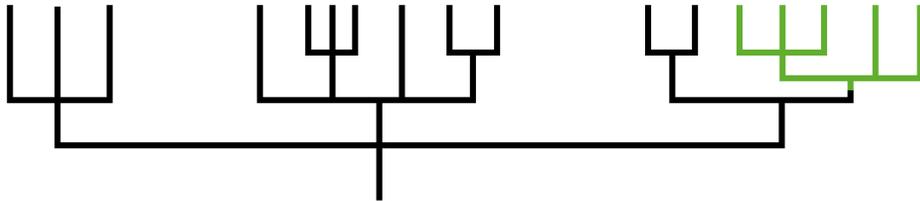
processo EQUIVALENTE ao que ocorre na mitocôndria

membrana do tilacóide

Archaea

Eukaryota

Eubacteria



Fotossíntese oxigênica

Resumo de resultados obtido por evidências:

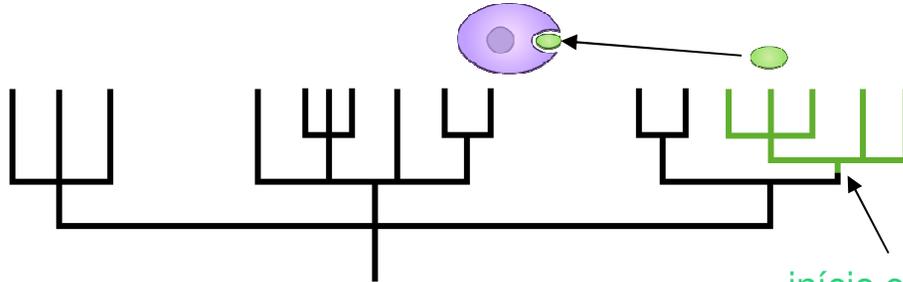
- geológicas
- filogenéticas

Via metabólica surgiu uma única vez

Archaea

Eukaryota

Eubacteria

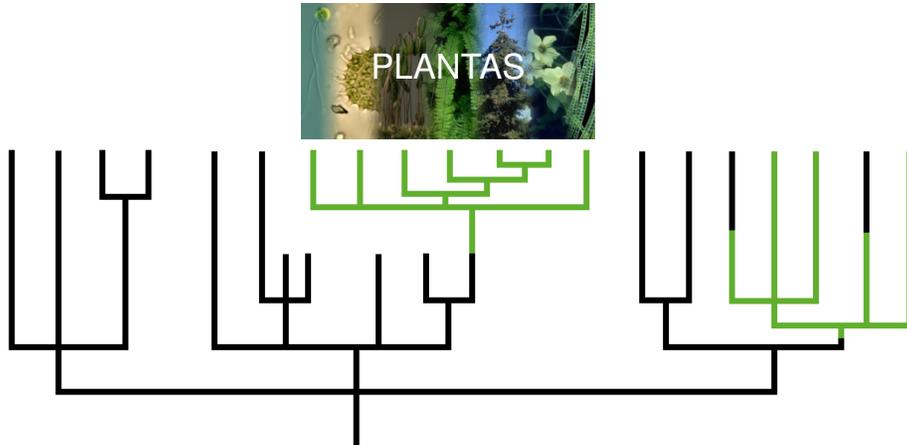


início evolução da fotossíntese

Archaea

Eukaryota

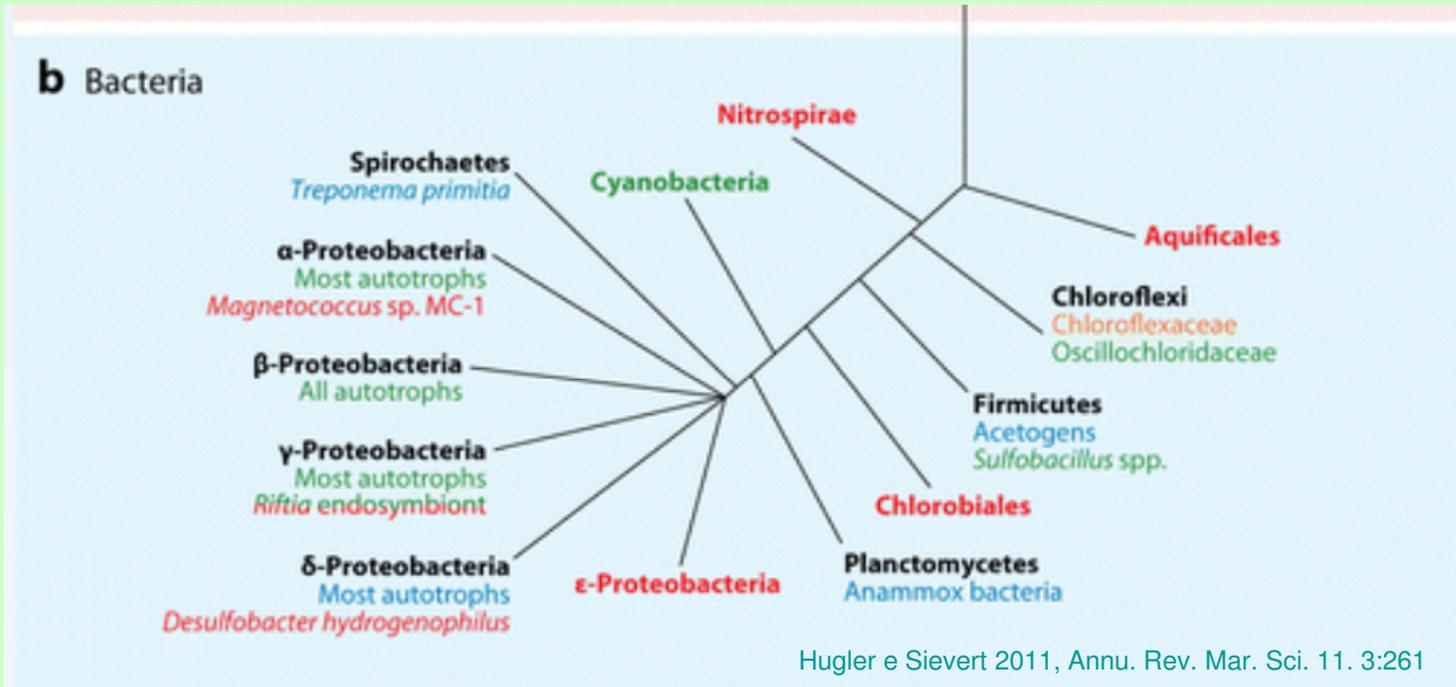
Eubacteria



Understanding Evolution
understandingevolution.org

Ocorrência do Ciclo de Calvin* no Domínio Bacteria

via de fixação de C mais abundante do planeta!
 evolução do ciclo em cianobactérias



* →

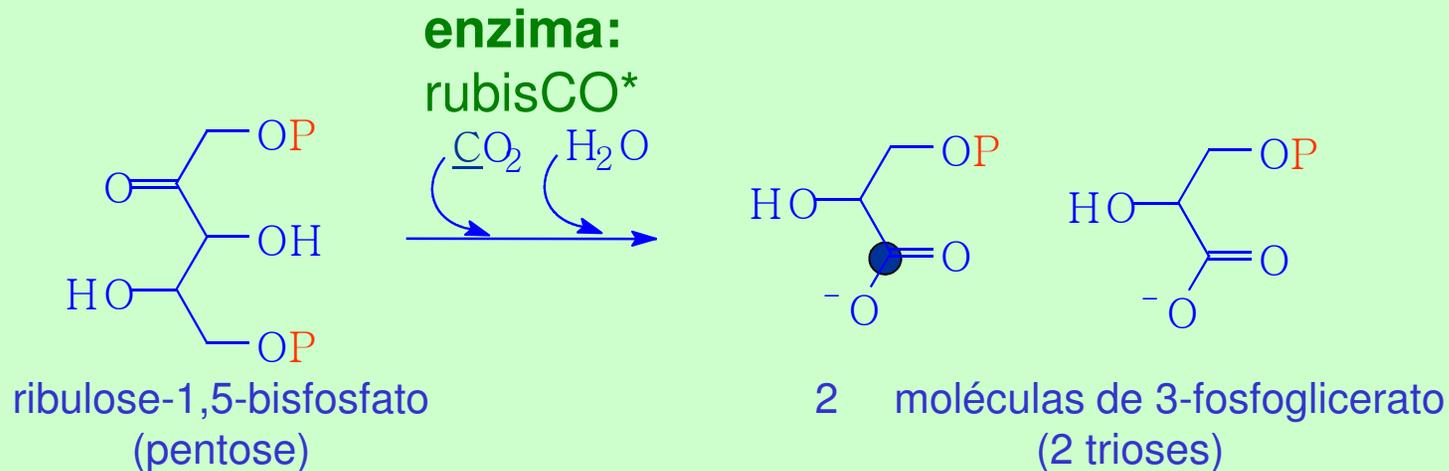
■ Reductive pentose phosphate cycle	■ 3-Hydroxypropionate bicycle
■ Reductive tricarboxylic acid cycle	■ 3-Hydroxypropionate/4-hydroxybutyrate cycle
■ Reductive acetyl-CoA pathway	■ Dicarboxylate/4-hydroxybutyrate cycle

} vias de fixação de C

ou:
 Ciclo de Calvin – Benson - Bassham
 ciclo redutor da pentose fosfato

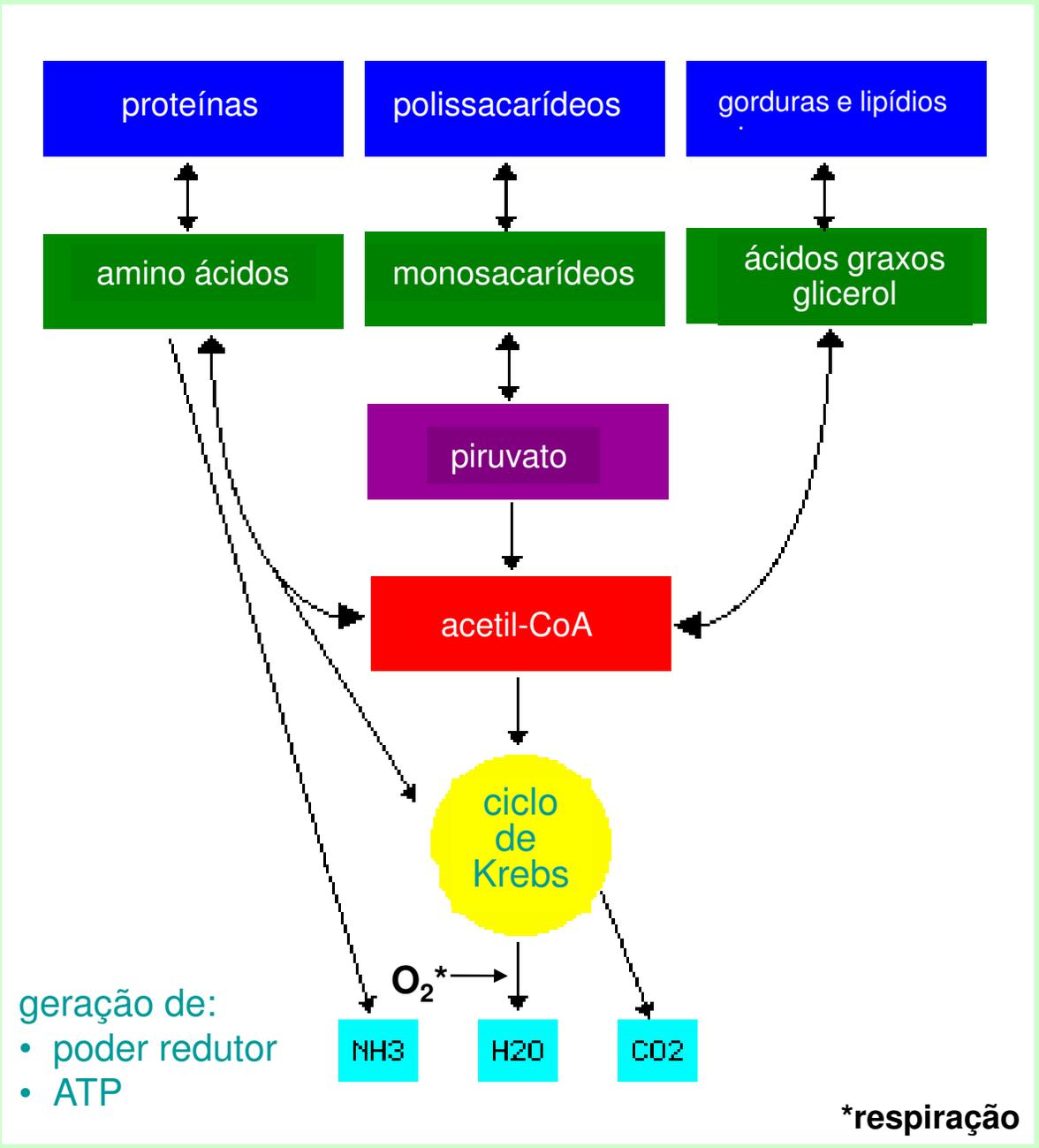
1a. reação do Ciclo de Calvin

Reação de fixação de C inorgânico (carboxilação):



- rubisCO é a enzima mais abundante no planeta.
- é encontrada nos três domínios
- quase toda a vida na terra depende da fixação de C por esta enzima (90% do C inorgânico que entra na biosfera).

*Ribulose-1,5-bisfosfato
Carboxilase/Oxigenase



O C fixado é a base do metabolismo:

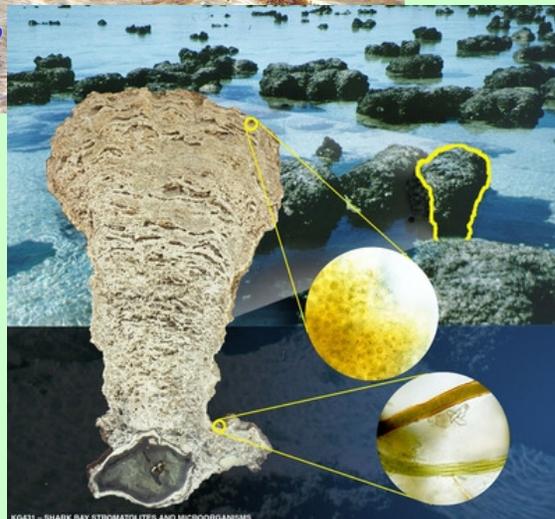
- polissacarídeos
 - celulose
 - amido
 - glicogênio
- ácidos graxos
- proteínas (+ N, S)
 - proteínas estruturais
 - enzimas
- ácidos nucléicos (+P)

CIANOBACTÉRIAS



<http://imaginationconversion.wordpress.com/2008/03/07/stromatolites-are-our-parents-if-you-believe-that-sort-of-thing/>

estromatólitos
2,7 bilhões de
anos



K0431 - SHARK BAY STROMATOLITES AND MICROORGANISMS

- formação do Sistema Solar:
4,5 bilhões de anos
- primeiros microorganismos 3,7
bilhões de anos.
- primeiras cianobactérias 3,2
bilhões de anos

responsáveis pelo
enriquecimento da
atmosfera com O₂

Colonizam todo tipo de ambiente

inclusive
ambientes
extremos!



sedimento



Como reconhecê-las



<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html>
<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artoct01/pjnostoc.html>



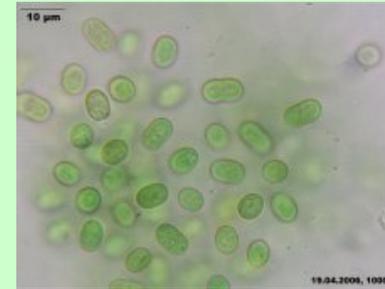
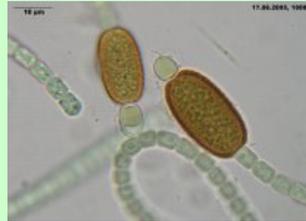
http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/current_research/australian_freshwater_algae2/algpic/cyanobacteria?SQ_DESIGN_NAME=printer_friendly



All after Entwisle et al. (1997)



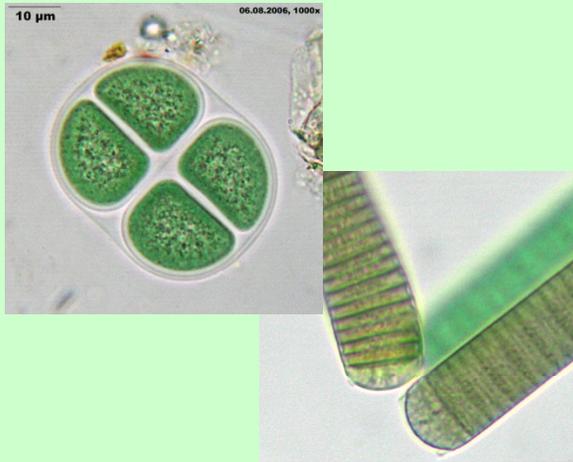
Diversidade morfológica



<http://www.dr-ralf-wagner.de/Blauualgen.html>

Diversidade morfológica

células vegetativas



- fotossinteticamente ativas
- divisão celular ativa

células especializadas

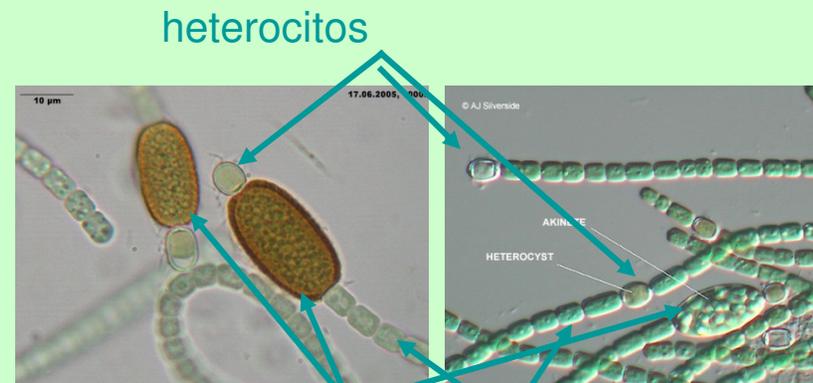
- formam-se a partir de células vegetativas

heterocitos

- sítio de fixação de N_2
- no. depende da disponibilidade de nutrientes no ambiente
- fotossinteticamente inativos
- contêm cianoglobina (sequestra O_2)
- divisão celular inativa
- tempo de vida limitado

acinetos

- formação induzida por estresse abiótico
- fotossinteticamente inativos
- capaz de sobre-viver a condições adversas (acúmulo de reservas)
- divisão celular induzida por ambiente favorável

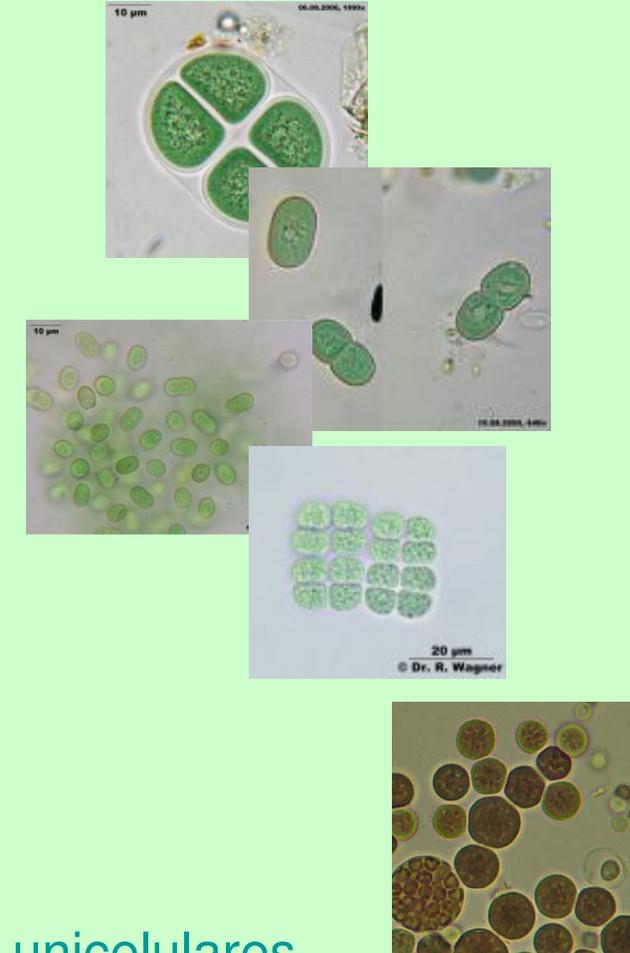
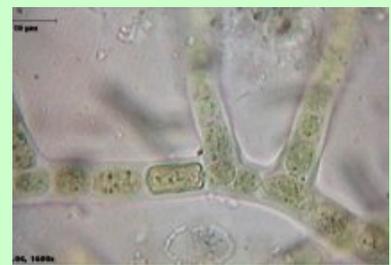
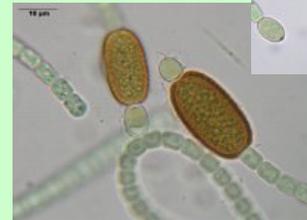
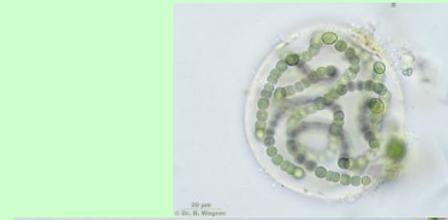
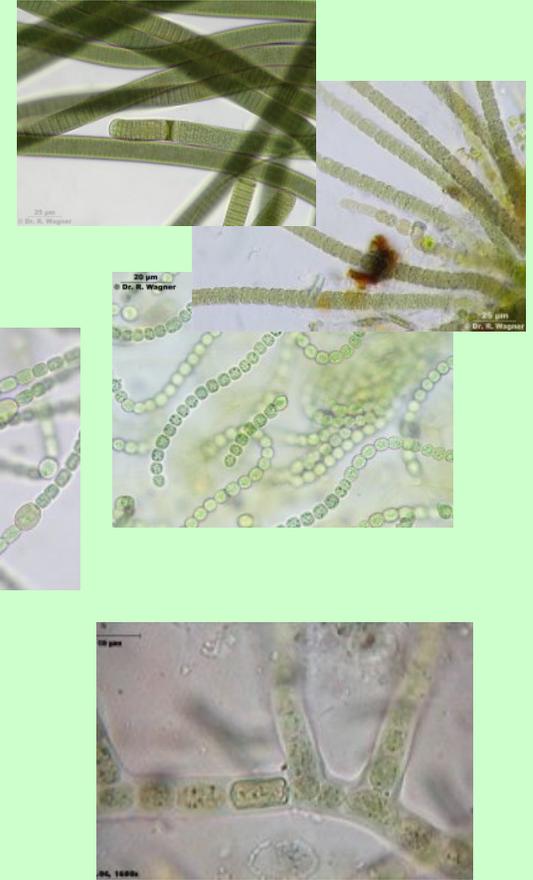


acinetos

células vegetativas

Diversidade morfológica

filamentosas



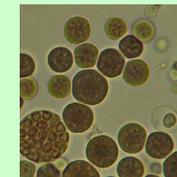
unicelulares
de vida livre/coloniais

Classificação segundo a taxonomia bacteriológica: (baseia-se na descrição de cultivos axênicos)

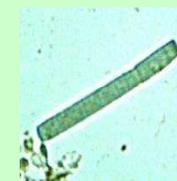
- Seção I: *Chroococcales* - cocóides que se multiplicam por divisão binária;
- Seção II: *Pleurocapsales* - cocóides que se multiplicam por fissão múltipla;
- Seção III: *Oscillatoriales* - filamentos simples
- Seção IV: *Nostocales* - filamentos simples que possuem heterocitos e acinetos;
- Seção V: *Stigonematales* - filamentosas ramificadas que possuem heterocitos e acinetos.



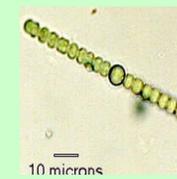
I



II



III



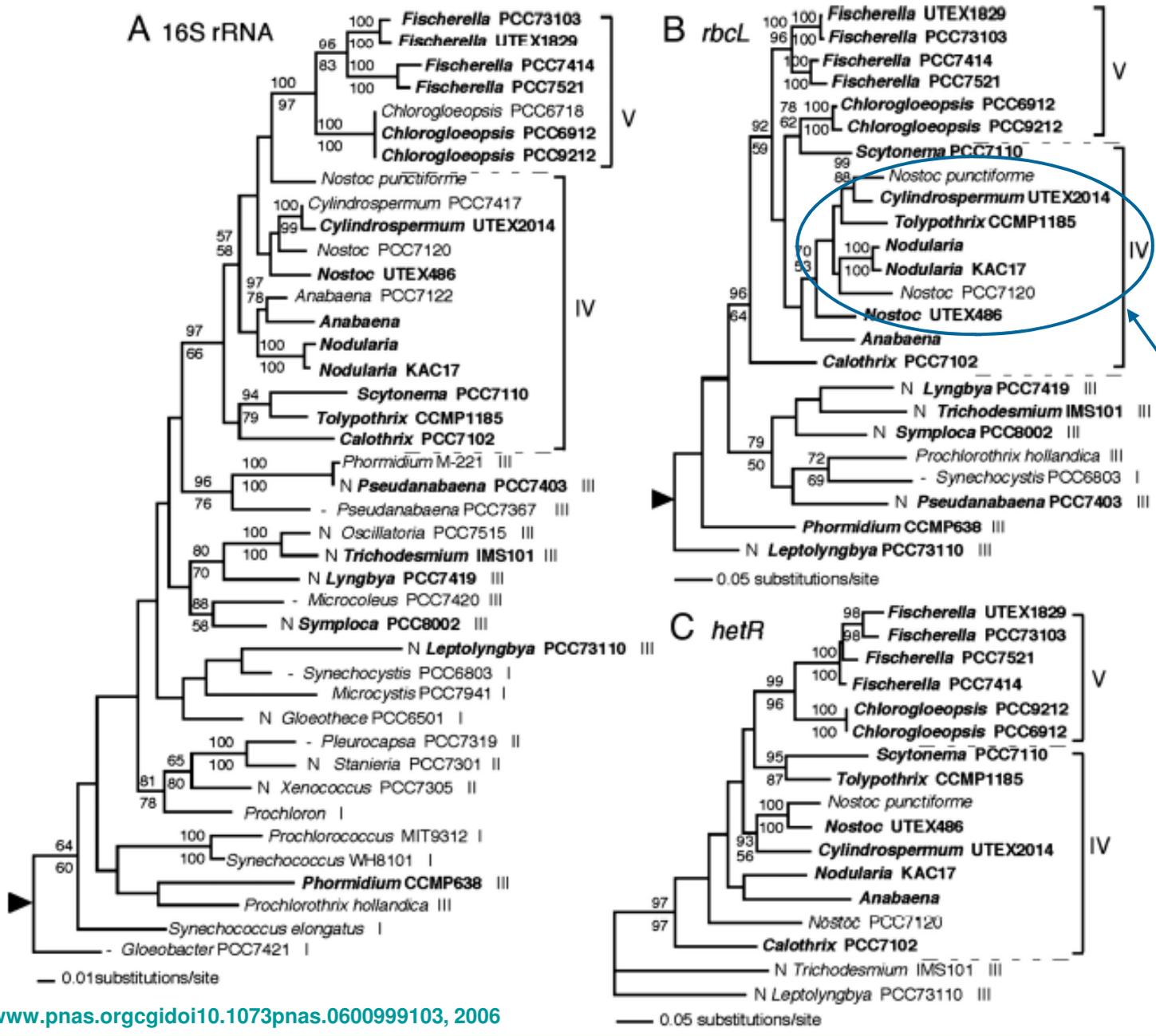
IV



V

Classificação baseada na morfologia.

Está em revisão!

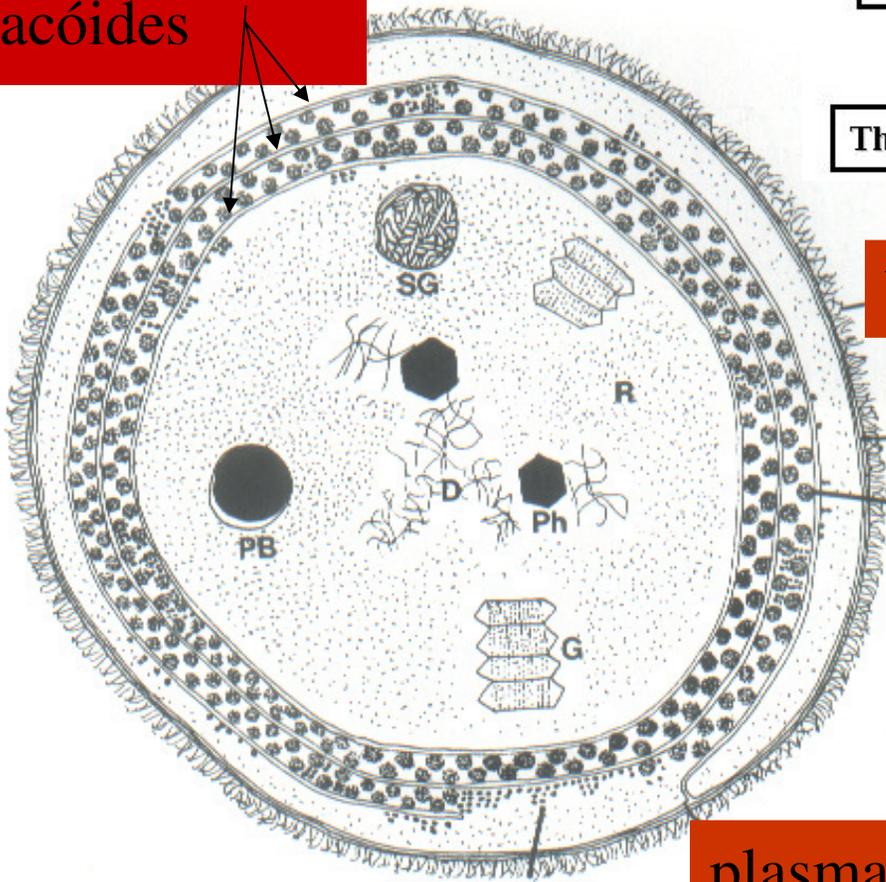


Relação filogenética de cepas de cianobactérias deduzidas a partir de sequência de nucleotídeos.

dos resultados se verifica que nem sempre a sistemática baseada na morfologia está de acordo com a baseada no sequenciamento de nucleotídeos!

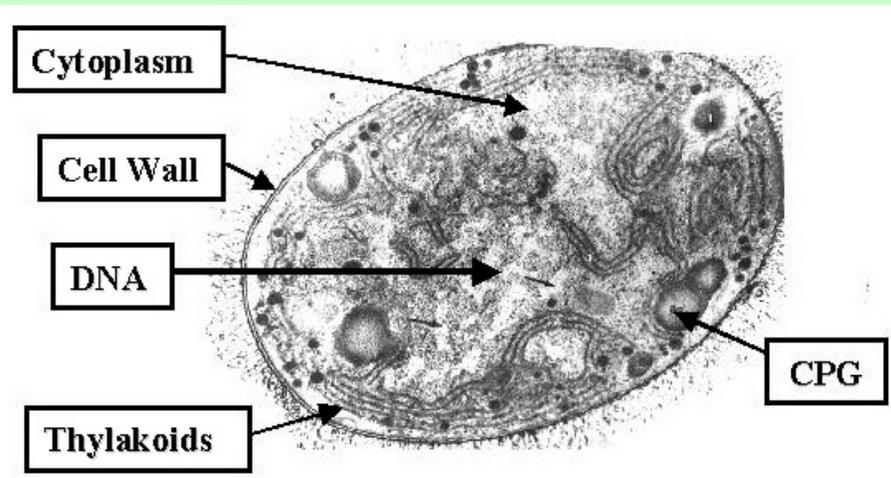
Ultra-estrutura celular célula vegetativa

membranas de
tilacóides



grânulos de glicogênio

plasmalema

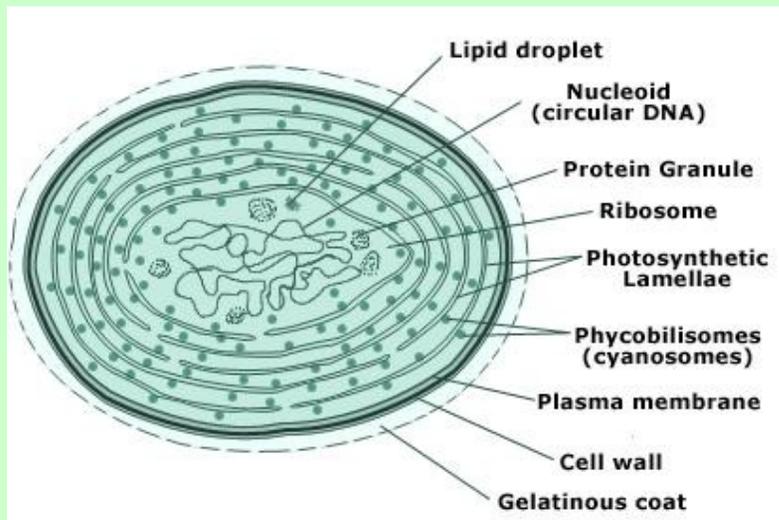
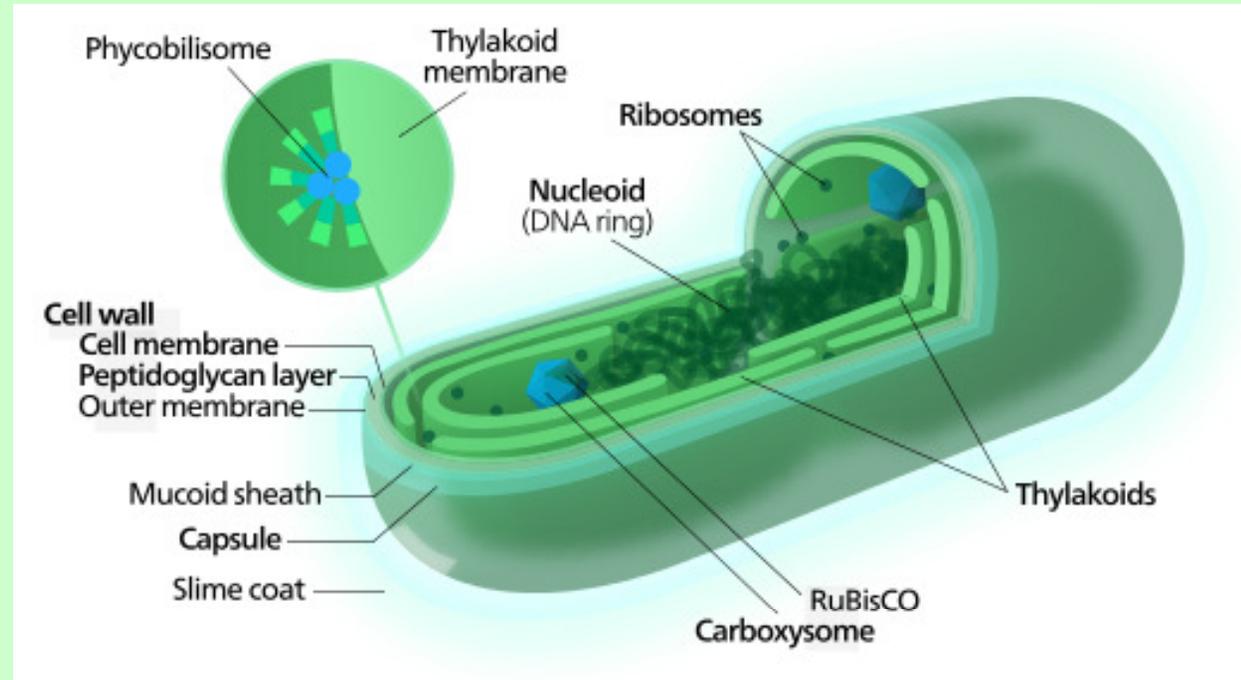


bainha de mucilagem

parede celular

ficobilissomas

PB – corpos de polifosfato
Ph – carboxissomas
R – ribossomos
G – vacúolos gasosos
D – DNA
SG ou CPG – grânulos de cianoficina



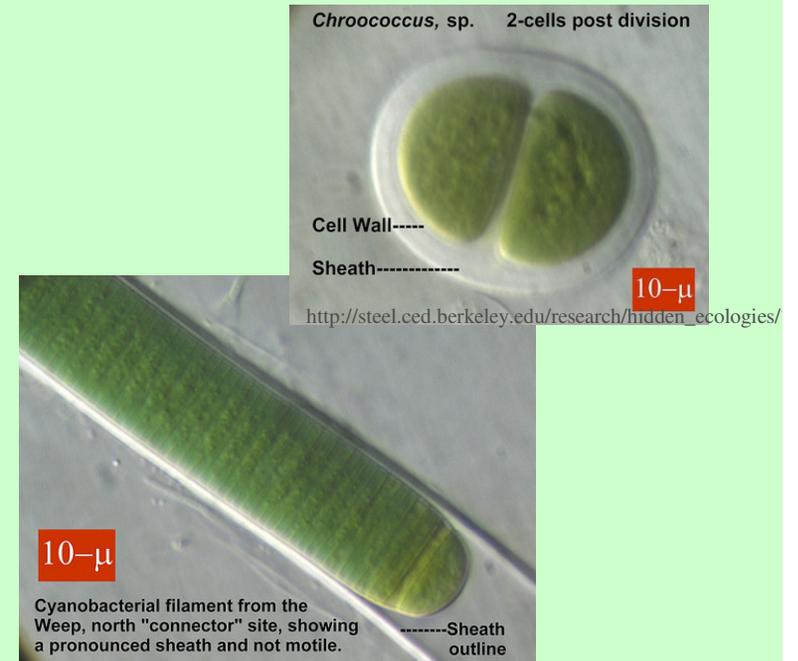
Ultra-estrutura celular célula vegetativa

bainha de mucilagem:

- não é formada por todos os gêneros
- formação também depende das características do ambiente
- protege as células contra dessecação
- contribui para o deslizamento/deslocamento das células

parede celular:

- semelhante à de bactérias Gram negativas



Ultra-estrutura celular célula vegetativa

Protoplasma –

DNA circular
ribossomos

membranas de tilacóides:

- aparato de captação de luz

grânulos de glicogênio:

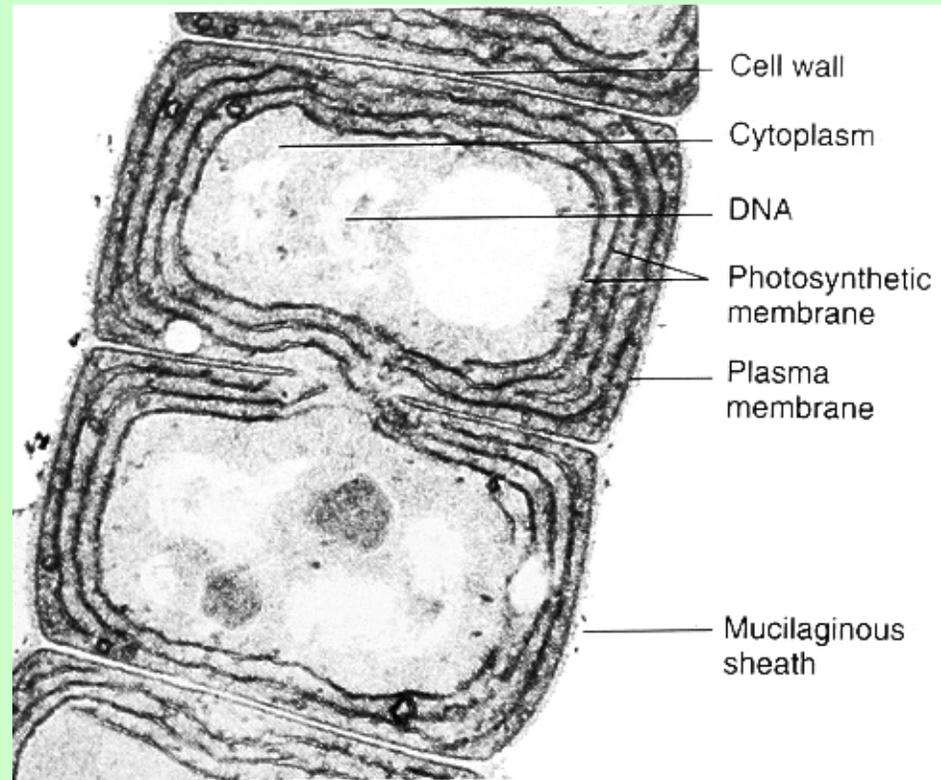
- polímero de glicose
- reserva de C para a célula

grânulos de cianoficina:

- polímero de ácido aspártico e arginina
- reserva de N para a célula

corpos de polifosfato

- reserva de P para a célula



grânulos de ácido- β -hidroxibutírico:

- reserva de C para a célula

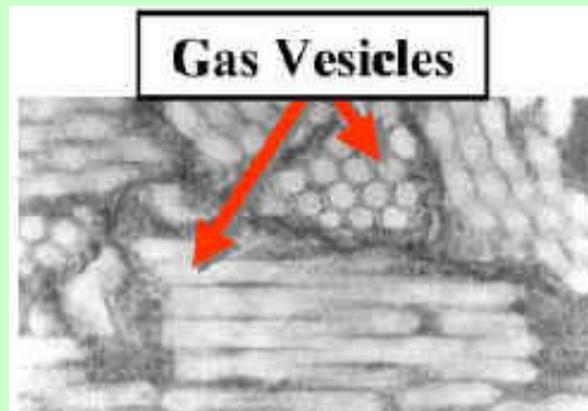
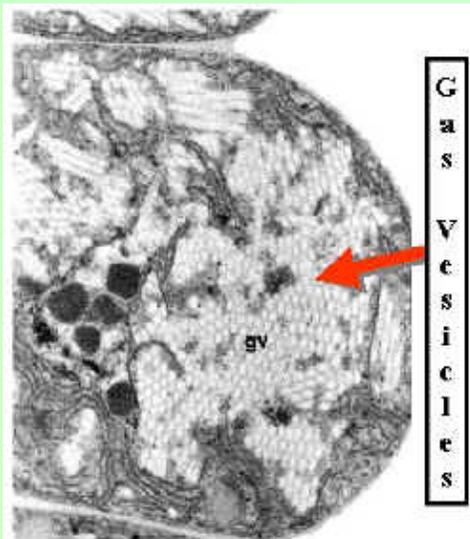
Ultra-estrutura celular célula vegetativa

carboxissomos:

- estruturas com alta concentração de rubisCO (fixação de C durante a fotossíntese)

vacúolos gasosos

- vesículas contendo gás, recobertas por proteína
- regulam a posição da célula na coluna d'água

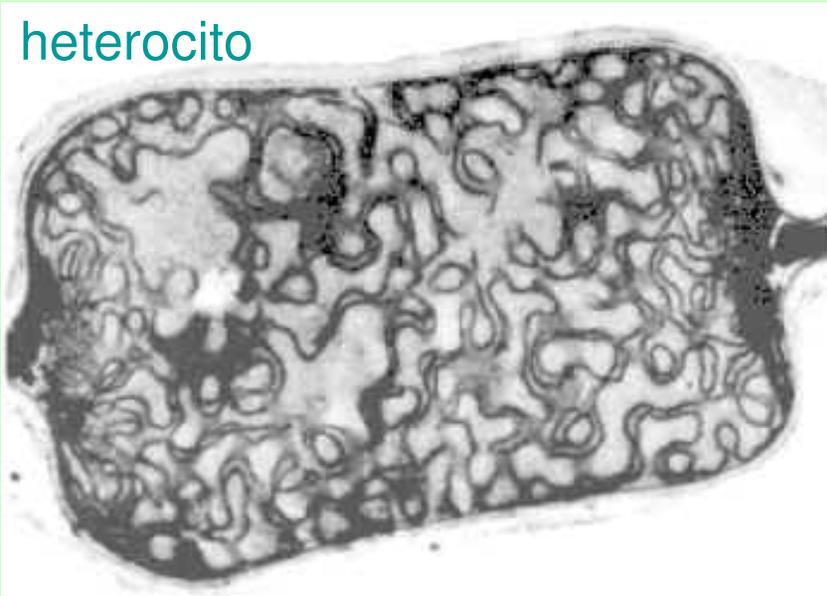


<http://www.biologie.uni-hamburg.de/online/library/webb/BOT311/Cyanobacteria/Cyanobacteria.htm>

Ultra- estrutura celular

células especializadas: heterocitos e acinetos

heterocito

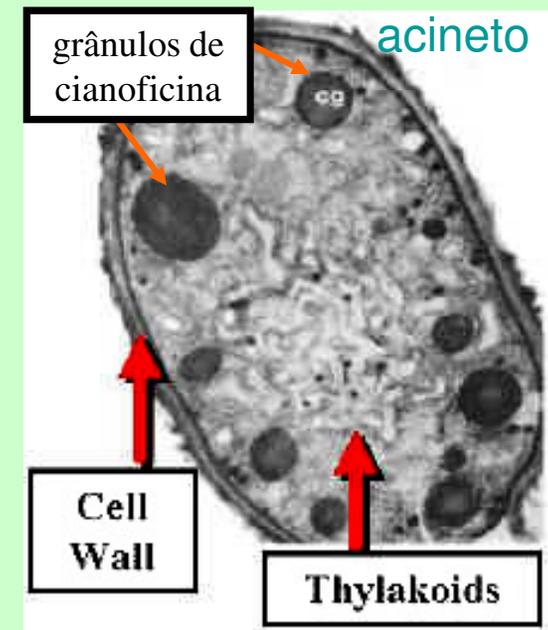


células especializadas na fixação de N

- parede celular espessa
- sistema de membranas internas abrigam a nitrogenase
- ligados às células vegetativas através de poros

Células resistentes a condições adversas do ambiente

- parede celular espessa
- tilacóides com fotossistema inativo
- contém grânulos de cianoficina

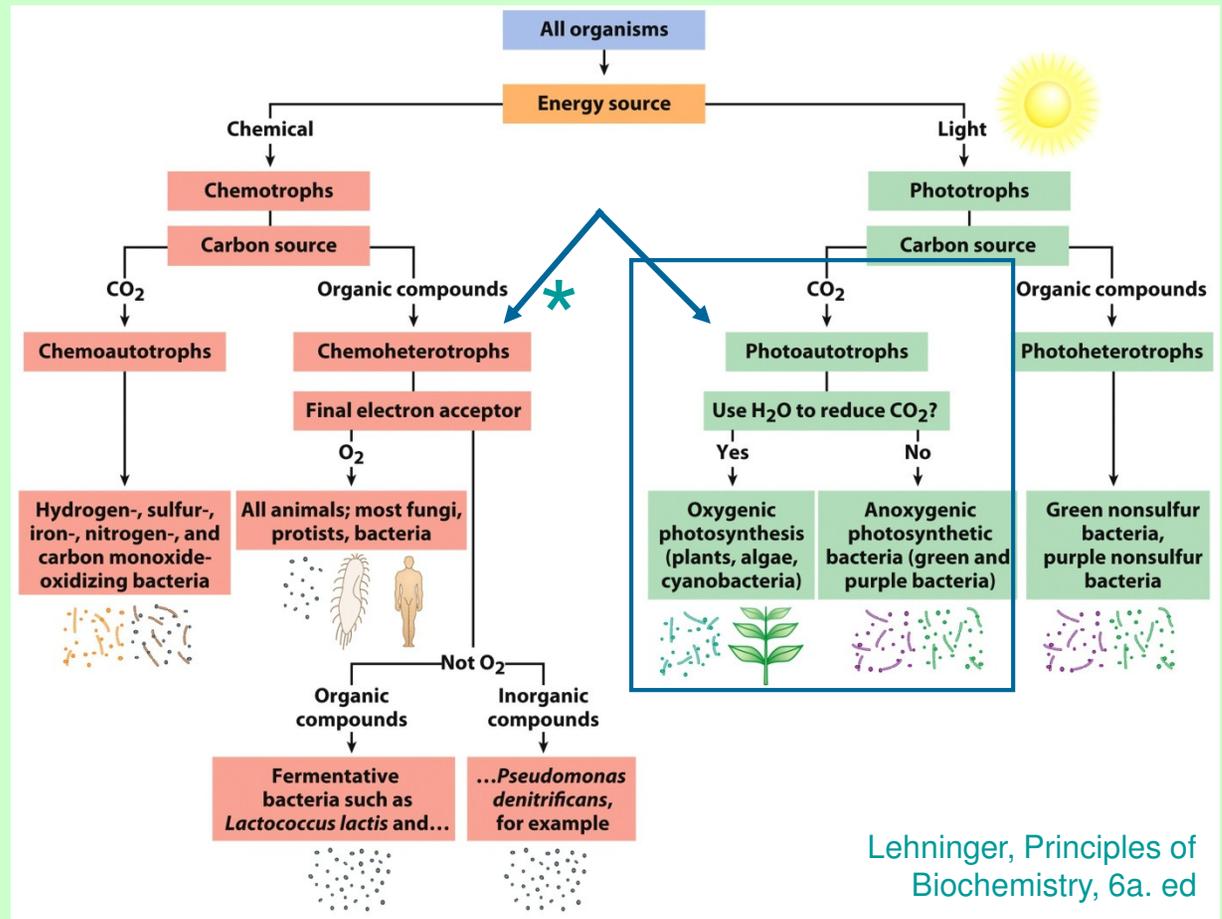


Cianobactérias são:

Fotoautotróficas: organismos que necessitam para crescer apenas água, os gases e presença de luz em meio inorgânico

Quimioheterotróficas facultativas: organismos capazes de viver em ambiente sem luz em meio contendo fonte de C orgânico OU fototróficamente na luz

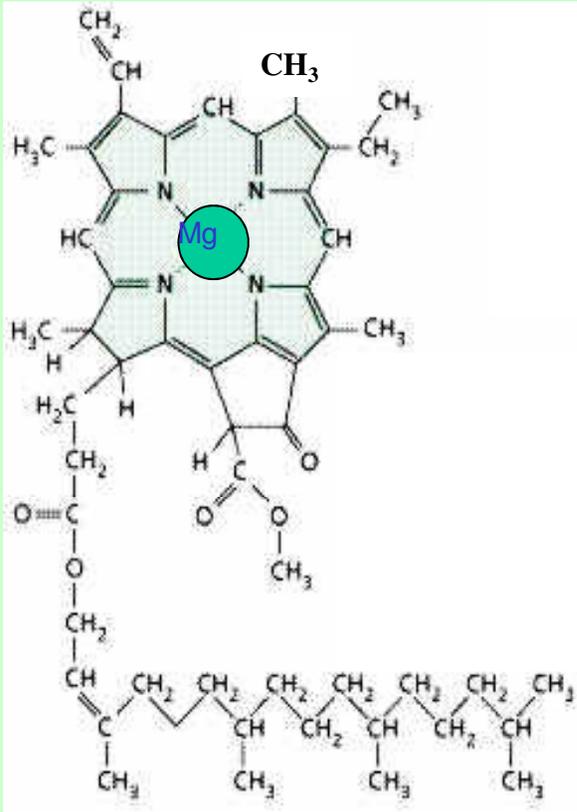
* o crescimento na ausência de luz é bem mais lento !



Diversidade metabólica

Lehninger, Principles of Biochemistry, 6a. ed

Diversidade metabólica captação de luz

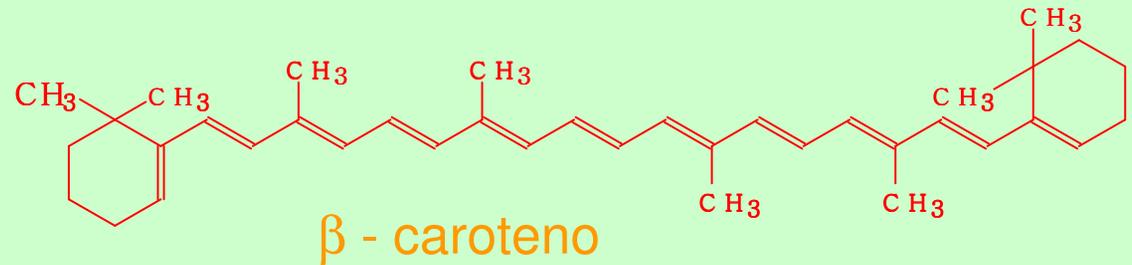


clorofila a

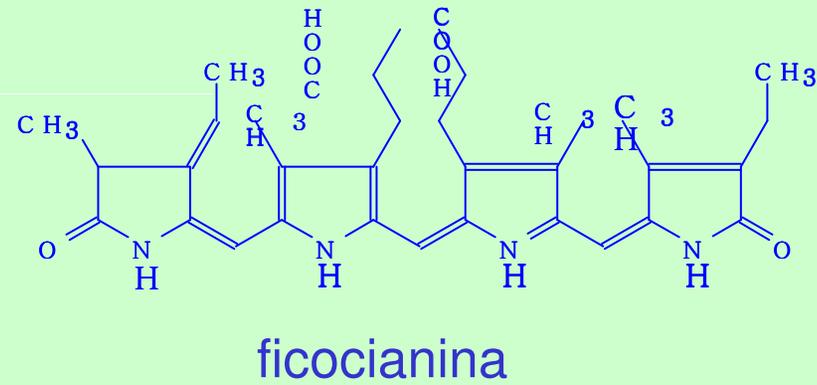
Prochlorococcus possui também clorofila b como pigmento acessório

pigmento principal: clorofila a
pigmentos acessórios:

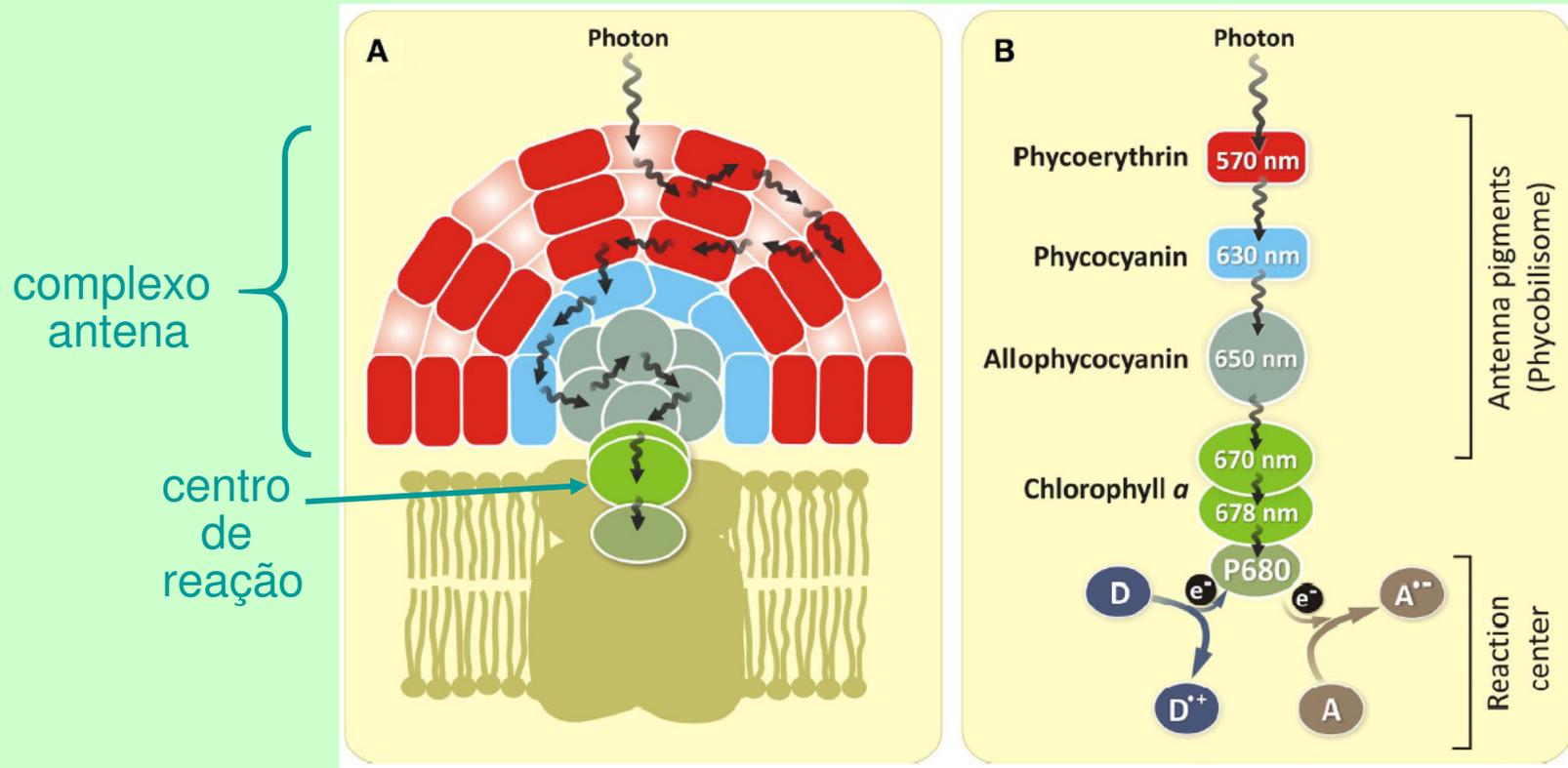
- carotenóides
- ficocianinas
- ficoeritrinas



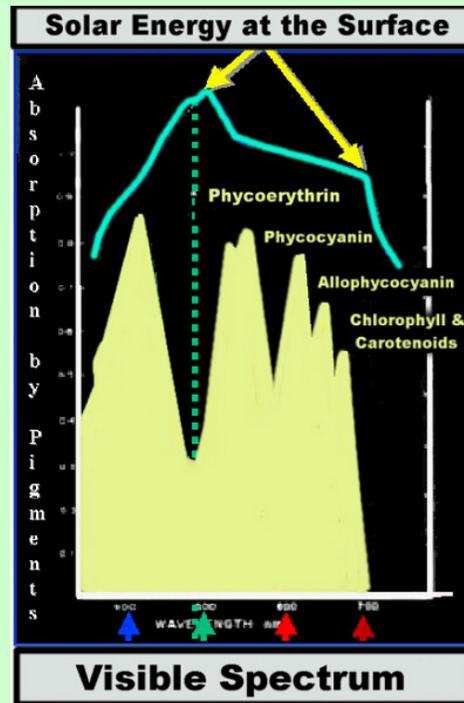
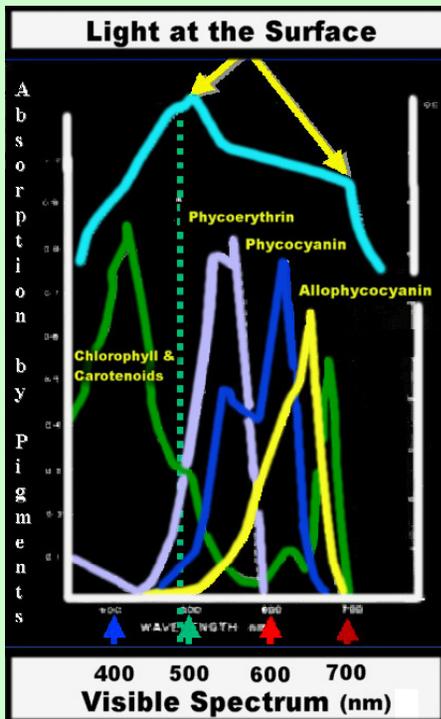
N



Transferência de energia dos pigmentos do complexo antena para o centro de reação



Diversidade metabólica captação de luz

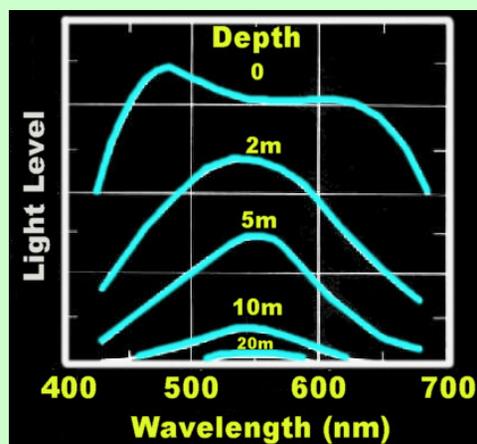


Pigmento principal:

- clorofila a

Pigmentos acessórios:

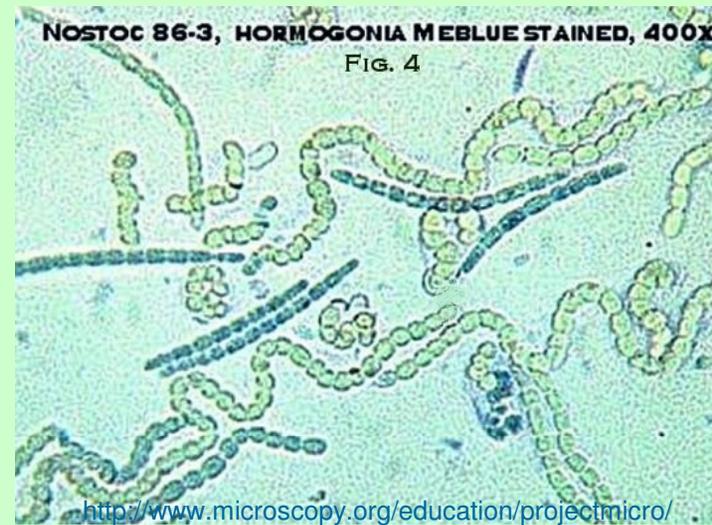
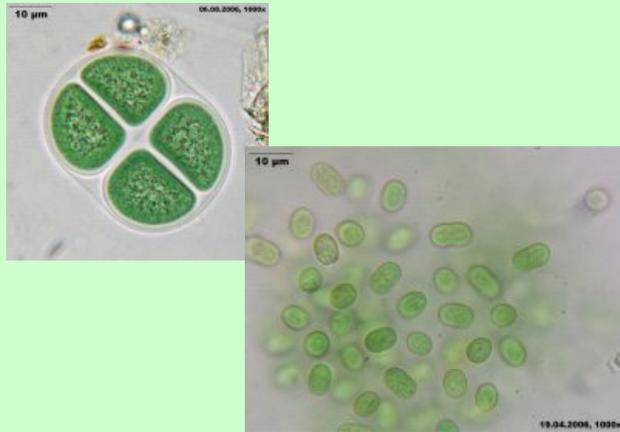
- ficoeritrina
- ficocianina
- carotenóides



A presença de ficocianina e ficoeritrina permite a colonização de maiores profundidades.

Reprodução

assexuada

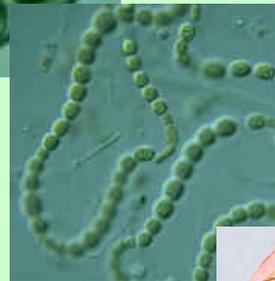
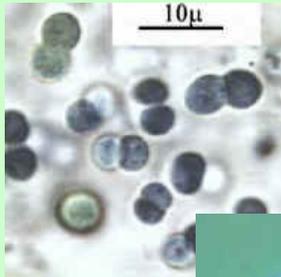


sexuada

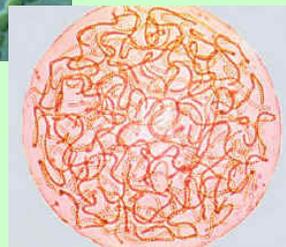
- muitas cianobactérias são naturalmente competentes
- não foi relatada conjugação na natureza

Formas de vida

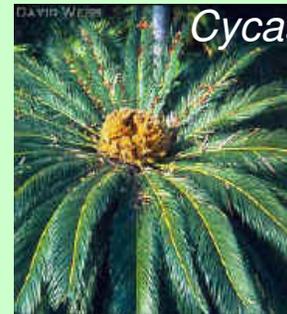
vida livre



vida livre



vida associada { plantas
fungos
animais



Formas de vida vida associada a plantas

Associação com vários tipos de plantas

Filos: *Anthocerotophyta*

Pteridophyta (*Azolla*)

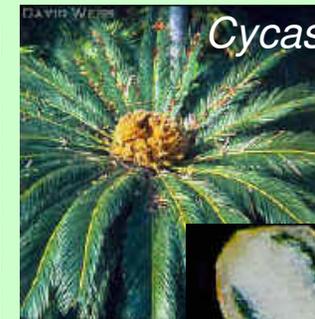
Cycadophyta

Antophyta (*Gunnera*)

Associação com gêneros fixadores de N₂ (*Nostoc**)

A cianobactéria troca compostos nitrogenados por abrigo e outros compostos com a planta.

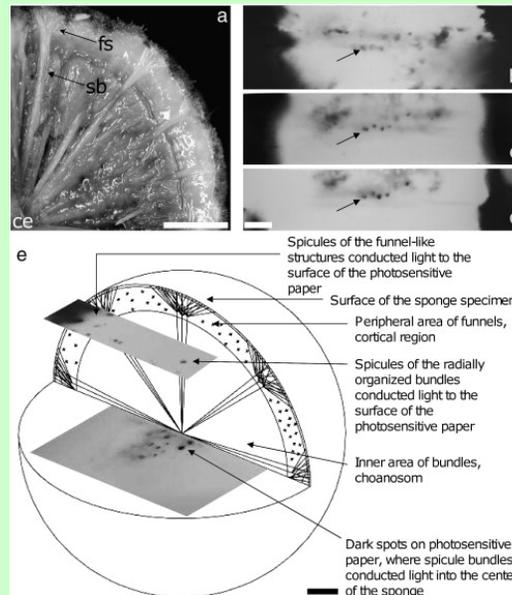
associação utilizada para aumentar a produtividade na agricultura e piscicultura.



Formas de vida vida associada a animais



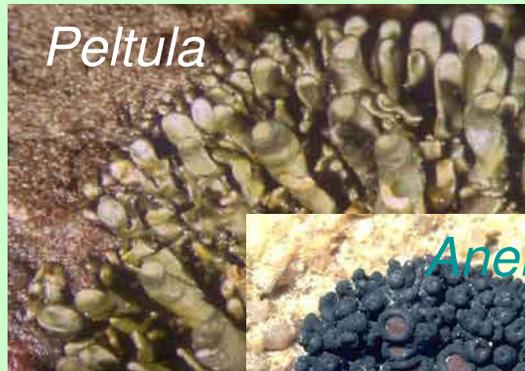
- frequentemente associadas a animais marinhos
- associação percebida através da busca de metabólitos secundários biologicamente ativos para a produção de fármacos



a arquitetura da esponja permite que as espículas conduzam luz possibilitando a colonização de cianobactérias também no interior do seu corpo, ao redor das espículas (J. Exp. Mar. Biol Ecol, 2008, 367:61)



Formas de vida vida associada a fungos



cerca de 8% dos líquens são associações entre fungos e cianobactérias

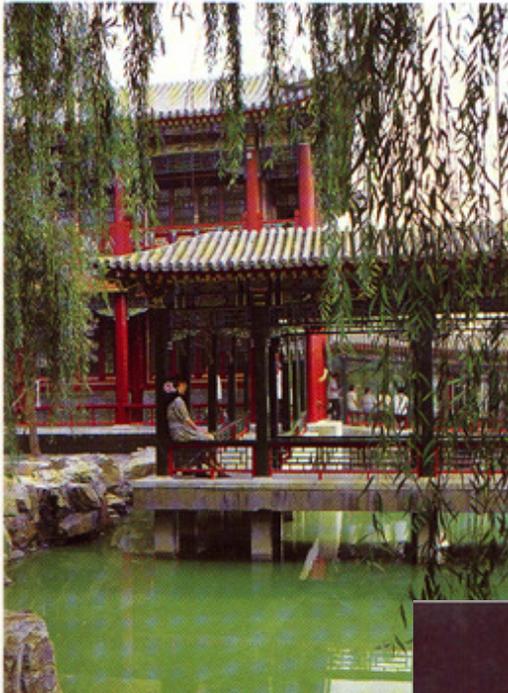
organismos altamente resistentes a condições adversas de temperatura e disponibilidade de água

sensíveis à poluição

Florações de Cianobactérias

o que são ?

- não tóxicas
- tóxicas



CAUTION

POSTED : Based on counts of the cyanobacteria (blue-green algae), MDPH thresholds for recreational waters have been exceeded.

- Water which looks like the pictures above may contain algae capable of producing toxins that can be dangerous to humans and pets.
- People and pets should avoid contact in areas of algae concentration
- Do not swallow water and rinse off after contact

For further information call:
MA Department of Public Health at 617-624-5757

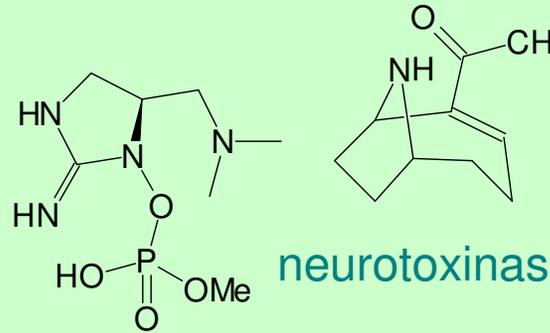
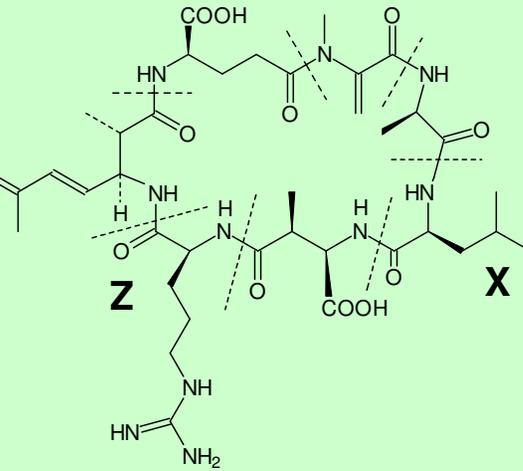
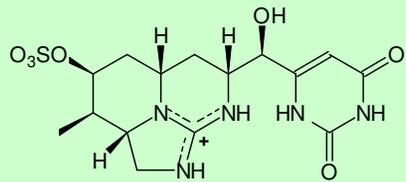


Sua frequência vem aumentando !!
Prejuízos causados também !!!

Cianotoxinas

divididas de acordo com os sintomas que provocam

hepatotoxinas

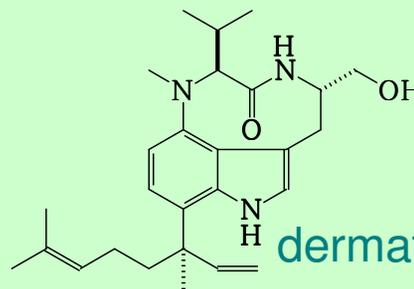


neurotoxinas

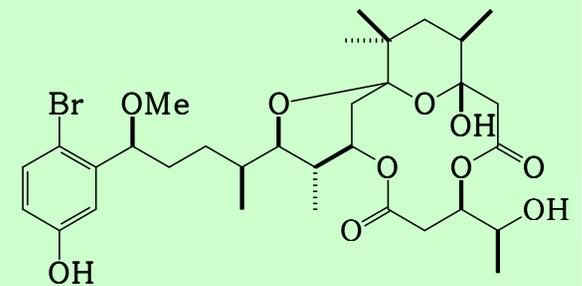
β -N-metilamino-L-alanina



Toxinas potentes ! (dl baixa)
Estruturas bem caracterizadas
Grande diversidade estrutural
Métodos de análise descritos



dermatotoxinas



β -N-metilamino-L-alanina

– toxina presente na maioria das cianobactérias investigadas



- neurotoxina presente na maioria das espécies de cianobactérias
- amino ácido modificado – incorporado em proteínas
- bioacumula
- associada inicialmente à doença neuro degenerativa que acomete a população de Guam que se alimenta farinha feita de cicas além de morcegos que se alimentam de suas sementes.
- associada recentemente à doença de Alzheimer e à esclerose lateral amiotrófica

SITES PARA CONSULTA:

filogenia dos seres vivos: <http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>

cianobactérias:

Para ir além:

Govindjee e Shevala D. 2011, *Frontiers in Plant Science*, 2, artigo 28. Adventures with cyanobacteria: a personal perspective