

# Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

Fungyi Chow – fchow@ib.usp.br  
Laboratório de Algas Marinhas Édison José de Paula



2023 – © fchow@ib.usp.br

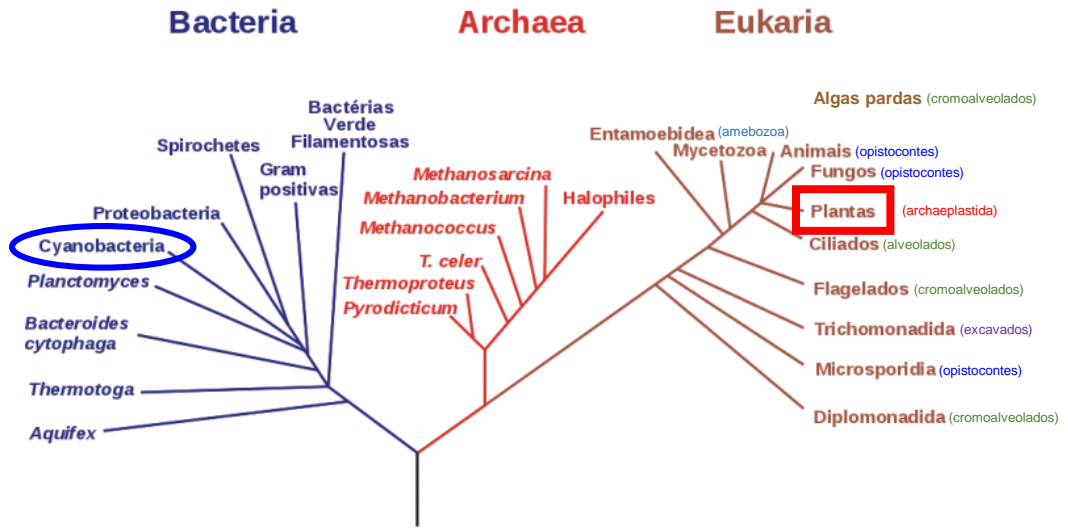
## Objetivos conceituais:

1. Conhecer e entender a **relação filogenética** das algas vermelhas com os demais grupos de organismos fotossintetizantes e o **Reino Plantae (Archaeplastida)**.
2. Conhecer as **características** básicas das algas vermelhas e identificar características exclusivas e compartilhadas com Archaeplastida.
3. Apresentar os **ciclos de vida** de algas vermelhas e relacionar as fases e características com exemplares mostrados na aula remota.
4. Apresentar e refletir sobre a **diversidade** de algas vermelhas e a sua classificação.
5. Apresentar e identificar a **importância** das algas vermelhas no nosso dia-a-dia.

## Objetivos procedimentais / atitudinais:

**Buscar** informações complementares (capítulo do Raven, outras leituras, vídeos e outros materiais) e **relacionar** os conteúdos conceituais com a aula prática (procedimentos em aula prática).

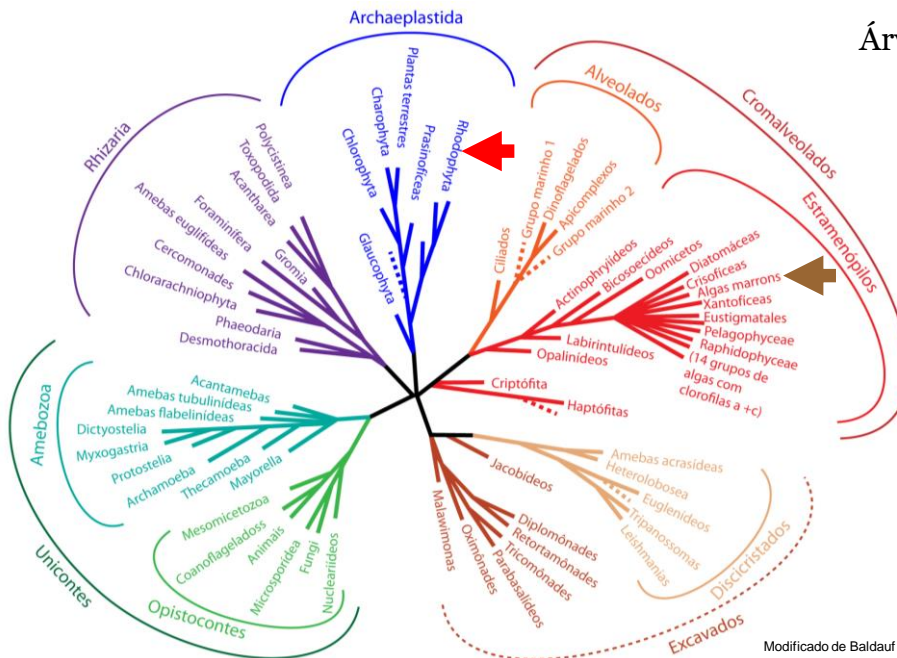
### Árvore da vida: 3 domínios (Woese, 1977)



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

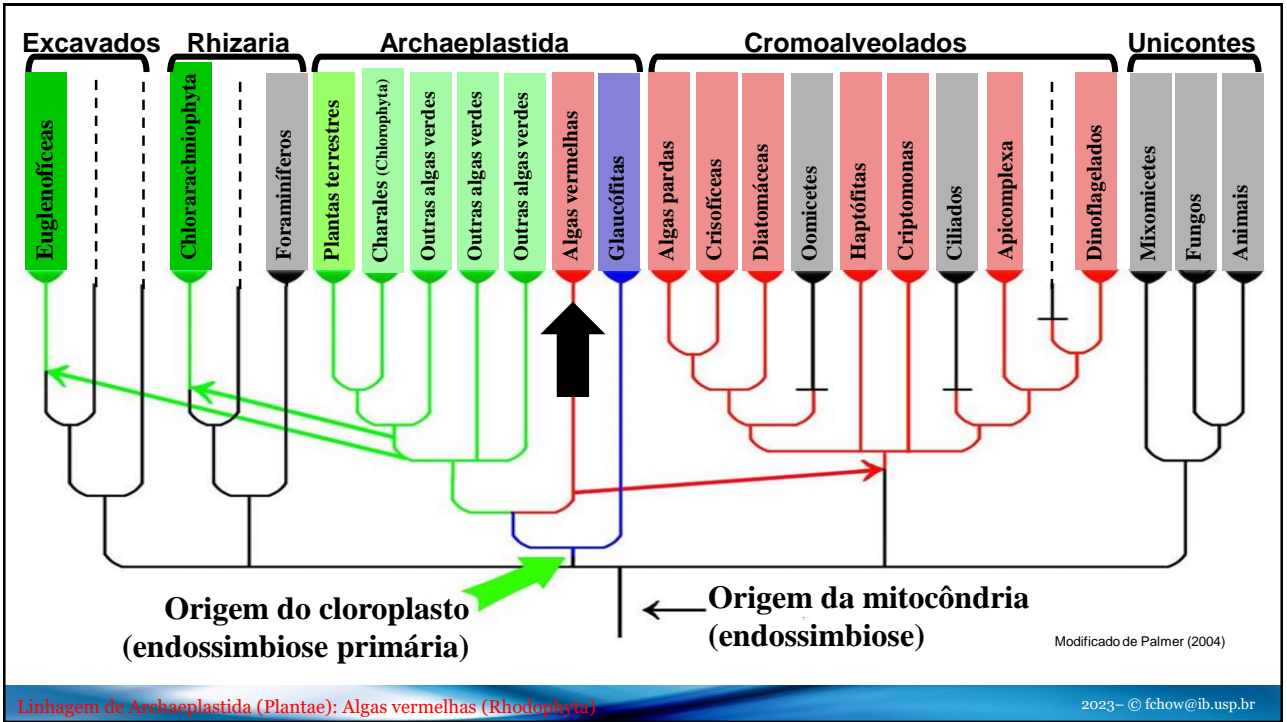
### Árvore da vida de Eukaria



Modificado de Baldauf (2003) e Fehling e colaboradores (2007)

Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br



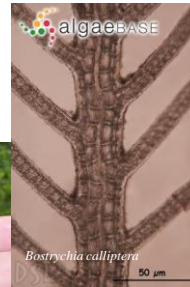
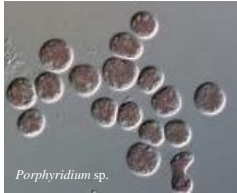
**Tabela comparativa das linhagens de algas estudadas na disciplina**

Linhagem	Uni/pluricel. Pro/eucarionte	Parede	Pigmentos	Reserva	Flagelo	Plastos (invólucros)	Tilacoides	Histórico vida
<b>Cianobactérias</b>	Uni, colonial e pluricelular Procarionte	Mucopolissacarídeos Peptidoglicanos	Clorofila a Ficocianina Ficoeritrina Carotenoides	Glicogênio Cianoficina Lipídios	não	não	Livres	não
<b>Algas pardas</b>	Pluricelular Eucarionte	Celulose + ácido algínico Fucanas (fucoïdanos)	Clorofilas a e c Carotenoides (fucoxantina e violoxantina)	Laminarina Fucoïdano Manitol Sucrose Glicerol	sim (2) Heteroconte	4	3	Diplob. heteromórf. Haplob.-d
<b>Algas vermelhas</b>								
<b>Algas verdes</b>								

## Algas vermelhas (Rhodophyta)

- Grande diversidade:  $\pm 7.500$  ( $\pm 2.100$  pardas;  $\pm 7.400$  verdes).
- Eucariontes, unicelulares (poucos) ou pluricelulares (filamentoso, pseudoparenquimatoso, parenquimatoso).

*rhodon* (grego) = rosa  
*phyton* (grego) = planta



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

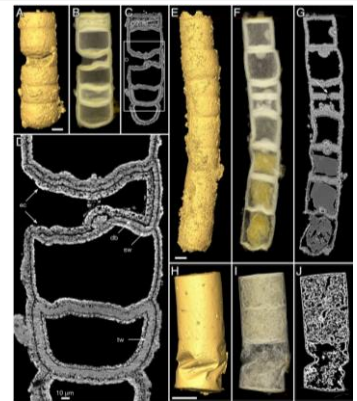
### RESEARCH ARTICLE

Three-dimensional preservation of cellular and subcellular structures suggests 1.6 billion-year-old crown-group red algae

Stefan Bengtson<sup>1,2\*</sup>, Therese Sallstedt<sup>1,2</sup>, Veneta Belivanova<sup>1,2</sup>, Martin Whitehouse<sup>2,3</sup>

PLOS Biology | DOI:10.1371/journal.pbio.2000735 March 14, 2017

- Fóssil de alga vermelha: ~1,6 bilhões de anos (Índia):  
*Rafatazmia chitrakootensis* n. gen, n. sp., *Ramathallus lobatus* n. gen., n. sp.



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

## RESEARCH ARTICLE

## Three-dimensional preservation of cellular and subcellular structures suggests 1.6 billion-year-old crown-group red algae

Stefan Bengtson<sup>1,2\*</sup>, Therese Sallstedt<sup>1,2</sup>, Veneta Belivanova<sup>1,2</sup>, Martin Whitehouse<sup>2,3</sup>

PLOS Biology | DOI:10.1371/journal.pbio.2000735 March 14, 2017

- Fóssil de alga vermelha: ~1,6 bilhões de anos (Índia): *Rafatazmia chitrakootensis* n. gen, n. sp., *Ramathallus lobatus* n. gen., n. sp
- Maioria macroscópicos, marinhos e bentônicos. Poucos de água doce ou planctônicos.
- Ampla distribuição. Abundantes em águas tropicais e quentes (até 260 m de profundidade). Também são encontrados em regiões frias e em fontes termais.

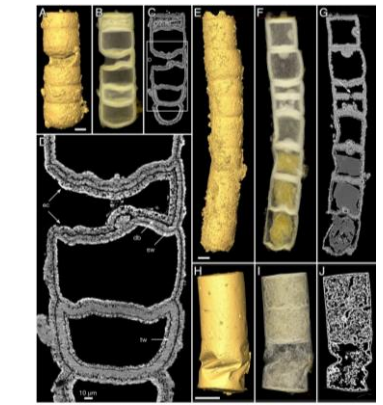


Fig 4. *Rafatazmia chitrakootensis* n. gen, n. sp. SEM images. (A-C) SEM images of the surface view. (D-G) SEM images of the internal view. Scale bars: (A-C) 100 μm; (D-G) 50 μm.



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

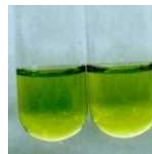
2023 – © fchow@ib.usp.br

*rhodon* (grego) = rosa + *phyton* (grego) = planta

### • Pigmentos?

**clorofila a**

(máx. abs: azul e vermelho)



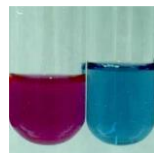
### FICOBILIPROTEÍNAS

**ficoeritrina**

(máx. abs: azul e verde)

**aloficocianina, ficocianina**

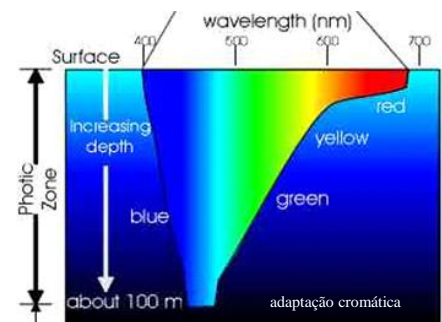
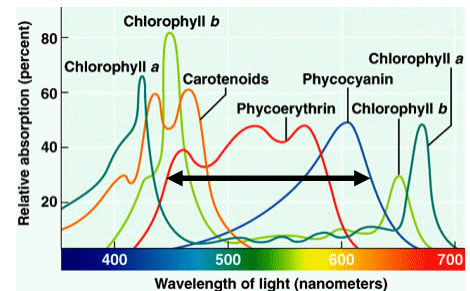
(máx. abs: vermelho)



### CAROTENOIDES

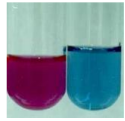
carotenos: **α- e β-caroteno**

xantofilas: **zeaxantina, luteína, anteraxantina e violaxantina**

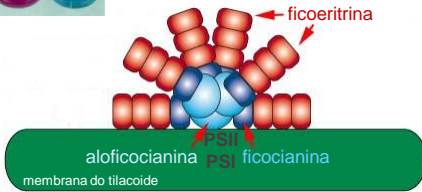


Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

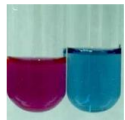


Ficobiliproteínas: sempre agrupados formando os ficobilissomos  
(associados aos tilacoides livres no interior dos cloroplastos simples)

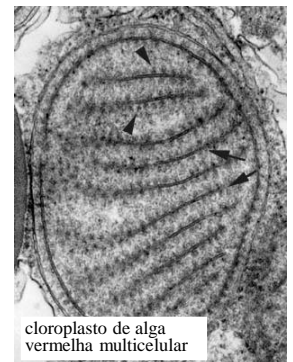
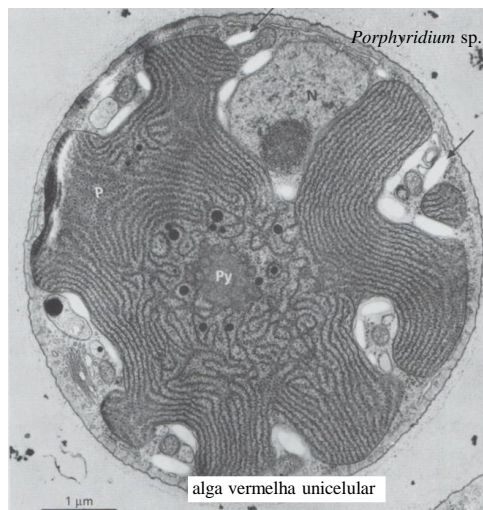
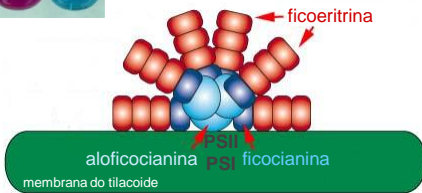


Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br



Ficobiliproteínas: sempre agrupados formando os ficobilissomos  
(associados aos tilacoides livres no interior dos cloroplastos simples)



Py: pirenoide, estrutura subcelular fundamentalmente proteica, incolor, presente no estroma dos cloroplastos. Presente em algas vermelhas ancestrais. Deriva do carboxissomo das cianobactérias, sendo assim, é um reservatório da RuBisCO.

Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

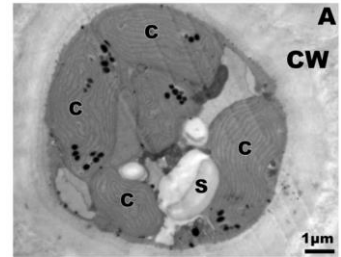
2023 – © fchow@ib.usp.br

### • Parede celular

componente interno rígido  
microfibrilas de **celulose**

+

camada externa mucilagem: **polissacarídeos** (70%)  
polímeros de galactanas sulfatadas  
(ex. agaranas e carragenanas)

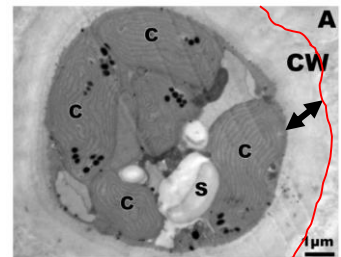


### • Parede celular

componente interno rígido  
microfibrilas de **celulose**

+

camada externa mucilagem: **polissacarídeos** (70%)  
polímeros de galactanas sulfatadas  
(ex. agaranas e carragenanas)



## • Parede celular

componente interno rígido  
microfibrilas de **celulose**

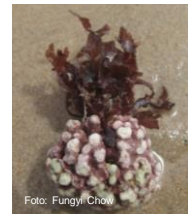
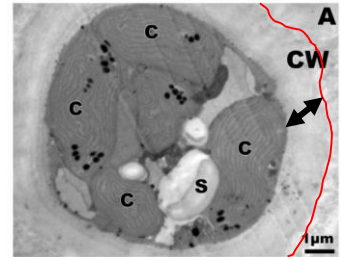
+

camada externa mucilagem: **polissacarídeos** (70%)  
polímeros de galactanas sulfatadas  
(ex. agaranas e carragenanas)

Algumas espécies apresentam deposição extracelular de  $\text{CaCO}_3$   
(cristais de aragonita ou calcita) - aspecto rígido: algas  
coralináceas ou calcárias.

Calcificação??? Função???

- auxiliar na obtenção de  $\text{CO}_2$  (> calcificação ↑ fotossíntese)
- proteger contra hidrodinamismo, dessecação e predação.
- atividade metabólica própria da parede celular.
- retenção de cálcio na matriz.

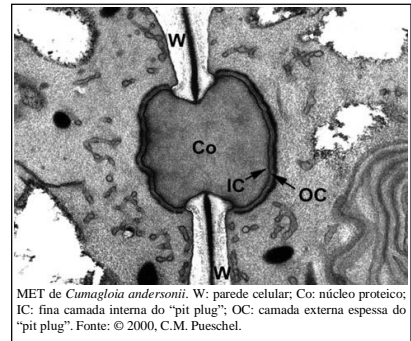


Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

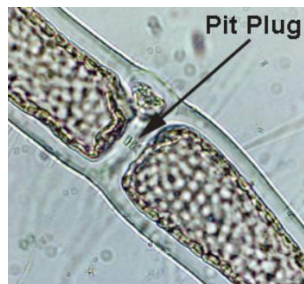
2023 – © fchow@ib.usp.br

## • Conexões celulares (“pit connection” ou “pit plug”)

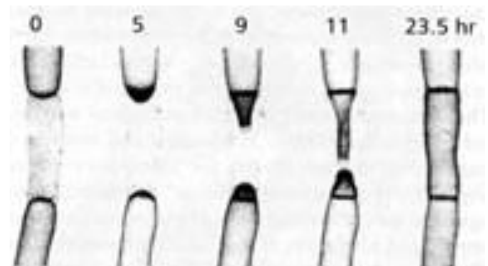
ligação estrutural entre células adjacentes  
(comunicação intercelular), de composição  
proteica e auxilia no reparo celular.



MOL de *Caloglossa leprieurii* de Tenn. River mostrando “pit connections”. Fonte: © 2011, Paul G. Davison.



MOL de “pit plug”.  
<http://www.ohio.edu/plantbio/vislab/algaimage/pages/pit.html>



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

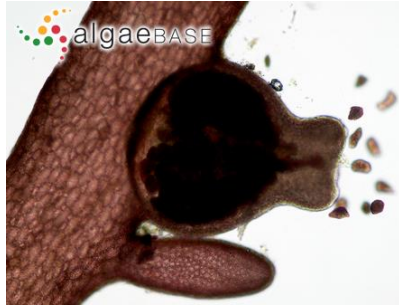
2023 – © fchow@ib.usp.br



## • Outras características

Ausência de flagelos nos gametas e esporos.

Reserva: amido das florídeas (fora dos cloroplastos; glucano) e outros compostos.



*Lomentaria clavellosa*  
© Ignacio Bárbara



MET de *Griffithsia pacifica*. Citoplasma com numerosos cloroplastos (C) e amido floridéano (S). O amido floridéano é o material de reserva da fotossíntese e é depositado livre no citoplasma. Fonte: © 2000, C.M. Pueschel.

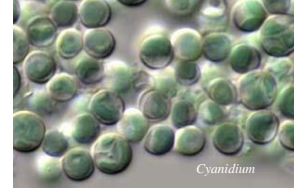
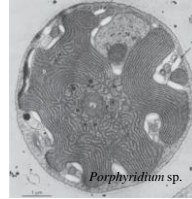
## Organização do talo

corpo vegetativo de organismos fotossintetizantes não vascularizados (algas, briófitas, fungos), incluindo unicelular, colonial, cenocítico ou multicelular, com células pouco diferenciadas até diferenciação semelhante ao das plantas vasculares (ex. briófitas), mas que não apresentam raiz, caule nem folhas.

## • Organização do talo (organização vegetativa do organismo)

### Unicelulares:

microscópicos, poucos gêneros  
(ex. *Cyanidium*, *Porphyridium*)



### Multicelulares:

filamentoso  
pseudoparenquimatoso  
parenquimatoso



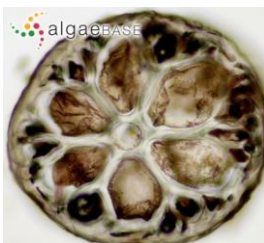
Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

## • Talos multicelulares

### a) Filamentoso:

unisseriado vs. multisseriado  
simples vs. ramificados



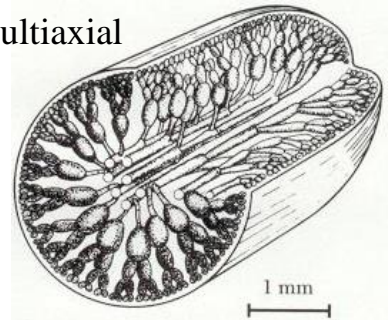
Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

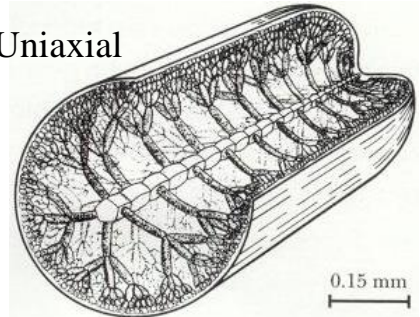
• **Talos multicelulares**

- b) Pseudoparenquimatoso:  
Múltiplos filamentos entrelaçados,  
estritamente justapostos (conexões  
citoplasmáticas) e densamente ramificados

Multiaxial



Uniaxial

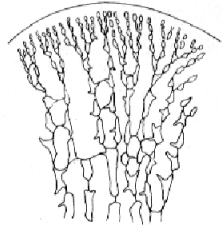


Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 - © fchow@ib.usp.br

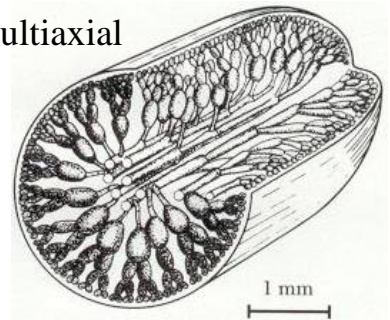
• **Talos multicelulares**

vários eixos centrais;  
várias células apicais de  
crescimento (comprimento)

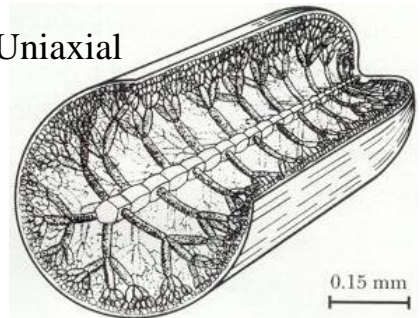


- b) Pseudoparenquimatoso:  
Múltiplos filamentos entrelaçados,  
estritamente justapostos (conexões  
citoplasmáticas) e densamente ramificados

Multiaxial



Uniaxial

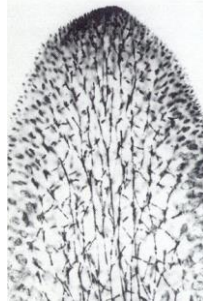
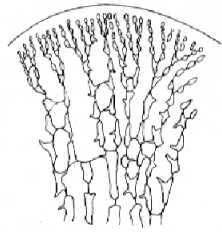


Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

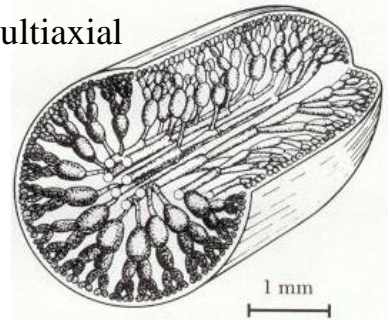
2023 - © fchow@ib.usp.br

## • Talos multicelulares

vários eixos centrais;  
várias células apicais de crescimento (comprimento)



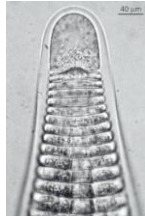
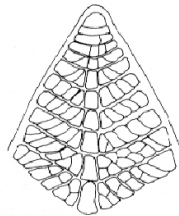
## Multiaxial



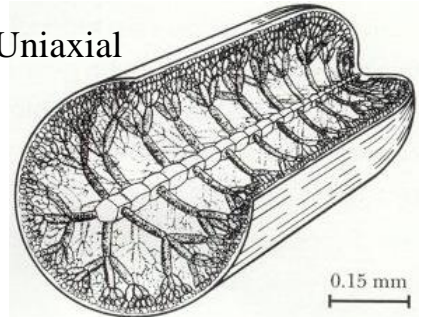
## b) Pseudoparenquimatoso:

Múltiplos filamentos entrelaçados,  
estritamente justapostos (conexões  
citoplasmáticas) e densamente ramificados

1 eixo central;  
1 célula apical de crescimento



## Uniaxial



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

## • Talos multicelulares



Uniaxial  
(cilíndrico, achatado  
ou laminar)

## b) Pseudoparenquimatoso:

Múltiplos filamentos entrelaçados,  
estritamente justapostos (conexões  
citoplasmáticas) e densamente ramificados



## Multiaxial

(cilíndrico, achatado ou laminar)



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

algaeBASE

*Gracilaria multifurcata*  
© Paul Smith

Uniaxial achatado

algaeBASE

*Rhodymenia pseudopalmeta*  
© Michael Guiry

Uniaxial achatado

algaeBASE

*Gracilaria pacifica*  
© Wendell Wood

Uniaxial cilíndrico

algaeBASE

*Chondracanthus tenellus*  
© Michael Guiry

Multiaxial achatado

Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

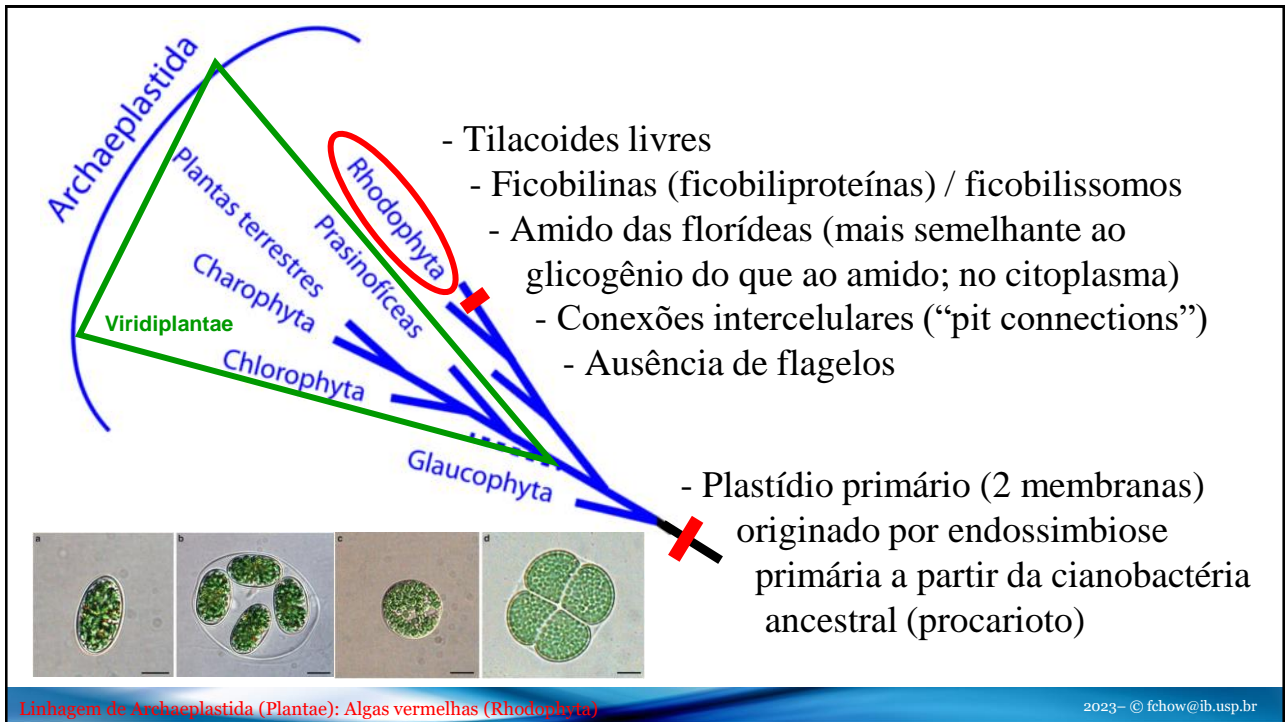
• **Talos multicelulares**

c) Parenquimatoso: foliácea  
Crescimento difuso (3 planos)



*Porphyra umbilicalis*  
© Ignacio Bárbara





## • Reprodução

- Vegetativa: esporos não flagelados (formados por meiose)  
(assexuada) fragmentação  
propágulos (conjunto de células vegetativas especializadas)
- Gamética: oogamia (gameta ♀ > que gameta ♂; ambos IMÓVEIS)  
(sexuada) histórico de vida com alternância de gerações (com 2 ou 3 fases)

## • Reprodução

a) Vegetativa: esporos não flagelados (formados por meiose)

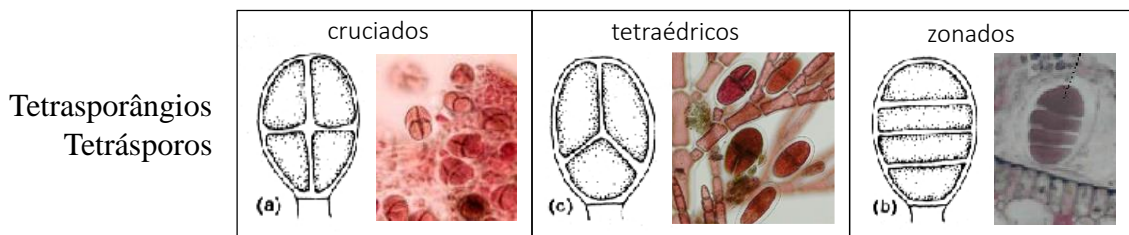
(assexuada) fragmentação

propágulos (conjunto de células vegetativas especializadas)

b) Gamética: oogamia (gameta ♀ > que gameta ♂; ambos IMÓVEIS)

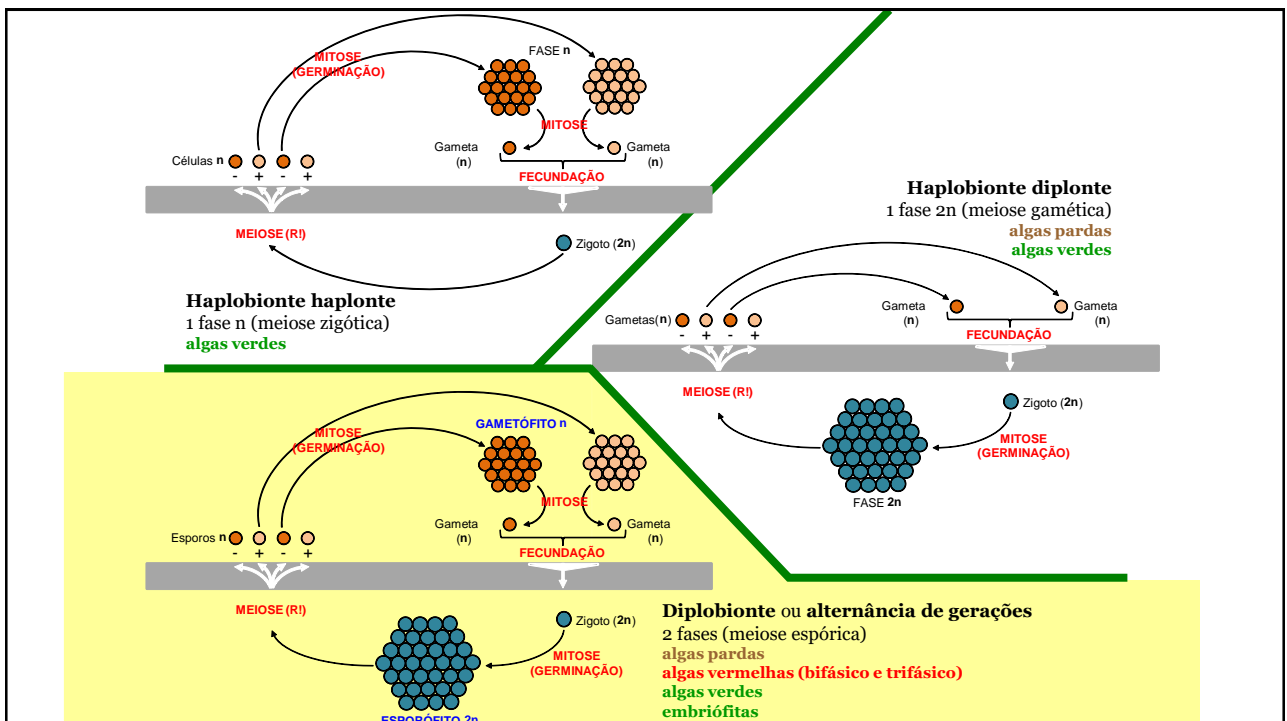
(sexuada) histórico de vida com alternância de gerações (com 2 ou 3 fases)

Esporângios produzem 4 esporos por meiose (meiose espórica)



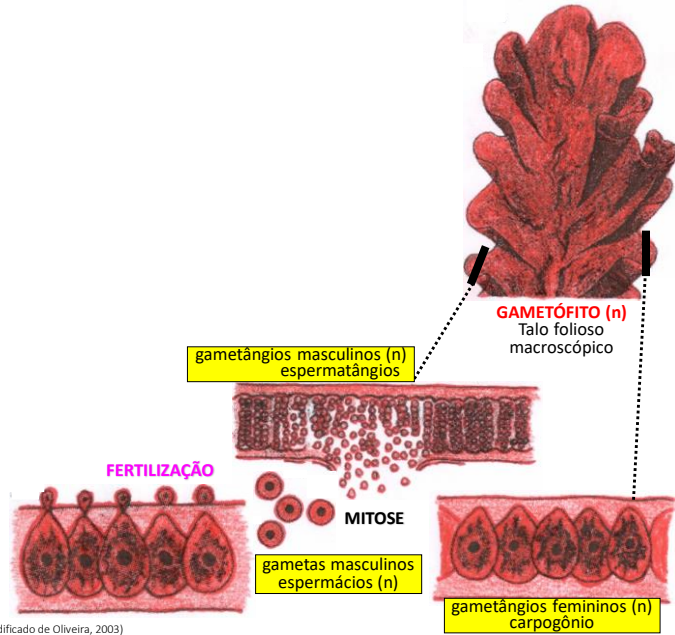
Linagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br



### Histórico de vida com alternância de gerações (2 fases)

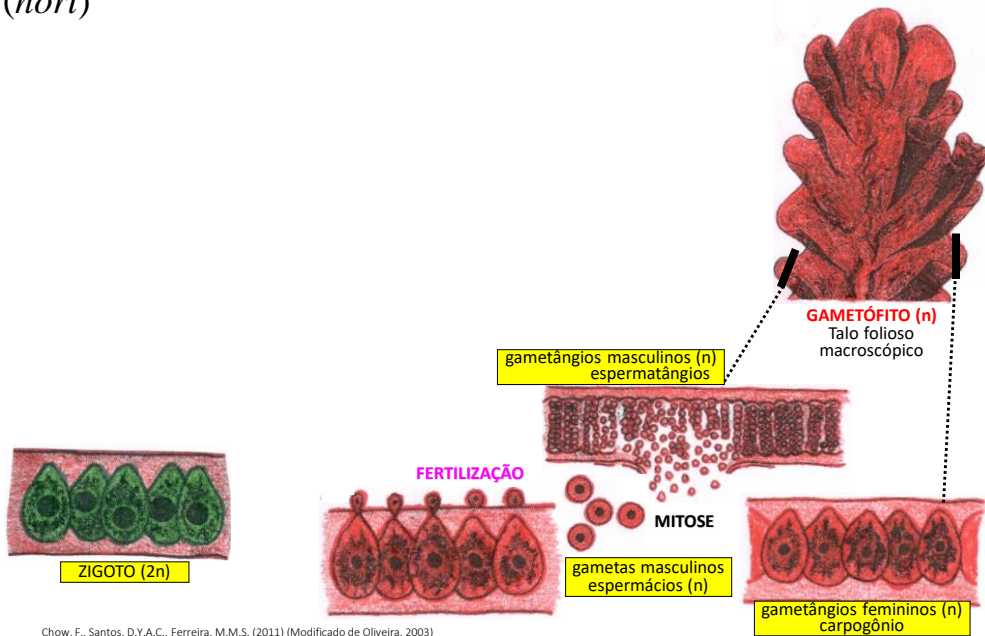
$2n + n$  (*nori*)



Chow, F., Santos, D.Y.A.C., Ferreira, M.M.S. (2011) (Modificado de Oliveira, 2003)

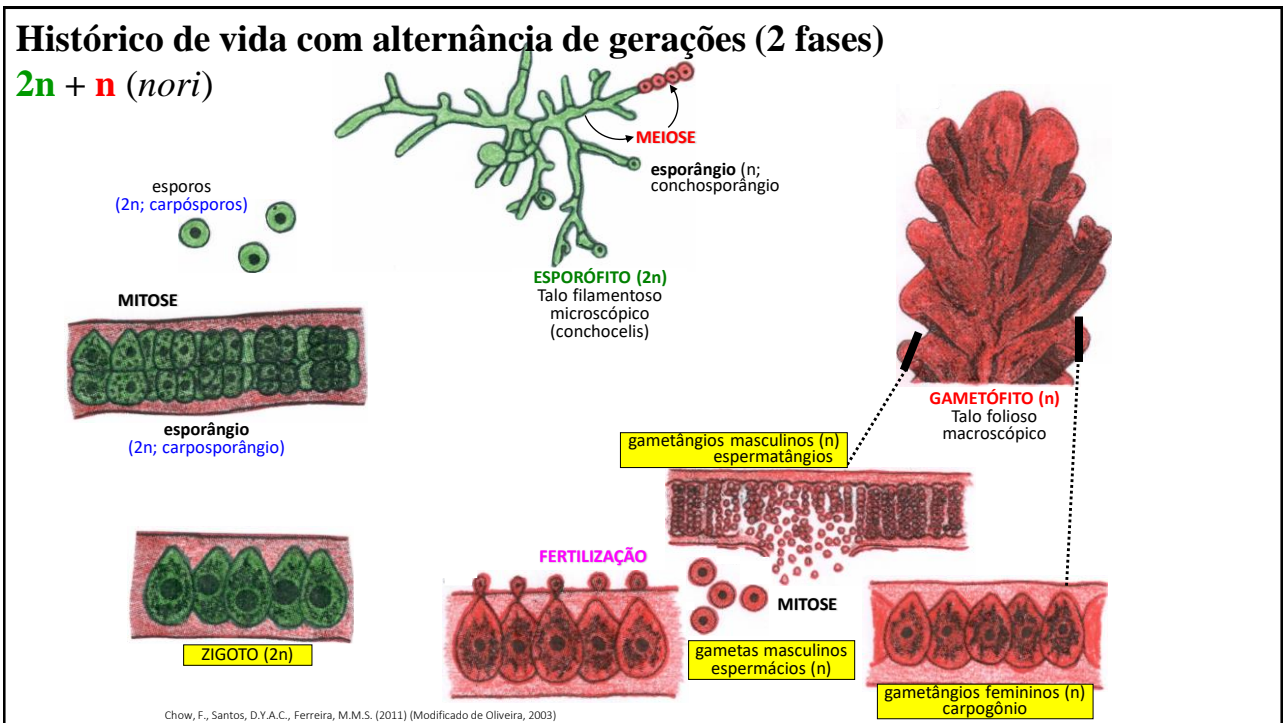
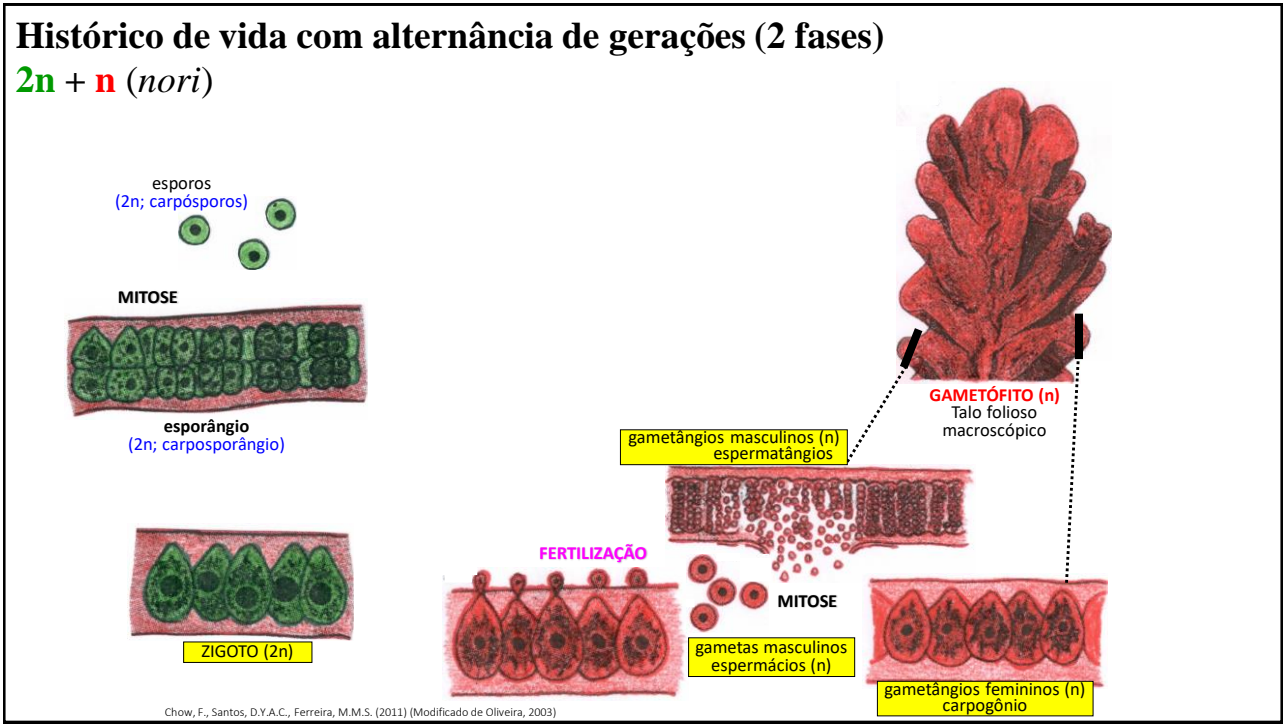
### Histórico de vida com alternância de gerações (2 fases)

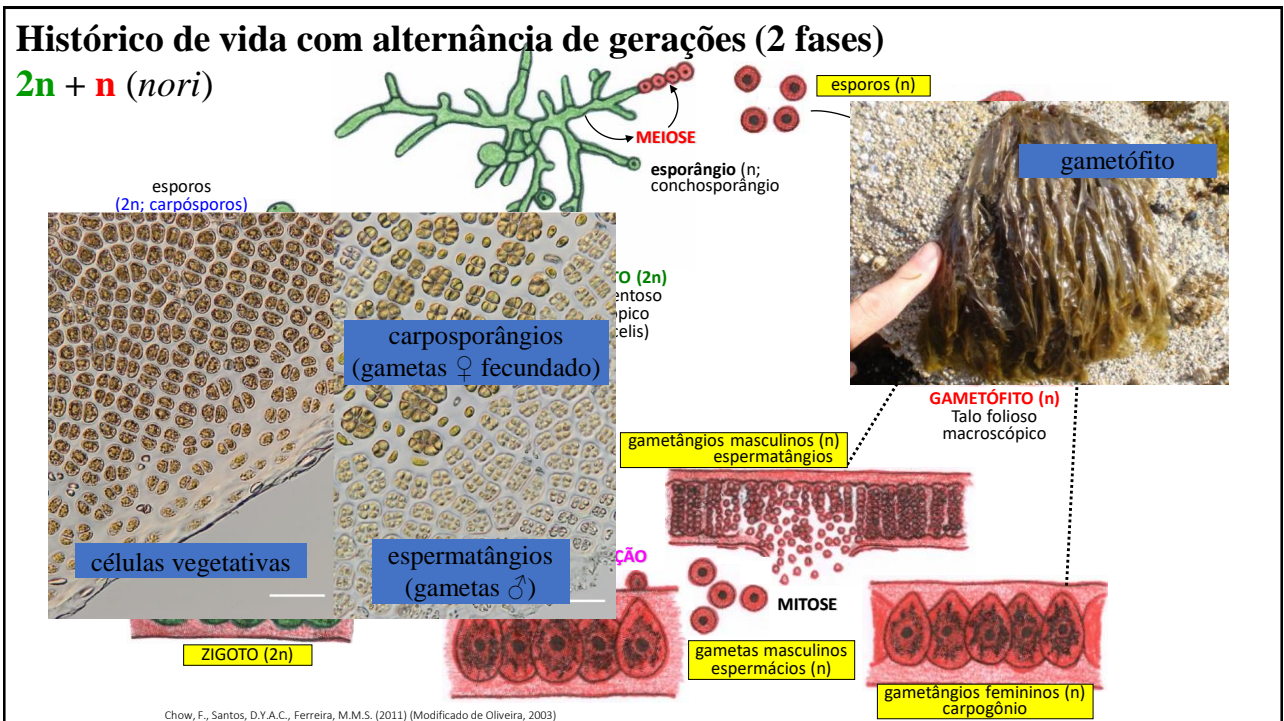
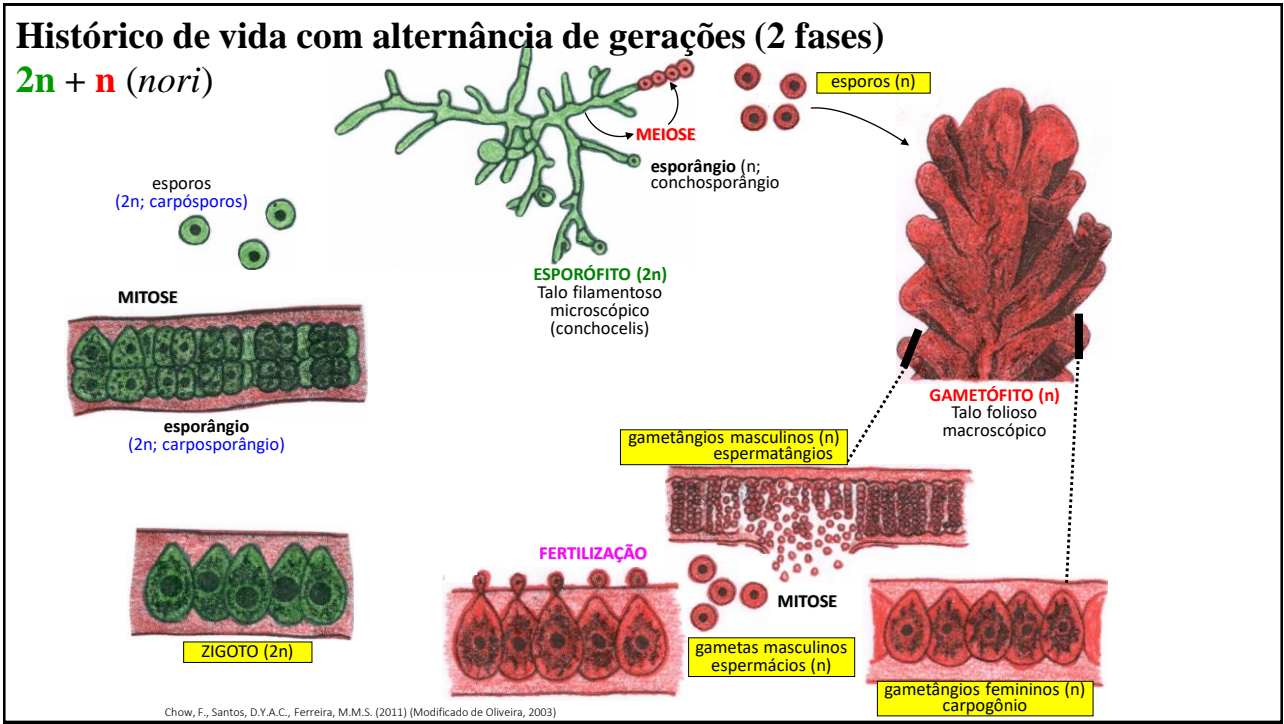
$2n + n$  (*nori*)



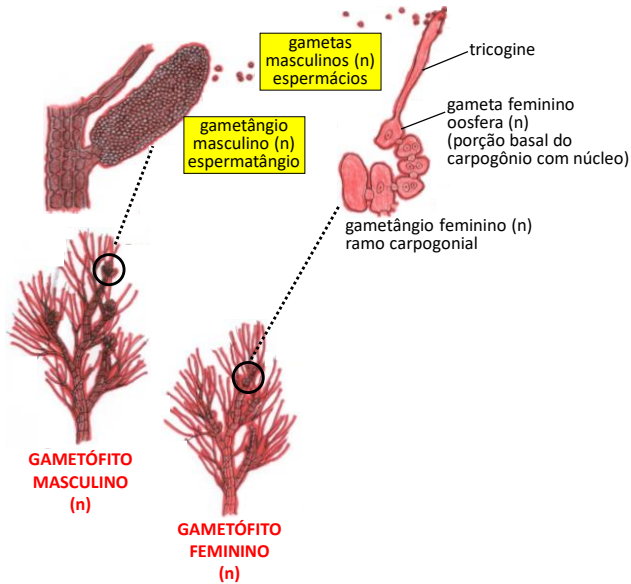
Chow, F., Santos, D.Y.A.C., Ferreira, M.M.S. (2011) (Modificado de Oliveira, 2003)





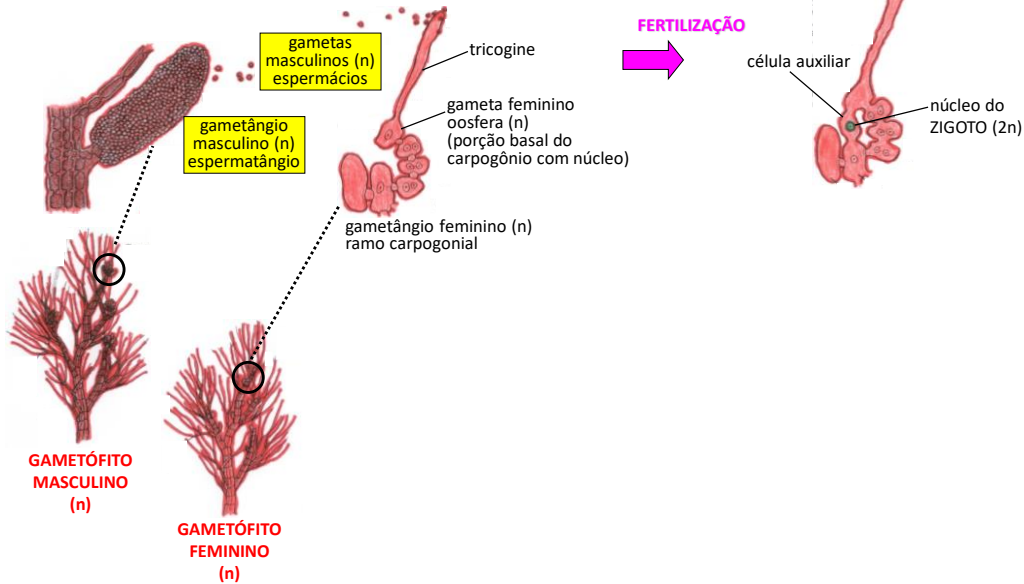


## Histórico de vida com alternância de gerações (3 fases, trifásico) duas fases $2n$ + uma $n$

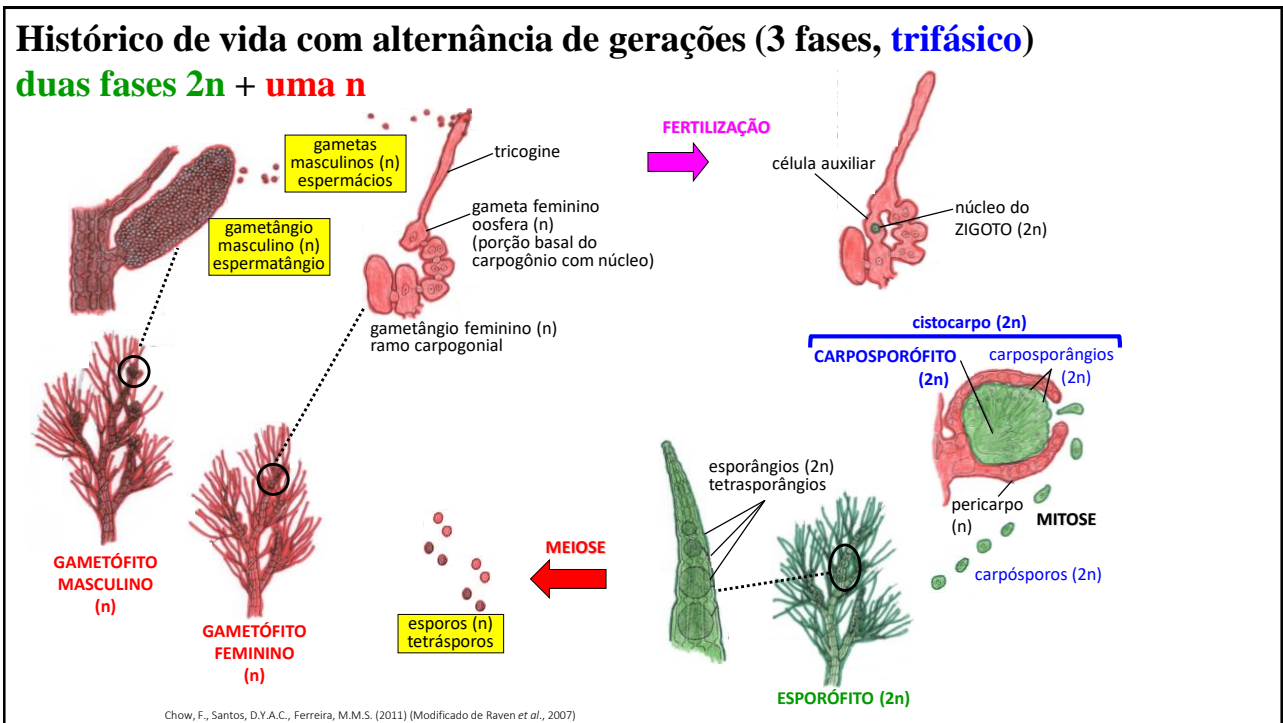
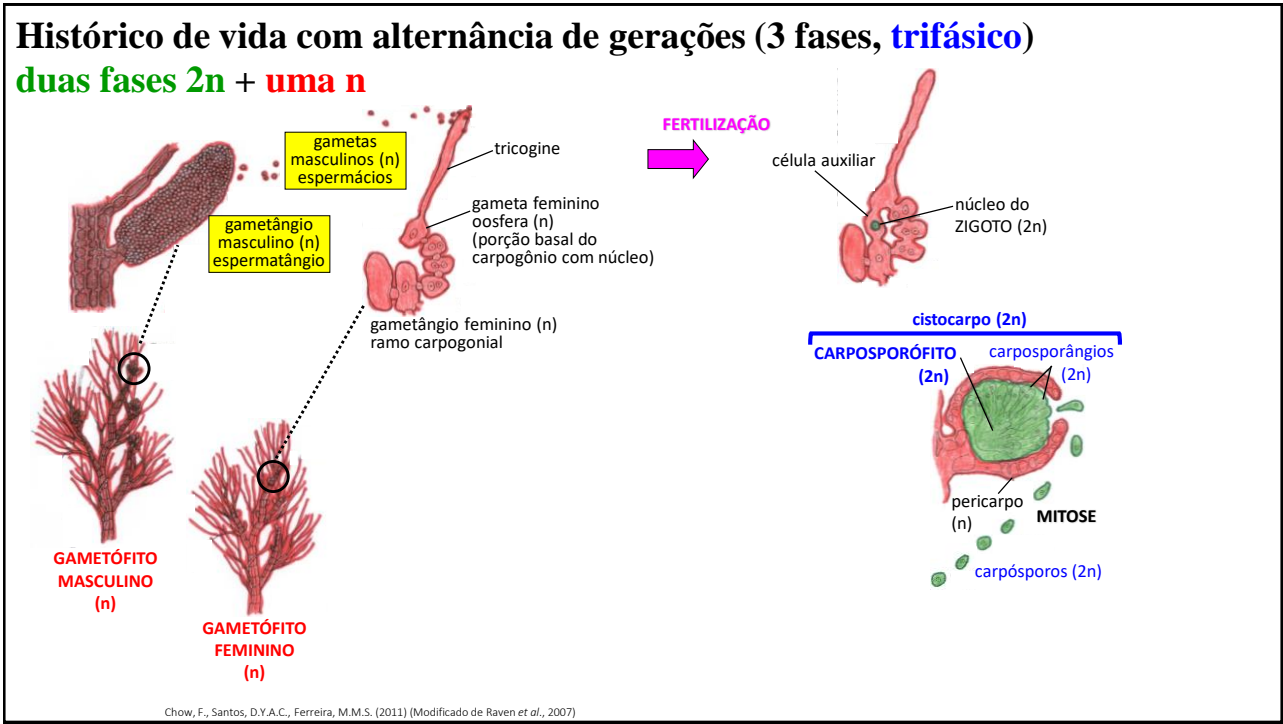


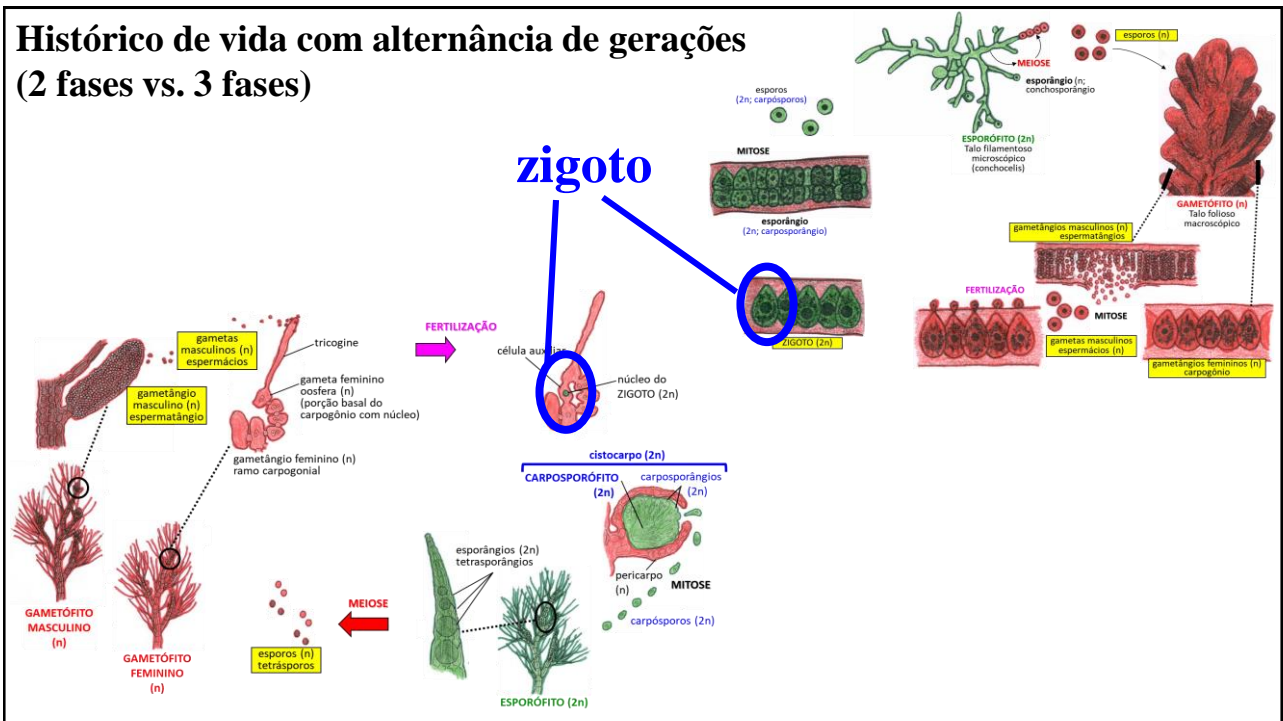
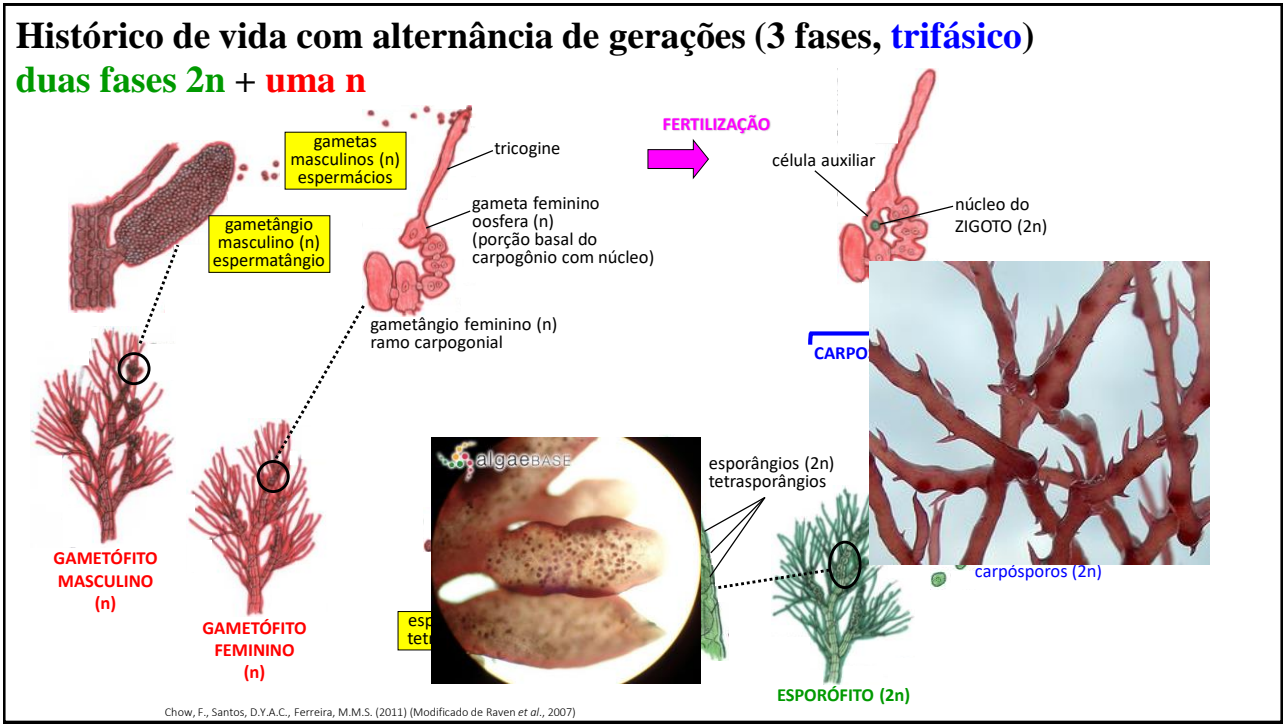
Chow, F., Santos, D.Y.A.C., Ferreira, M.M.S. (2011) (Modificado de Raven et al., 2007)

## Histórico de vida com alternância de gerações (3 fases, trifásico) duas fases $2n$ + uma $n$

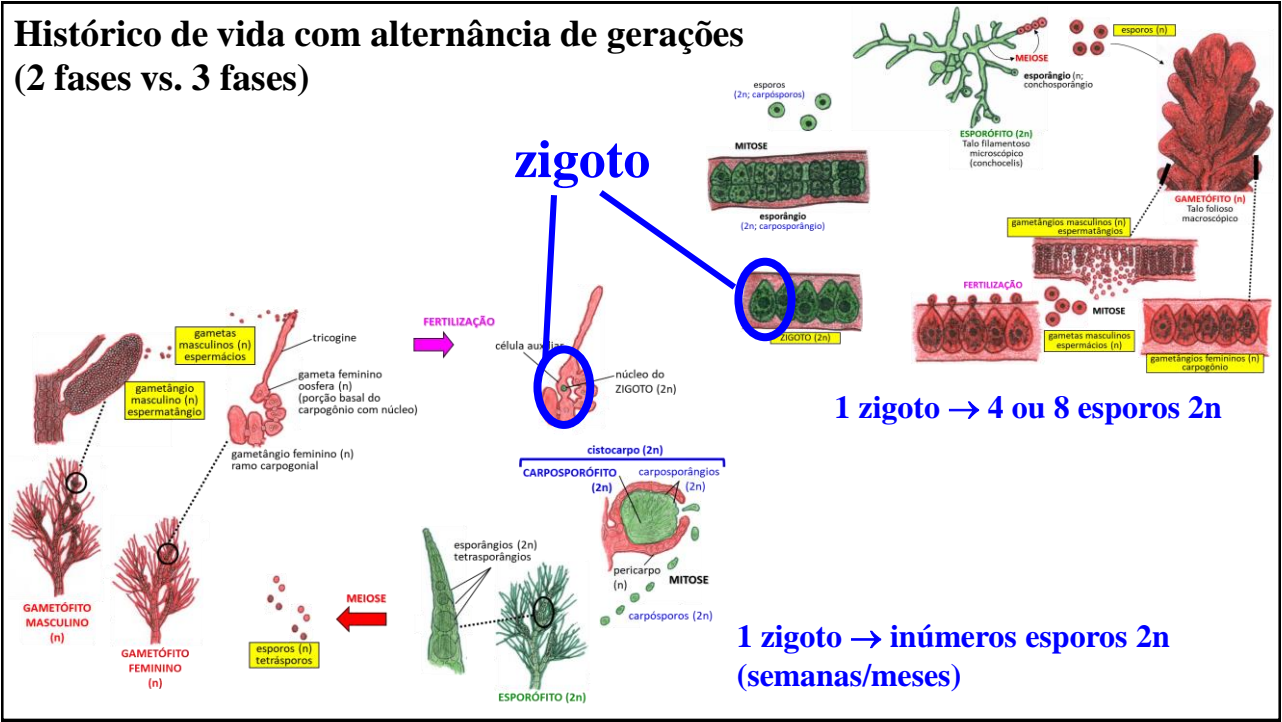


Chow, F., Santos, D.Y.A.C., Ferreira, M.M.S. (2011) (Modificado de Raven et al., 2007)



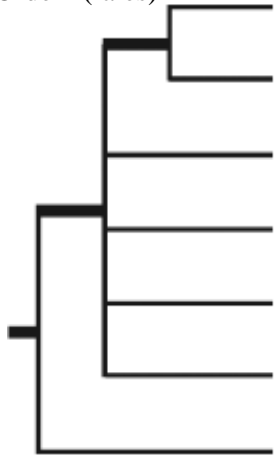


# Histórico de vida com alternância de gerações (2 fases vs. 3 fases)



## • Classificação

Filo (-phyta)  
Classe (-ceae)  
Ordem (-ales)

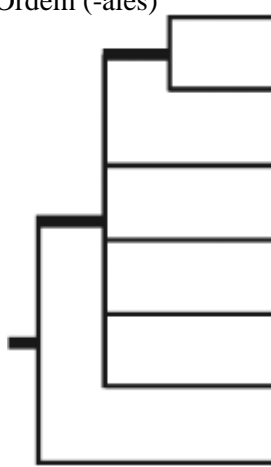


Classificação atual	Classificação antiga tradicional
Rhodophyta	Rhodophyta
Florieophyceae >95%	Florieophyceae
Bangiophyceae	Bangiophyceae
Rhodellophyceae	Bangiales
Porphyridiophyceae	Porphyridiales (1)
Stylonematophyceae	Porphyridiales (3)
Compsopogonophyceae	Porphyridiales (2)
Cyanidiophyceae	Compsopogonales/ Erythropeltidales/ Rhodochaetales
	Cyanidiales

Baseado em Yoon et al. (2006)

• **Classificação**

Filo (-phyta)  
Classe (-ceae)  
Ordem (-ales)



Classificação atual

- Rhodophyta
- Florideophyceae
- Bangiophyceae
- Rhodellophyceae
- Porphyridiophyceae
- Stylonematophyceae
- Compsopogonophyceae
- Cyanidiophyceae

Classificação antiga tradicional

- Rhodophyta
- Florideophyceae
- Bangiophyceae
- Bangiales
- Porphyridiales (1)
- Porphyridiales (3)
- Porphyridiales (2)
- Compsopogonales/  
Erythropeltiales/  
Rhodochaetales
- Cyanidiales



*Neopyropia/Pyropial Porphyra*  
<http://www-eve.ucdavis.edu/stachowicz/aquilino.shtml>

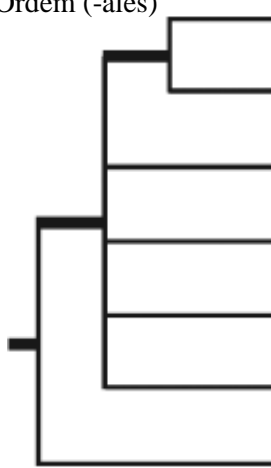
Baseado em Yoon et al. (2006)

Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

• **Classificação**

Filo (-phyta)  
Classe (-ceae)  
Ordem (-ales)

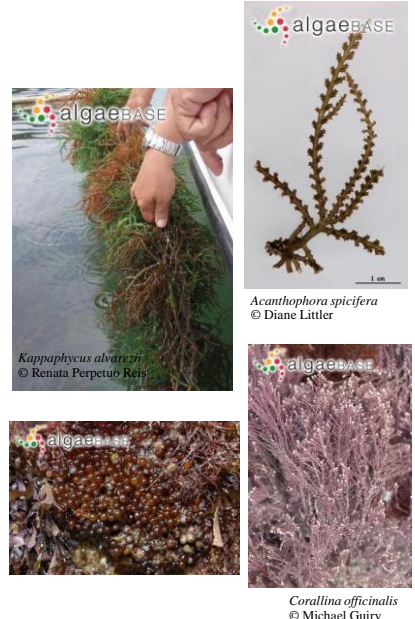


Classificação atual

- Rhodophyta
- Florideophyceae
- Bangiophyceae
- Rhodellophyceae
- Porphyridiophyceae
- Stylonematophyceae
- Compsopogonophyceae
- Cyanidiophyceae

Classificação tradicional

- Rhodophyta
- Florideophyceae
- Bangiophyceae
- Bangiales
- Porphyridiales (1)
- Porphyridiales (3)
- Porphyridiales (2)
- Compsopogonales/  
Erythropeltiales/  
Rhodochaetales
- Cyanidiales



algaeBASE  
*Acanthophora spicifera*  
© Diane Littler  
*Kappaphycus alvarezii*  
© Renata Perpetuo Reis  
*Corallina officinalis*  
© Michael Guiry

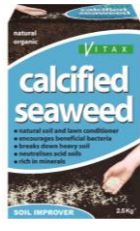
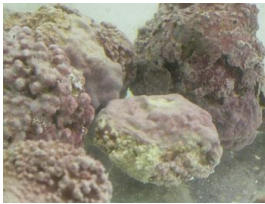
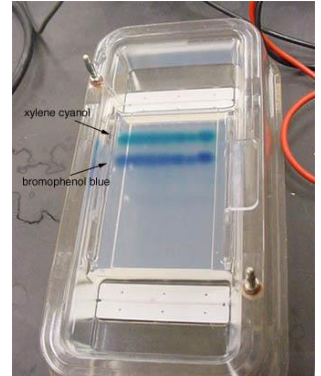
Baseado em Yoon et al. (2006)

Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 – © fchow@ib.usp.br

• **Importância**

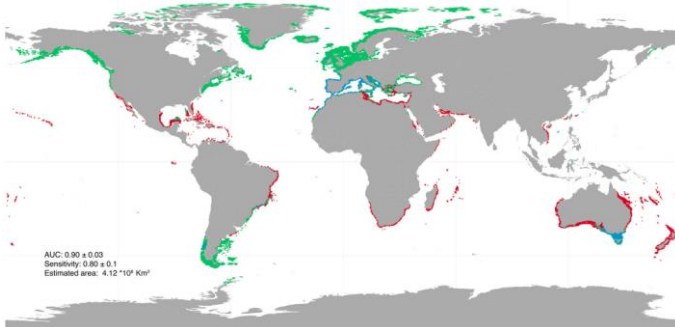
Alimentação  
 Ágar (agarose)  
 Carragenana  
 Bioativo



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 - © fchow@ib.usp.br

• **Importância**



Linhagem de Archaeplastida (Plantae): Algas vermelhas (Rhodophyta)

2023 - © fchow@ib.usp.br

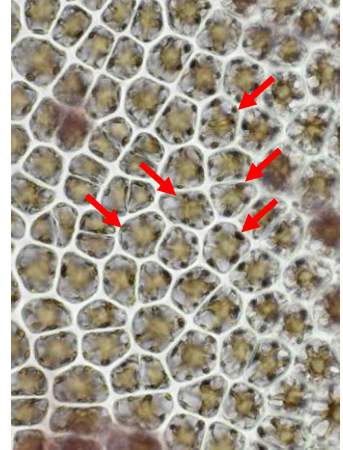


## • Aula prática

*Pyropia* sp. (*Porphyra* ou *Neopyropia*)  
nori (sushi)

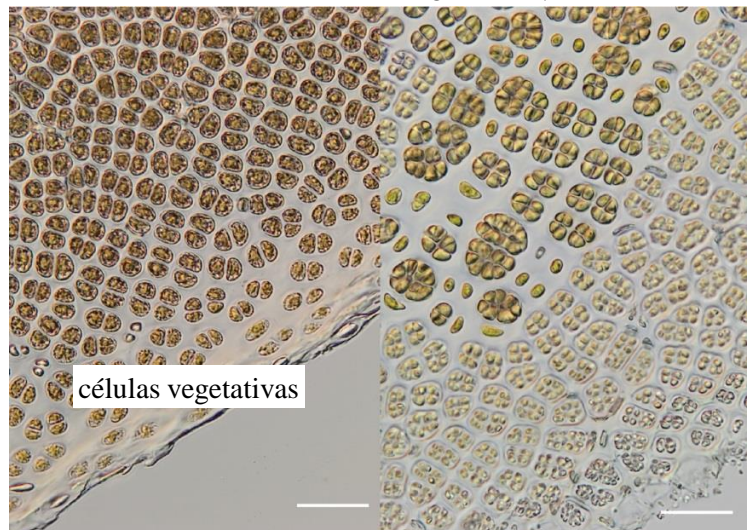


pirenoides  
(inclusões proteicas associadas  
aos cloroplastos/estroma. Atua  
na fixação de CO<sub>2</sub>, Rubisco)



## • Aula prática

*Pyropia* sp. (*Porphyra* ou *Neopyropia*)  
nori (sushi)

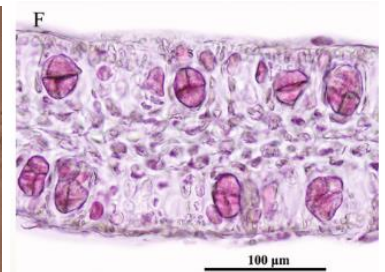
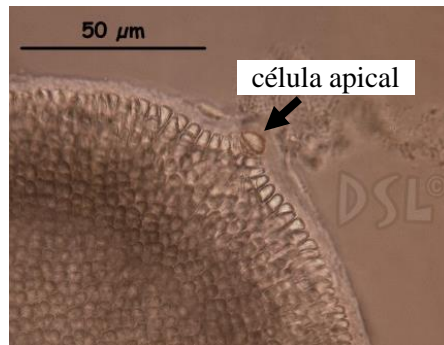
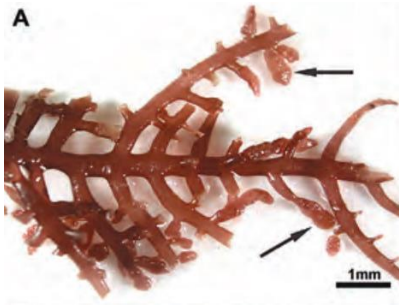
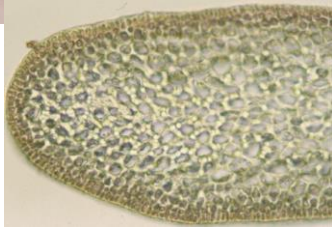


carposporângios  
(gametas ♀ fecundado)

espermatângios  
(gametas ♂)

• Aula práctica

*Pterocladia* sp.



• Aula práctica

*Aglaothamnion* sp. / *Callithamnion* sp.

