



CEN0100

Introdução às Ciências Biológicas

Cianobactérias e Meio Ambiente

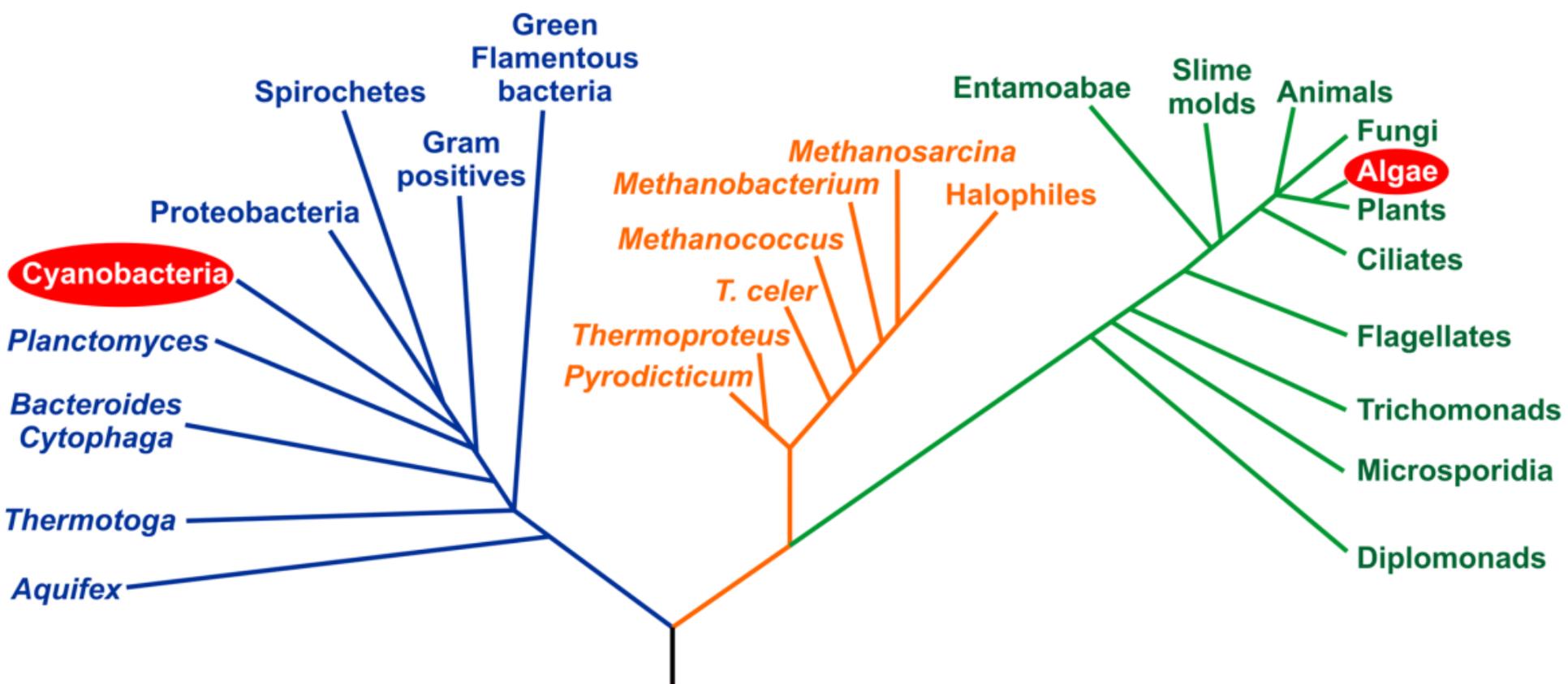
31 de maio de 2019



Bacteria

Archaea

Eucarya



✓ Fotossintéticos oxigênicos
 ✓ Fixadores de N₂

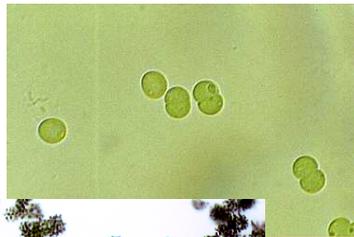
Cianobactérias ocorrem em vários ambientes



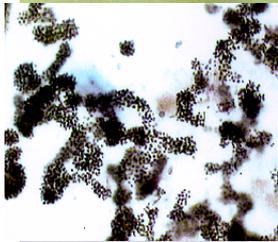
- **Cianobactérias são micróbios fotossintéticos oxigênicos e morfologicamente diversos (unicelular - filamentosos)**
- **Ambientes aquáticos:**
- Lagos, águas salobras, oceanos, águas termais, gelo – bentônica e planctônica
- **Terrestres:**
- Solos, crostas do deserto
- **Simbioses**
- Plantas, líquens, ascídias

Cianobactérias são diversas

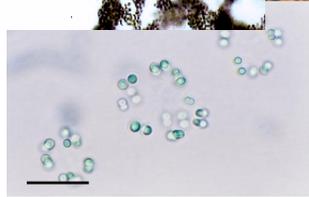
Unicelular (*Synechococcus*, *Synechocystis*, *Prochlorococcus*), formadoras de colônias (*Microcystis*, *Snowella*), filamentosas (*Planktothrix*), filamentosas e fixadoras de N₂ heterocitadas, (*Nodularia*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Gloeotrichia*, *Nostoc*) e filamentosas ramificadas (*Scytonema*)



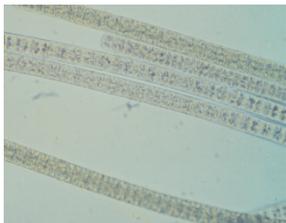
Synechocystis



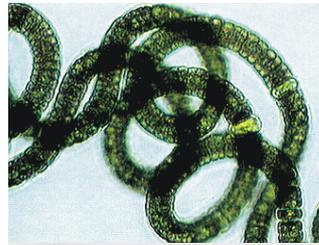
Microcystis



Snowella



*Planktothrix/
Oscillatoria*



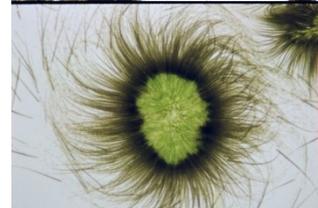
Nodularia



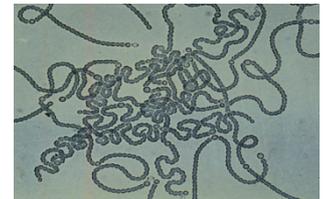
Anabaena



Aphanizomenon



Gloeotrichia



Nostoc



Scytonema

Ocorrências de massas cianobacterianas



* Problema estético

* Metabólitos odoríferos
(geosmina e metil-isoborneol –
odor e sabor terrosos)

* Cianobactérias tóxicas
=> riscos de saúde para seres
humanos e animais

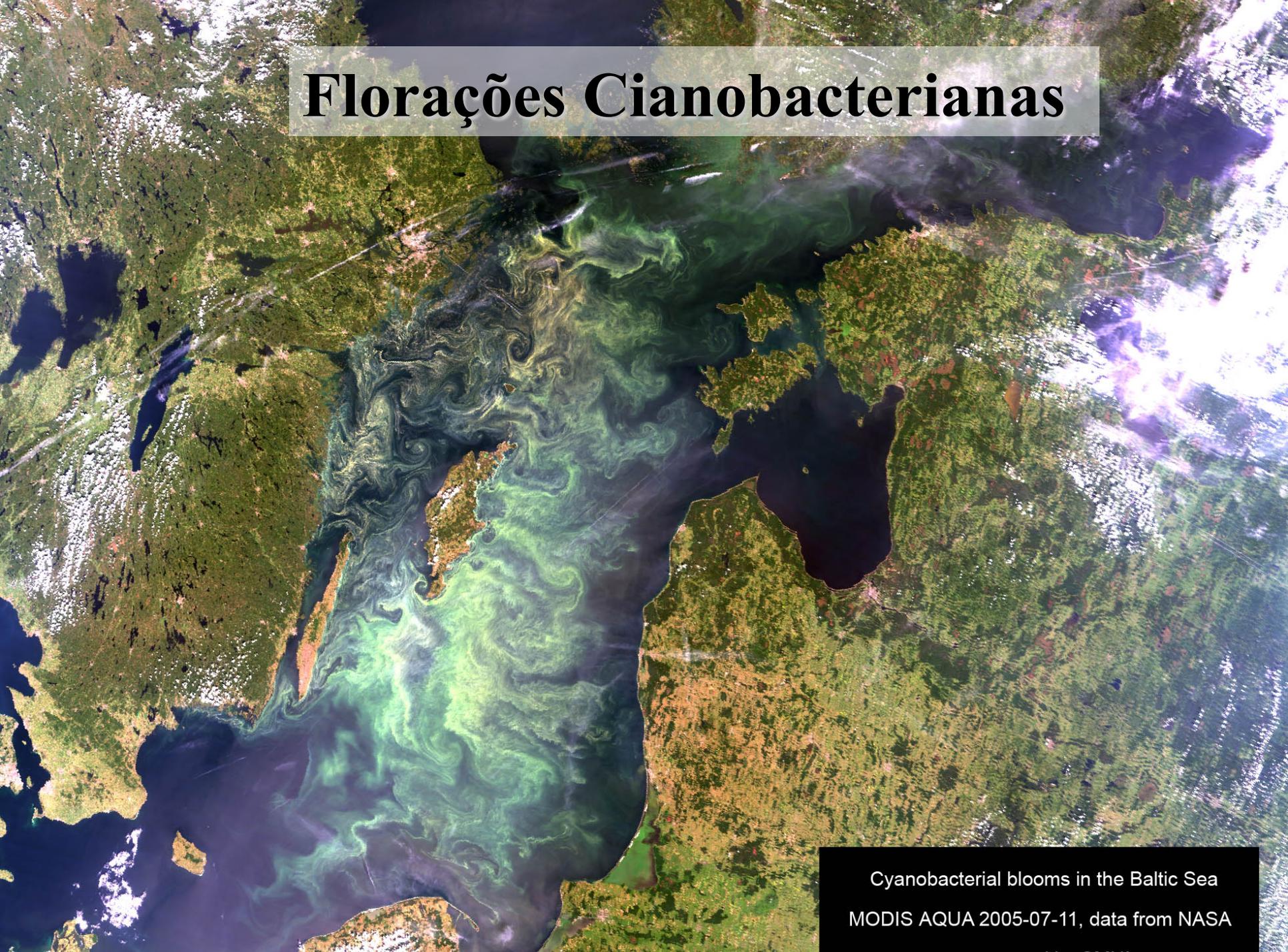
* Dois tipos principais
- hepatotoxinas
- neurotoxinas

Ocorrência mundial de florações cianobacterianas tóxicas



- *Aumento da ocorrência das florações pode estar associado à mudanças climáticas.*
- *Espécies invasoras e cianotoxinas emergentes são outros riscos a serem considerados.*

Florações Cianobacterianas

A satellite image of the Baltic Sea region, showing a large, swirling area of bright green water in the central part of the sea, indicating a cyanobacterial bloom. The surrounding land is visible in shades of green and brown, and the sea is dark blue. The image is oriented vertically on the page.

Cyanobacterial blooms in the Baltic Sea
MODIS AQUA 2005-07-11, data from NASA

Cyanos from space



*Cyanobacterial bloom in Lake Erie
(satellite image, Sept. 27 2013)*

Intoxicações

Place and Year	Animals affected	Type of toxicity/ Toxin	Cyanobacteria	Reference
Australia, L. Alexandrina, 1878	Sheep, horses, dogs, pigs	Hepatotoxin	<i>Nodularia</i>	Francis, 1878
Finland, L. Vesijärvi, 1928	40 cows	Neurotoxin	<i>Anabaena</i>	Hindersson, 1933
Baltic Sea, 1975, 1982-1984	Dogs, 16 young cattle	Hepatotoxin	<i>Nodularia</i>	Nehring, 1993
Norway, Roagland 1978	4 heifers	Hepatotoxins	<i>Microcystis</i>	Skulberg, 1979
Finland, L. Säaskj. & L. Säyhtenj. 1985-86	5 cows	Anatoxin-a	<i>Anabaena</i>	Sivonen et al., 1990
Finland, Åland Island 1985	Fish, birds, muskrats	Hepatotoxins	<i>Oscillatoria/ Planktothrix</i>	Eriksson et al., 1986
Denmark, L. Knud sø 1993, 1994	Over 20 birds, 1 dog	Anatoxin-a(S)	<i>Anabaena lemmermanni</i>	Henriksen et al., 1997
Australia, Darling river, 1991	2000 cattle and sheep	Saxitoxins	<i>Anabaena circinalis</i>	Chorus & Bartram, 1999

Florações cianobacterianas

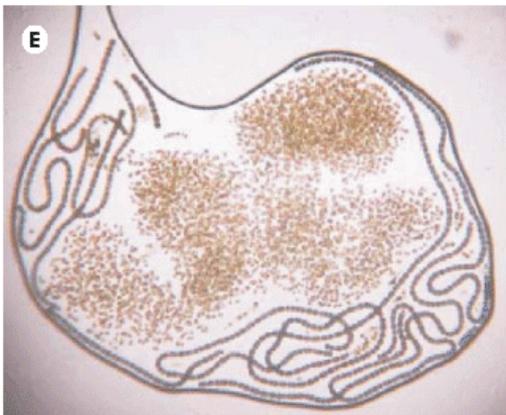
Represa Salto Grande



Represa Billings



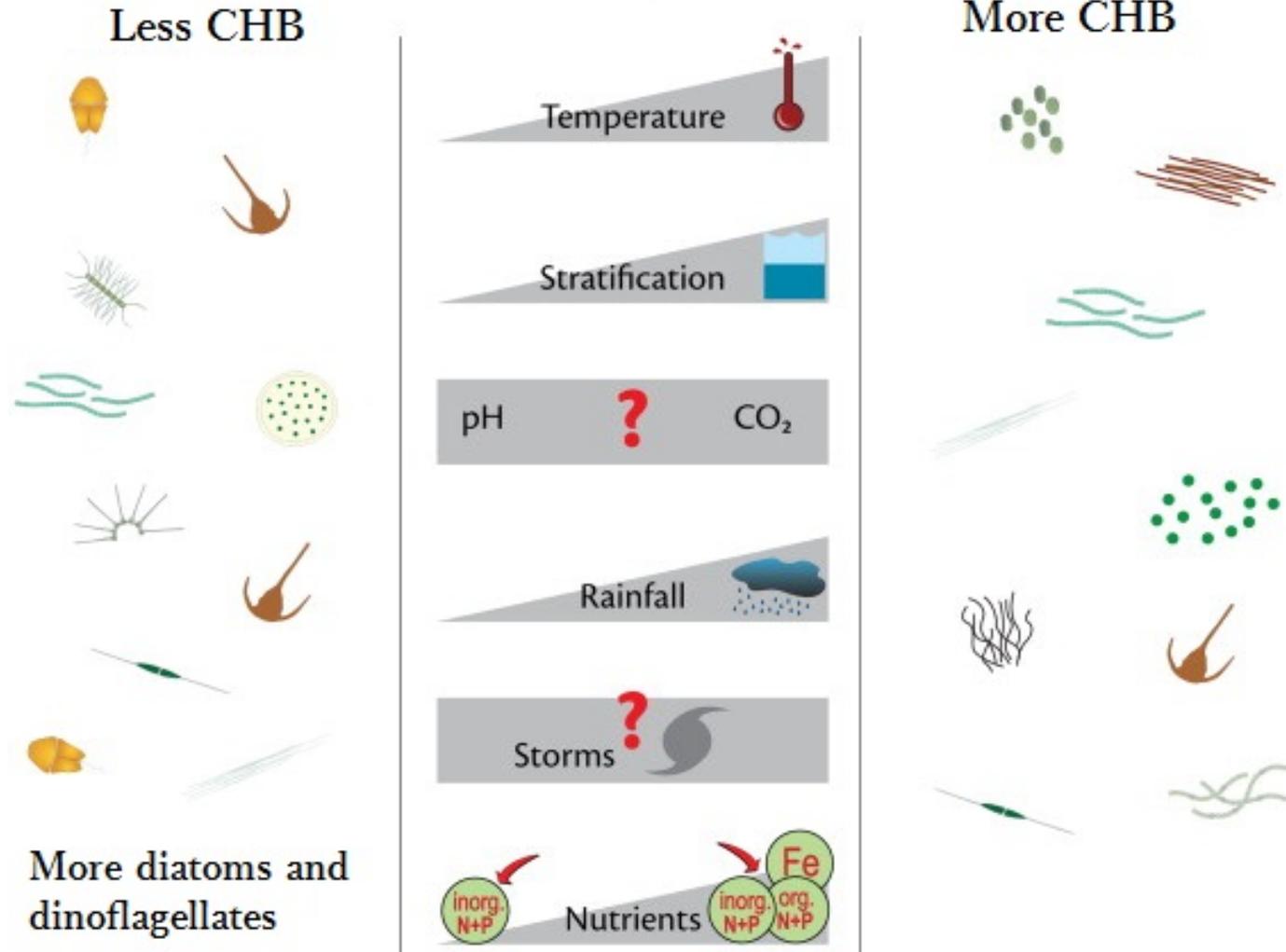
Tapajós River, Santarém, PA



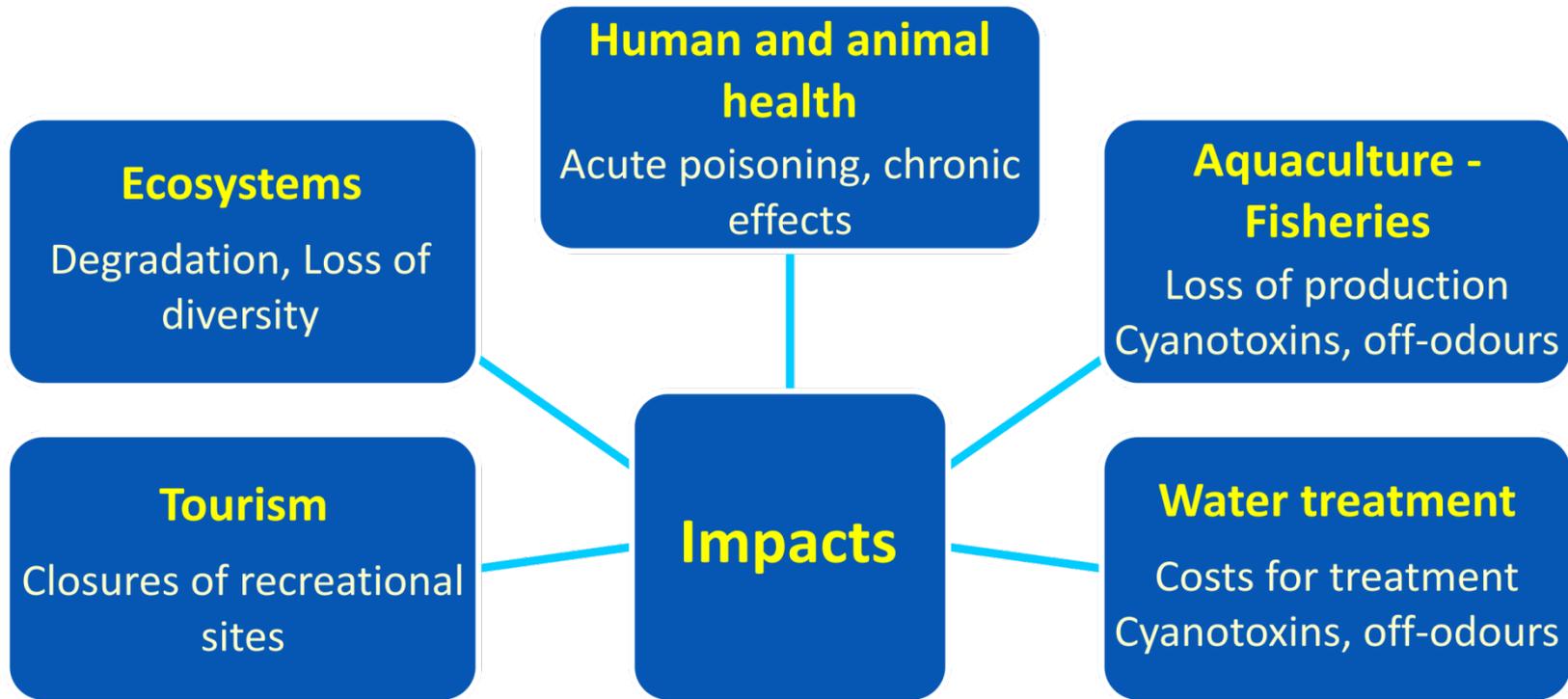
Porto da Tiradentes
Santarém PA, 2013

Figura 2 – Registro fotográfico da floração as margens do rio Tapajós (A e B) e dos gêneros *Anabaena* (C e D) e *Microcystis* (E e F) presentes na água. C e E, na objetiva de 10x e D e F, na objetiva de 40x

Eutrofização e efeitos potenciais das mudanças climáticas em florações tóxicas cianobacterianas



Impactos e efeitos das florações tóxicas cianobacterianas



CAUTION
TOXIC ALGAE MAY BE PRESENT
Lake may be unsafe for people and pets

Until further notice:

- **Do not swim or water ski in areas of scum.**
No nade o practique el esquí acuático en áreas con espuma o verdín.
- **Do not drink lake water.**
No tome el agua del lago.
- **Keep pets and livestock away.**
Mantenga alejados los mascotas y el ganado.
- **Clean fish well and discard guts.**
Limpie bien el pescado y deseché los tripas.
- **Avoid areas of scum when boating.**
Evite las áreas con espuma o verdín cuando ande en lancha.

Call your doctor or veterinarian if you or your animals have
sudden or unexplained sickness or signs of poisoning.

Report to: **Algal Bloom Management of Ontario** | Call your local health department
360-407-6000 | **(253) 798-6470**

For more information: www.doh.on.ca/algae | www.ang.on.ca/eng/program/eng/plantalgae/index.html



Rotas de exposições à cianotoxinas

Routers of exposure

Drinking water

WHO limit of $1 \mu\text{g/L}$
for MC-LR

Food - web

Accumulation in fish
Crop irrigation

Recreational activities

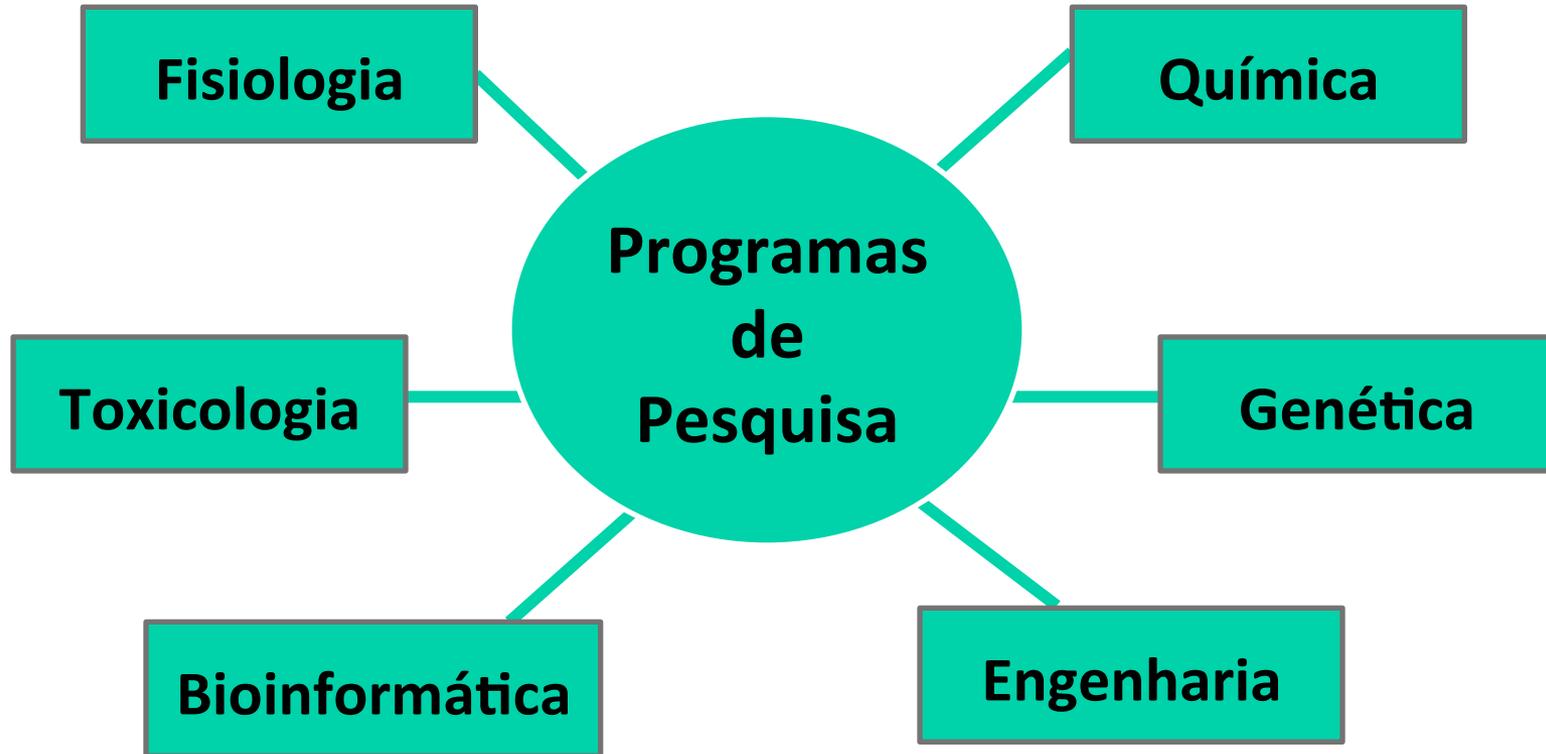
Skin contact
Inhalation of aerosols

Dialysis Centers

Toxin directly into
the blood



Colaboração Multidisciplinar



CIANOTOXINAS

Hepatotoxinas: peptídeos cíclicos - microcistina e nodularina

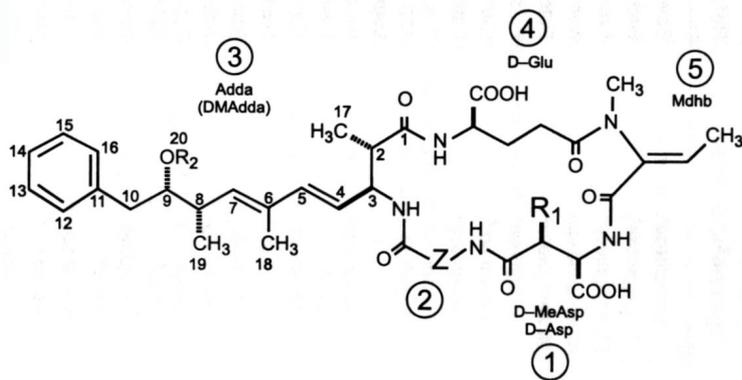
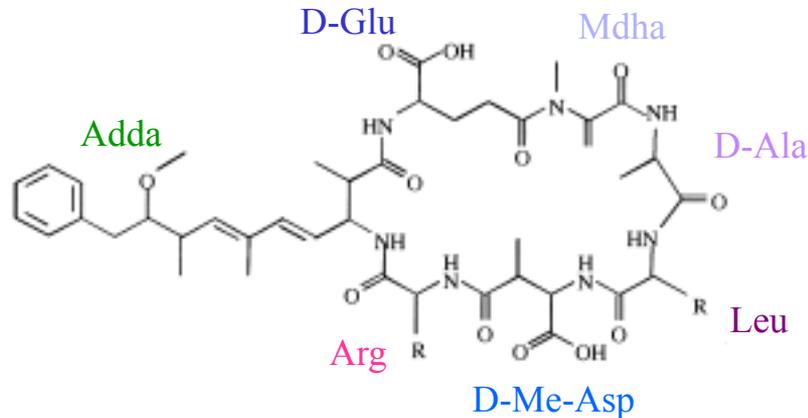
Neurotoxinas: alcalóides - anatoxina-a, homoanatoxina-a, saxitoxina, aplisiatoxina
organofosforado - anatoxina-a(s)

Citotoxinas: alcalóides - cilindrospermopsina

Dermatotoxina: alcalóides - lyngbyatoxina-a

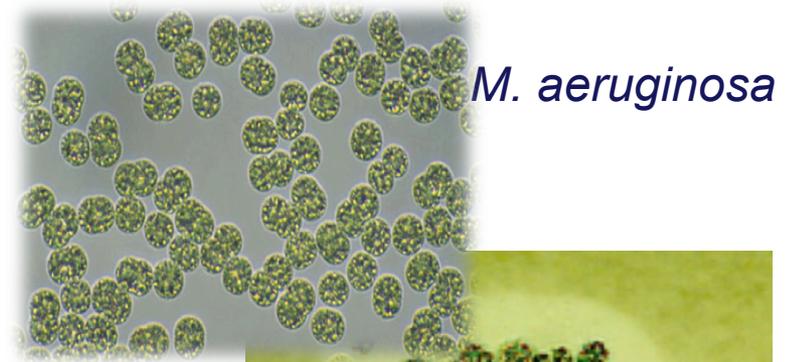
Doenças neurodegenerativas: BMAA (β -N-methylamino-L-alanine) - muitas
cianobactérias

Hepatotoxinas

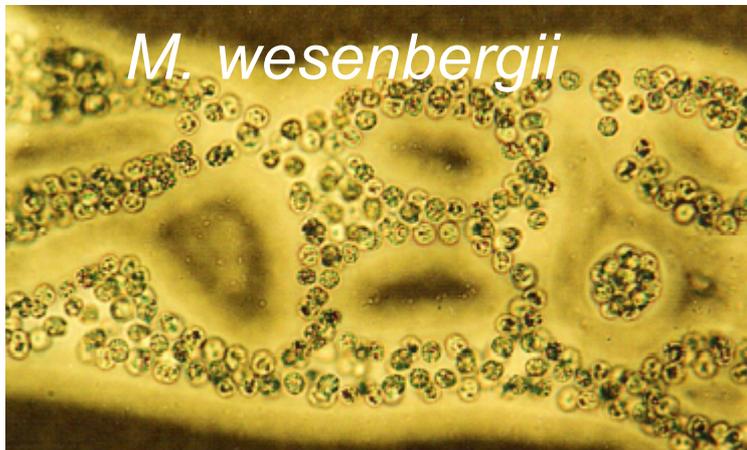
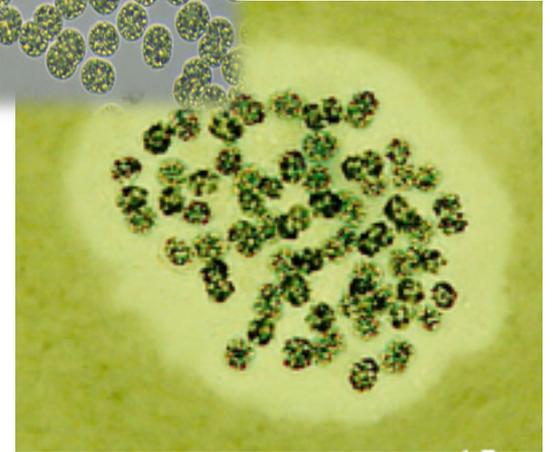


- Ocorrência mundial
- Microcistinas – heptapeptídeos cíclicos (mais de 100 variantes estruturais) (água doce) – Produtores: *Microcystis*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Nostoc*
- Nodularina – pentapeptídeos cíclicos (água salgada e doce) – Produtores: *Nodularia spumigena*, *Nostoc*
- Aminoácidos não proteínogênicos como Adda
- Hepatotoxinas são inibidores de proteínas fosfatases específicas de serina/treonina – promotores de tumores

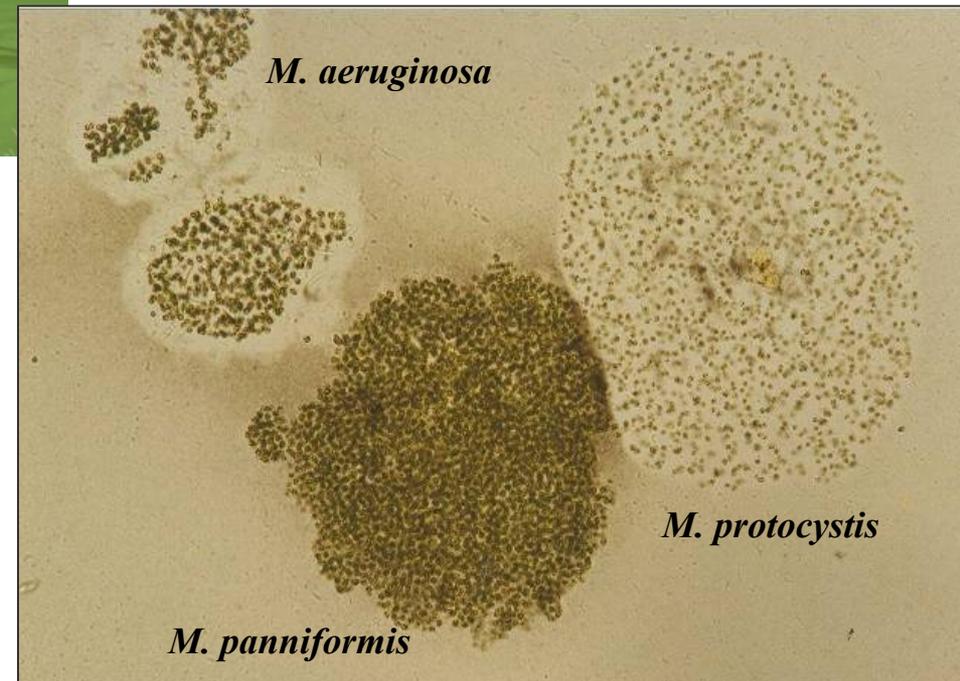
Microcystis



M. aeruginosa



M. wesenbergii



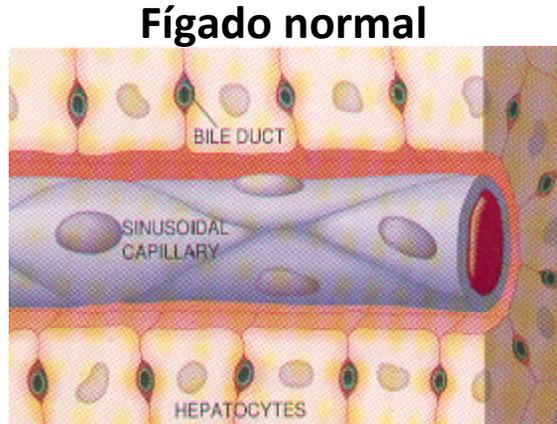
M. aeruginosa

M. protocystis

M. panniformis

Mecanismo de ação da microcistina

Efeito agudo



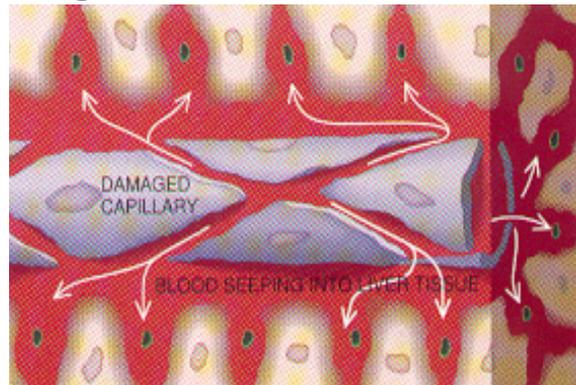
Efeito crônico

hemorragia intra-hepática

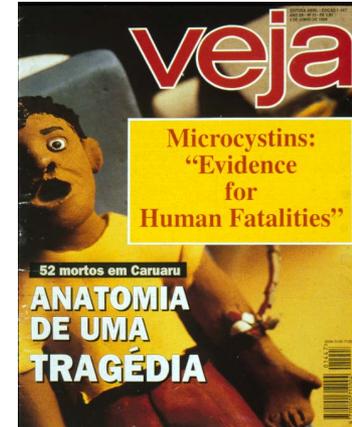
Proteínas fosfatases 1 e 2A

Indução da proliferação celular, hipertrofia hepática, tumores

Fígado danificado



Choque irreversível



Cylindrospermopsis raciborskii

Continente Americano

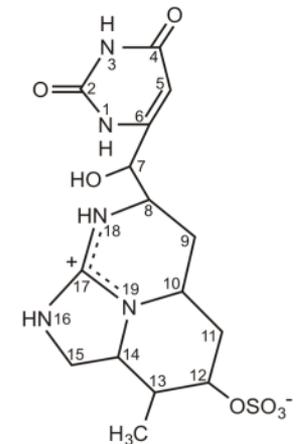
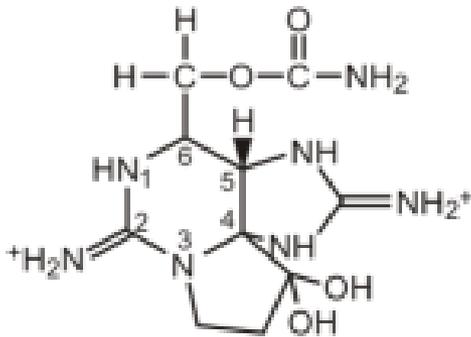
Continente Australiano e Asiático



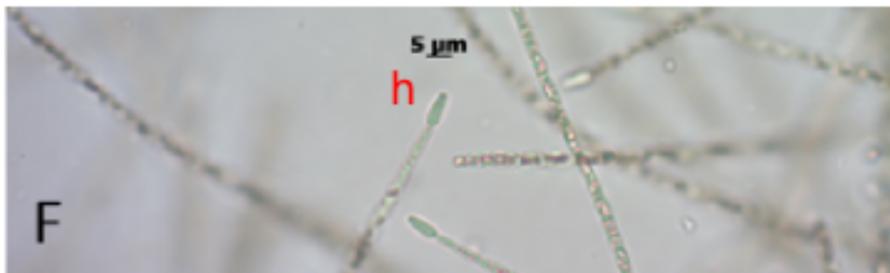
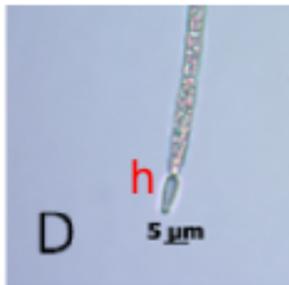
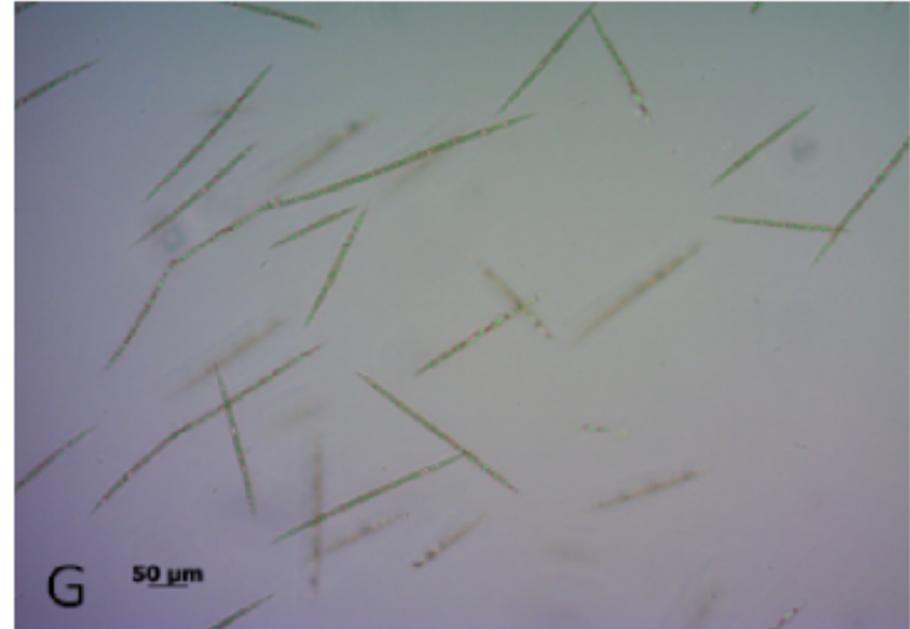
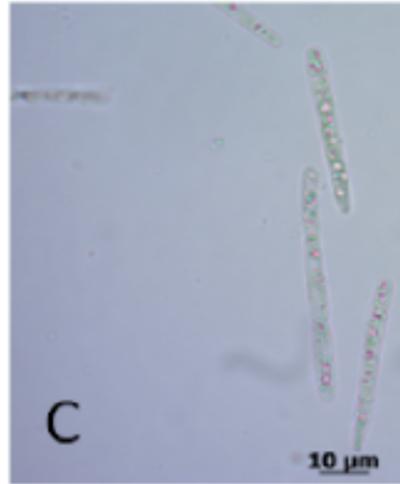
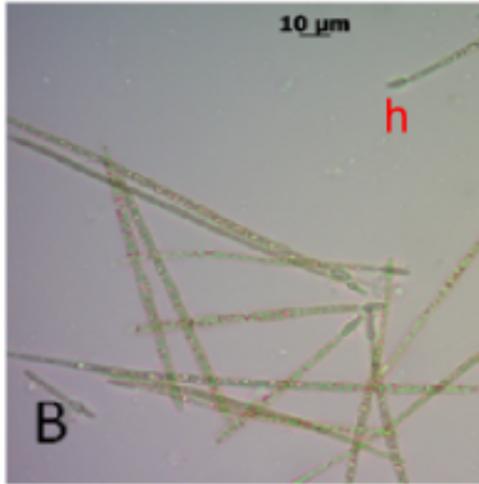
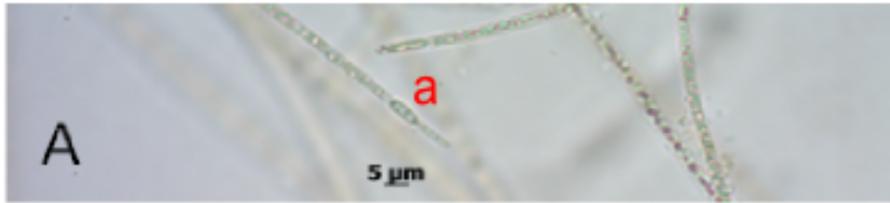
Saxitoxina
(neurotoxina)

→ Alcalóides ←

Cilindrospermopsina
(citotoxina)

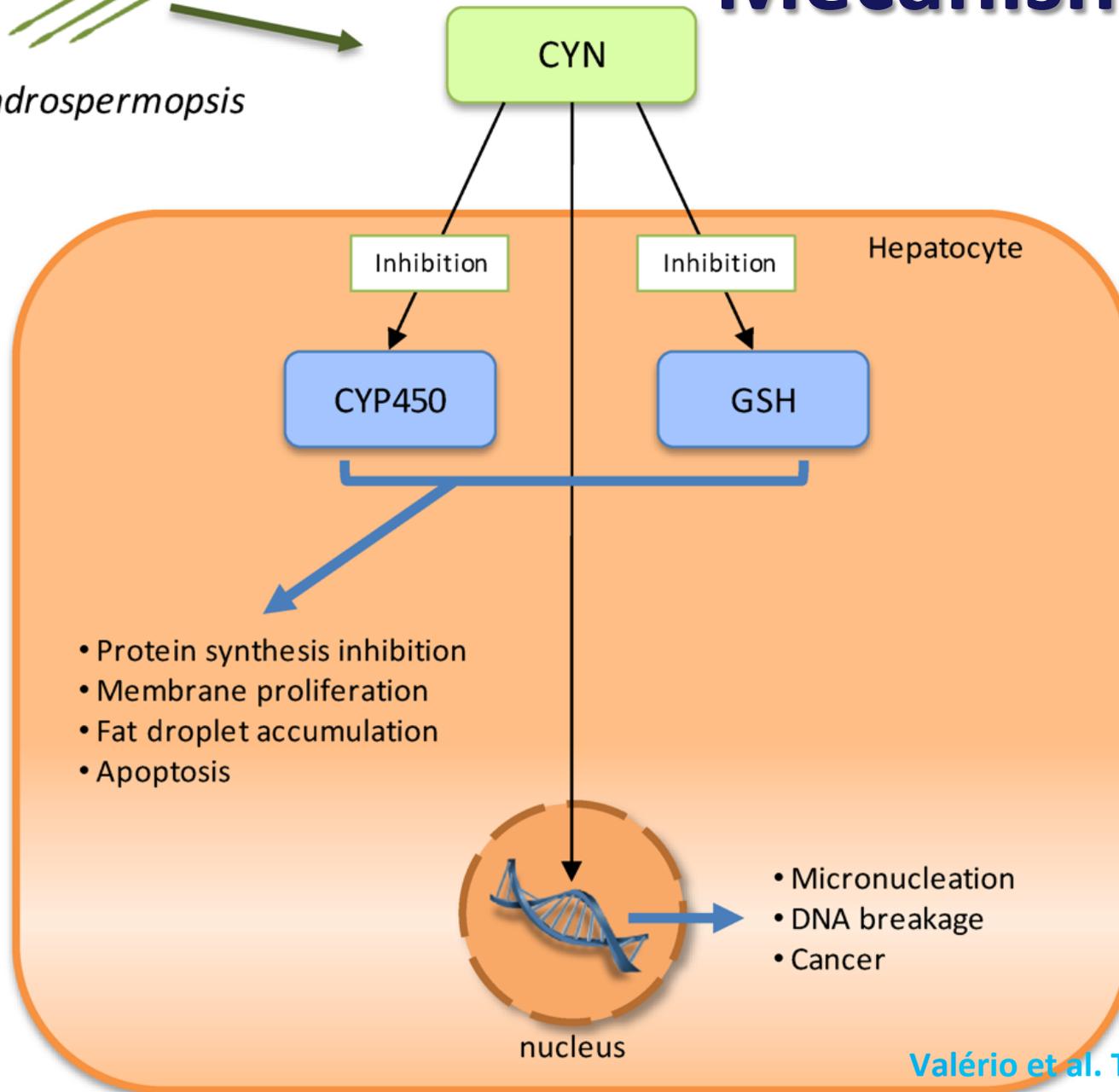


Cylindrospermopsis raciborskii

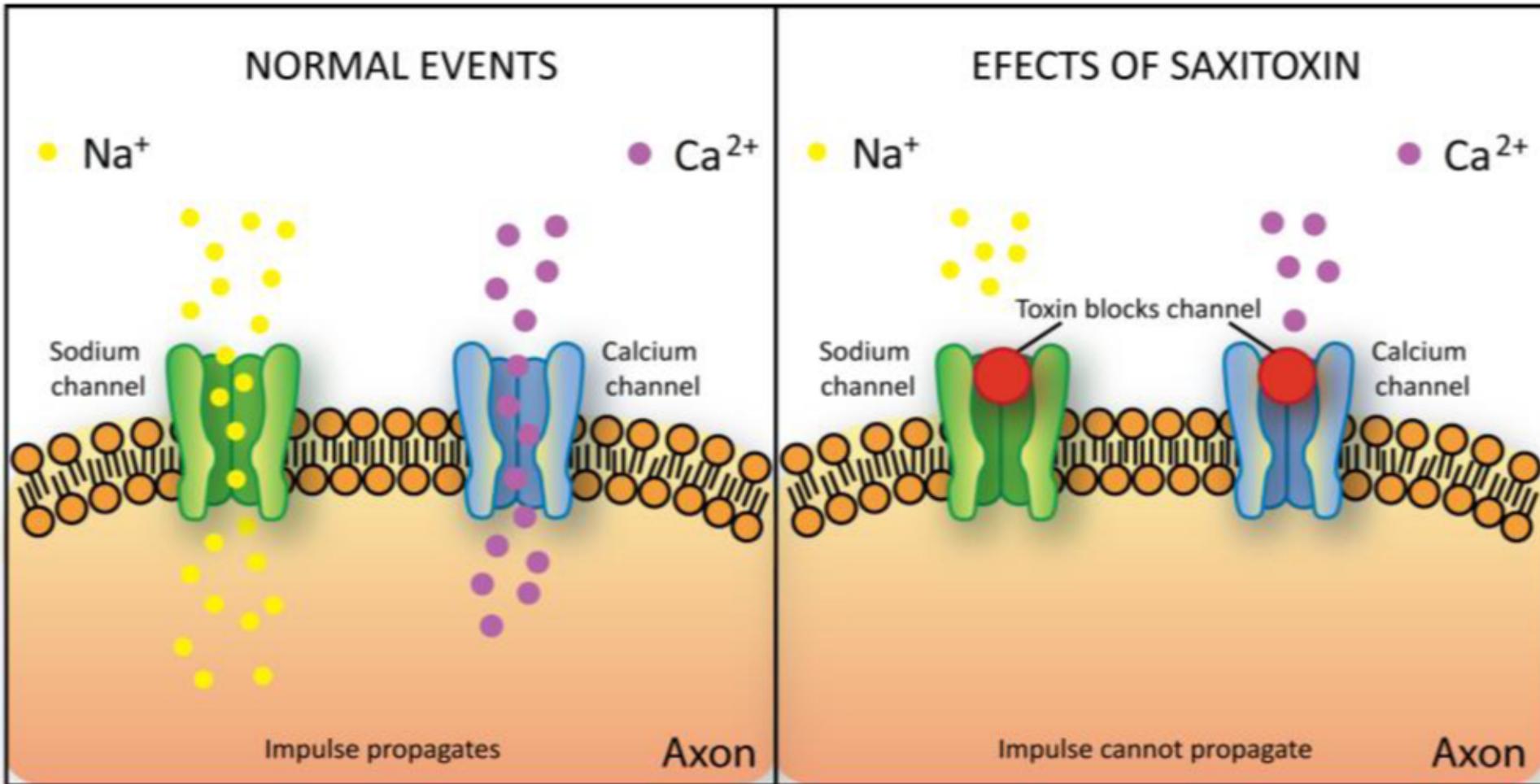


Mecanismo de ação

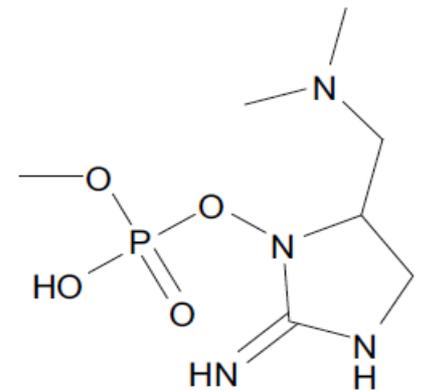
Cylindrospermopsis



Mecanismo de ação

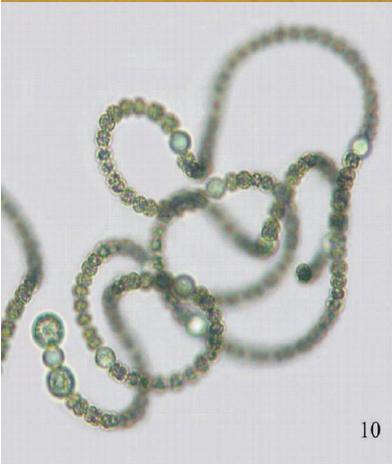
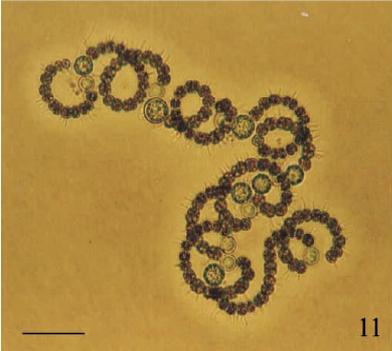


Anatoxina-a(S)

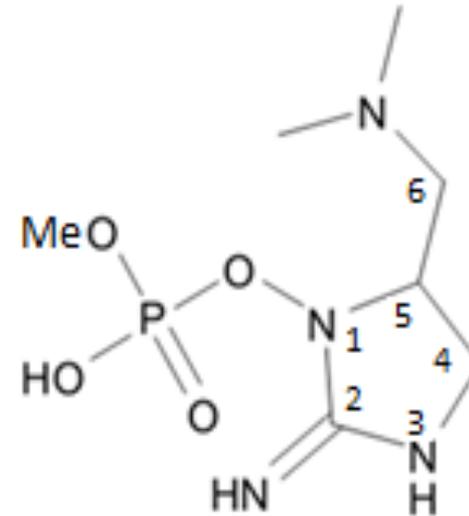


- Identificada pela primeira vez em 1965 na linhagem *Anabaena flos-aquae* NRC-525-17, Canadá;
- Atua na inibição irreversível da enzima acetilcolinesterase no sistema nervoso periférico
- Organofosforado
- Possui ação semelhante aos inseticidas organofosforados e à arma química sarin
- Aplicações: doenças oftalmológicas e neuropatias; inseticidas

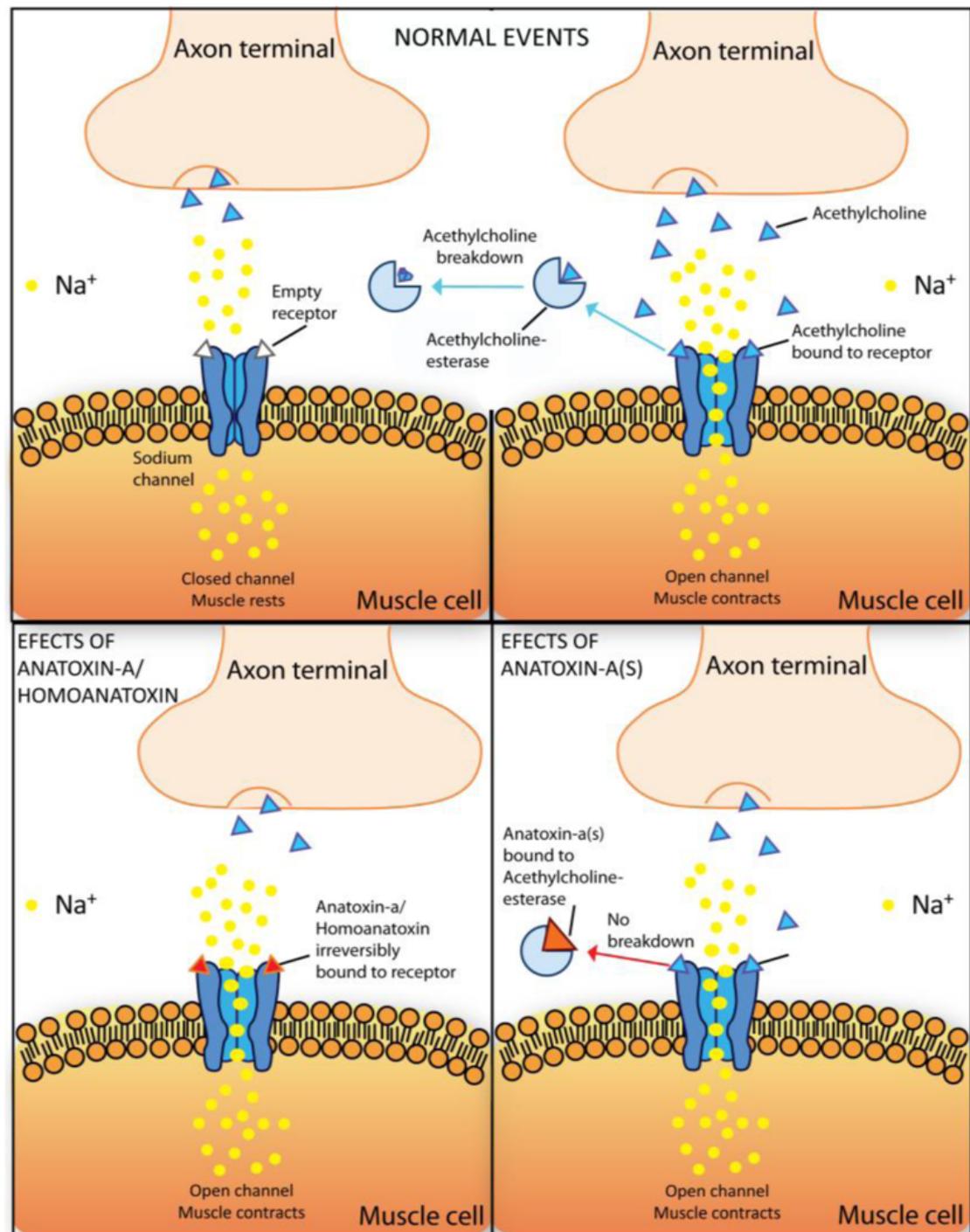
***Sphaerospermopsis torques reginae* ITEP-24**



ANATOXINA-A(S)



- Organofosforado natural
- Neurotoxina
- Molécula polar (solúvel em H₂O) → Solubilidade aumenta com aumento do pH
- Atua na inibição da enzima acetilcolinesterase
- Sintomas de envenenamento: fraqueza muscular, dificuldade respiratória, rinorreia, e, eventualmente, convulsões seguidas de morte



Anatoxina-a: pós-sináptico
 agente bloqueador
 Neuromuscular
 Ligação irreversível ao receptor
 nicotínico da acetilcolina

Anatoxina-a(S):
 fosforilação irreversível de um
 resíduo serina no sítio ativo da
 acetilcolinesterase

BMAA (β -N-methylamino-L-alanine)

Neurotoxina?

- Mais de 30 espécies de cianobactérias:
Ex. *Microcystis*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Planktothrix*
- Pode causar doenças nos neurônios motores ou mortes
- Acumula no tecido cerebral
- Encontrada em Guam e vinculada a ELA (esclerose lateral amiotrófica), Parkinson, Alzheimer

Documentário

Toxic Puzzle - Hunt for the Hidden Killer

<https://www.toxicpuzzle.com/>

Narração: HARRISON FORD

Recomendações

- Prevenção (florações e exposições)
- Aumentar a conscientização pública e governamental
- Continuação da pesquisa e monitoramento