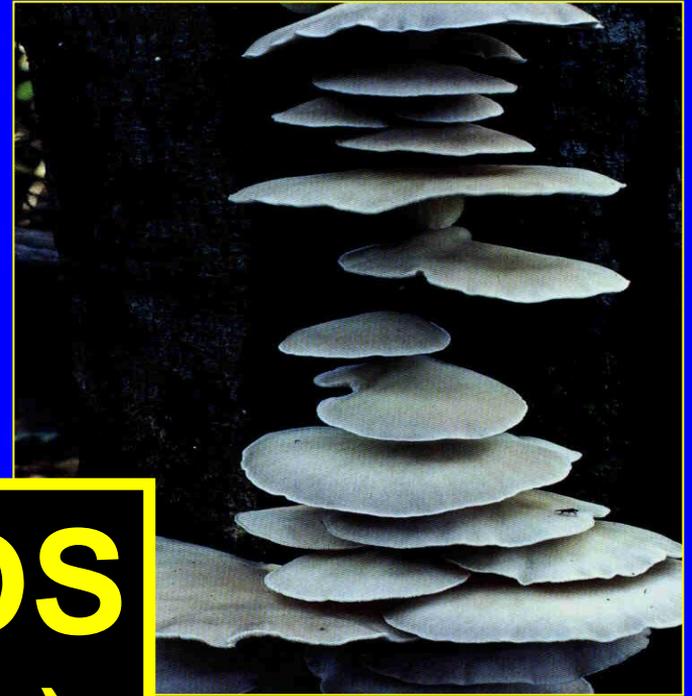




FUNGOS e OOMICETOS





FUNGOS (Micologia)

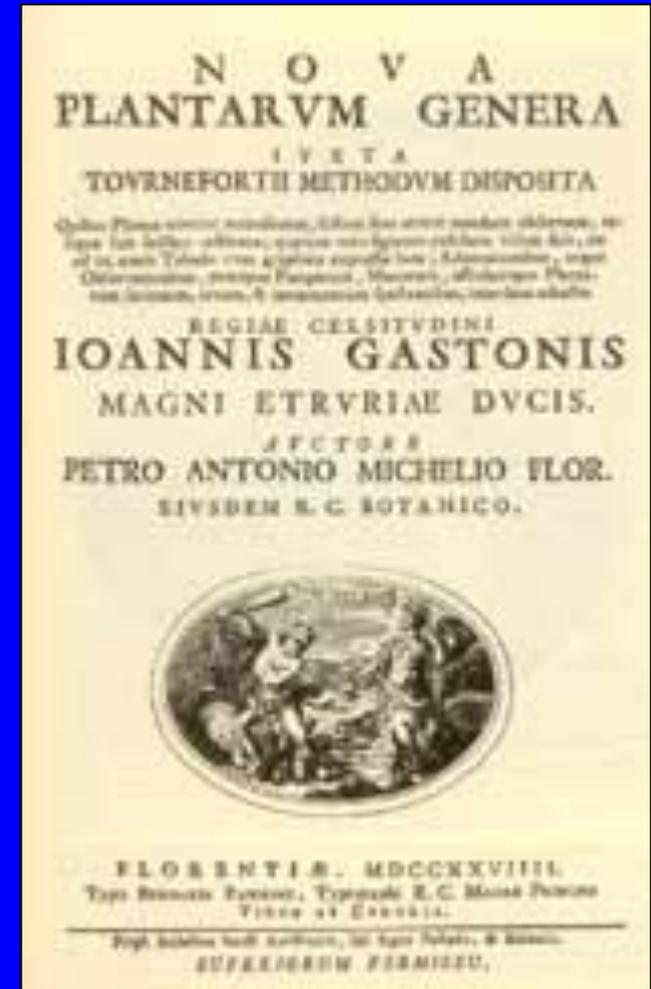


Pier Antonio Micheli (1679-1737)

- Botânico italiano
- Pai da ciência micológica

- *Nova Plantarum Genera* (1729)

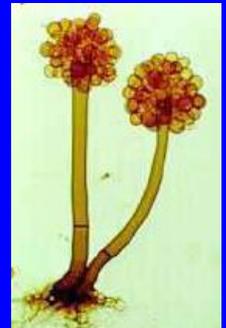
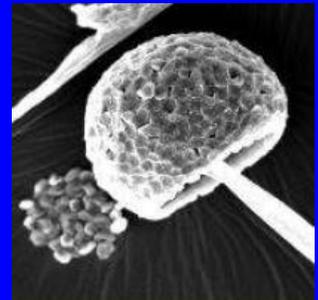
(Incluiu os fungos entre as plantas)



FUNGOS

Organismos que apresentam as características abaixo e são encaixados no reino Fungi

- Eucarióticos
- Microrganismos aclorofilados (quimioheterotróficos)
- Reprodução por esporos
- Estrutura somática – hifa
- Geralmente multicelulares
- Parede celular constituída de B-glucanas e quitina
- Ergosterol é o esteroide mais comum na membrana plasmática
- Glicogênio é o principal composto de reserva

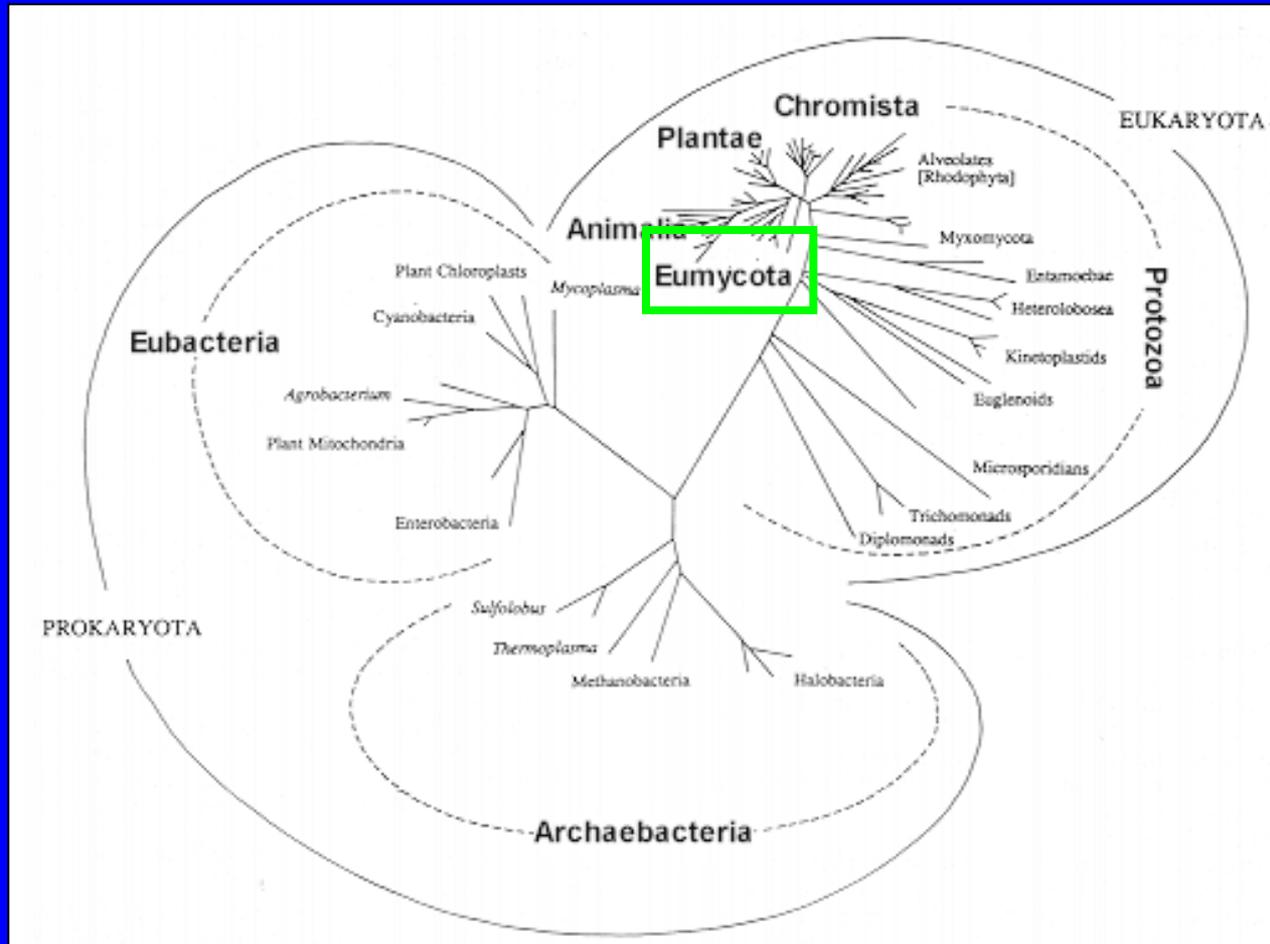


Principais esquemas de classificação dos organismos vivos

Tabela 2.2 Principais esquemas de classificação dos organismos vivos.

Esquema de Classificação	Reinos	Organismos Incluídos
Linnaeus (1753)	Plantae Animalia	Bactérias, fungos, algas, plantas Protozoários e animais superiores
Haeckel (1865)	Plantae Animalia Protista	Algas multicelulares e plantas Animais Microrganismos, incluindo bactérias, protozoários, algas, bolores e leveduras
Whittaker (1969)	Plantae Animalia Protista Fungi Monera	Algas multicelulares e plantas Animais Protozoários e algas unicelulares Bolores e leveduras Todas as bactérias (procariontes)
Woese (1977)	Archaeobacteria Eubacteria Eucaryotes	Bactérias que produzem gás metano, requerem altas concentrações de sal ou requerem altas temperaturas Todas as outras bactérias, incluindo aquelas mais familiares aos microbiologistas, tais como causadoras de doenças, bactérias do solo e da água e bactérias fotossintéticas Protozoários, algas, fungos, plantas e animais

Classificação dos seres vivos (Woese)



OCORRÊNCIA

> 100.000 espécies conhecidas

- Maior parte saprófitas

- Cerca de 50 spp causam doenças em seres humanos

- Cerca de 50 spp. causam doenças em animais

- Cerca de 8.000 spp causam doenças em plantas



IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS



FUNGOS – O LADO RUIM

- MICOSES NO HOMEM E EM ANIMAIS



FUNGOS – O LADO RUIM

- FUNGOS VENENOSOS E ALUCINÓGENOS



Amanita sp.

FUNGOS – O LADO RUIM

- MICOTOXINAS EM ALIMENTOS
- DETERIORAÇÃO DE ALIMENTOS ARMAZENADOS



FUNGOS – O LADO RUIM

• DOENÇAS EM PLANTAS CULTIVADAS

PREJUÍZOS DIRETOS
(MILHÕES DE DÓLARES
ANUALMENTE)

Redução da produção

RESPONSÁVEIS
INDIRETOS PELAS
CONTAMINAÇÕES
DO MEIO AMBIENTE



FUNGOS – O LADO BOM

- Decomposição de matéria orgânica (ciclos C, N, S)



FUNGOS – O LADO BOM

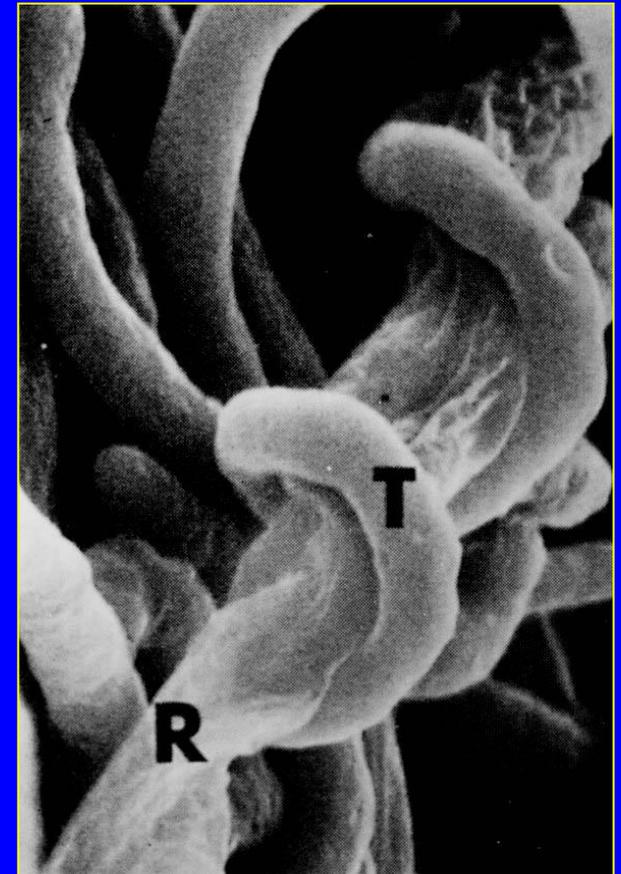
- **Associações micorrízicas (mais de 90% das plantas)**



Melhora absorção
de nutrientes
(principalmente P)

FUNGOS – O LADO BOM

- Controle biológico de pragas, ervas daninhas e patógenos de plantas



FUNGOS – O LADO BOM

- Fungos comestíveis e medicinais

Agaricus bisporus (champignon)



Lentinula edodes (shiitake)



Agaricus blazei (cogumelo do sol)



Boletus edulis



FUNGOS – O LADO BOM

- Biorremediação (descontaminação dos solos e das águas)



Penicillium sp
Trametes sp
Psilocybe sp

FUNGOS – O LADO BOM

- **Fermentação alcoólica (álcool, bebidas, panificação)**



FUNGOS – O LADO BOM

- **Produção de antibióticos (ex: penicilina, cefalosporina)**



FUNGOS – O LADO BOM

- Produção de ácidos orgânicos (ex: ác. cítrico da Coca-Cola é produzido por uma espécie de *Aspergillus*)



FUNGOS – O LADO BOM

- Medicamentos

Fungo propriamente dito:

Ex: Floratil (*Saccharomyces boulardii* – levedura)

Enzimas:

Celulases

Lipases

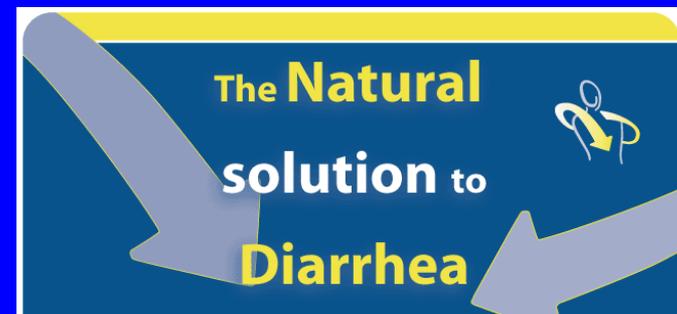
Ex: Digestivos

Metabólitos:

Hormônios

Esteróides

Ex: Anticoncepcionais, morfina



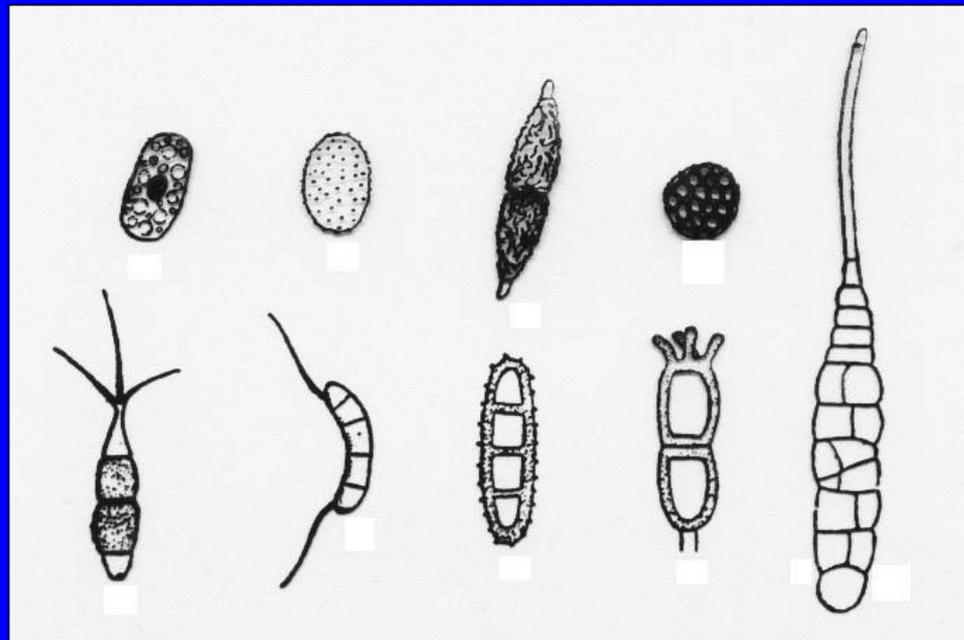
FUNGOS – O LADO BOM

- **Maturação de queijos:**
- **Roquefort** - *Penicillium roqueforti*
- **Gorgonzola** - *Penicillium glaucum*
- **Camembert** - *Penicillium candida*



Morfologia

Esporo = unidade reprodutiva

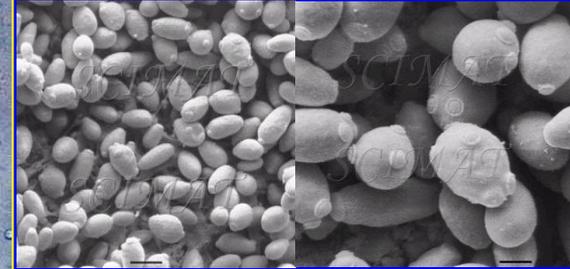
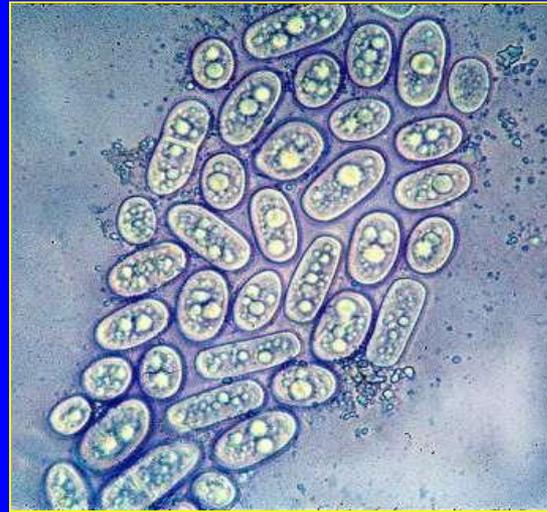


Morfologia

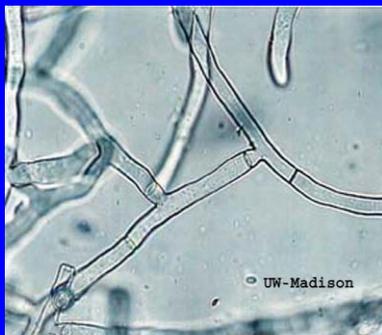
TALO SOMÁTICO:

Leveduriforme (unicelular)

Ex: Leveduras



Filamentoso (multicelular)



HIFAS



HIFAS = filamento tubular microscópico

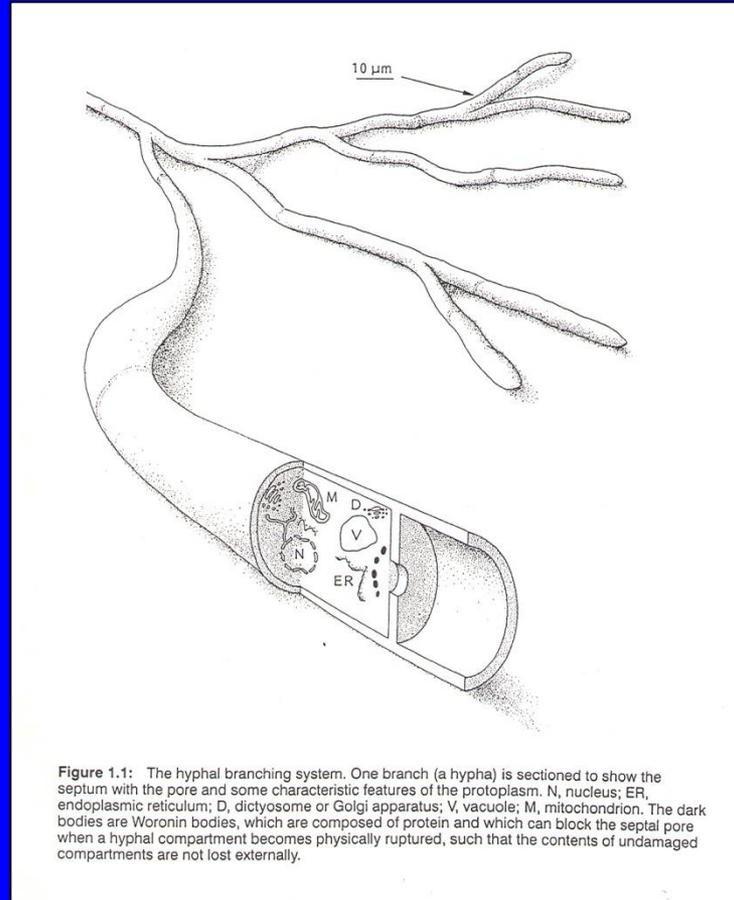
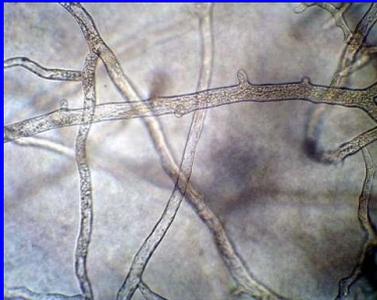
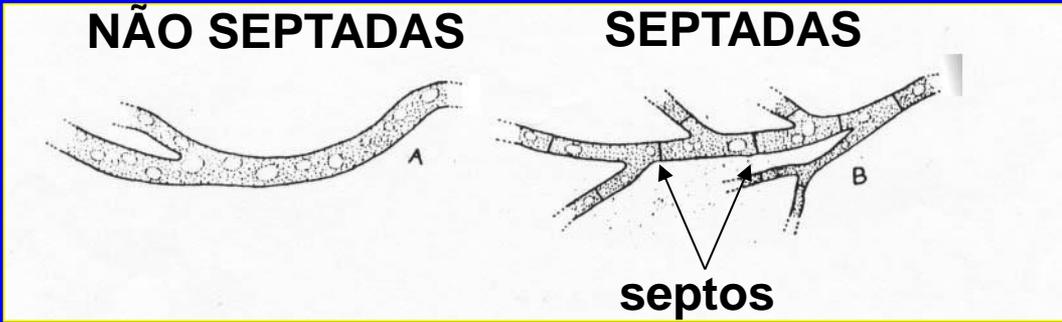
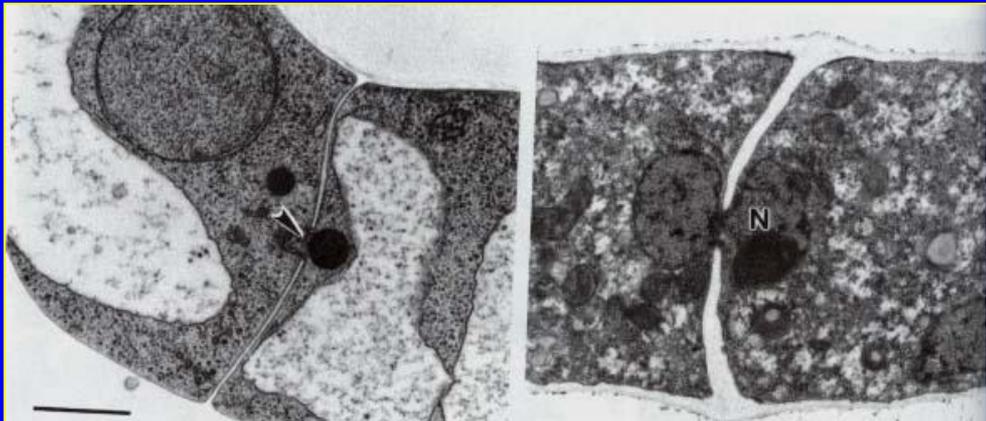
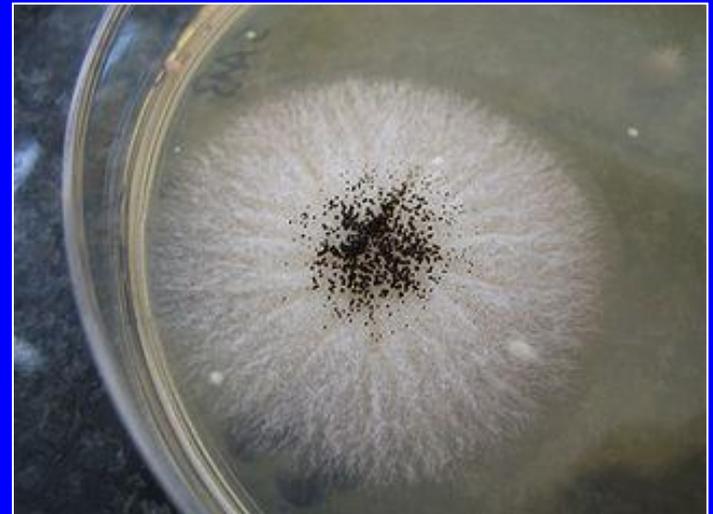
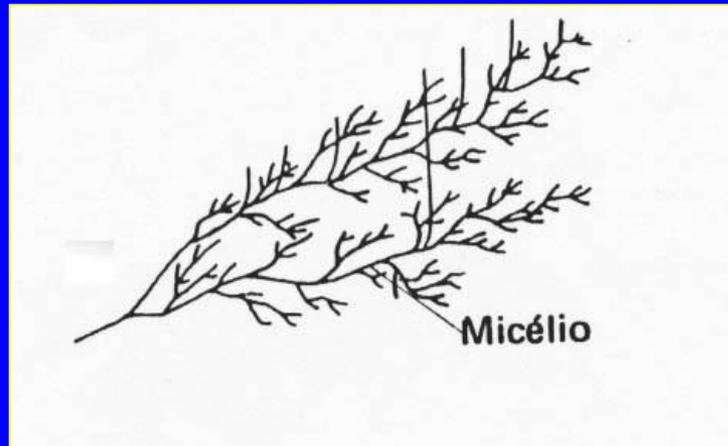


Figure 1.1: The hyphal branching system. One branch (a hypha) is sectioned to show the septum with the pore and some characteristic features of the protoplasm. N, nucleus; ER, endoplasmic reticulum; D, dictyosome or Golgi apparatus; V, vacuole; M, mitochondrion. The dark bodies are Woronin bodies, which are composed of protein and which can block the septal pore when a hyphal compartment becomes physically ruptured, such that the contents of undamaged compartments are not lost externally.

Septo e poro

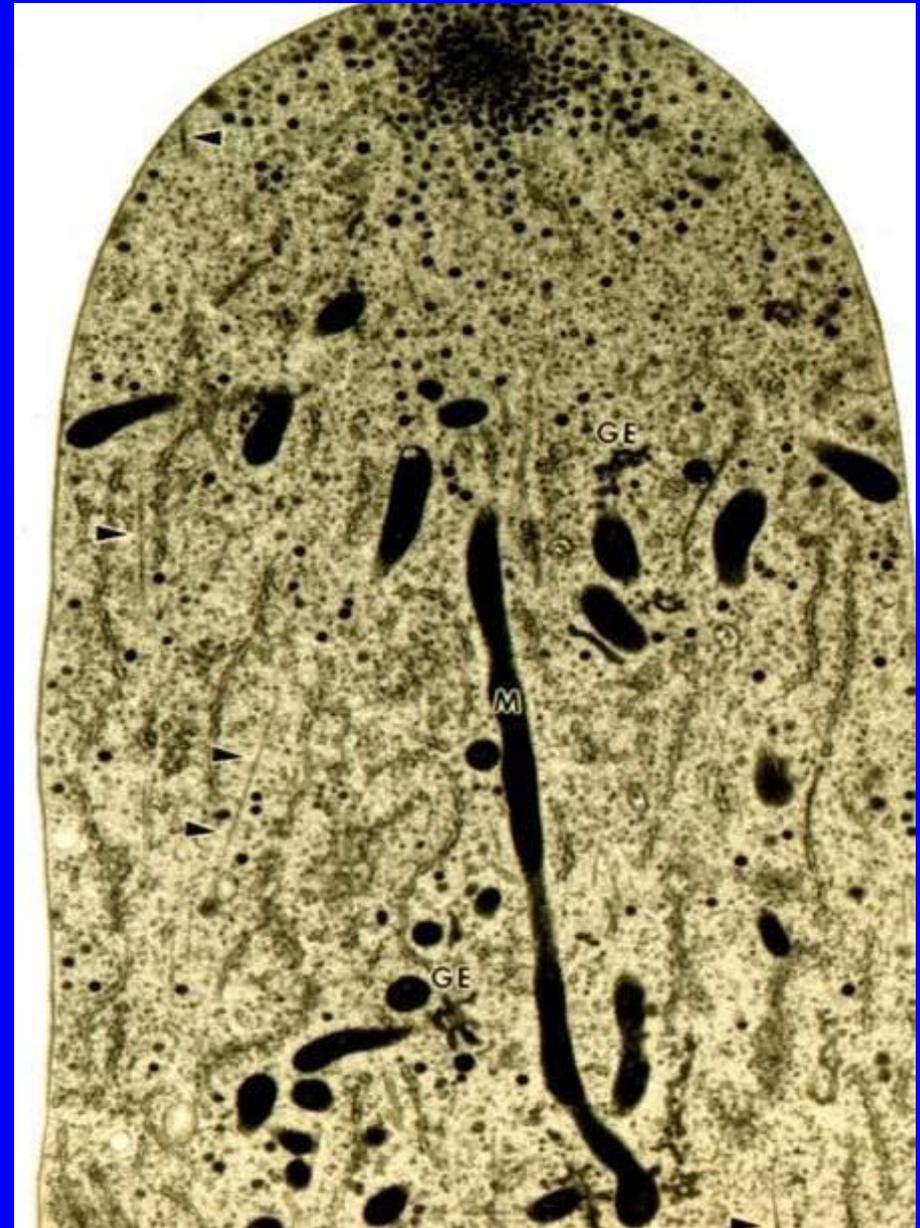


MICÉLIO = conjunto (emaranhado) de hifas



Hifa

- Parede celular
- Membrana Plasmática
- Citoplasma



Parede celular

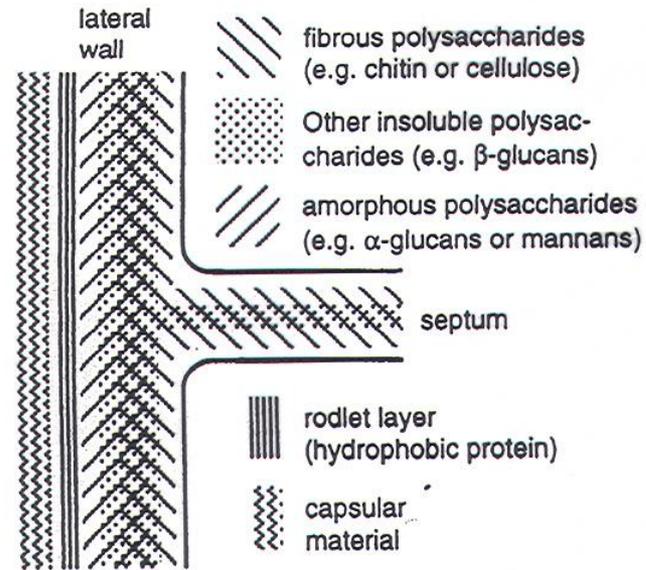


Figure 4. Model of the layered structure of the hyphal wall [7].

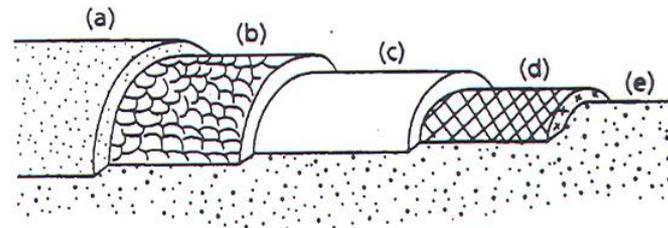


Fig. 2.8 Diagram to illustrate wall architecture in a 'mature' region of a hypha of *Neurospora crassa* (ascomycota) as evidenced by sequential enzymic digestion. (a) Outermost layer of amorphous β -1,3- and β -1,6-glucans; (b) glycoprotein reticulum embedded in protein; (c) more or less discrete protein layer; (d) chitin microfibrils embedded in protein; (e) plasmalemma. (Based on Hunsley & Burnett, 1970.)

IMPORTÂNCIA DA PAREDE CELULAR

- Determina forma – hifa ou levedura
- Protege contra lise osmótica
- Atua como “peneira molecular”
- Melanina presente – protege contra UV /
enzimas líticas
- Sítio de ligação para enzimas
- Propriedades antigênicas

CITOPLASMA

- LABORATÓRIO BIOQUÍMICO

- ENVOLTO PELA MEMBRANA PLASMÁTICA

- ENCONTRAMOS:

- ⇒ RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO
- ⇒ RIBOSSOMOS
- ⇒ MITOCÔNDRIOS
- ⇒ SISTEMA DE GOLGI
- ⇒ VACÚOLOS
- ⇒ GRÂNULOS DE GLICOGÊNIO

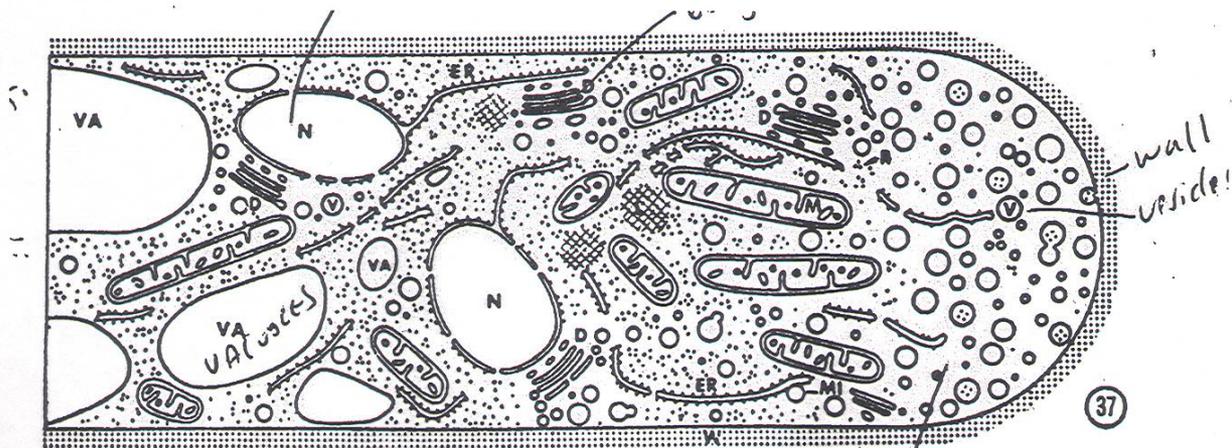


Fig. 37. Condensed diagrammatic representation of hyphal organization and the relationships of cell components in a growing hyphal tip of *P. ultimum*. (Key to Labeling p. 246.)

Levedura (unicelular)

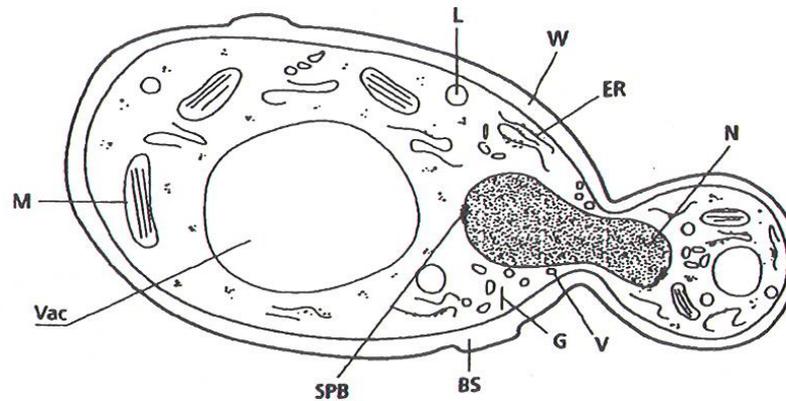
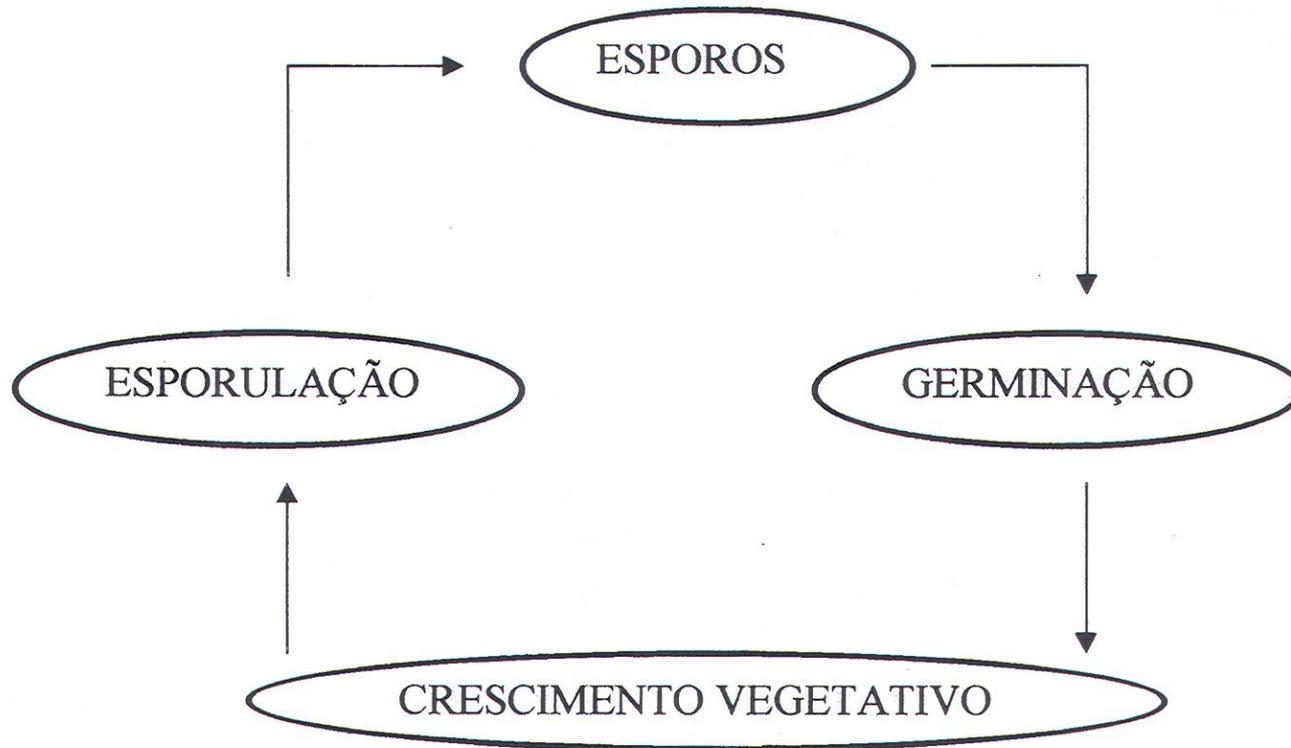


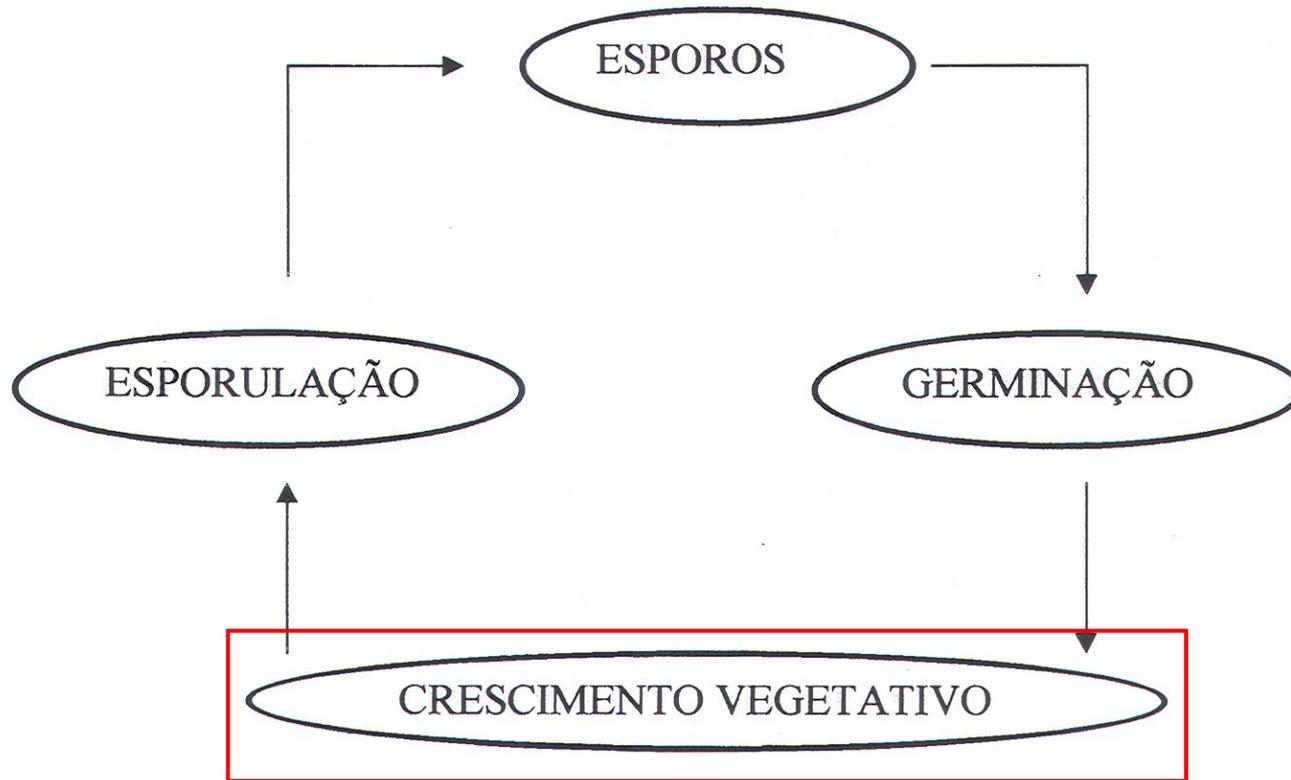
Figura 4 – Representação diagramática da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (cerca de $5\mu\text{m}$). W – parede celular; Vac – vacúolo central; BS – cicatriz de brotamento; M- mitocôndrio; L- corpúsculo de lipídeo; G – aparelho de Golgi; ER – retículo endoplasmático; V – vesícula; SPB – “spindle-pole body” equivalente ao centríolo em outros eucariotos; N – núcleo. Adaptado de Deacon (1997).

Estágios no crescimento



Esporos - asseguram a sobrevivência do fungo

Estágios no crescimento



Esporos - asseguram a sobrevivência do fungo

Crescimento vegetativo / diferenciação

Crescimento envolve alongação do tubo germinativo na extremidade

Tubo germinativo começa a ramificar



Hifas



Colônia fúngica

- Esférica \Rightarrow meio líquido
- Circular \Rightarrow meio sólido



Elongação das hifas

- Extremidade da hifa → 50-100 μm
- Crescimento fungos micelianos:
 - Extensão das extremidades hifálicas
 - Partes velhas incapazes de crescerem (formação de novo protoplasma)

Neurospora sp → 3,6 - 3,8 mm / hora

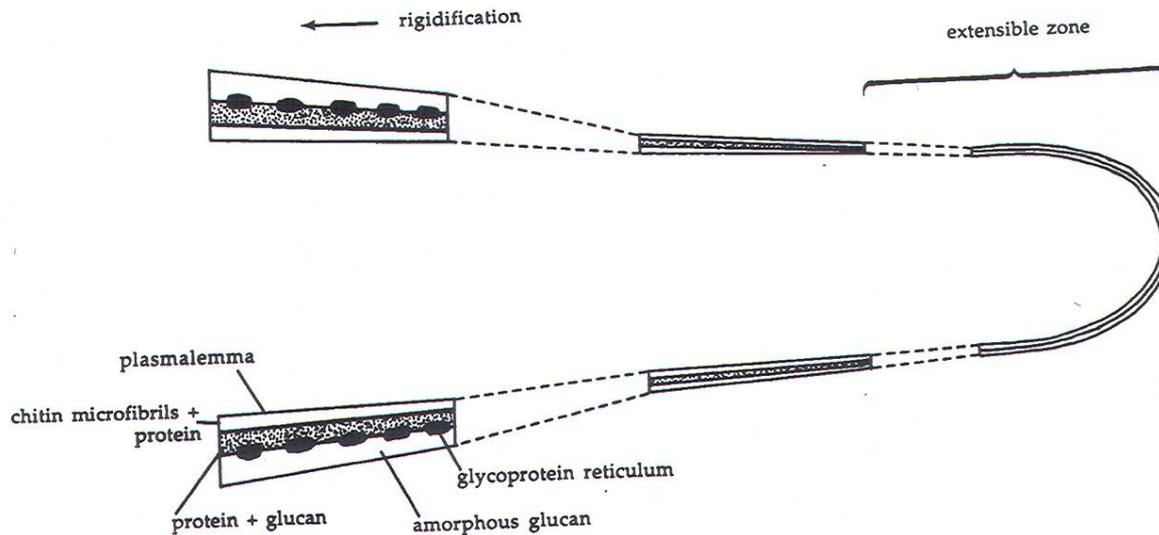
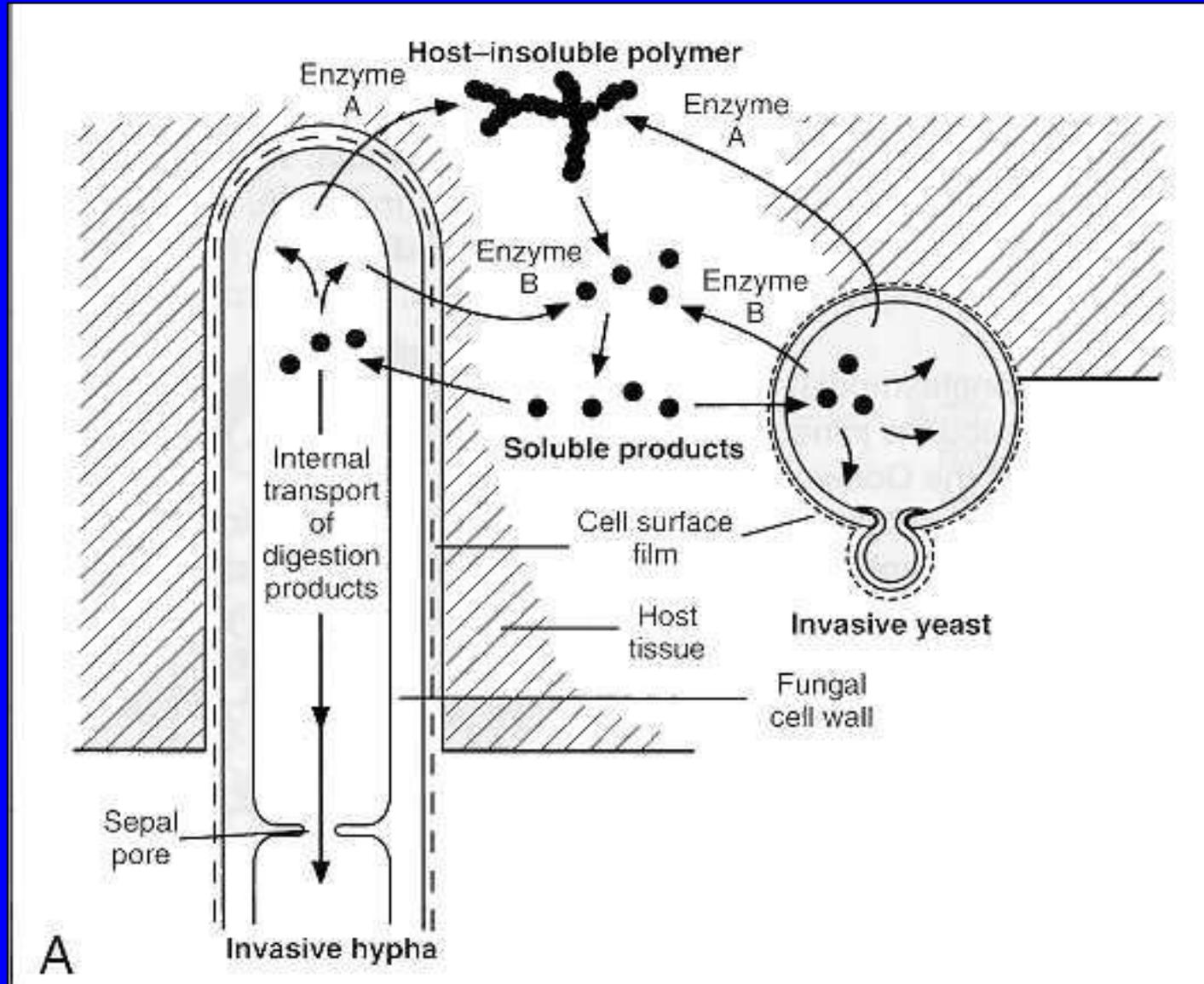


Fig. 1.5 Arrangement of the principle wall layers in *Neurospora crassa*, and the influence on wall rigidity and extensibility (after Hunsley and Kay, 1976).

Crescimento - digestão e absorção



Crescimento - digestão e absorção

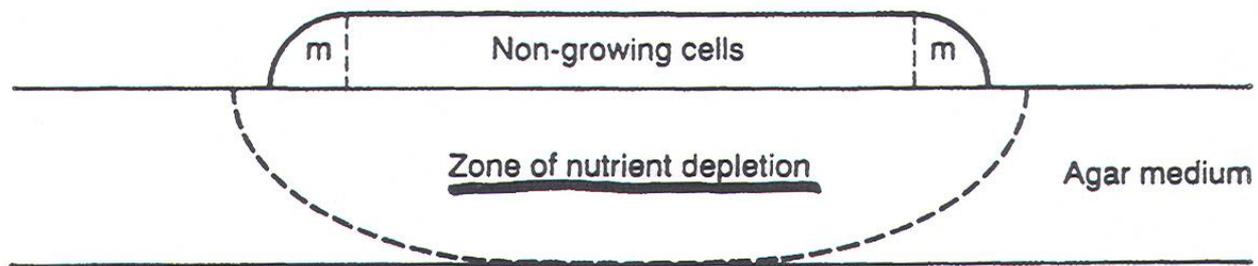
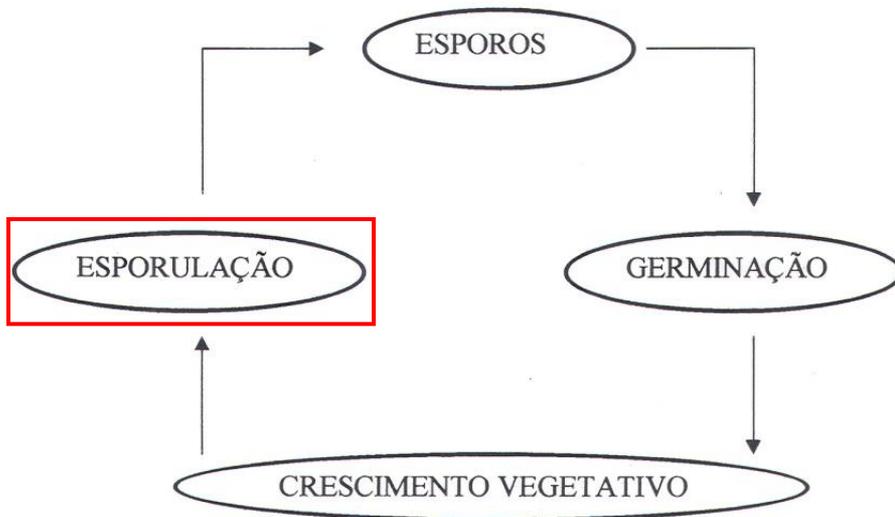


Figure 3.16. Section through a colony of unicellular organisms, such as yeast cells, on an agar medium. Growth is confined to a marginal growth zone (*m*) at the edge of the colony. Beneath the colony is a region in which nutrient depletion has occurred. A diffusion gradient will occur from the edge of this zone to the colony. The zone will also become one of accumulation of inhibitory metabolites. (Based on a figure by Pirt, S. J. (1975). Principles of Microbe and Cell Cultivation. Blackwell, Oxford.)

Reprodução (Esporulação)

Estágios no crescimento



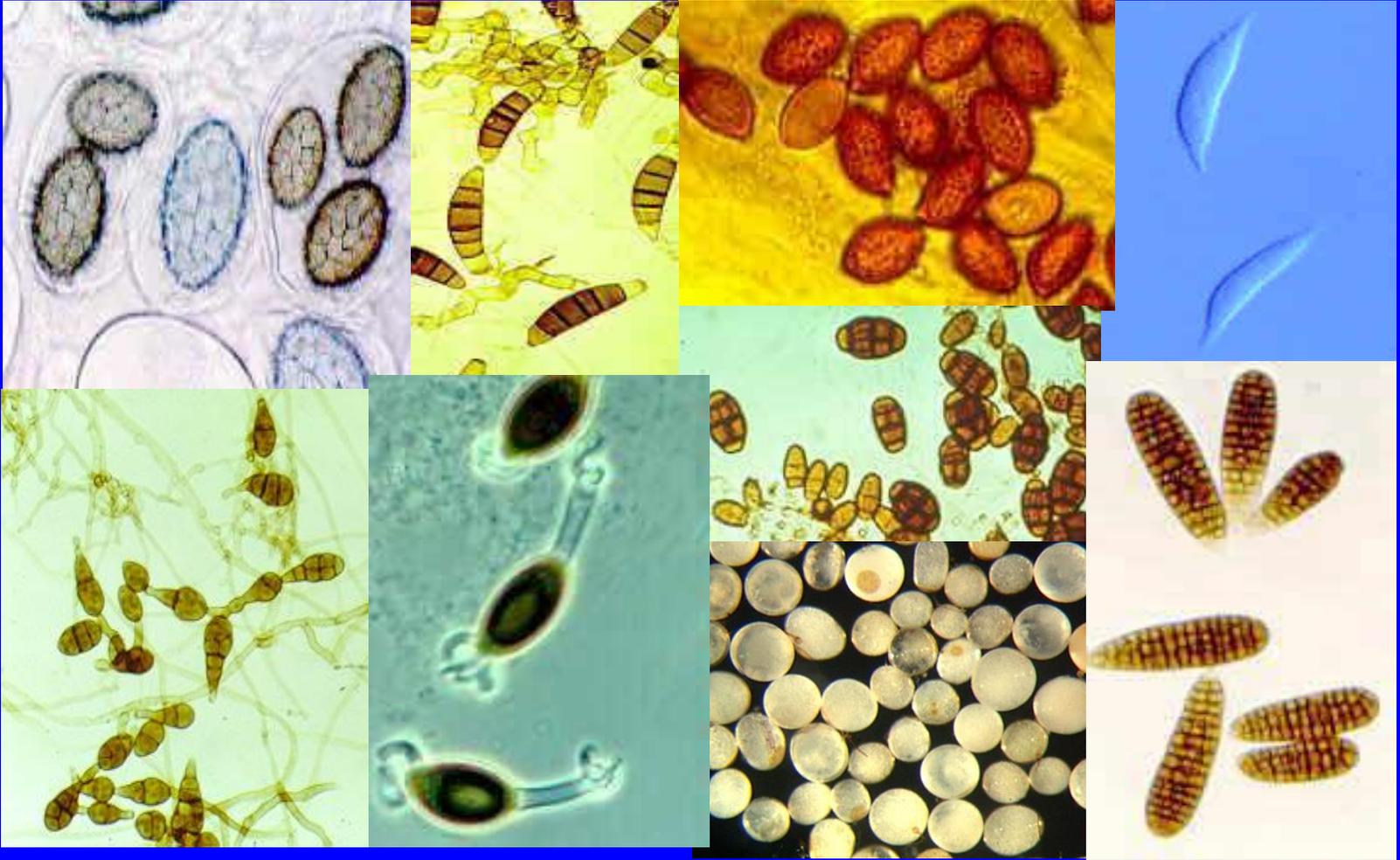
Esporos - asseguram a sobrevivência do fungo

- Nutriente disponível \Rightarrow **hifas assimilativas**
- Nutriente não disponível / fatores adversos \Rightarrow **modo reprodutivo** \rightarrow **esporos**

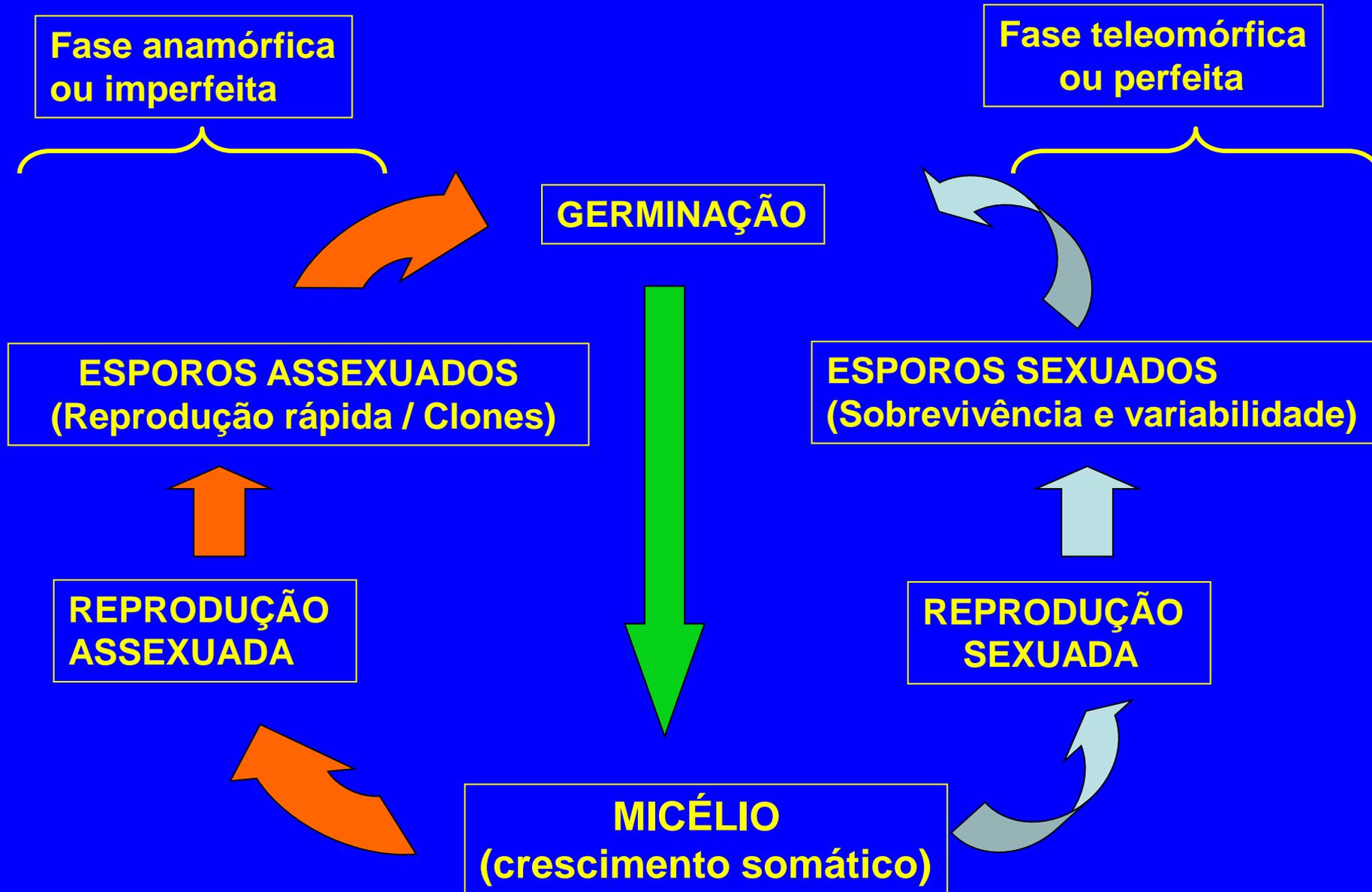
Hifas podem exibir um período de dormência antes de esporular



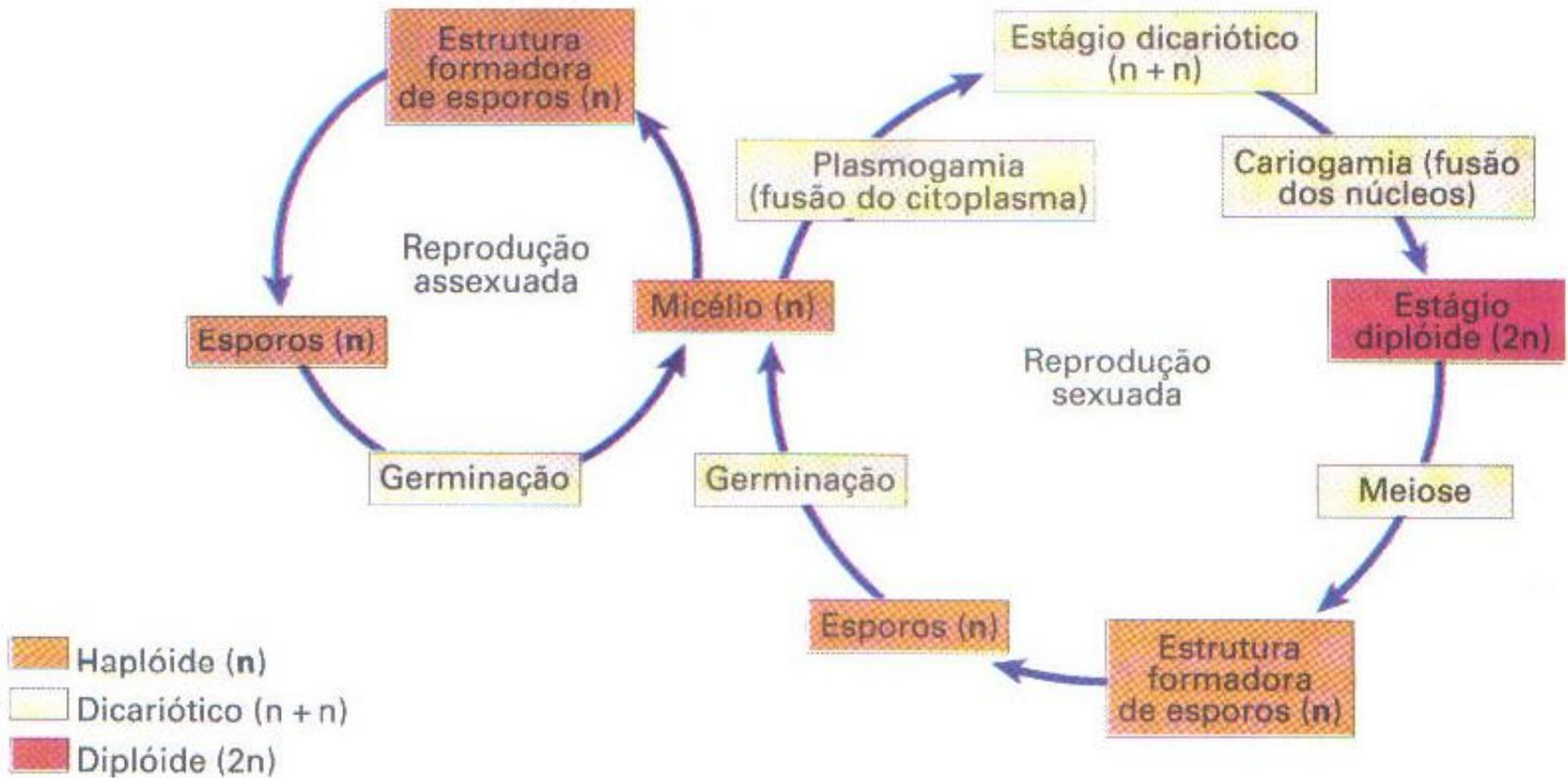
Esporos



CICLO DE VIDA



CICLO DE VIDA



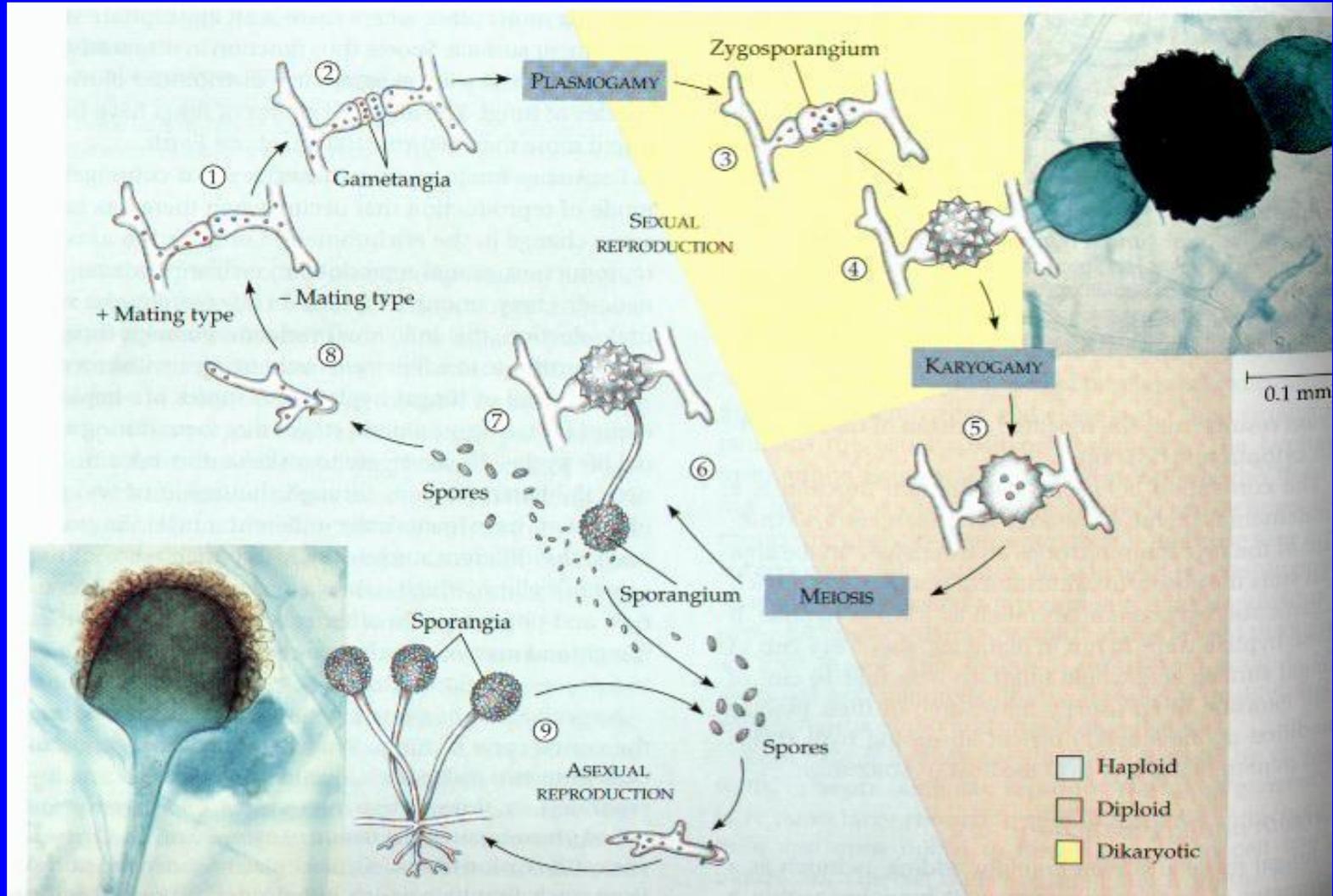
Esquema de um ciclo de vida generalizado de um fungo.

Anamórfico x teleomórfico

Table 1.7 The generic names for some of the sexual stages (known as teleomorphs) and asexual stages (anamorphs) of fungi that are frequently seen only in the asexual form.

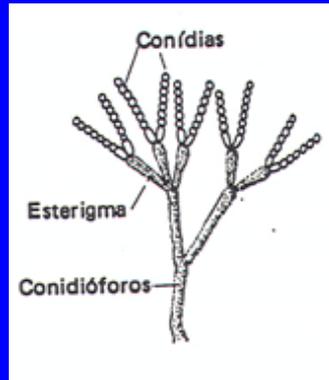
Anamorph	Teleomorph
<i>Aspergillus</i>	<i>Eurotium</i> <i>Emericella</i>
<i>Penicillium</i>	<i>Eupenicillium</i> <i>Talaromyces</i>
<i>Trichoderma</i>	<i>Hypocrea</i>
<i>Fusarium</i>	<i>Gibberella</i> <i>Nectria</i>
<i>Microsporum</i> <i>Trichophyton</i>	<i>Arthroderma</i>
<i>Blastomyces</i> <i>Histoplasma</i>	<i>Ajellomyces</i>
<i>Rhizoctonia</i>	<i>Ceratobasidium</i> <i>Thanatephorus</i> <i>Waitea</i>

Ciclo *Rhizopus stolonifer*

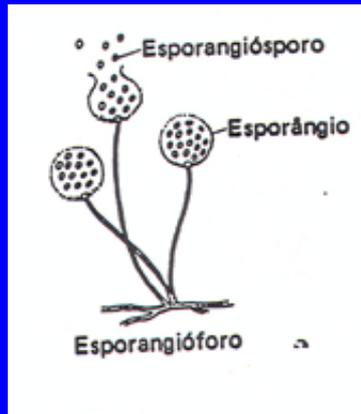


Estruturas características do ciclo assexual

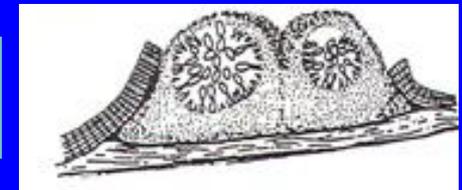
Conidióforo



Esporangióforo



Picnídio

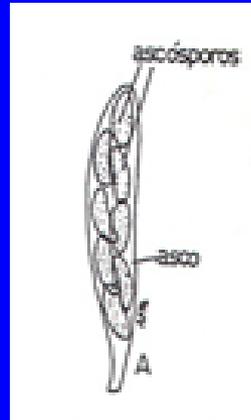


Estruturas características do ciclo sexual

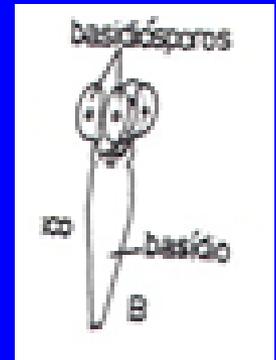
Gametângios
(zigomicetos)



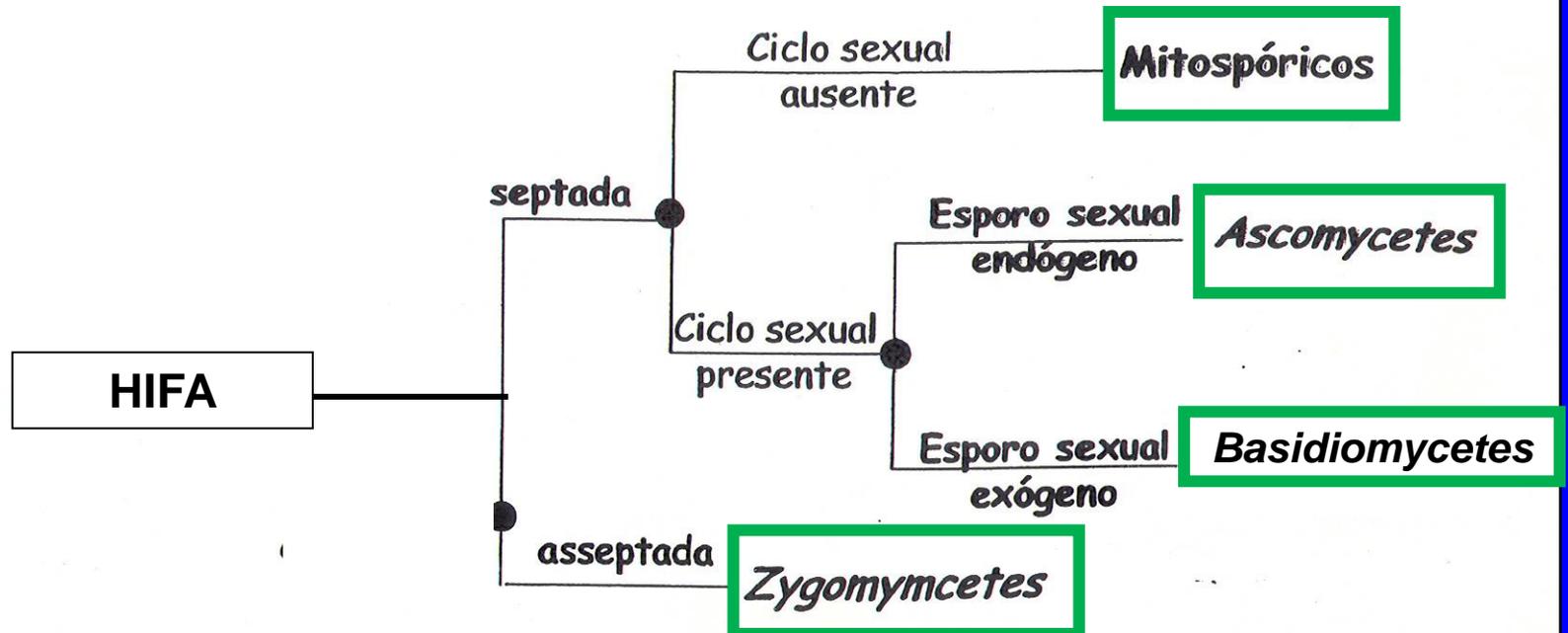
Ascos
(Ascomycetos)



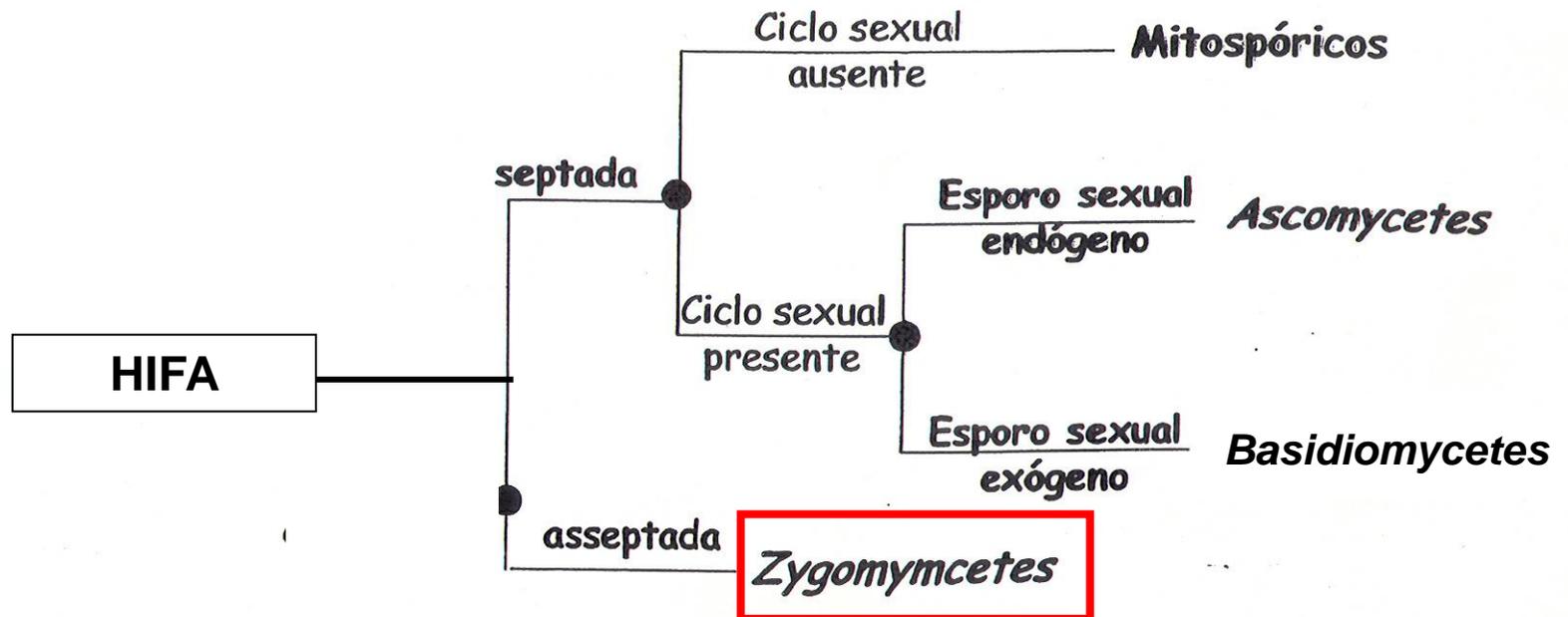
Basídia
(Basidiomicetos)



Classificação dos “Fungos”



Classificação dos “Fungos”



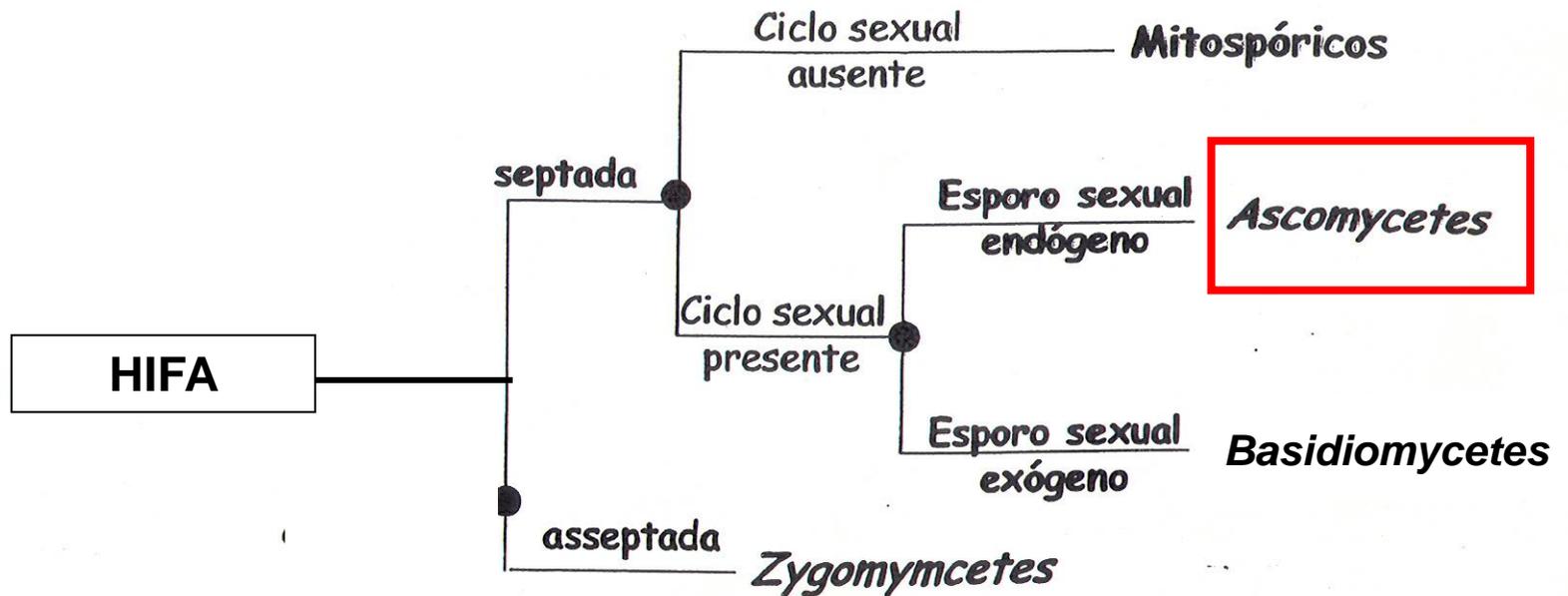
ZIGOMICETOS - Quitina e β -glucana na parede / hifas sem septos



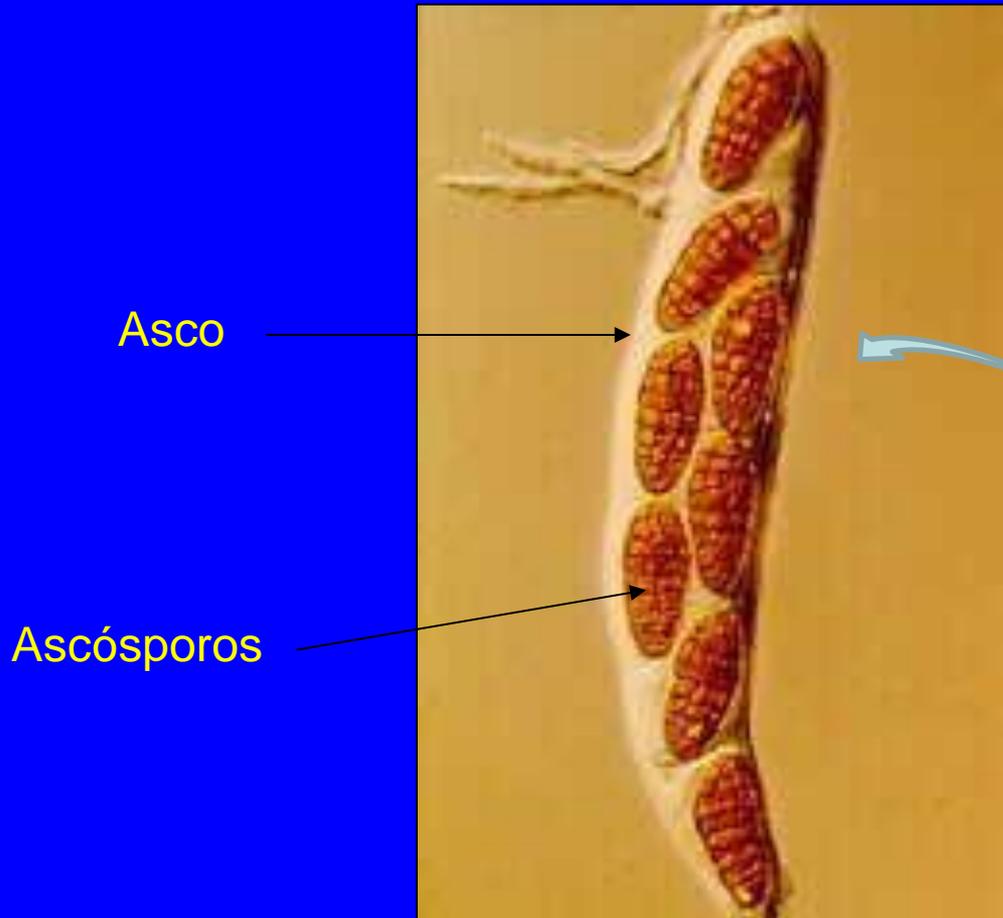
Esporângios
Esporos imóveis



Classificação dos “Fungos”

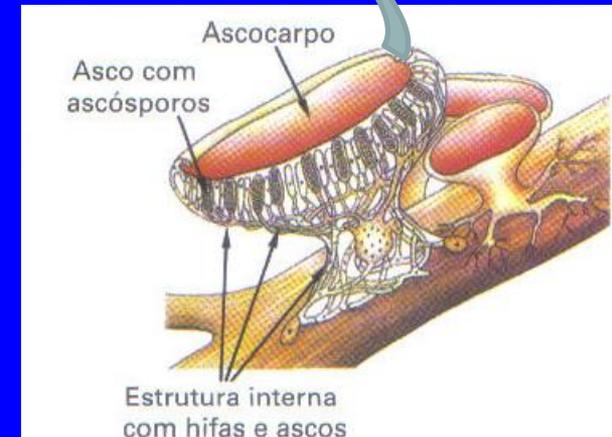


ASCOMICETOS - Quitina e β -glucana na parede / hifa com septos

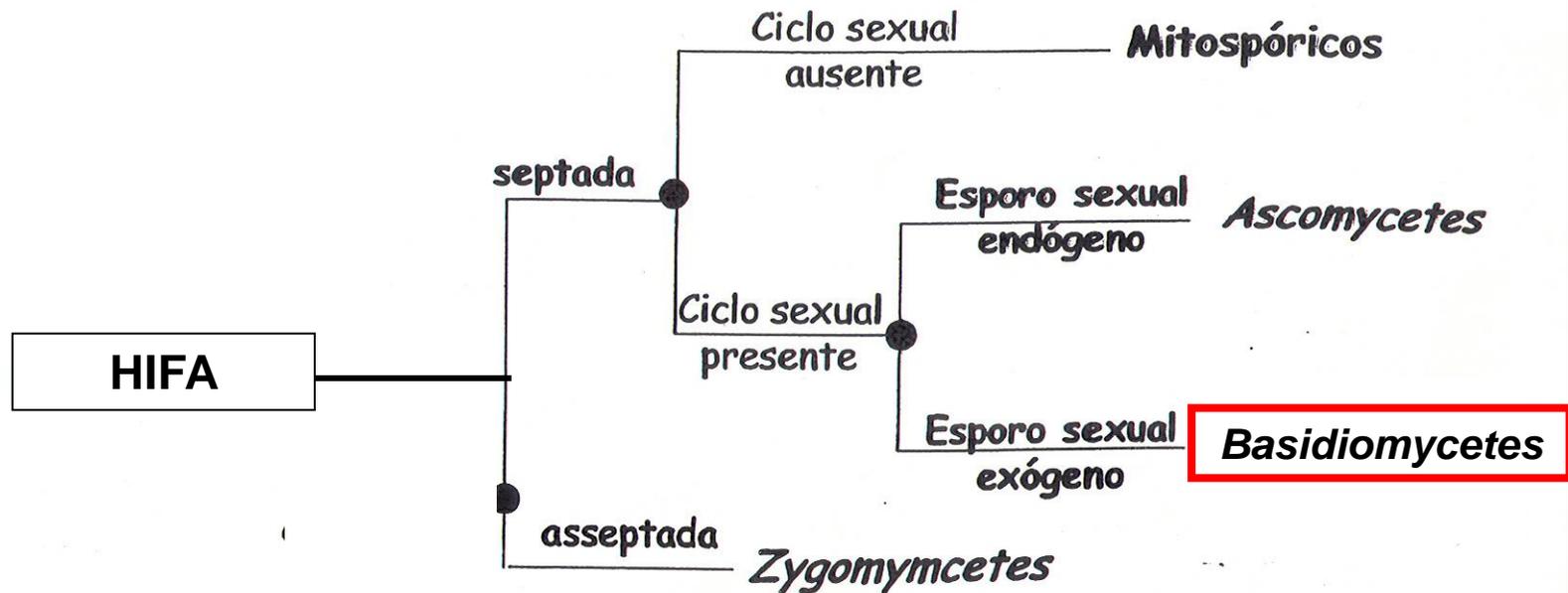


Esporos sexuais
no interior de um asco
(saco)

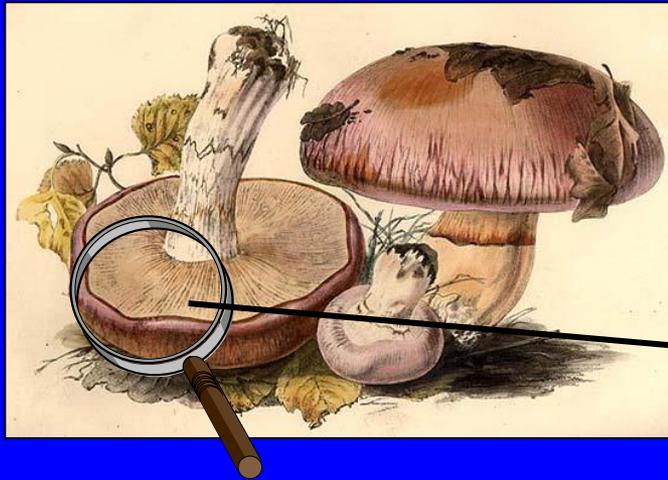
(esporos endógenos)



Classificação dos “Fungos”



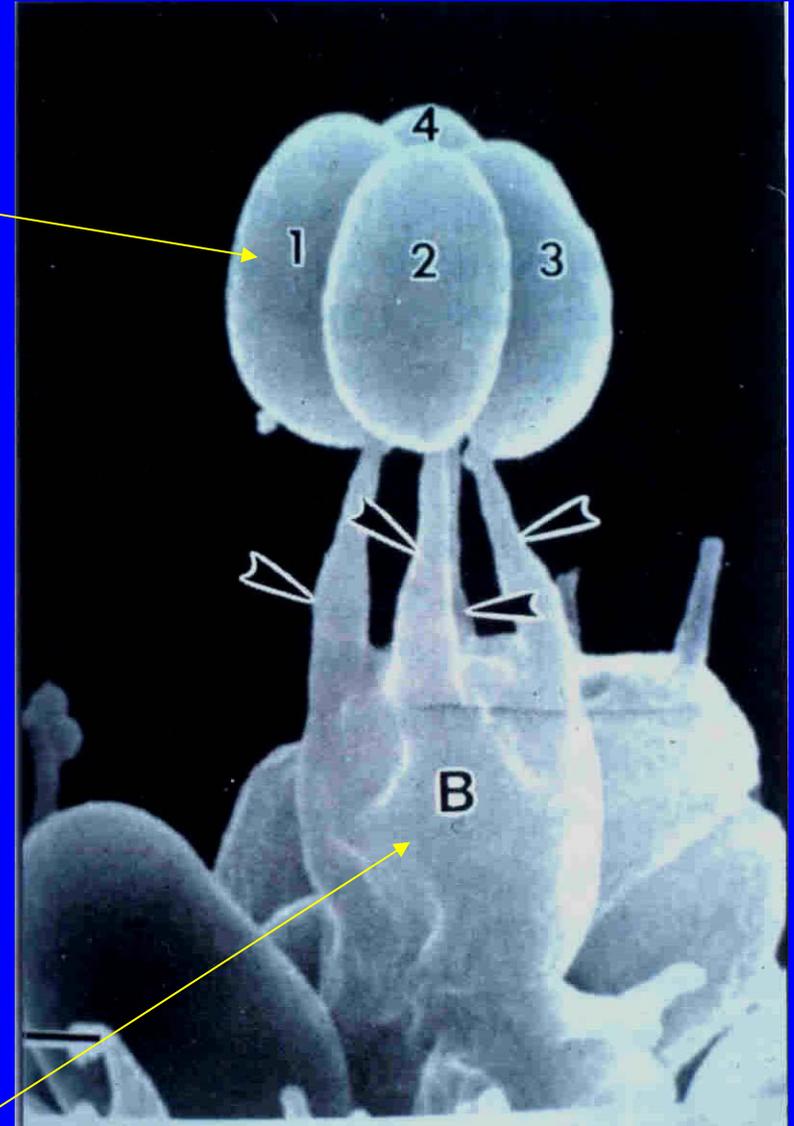
BASIDIOMICETOS - Quitina e β -glucana na parede / hifa com septos



**Esporos sexuada
externamente em uma basídia**

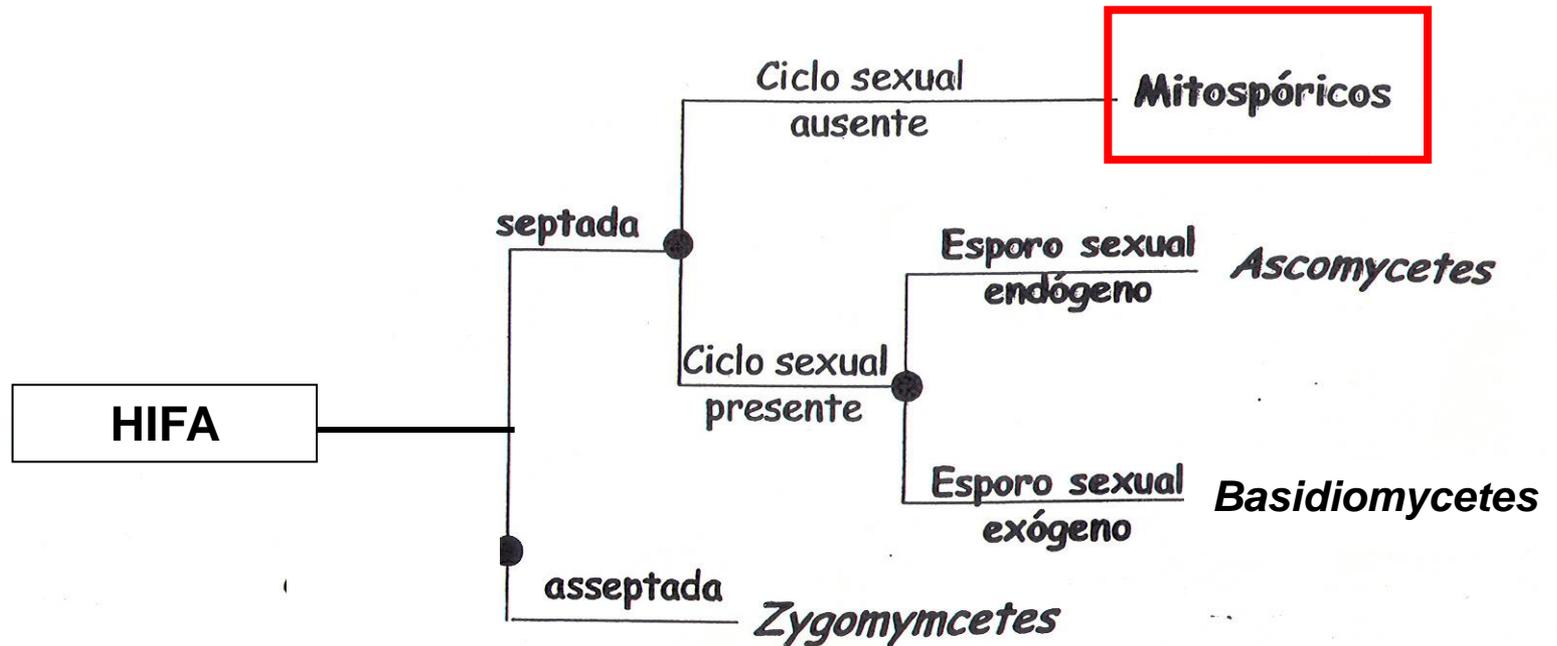
(esporos exógenos)

Basidiósporos



Basídia

Classificação dos “Fungos”

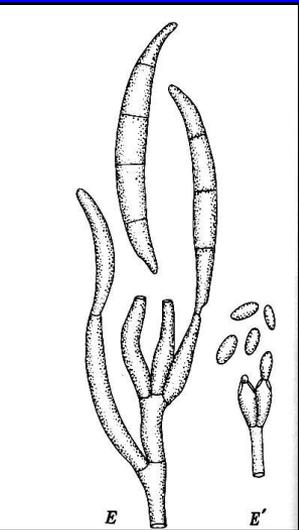


FUNGOS MITOSPÓRICOS OU ANAMÓRFICOS - Quitina e β -glucana na parede / hifa com septos

Fungos mitospóricos

→ Fase sexuada desconhecida ou ausente

→ Esporos clonais (mitose)

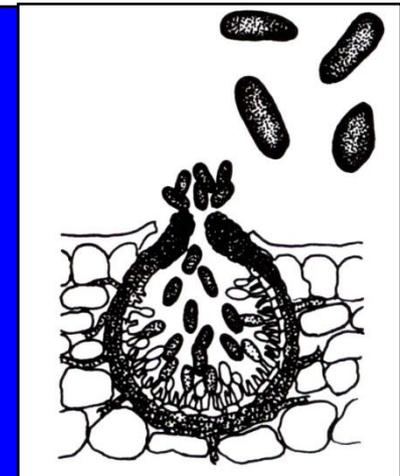
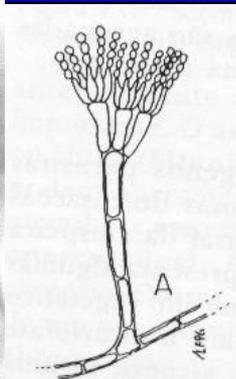
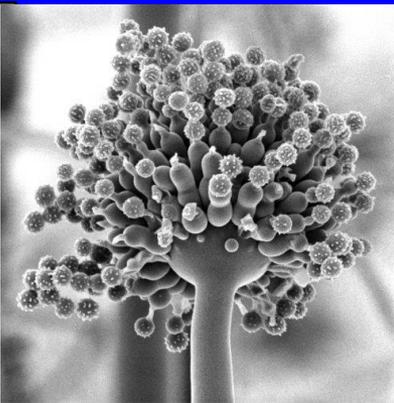
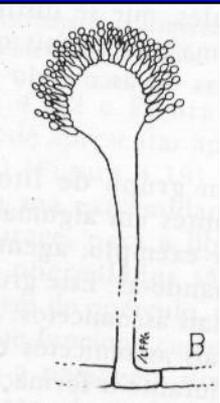
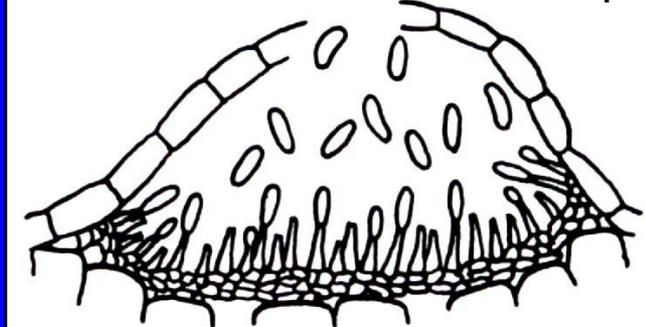


Esporos em:

Esporóforos (hifas modificadas)

Corpos de frutificação

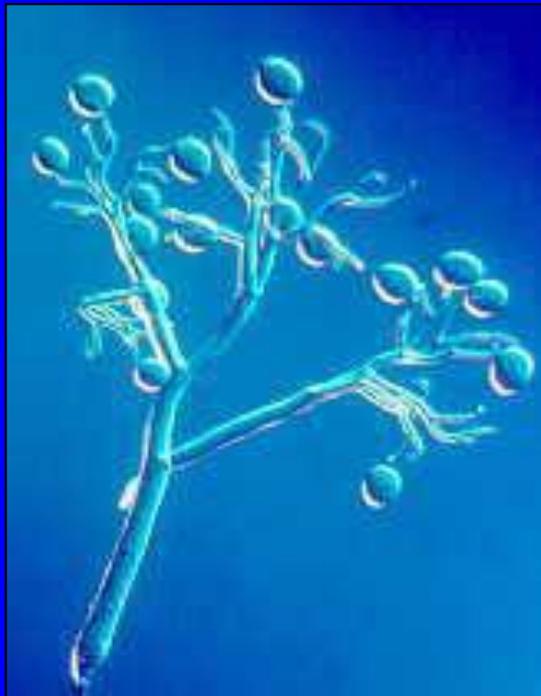
Acérvulo = *Colletotrichum* sp



Picnídio = *Septoria* sp.



OOMICETOS



OOMICETOS

Organismos que apresentam as características abaixo e são encaixados no reino Chromista

- Eucarióticos
- Microrganismos aclorofilados (quimioheterotróficos)
- Reprodução por esporos móveis
- Estrutura somática – hifa asseptada
- Geralmente multicelulares
- Parede celular constituída principalmente de B-glucanas e também celulose e hidroxiprolina (Quitina é ausente)
- Ergosterol não é um esteroide importante na membrana plasmática
- Laminarinas constituem o principal composto de reserva

OOMICETOS são fungos verdadeiros?

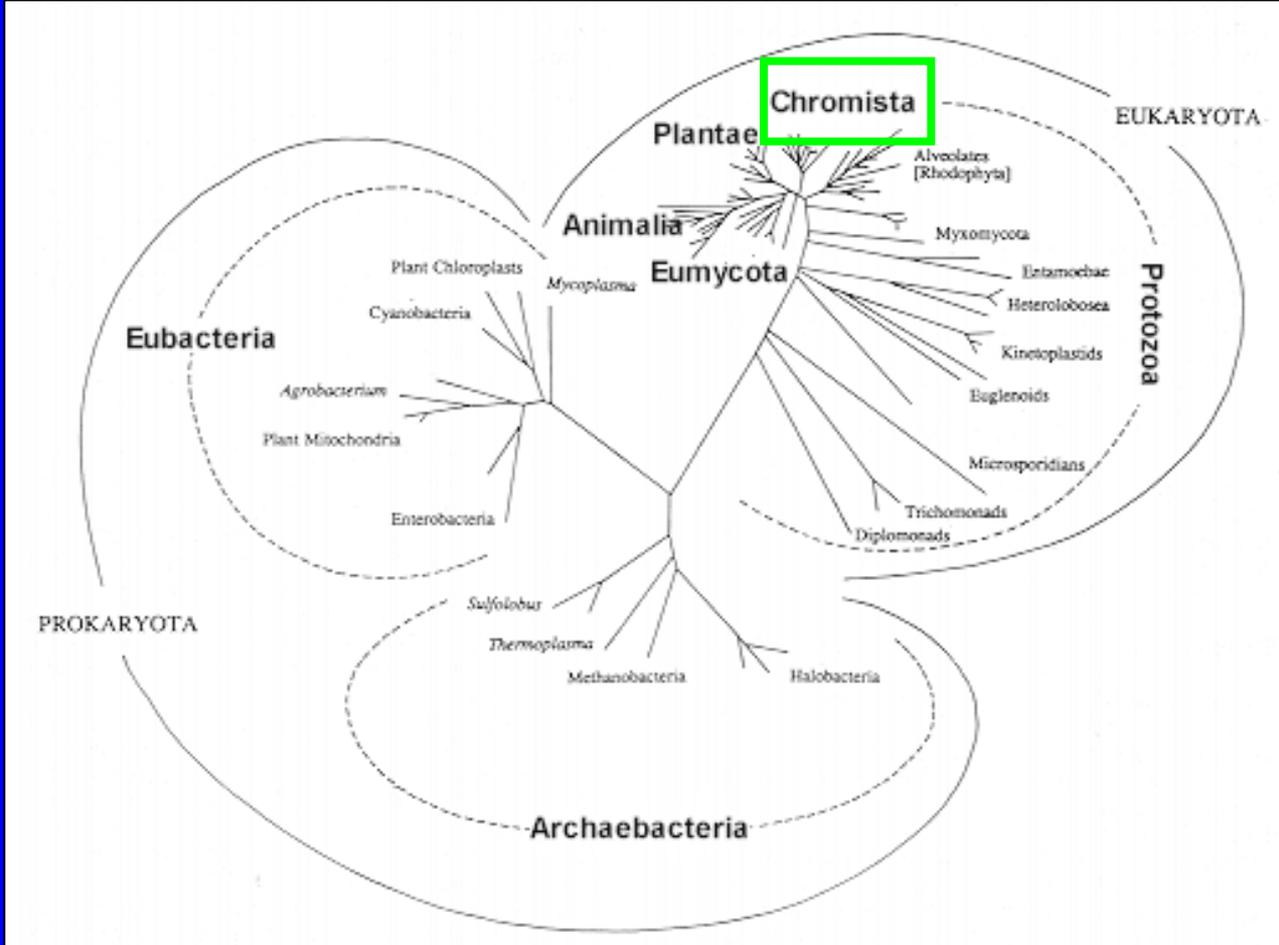


	Oomicetos	Fungos
Parede celular	Celulose e glucanos	Quitina
Mitocôndria	Cristas tubulares	Achatada ou laminar
Esporos c/ flagelos	Sim	Não
Septos	Ausentes	Presentes
Síntese de esteróis	Não	Sim
Ploidia	Diplóides	Haplóides

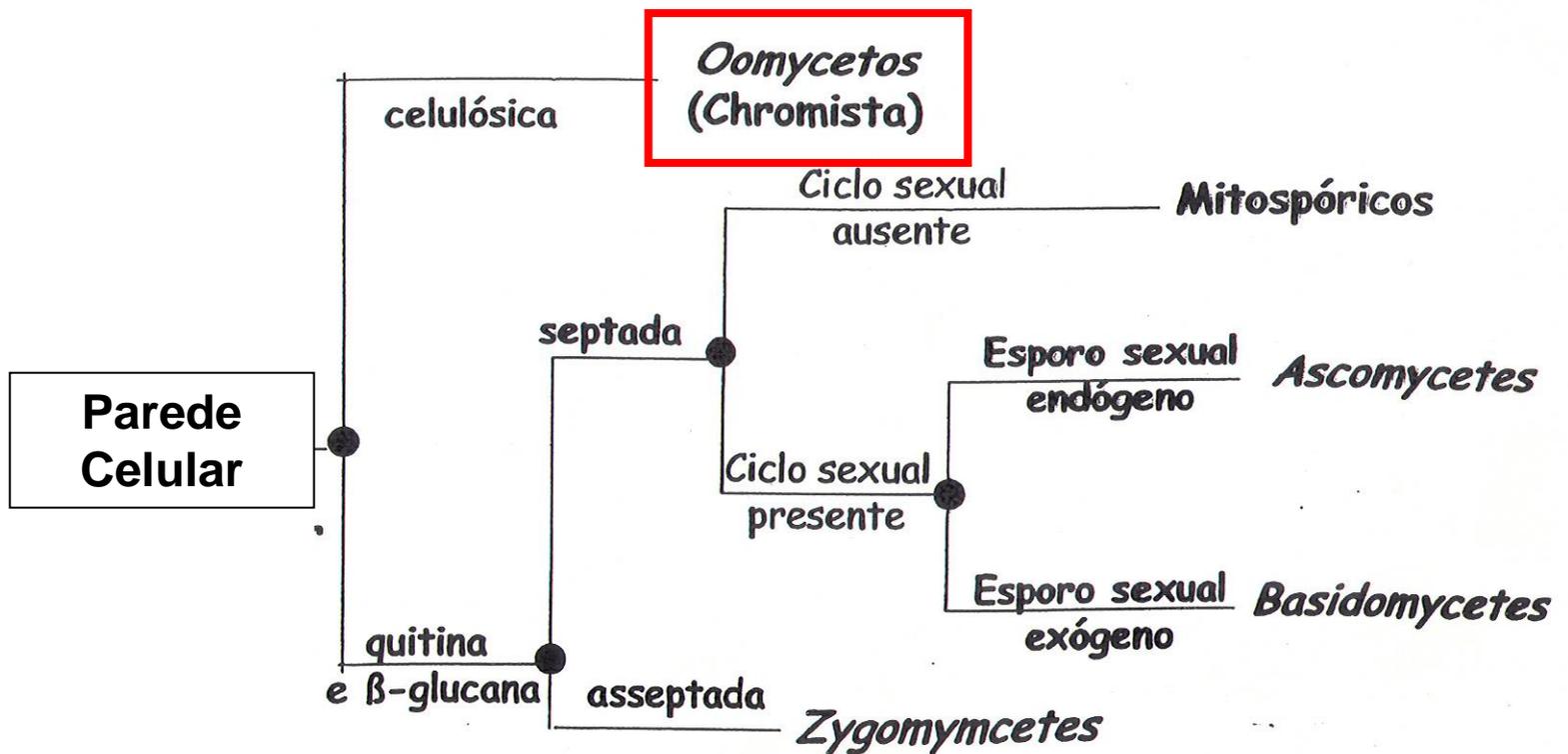
- Hifas não septadas
- Parede celular: celulose e β -glucana; ausência de quitina
- Presença de dois flagelos (zoósporos): 1 tipo chicote, outro tipo tinsel (com mastigonemas)



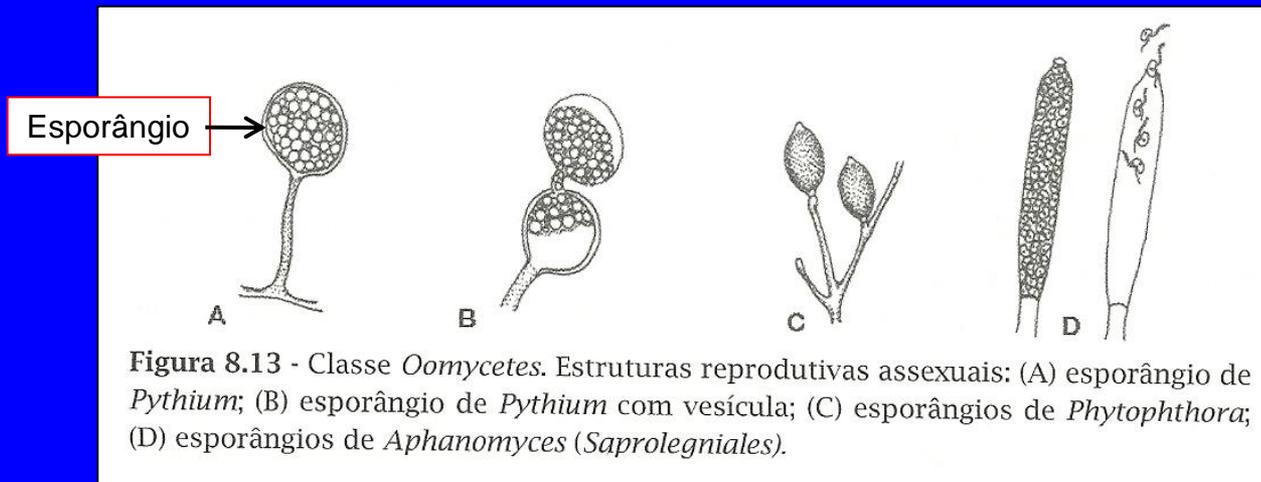
Classificação do seres vivos (Woese)



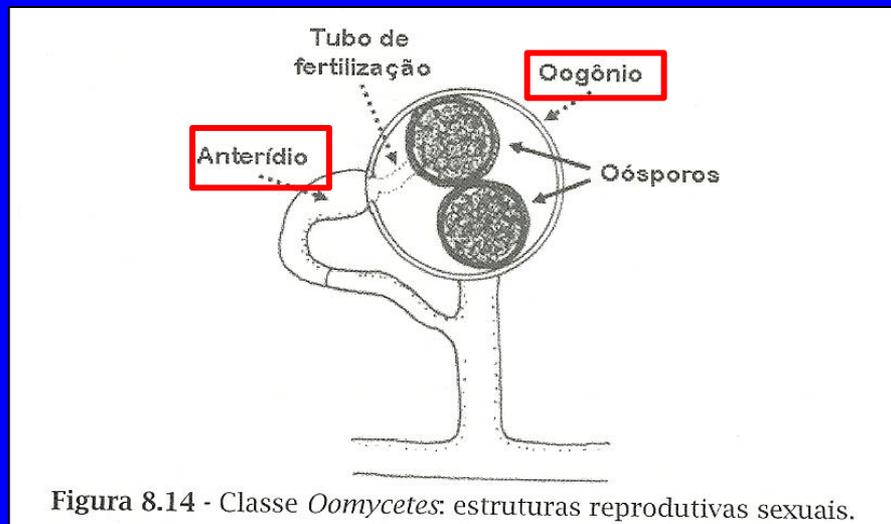
Classificação dos Oomicetos em relação aos “Fungos”



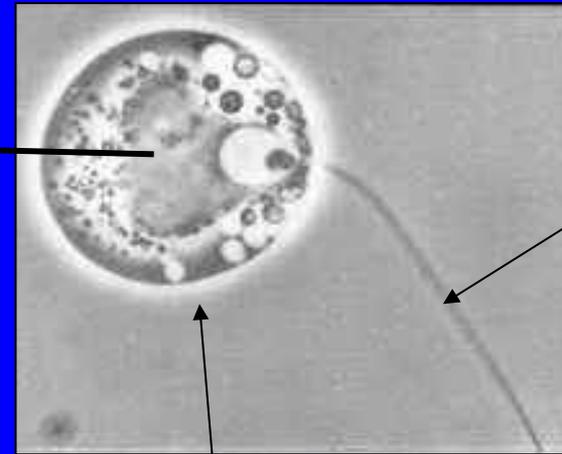
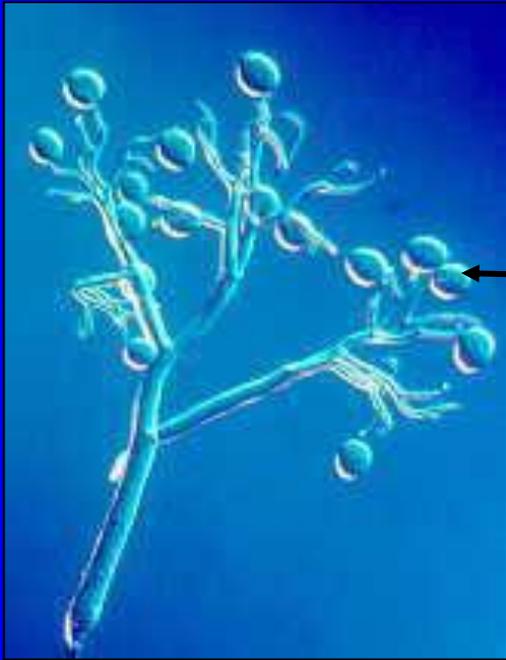
Estruturas características do ciclo assexual



Estruturas características do ciclo sexual



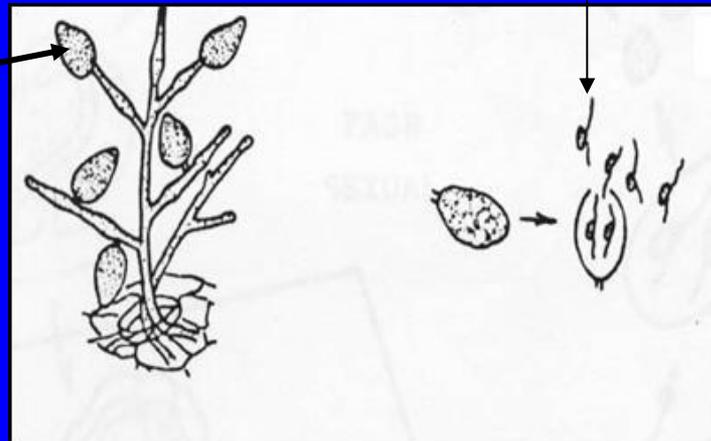
OOMICETOS – Celulose e β -glucana na parede celular / hifas sem septo



Flagelo

Zoósporo (esporos móveis)

Esporângios



Liberação dos zoósporos

<https://www.youtube.com/watch?v=D15qt7mPaqw>

**Fungos no contexto
histórico da Microbiologia**

FUNGOS – no contexto histórico da Microbiologia*

No contexto da Microbiologia, termo genérico que incluía organismos que eram encaixados em 3 reinos
Protozoa (Mixomicetos), Chromista (Oomicetos) e
Fungi (Ascomicetos, Basidiomicetos, Zigomicetos,
Deuteromicetos = Eumycota)

* Muitos livros relacionados a Microbiologia e áreas afins ainda adotam essa classificação!

CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS (Contexto histórico da Microbiologia)*

“FUNGOS”

• REINO PROTOZOA

• REINO CHROMISTA

• REINO FUNGI

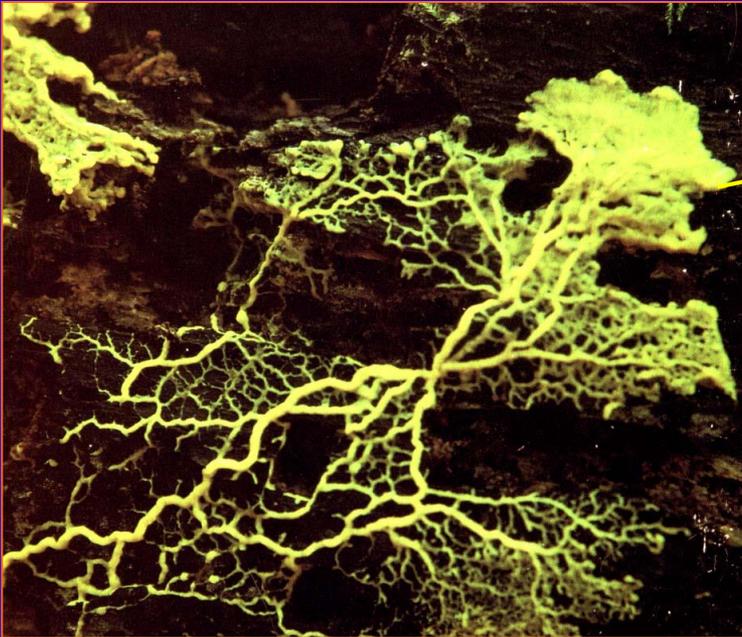
MIXOMICETOS (“Fungos viscosos”)
Pouco desenvolvidos
Sem parede celular

OOMICETOS: fungos com celulose
hifas não septadas,
esporos móveis

FUNGOS VERDADEIROS
Bem desenvolvidos
Muitos são macroscópicos

REINO PROTOZOA

MIXOMICETOS: “Fungos limosos”, “Fungos viscosos”



Plasmódio (somático)
Sem parede celular

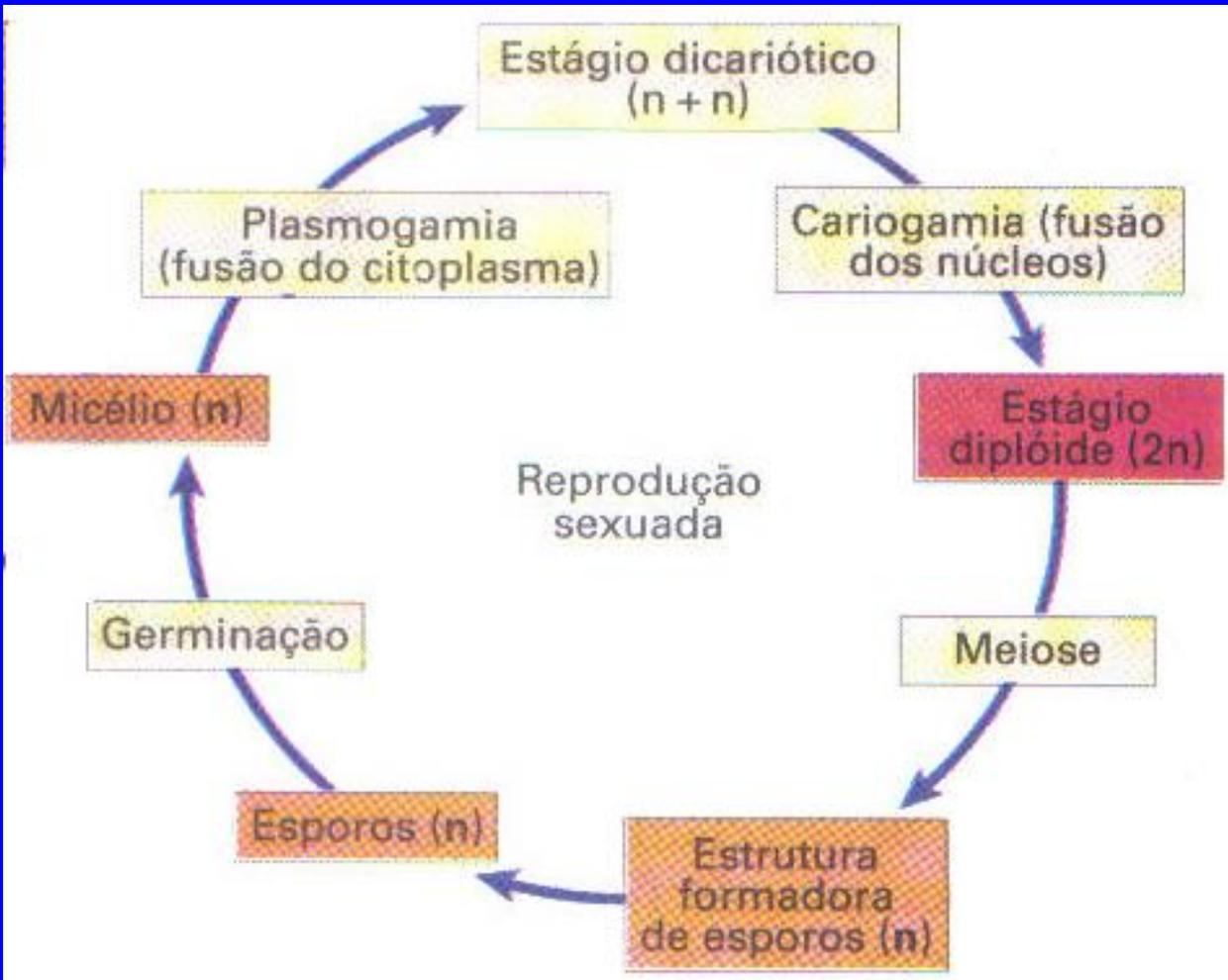


Esporângios (reprodutivo)

Fungos: mecanismos de variabilidade genética

- **Mutação** (alteração na sequência de nucleotídeos de um gene)
- **Meiose** (processo de divisão celular utilizado pelos organismos de reprodução sexuada)
- **Heterocariose** (é a presença de dois ou mais núcleos geneticamente diferentes numa mesma hifa ou célula)
- **Parassexualidade*****

Etapas da fase sexuada em fungos



Plasmogamia

Cariogamia

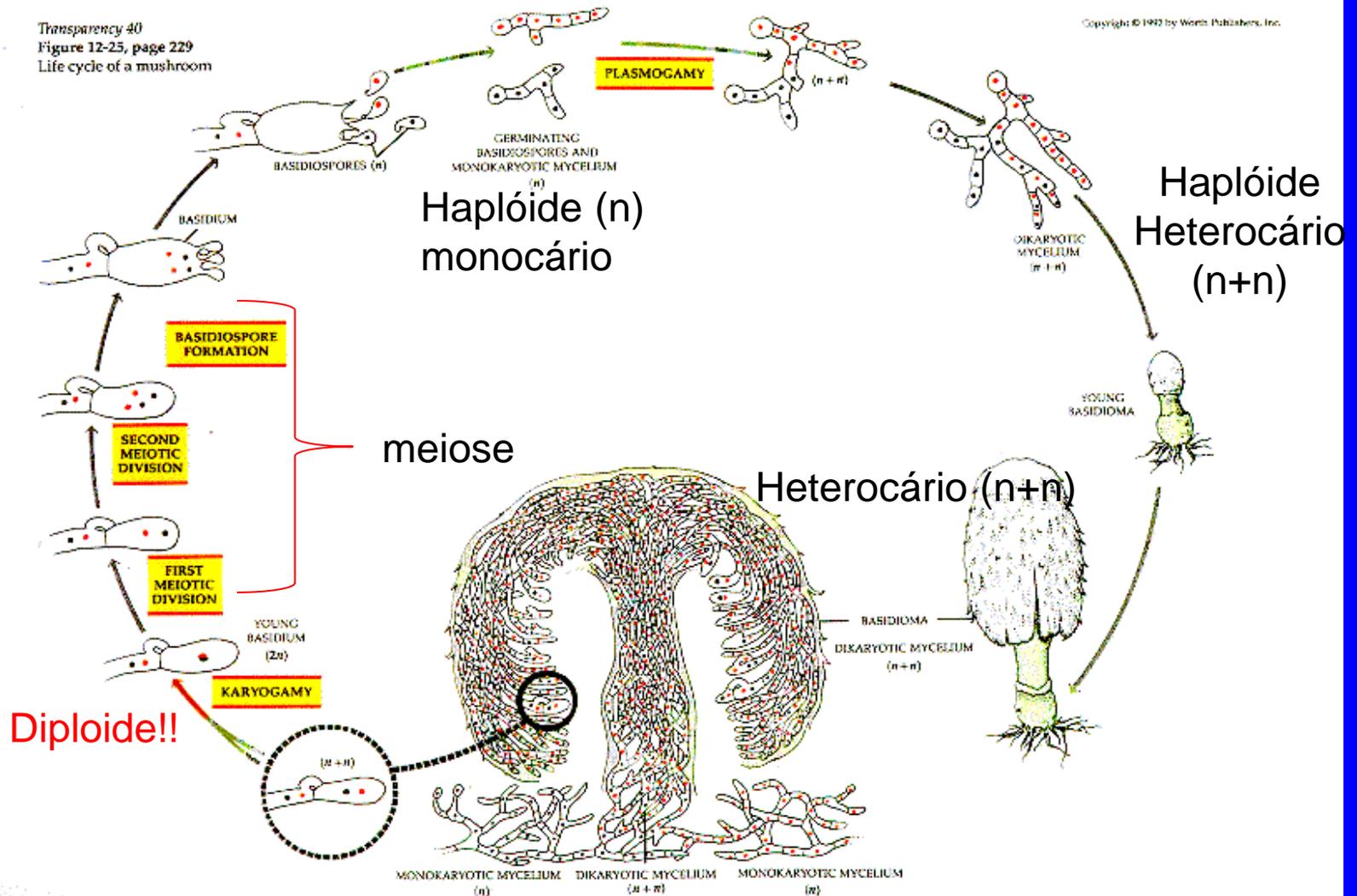
Meiose

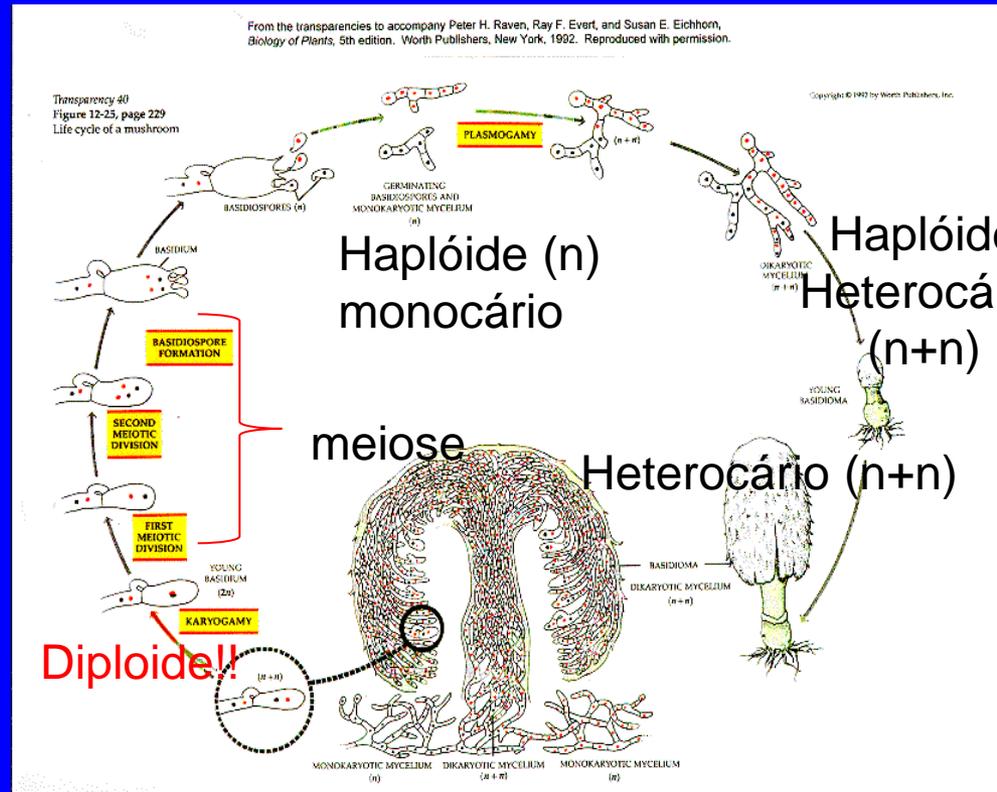
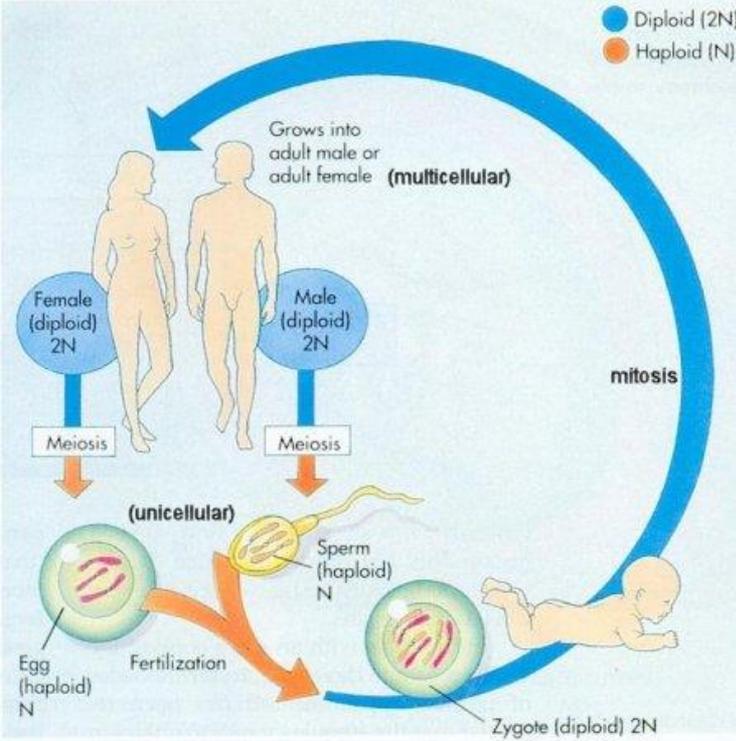
Ciclo sexuada de um basidiomiceto

From the transparencies to accompany Peter H. Raven, Ray F. Evert, and Susan E. Eichhorn, *Biology of Plants*, 5th edition. Worth Publishers, New York, 1992. Reproduced with permission.

Transparency 40
Figure 12-25, page 229
Life cycle of a mushroom

Copyright © 1993 by Worth Publishers, Inc.



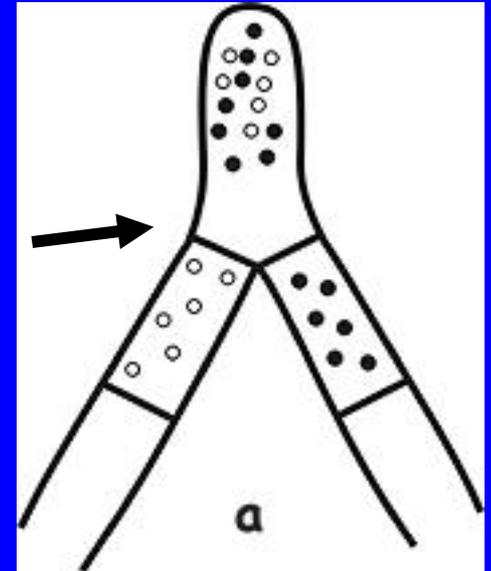


Em fungos, ao contrário de humanos, a fase diplóide não é a fase predominante, e sim a haplóide.

Heterocariose

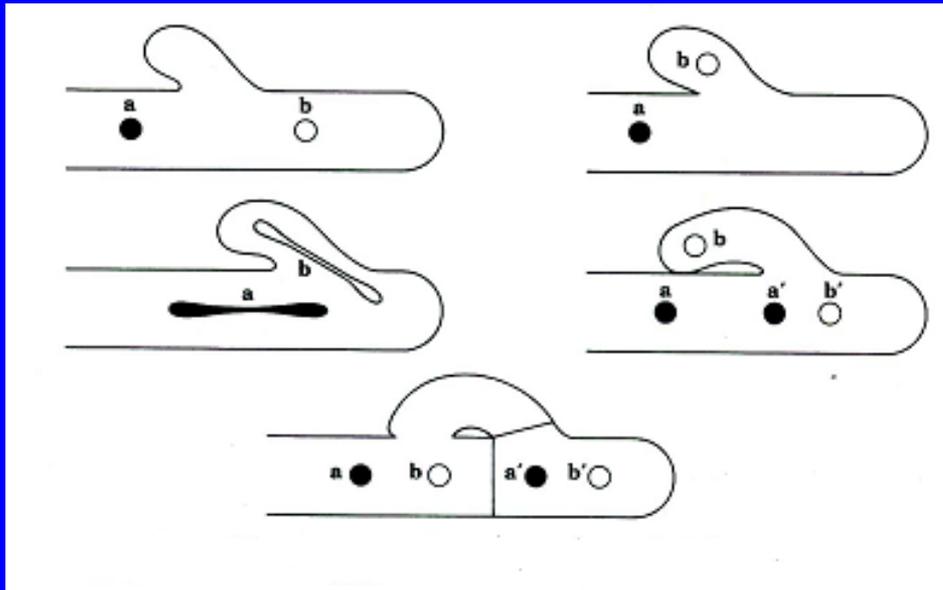
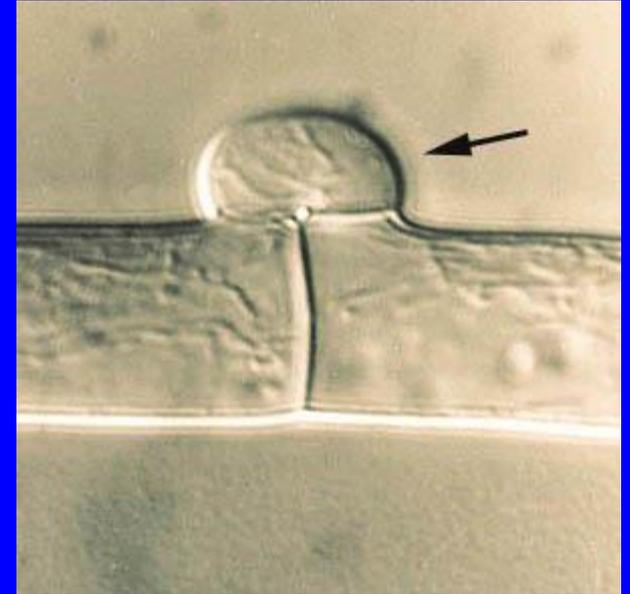
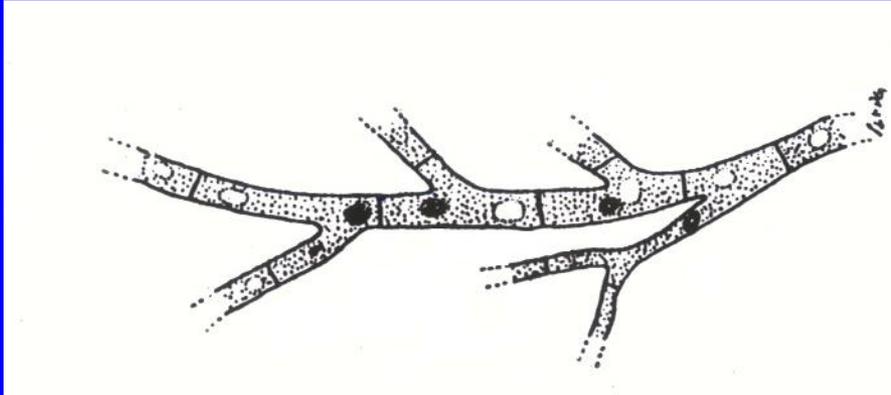


anastomose



Processo que permite núcleos geneticamente distintos compartilharem o mesmo citoplasma

Grampo de conexão



Estruturas de hifas
formadas para
garantir o estado
dicariótico do micélio

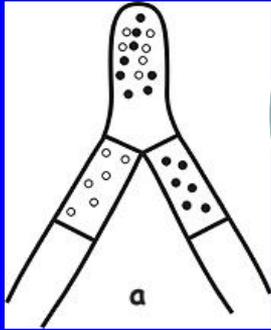


Qual a vantagem da heterocariose?

Fungos imperfeitos (anamórficos) podem ter trocado a reprodução sexuada pela heterocariose (garantir variabilidade)

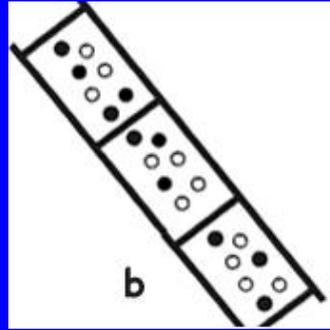
A heterocariose é o primeiro passo para a parassexualidade...

Parassexualidade



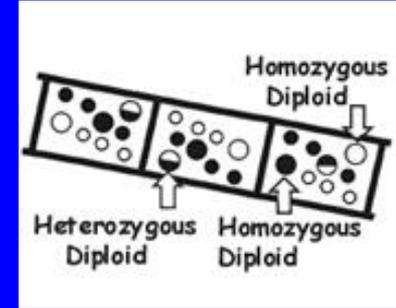
1

plasmogamia



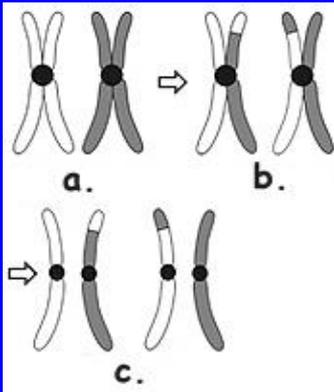
2

heterocariose



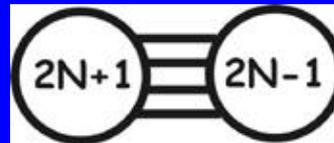
3

cariogamia fortuita



4

crossing-over mitótico



5

reversão ao estado haplóide se dá por aneuploidia*

*Célula aneuplóide: é a célula que teve seu material genético alterado, sendo portador de um número cromossômico diferente do normal da espécie

Literatura

Pelczar et al. Microbiologia – Conceitos e Aplicações. 1996. Vol. 1.
Cap. 10 – p. 258 - 271

Madigan et al. Microbiologia de Brock. 2004.
Cap. 14 – p. 463-467.

Adl et al. . 2005

The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. Journal of Eukaryotic Microbiology 52(5): 399-451.

Baldauf, S.L. 2008.

An overview of the phylogeny and diversity of eukaryotes. Journal of Systematics and Evolution 46(3): 263-273.

Amorim et al. Manual de Fitopatologia. 2011. Vol. I.
Cap. 8 – p. 149 - 206

