

Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Biomédicas
Departamento de Microbiologia

Ecologia e Fisiologia dos Fungos

Profa. Kelly Ishida
E-mail: ishidakelly@usp.br

Roteiro

- Ecologia
 - Distribuição dos fungos
 - Fungos do ar
 - Interação dos fungos com outros seres vivos
- Fisiologia
 - Crescimento dos fungos – ciclo de vida
 - Nutrição fúngica e Fatores que influenciam o crescimento
 - Metabolismo fúngico
 - Metabólitos primários e secundários
 - **Micotoxicose**
 - **Micetismo**

Atualmente...

1,5 milhão de espécies de Fungos

75.000 (5%) espécies foram descritos

ECOLOGIA

Vias de dispersão dos fungos

Habitat

Solo, água, vegetais,
homens, animais

Propágulo fúngico
(levedura, conídios,
fragmento de micélio):

Forma
Tamanho
Quantidade
Viabilidade

Vias: ar, água, homem,
animais, insetos



Fatores que influenciam:

Velocidade de dispersão
Fatores climáticos
Distância Percorrida
Barreiras geográficas

Substratos

Solo, água, vegetais,
homens, animais e
substratos diversos

Substratos:

Nutrientes,
Fatores ambientais,
Suscetibilidade do
hospedeiro

Fungos do ar – fungos anemófilos



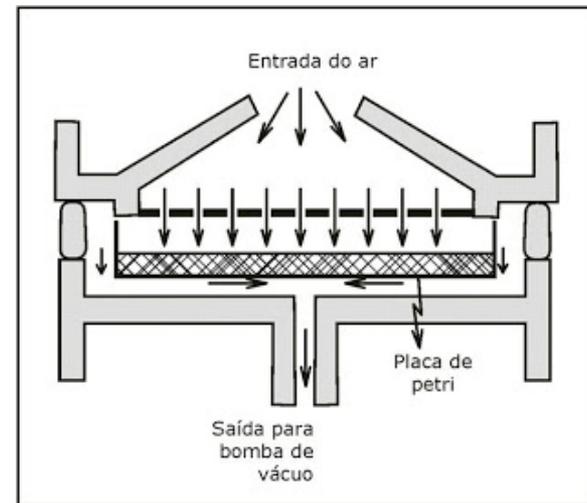
Técnica: Sedimentação gravitacional - Exposição da placa por 15 -20 minutos.

Análise qualitativa

- Principais gêneros de fungos:
 - *Alternaria*
 - *Aspergillus*
 - *Penicillium*
 - *Fusarium*
 - *Cladosporium*
 - *Curvalaria*
 - *Rhizopus*
 - Leveduras
- Importância da qualidade do ar

Amostrador de Andersen®

Impactação direta do ar (UFC/m³) – Análise quantitativa



Análise de fungos, leveduras e bactérias em ambientes fechados. É reconhecido internacionalmente como o Amostrador de Ar mais eficiente na quantificação dos microrganismos e na determinação de sua capacidade de penetrabilidade no trato respiratório. **(simula a deposição das partículas nas vias aéreas).**

-
- ANVISA – Resolução no. 9, 16/01/2003 – Padrões referenciais de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente de uso público ou privado
 - $\leq 750 \text{ UFC/m}^3$
 - “É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos”

Table 1 Distribution of Fungal Genera in the air of three intensive care units (ICU) in Porto Alegre, Brazil, during a year. There was marked predominance of fungi of the genera *Penicillium* and *Cladosporium*, particularly in indoor and outdoor environments of ICUs respectively.

Genera	ICU 1		ICU 2		ICU 3	
	Ind (%)	Out (%)	Ind (%)	Out (%)	Ind (%)	Out (%)
<i>Cladosporium</i> spp.	23.9	46.3	39.8	66.1	16.7	36.6
<i>Penicillium</i> spp.	45.0	20.7	18.6	11.7	44.8	14.4
<i>Aspergillus</i> section <i>Fumigati</i>	6.0	3.4	0.5	0.4	3.0	1.5
<i>Aspergillus</i> section <i>Nigri</i>	0.2	0.4	0.4	0.7	0.7	13.6
<i>Aspergillus</i> section <i>Flavi</i>	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.0
Other species of <i>Aspergillus</i>	1.1	1.0	2.0	0.5	1.1	0.6
<i>Fusarium</i> spp.	0.1	0.6	0.4	0.4	0.8	0.3
<i>Rhizopus</i> spp.	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2
Yeasts ¹	2.8	1.7	9.9	1.5	6.5	3.6
Other airborne fungus ²	20.7	25.3	28.1	18.2	26.0	29.2

ICU, intensive care unit; Ind, indoor; Out, outdoor.

¹Including *Candida* spp and *Rhodotorula* spp

²Including *Curvularia* spp, *Alternaria* spp., *Trichoderma* spp., *Acremonium* spp. and sterile filamentous fungi.

Boff et al. The indoor air as a potential determinant of the frequency of invasive aspergillosis in the intensive care. *Mycoses*, 56: 527–531, 2013.

Tipos de interação dos seres vivos

Relação	características	Exemplo
Predatismo	+/-	Leão x zebra Ameba x bactéria/ fungo
Parasitismo	+/-	<i>helminto/protozoário/fungo</i> x Mamífero
Comensalismo	+/o	<i>Candida albicans</i> x Mamífero
Mutualismo ou Simbiose	+/+	Fungo x Algas (líquens) Fungo x Planta (micorrizas)
Amensalismo ou Antibiose	o/-	<i>Ex. Plantas e Penicillium</i> secretam substâncias/inibe outros
Competição	-/-	Entre spp. aves, plantas, bactérias, fungos, etc

+: vantagem; -: desvantagem; o: neutro

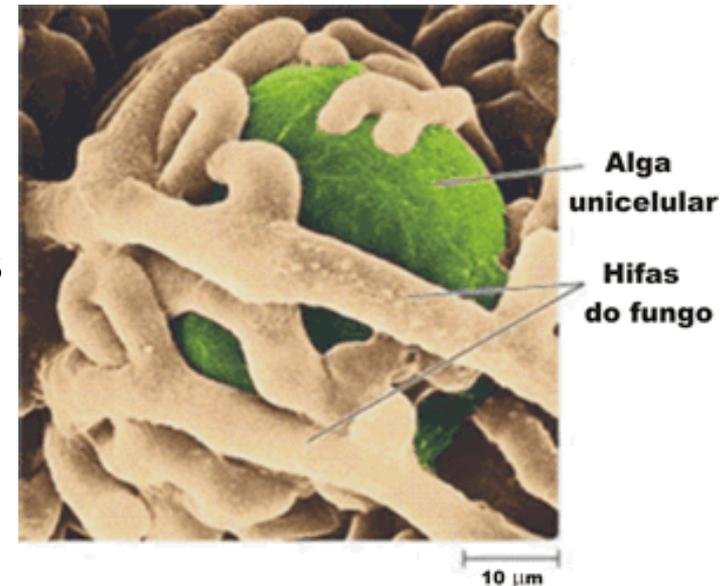
Micorrizas - mutualismo

- Associação de fungo e raiz de planta
- É formado quando a hifa de um fungo invadem as raízes das plantas
 - O fungo aumenta a superfície de absorção - aumentando a absorção de sais minerais e água do solo pelas raízes
 - Deste modo a planta consegue absorver mais água e pode se adaptar em solos mais secos
 - O fungo, por sua vez, é beneficiado com os fotoassimilados



Líquens – Mutualismo

- Fungo (MICOBIONTE) + cianobactéria ou alga (FOTOBIONTE)
- Micobiontes: 98% Ascomycota e 2% Basidiomycota
- São muito comuns e parece ser seres vivos dominantes em alguns ambientes como ártico e regiões do deserto, rochas e árvores
- São capazes de crescer e sobreviver em condições extremas
- Não são capazes de sobreviverem um sem o outro



Fisiologia dos líquens

- Funções no líquen
 - Micobionte - proteção da radiação solar e ajuda na absorção de água e nutrientes minerais,
 - Fotobionte fornece fonte de C (produtos da fotossíntese)
- Eles são eficientes em acumular poluentes atmosféricos como o CO_2 e SO_2 a níveis que são tóxicos.
- Por isso os líquens são poucos vistos em grandes cidades – **indicador de poluição do ar**



Crostoso-estrutura
laminar



Crostoso esquamuloso



Crostoso leproso



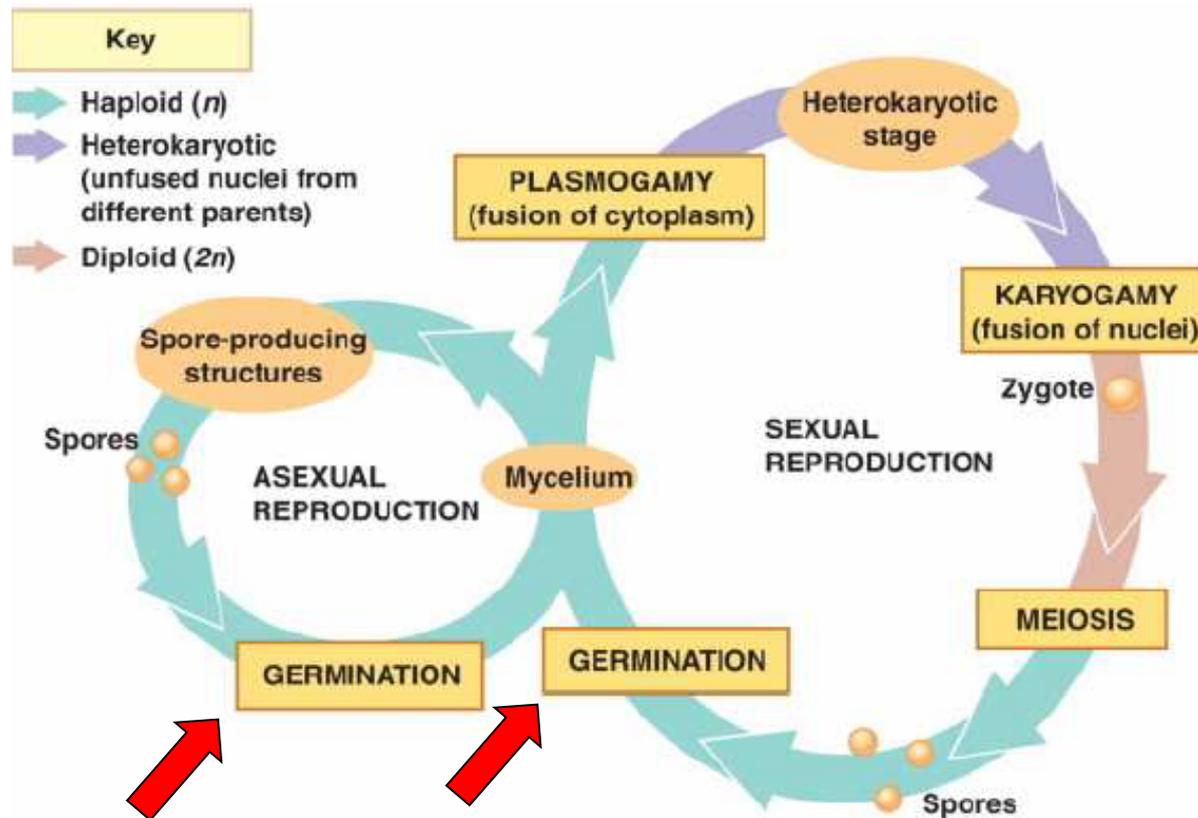
Foliares



Fruticoso

FISIOLOGIA

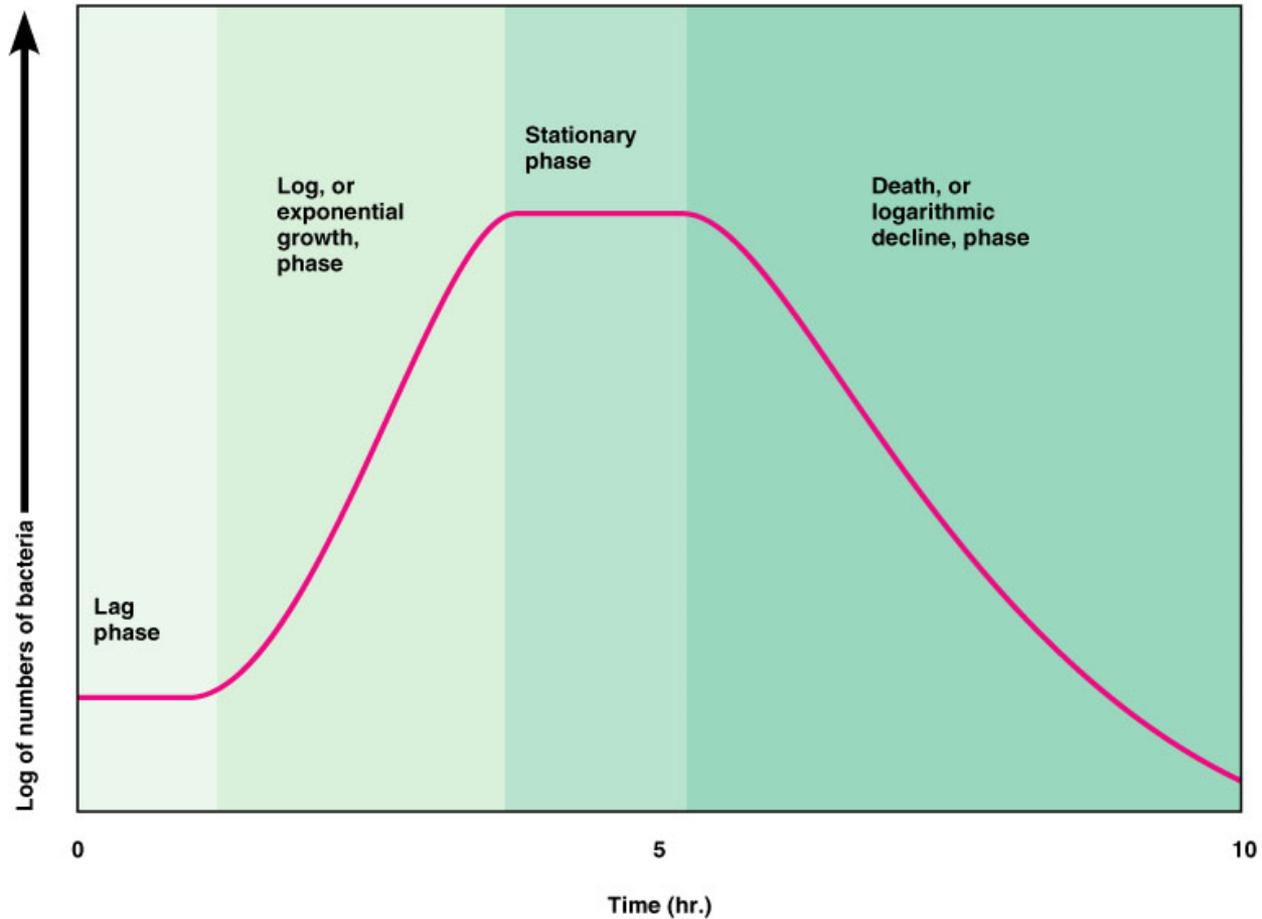
Ciclo de vida dos fungos



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

<http://apbiosemonefinalreview.pbworks.com/w/page/11980956/Fungi->

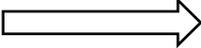
Curva de crescimento



Cinética de crescimento fúngico

- **Crescimento** – aumento balanceado do número de células / biomassa VERSUS tempo
- Taxa de crescimento durante o crescimento exponencial é chamada de taxa de crescimento específico (μ)
- $\mu = [(\log_{10} N_t - \log_{10} N_0) / t - t_0] \times 2,303$
 - N - nº células/biomassa
- Tempo de geração = $\log_e 2 / \mu$

Condições ambientais para o crescimento dos fungos

- Temperatura
 - Psicotolerante - abaixo de 5 °C
 - Psicrófilo - 5–20 °C
 - **Mesófilo - 20–30 °C** 
 - Termófilo - 30–50 °C

Fungos de importância médica

Mudança na temperatura leva alteração da composição, principalmente, de lipídios

Fungos que crescem a 60–65 °C

T °C mín. depende das propriedades físico-químicas do sistema solvente aquoso

pH

- Variável (1,5-11)
- pH ótimo: 5-7
- Muitos fungos são ácidos tolerantes
 - Possui alta capacidade tamponante:
 - Bombas de prótons
 - Troca de material entre o citosol e os vacúolos (conteúdo ácido)
 - Interconversão de açúcares e polióis com manitol, que envolve o sequestro e a liberação de H⁺

● Oxigênio

- Aeróbios obrigatórios (**a maioria**)
- Aeróbios facultativos

- Obrigatoriamente fermentativo
- Obrigatoriamente anaeróbio –
Alguns Chytridiomycota (ex. - vivem
no rúmem de ruminantes)

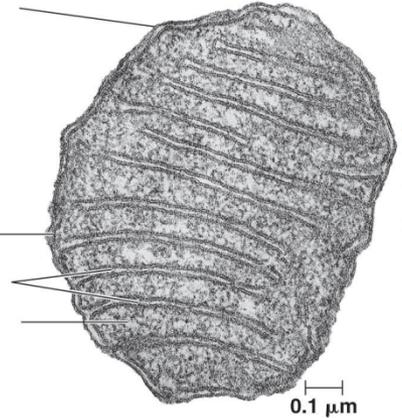
Utilizam o H_2 como fonte de energia

Fermentação ácida: ác. fórmico, ác.lático,
etanol CO_2 e H_2O .

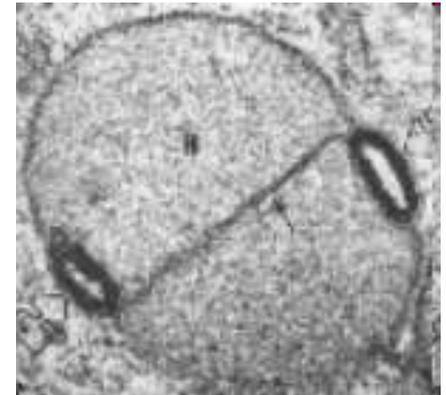
Anaeróbio obrigatório - Intolerância ao O_2 :
formação de espécies reativa de Ox. – tóxico!!!

- Os aeróbios possuem sistemas enzimáticos que evitam essa formação (superóxido redutase e catalase).

Mitocôndria

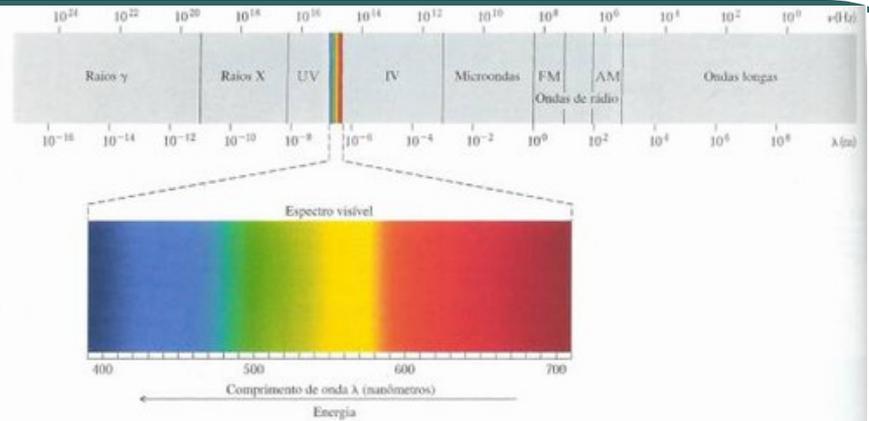


Hidrogenosomos



● CO₂

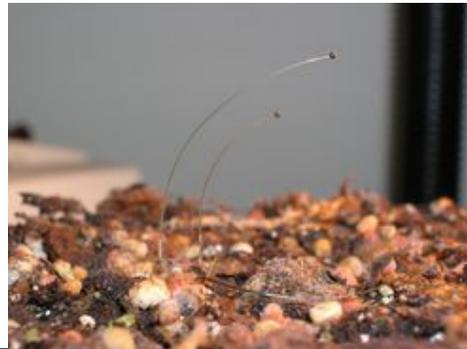
- Necessários para as reações de carboxilação – síntese de ácidos graxos
- Em altas concentrações – inibe o crescimento
- Deve agitar bem o sistema para que o O₂ se difunda pelo meio, já que o CO₂ difunde muito mais rápido no meio
- CO₂ também é importante na diferenciação celular – Ex. dimorfismo de *P. brasiliensis* e *C. albicans*



● Luz

- Visível (380-720 nm)
 - não afeta no crescimento, pode estimular a pigmentação
- Luz azul – produção de carotenóides
- A luz tem efeito na diferenciação de alguns fungos – reprodução sexual ou assexual
- Fototropismos de Zygomycota e Ascomycota

Phycomyces spp.



● Água

- Todos necessitam de água para a absorção de nutrientes
- Os esporos/conídios necessitam de água para germinarem
- Excassez: o fungo é capaz de formar estruturas de resistência – (clamidoconídio) e podem formar esporos.

Atividade da Água – medida de água livre no substrato

$$A_w = p/p_o$$

- onde **p** é a pressão do vapor de água no material, e **p_o** é a pressão do vapor de água pura à mesma temperatura
- É considerada um parâmetro de estudo para a química dos alimentos
- Umidade, temperatura, O₂, e pH – determinantes para a estabilidade do produto alimentício
- $A_w < 0,6$ – pequeno ou nenhum crescimento de micro-organismo

ALIMENTOS	% H₂O
<i>FRUTAS:</i> Laranja	90
Melancia	95
Banana	75
Morango	90
Abacate	70
<i>VEGETAIS:</i> Brócolis	85
Cenoura	85
Alface	95
Repolho	90
Batata	80
CARNE	50-75
PEIXE	70-80
LEITE	85-90
OVO	70-75

Nutrientes

Elementos essenciais para o crescimento,
mas não ideais para obter um
crescimento ótimo.

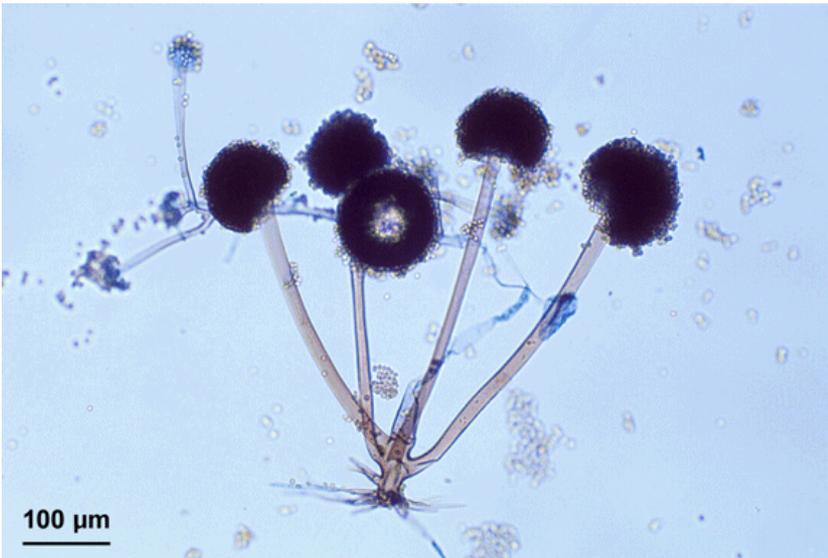
- Condições básicas de crescimento
 - Meio rico em carboidratos
 - pH levemente ácido (5-6)
 - Diferente das bactérias (N, pH básico)
 - Nutrientes essenciais: C, N e íons (NaNO_3 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , KCl , FeSO_4 , ZnSO_4 , CuSO_4)
 - Meios: ágar batata dextrose, ágar extrato de malte, ágar milho, Sabouraud, BHI, dentre outros.

Carbono fonte de energia para o fungo

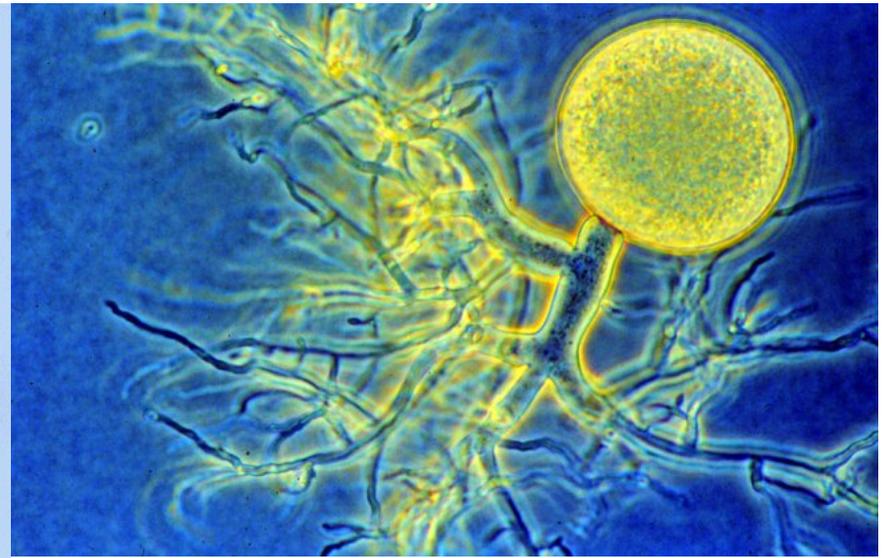
- **Nutrição por processo de absorção**
- CH₄ → ligninas
- Os fungos podem adquirir C de várias fontes, no entanto, é necessário que o nutriente seja o mais simples para ser absorvido
- Pequenas moléculas como monossacararídeos, aminoácidos, peptídeos que passam pela parede celular

Estruturas de absorção de nutrientes

Rizóide



Rhizopus sp.



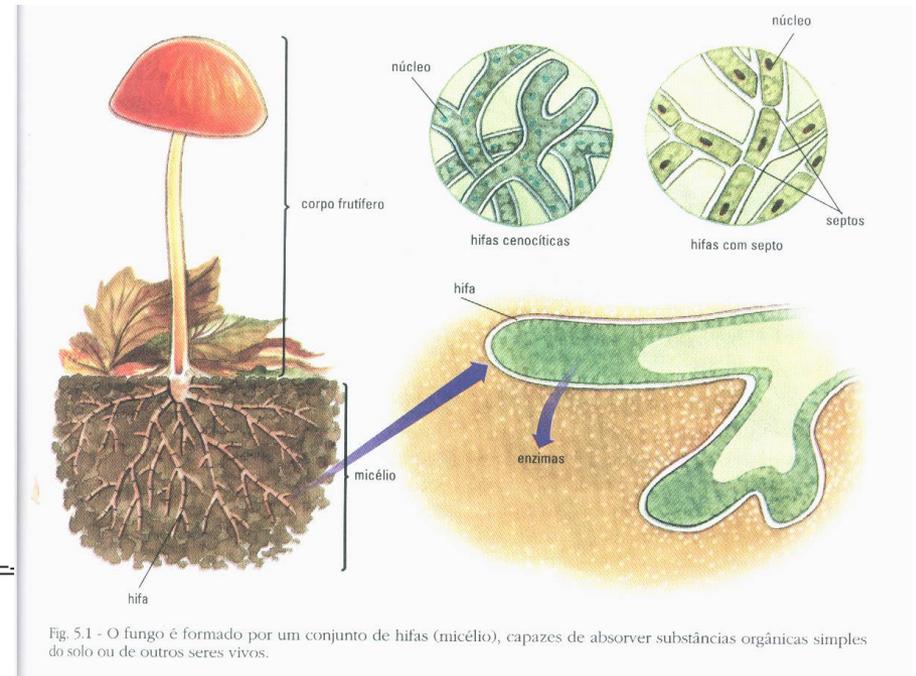
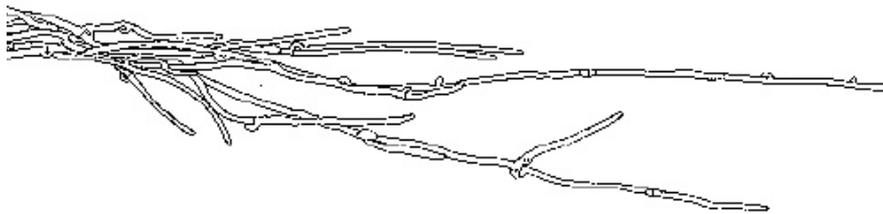
Chytridiomycota

Cordão micelial

Serpula lacrimans



© Miroslav Deml

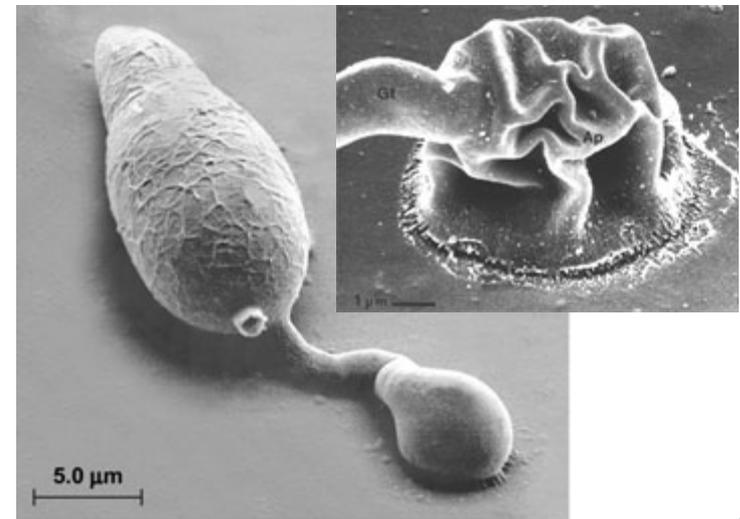
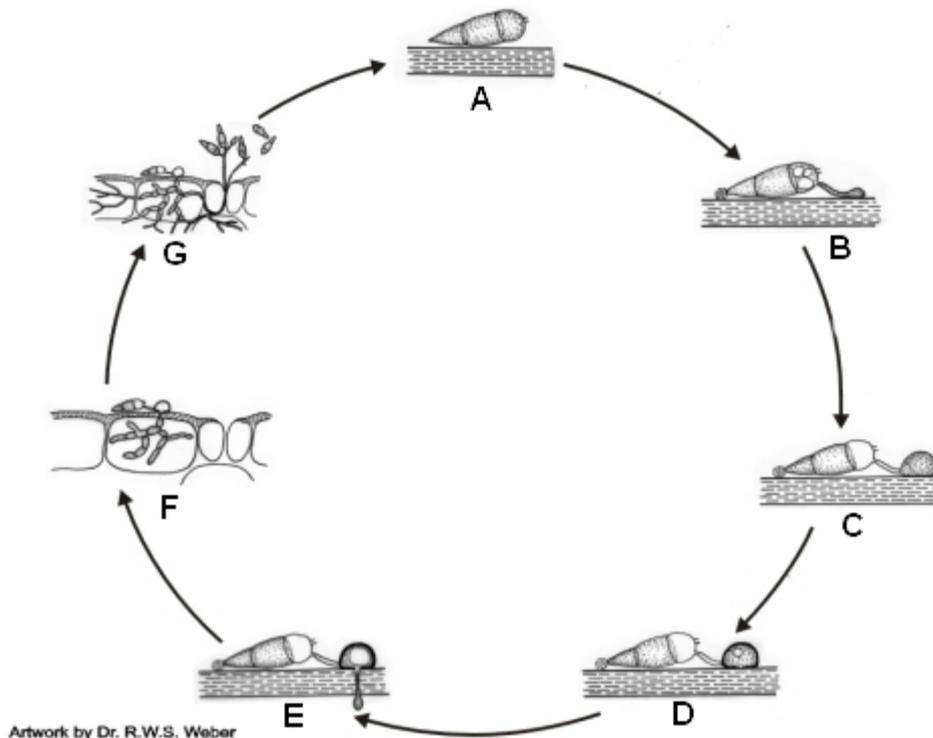


Apressoria – estrutura de absorção e alguns fungos

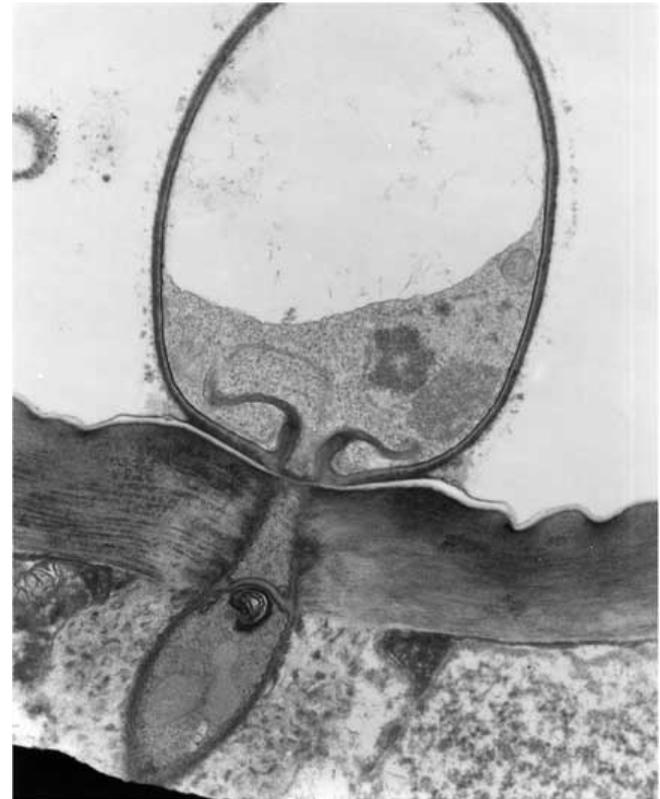
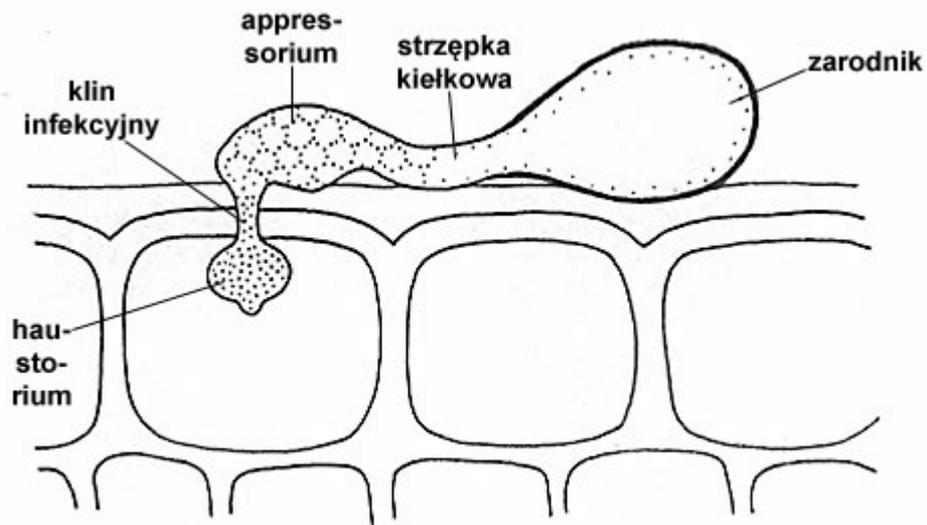
Ex. Fungos Fitopatógenos

É uma estrutura inchada que funciona como uma ventosa

Parede celular fina, porém resistente devido a presença de melanina na parede celular



Apressoria e Haustório - Invasão do tecido vegetal!



Secreção de Enzimas: cutinases, celulases, proteases, fosfolipases, esterases entre outras

Absorção de nutrientes:

- Transporte passivo – difusão facilitada
- Transporte ativo – Canais de íons - gasto de ATP
 - Canais: H^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^-
- Endocitose

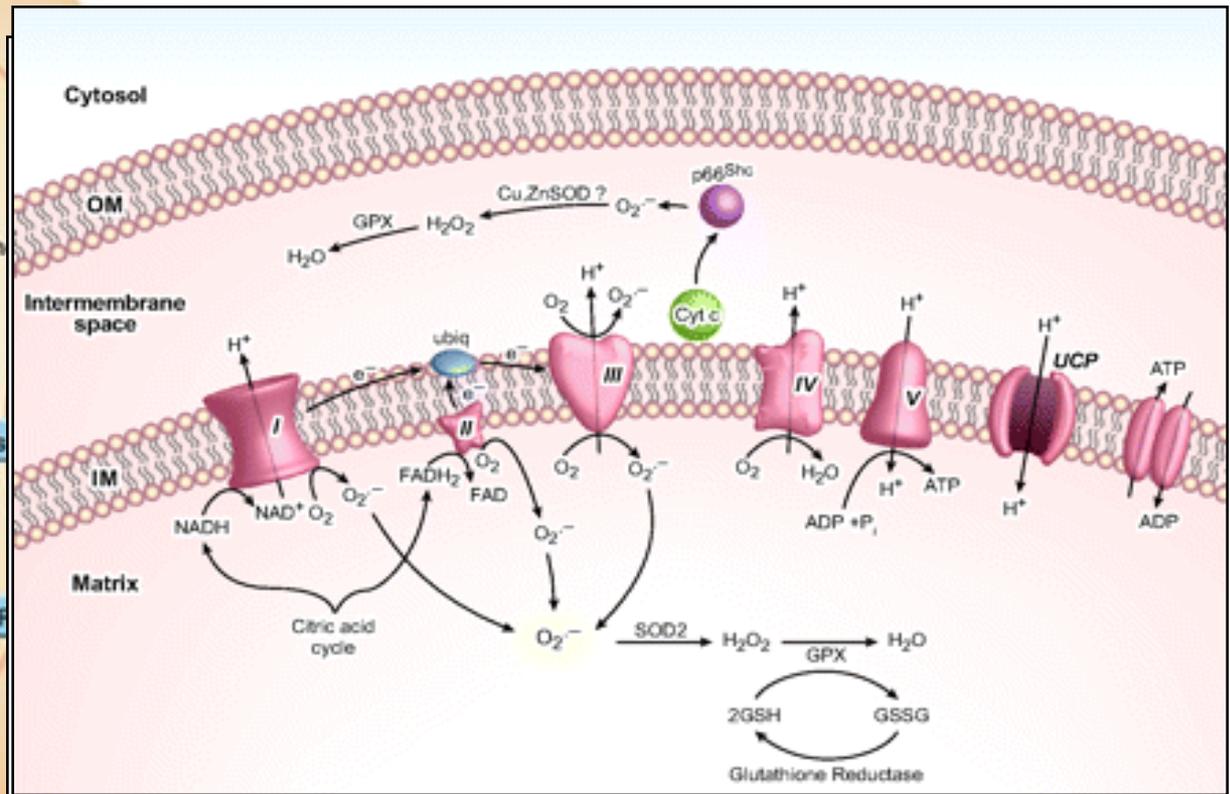
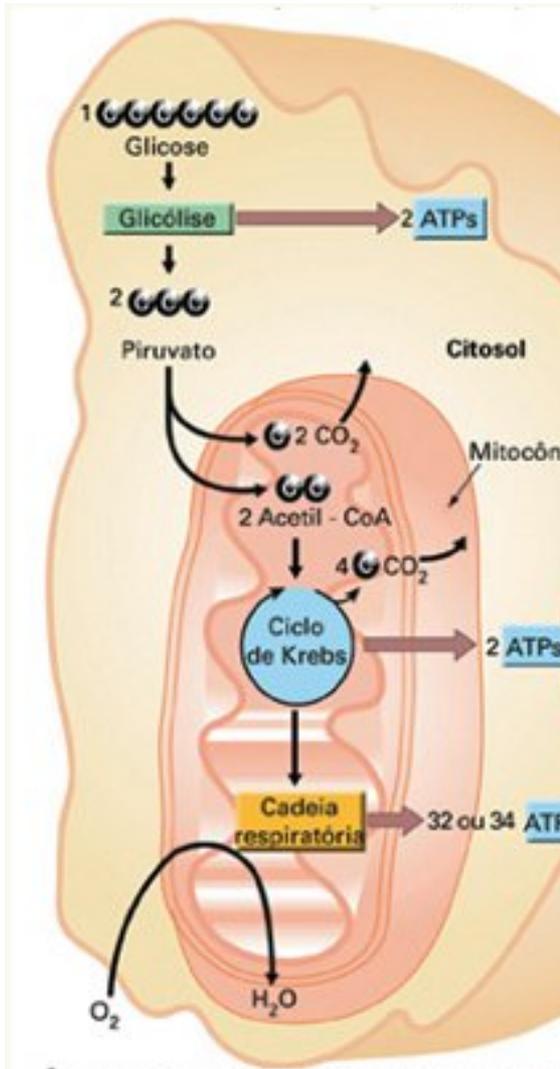
Metabolismo fúngico



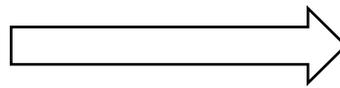
Uma visão geral

Obtenção de energia

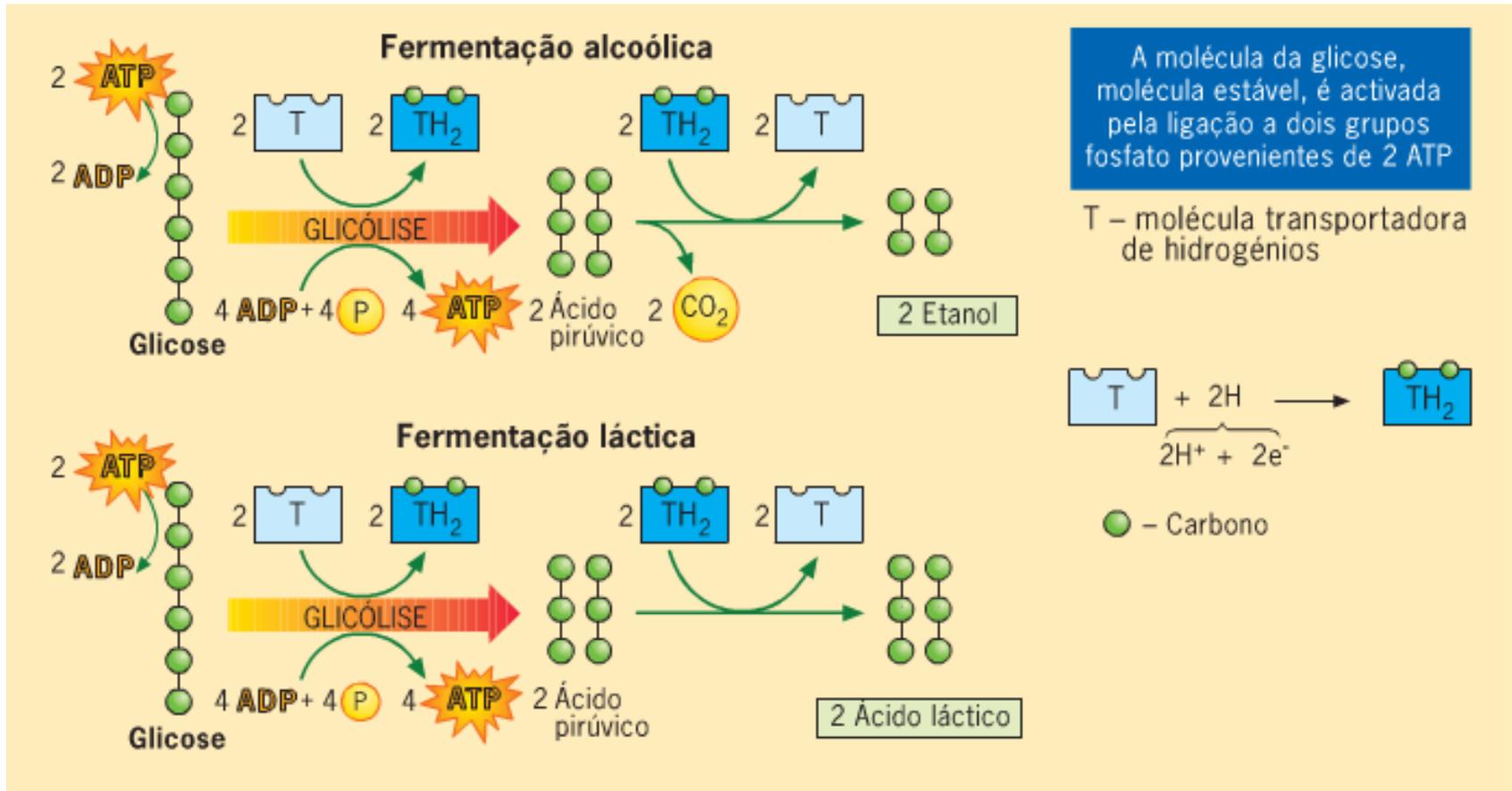
Assimilação de carboidratos - Aerobiose



Anaerobiose



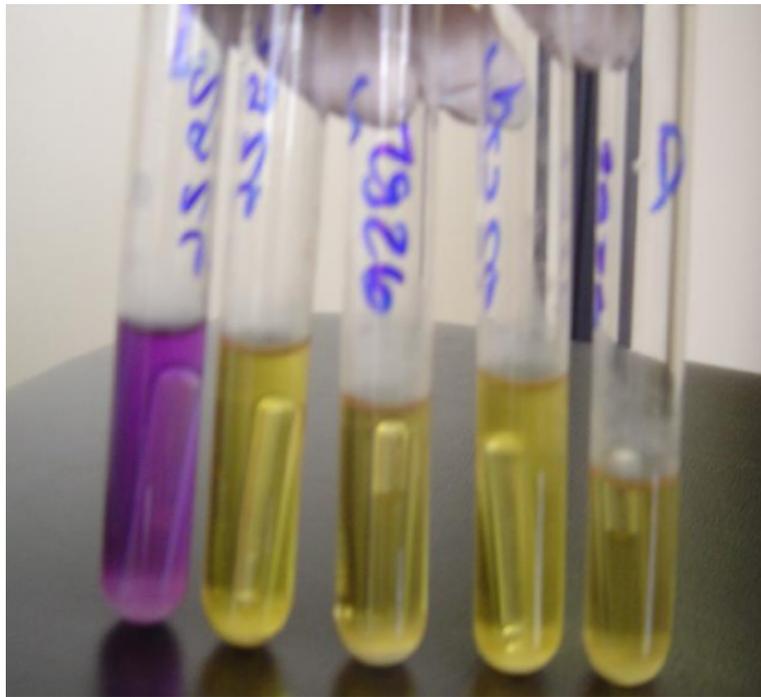
Fermentação de carboidratos



Metabolismo do açúcar como fonte de Carbono

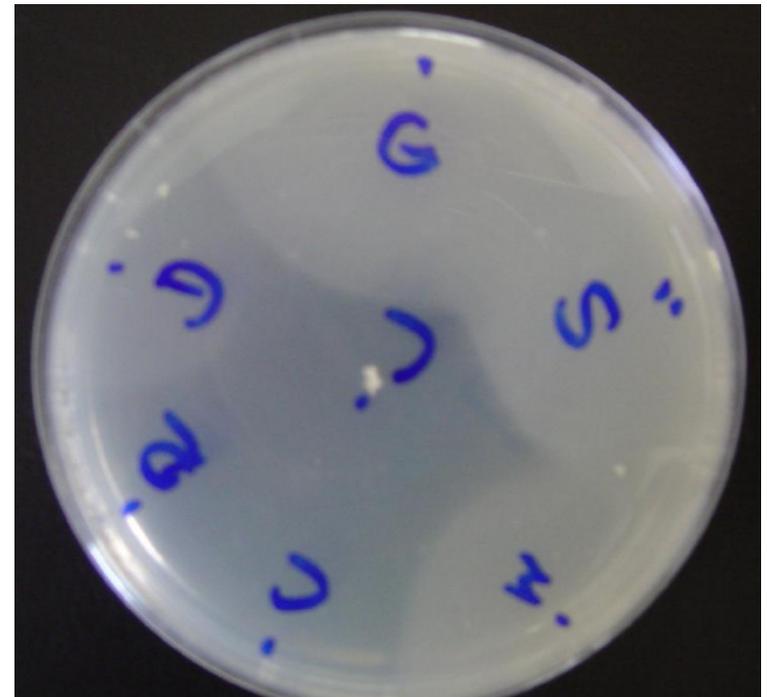
Fermentação de carboidratos

Zimograma



Assimilação de fontes de C e N

Auxanograma



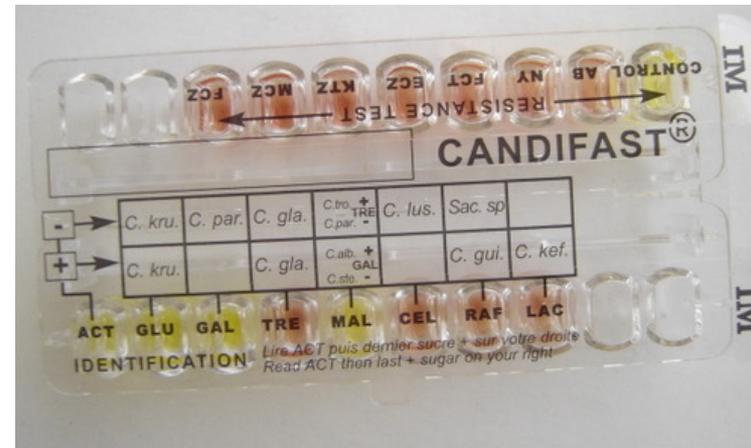
Quadro 9.1 Identificação das principais leveduras de interesse clínico

LEVEDURAS	Assimilação															Fermentação						Cap	Tg	U	KNO ₃
	Inu	Ram	Ara	Gli	Sac	Lac	Gal	Raf	Ino	Xil	Cel	Tre	Dul	Mal	Mel	Gli	Sac	Lac	Gal	Tre	Mal				
<i>Candida albicans</i>	NT	NT	NT	+	V	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	G	-	-	V	G	G	-	+	-	-
<i>C. guilliermondii</i>	-	NT	NT	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	V	G	G	-	V	G	-	-	-	-	-
<i>C. krusei</i>	NT	NT	NT	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-	-	-	-	-	V	-	V	-
<i>C. parapsilosis</i>	-	NT	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	V	-	-	V	V	-	-	-	-	-
<i>C. pseudotropicalis</i>	+	NT	NT	+	+	+	V	+	-	V	V	V	-	V	-	G	G	G	G	-	-	-	-	-	-
<i>C. stellatoidea</i>	NT	NT	NT	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	G	-	-	-	-	G	-	+	-	-
<i>C. tropicalis</i>	NT	-	-	+	+	-	+	-	-	+	V	+	-	+	-	V	V	-	G	G	G	-	-	-	-
<i>C. zeylanoides</i>	NT	NT	NT	+	-	-	V	-	-	-	V	+	-	-	-	V	-	-	-	V	-	-	-	-	-
<i>C. lambica</i>	NT	NT	NT	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	G	-	-	-	-	-	V	-	-	-
<i>C. lipolytica</i>	NT	NT	NT	+	-	-	-	-	-	-	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V	-	+	-
<i>C. lusitanae</i>	NT	+	NT	+	+	-	V	-	-	+	+	+	-	+	-	G	V	-	V	V	-	-	-	-	-
<i>C. rugosa</i>	NT	NT	NT	+	-	-	+	-	-	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. famata</i>	NT	NT	NT	+	V	V	+	+	-	+	V	V	+	+	V	V	V	-	-	G	V	-	-	-	-
<i>C. glabrata</i>	NT	NT	NT	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	G	-	-	-	G	-	-	-	-	-
<i>Cryptococcus neoformans</i>	NT	NT	NT	+	+	-	+	V	+	+	V	V	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	V
<i>C. albidus</i>	NT	NT	NT	+	+	V	V	V	V	+	+	V	V	+	V	-	-	-	-	-	-	V	-	+	+
<i>C. gastricus</i>	NT	NT	NT	+	V	V	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>C. laurentii</i>	NT	NT	NT	+	+	+	+	V	+	+	+	+	+	+	V	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>C. terreus</i>	NT	NT	NT	+	-	V	V	-	+	+	+	V	V	V	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>C. luteolus</i>	NT	NT	NT	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>C. uniguttulatus</i>	NT	NT	NT	+	+	-	V	V	+	+	V	V	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Rhodotorula rubra</i>	NT	NT	NT	+	+	-	V	+	-	+	V	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	V	-	+	-
<i>R. glutinis</i>	NT	NT	NT	+	+	-	V	V	-	+	V	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	V	-	+	+
<i>Trichosporon inki</i>	-	-	V	+	+	+	V	-	+	+	+	+	NT	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>T. ovoides</i>	-	+	V	+	+	+	+	V	+	+	+	V	NT	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	NT	NT	NT	+	+	-	+	V	-	-	-	V	-	V	-	G	G	-	G	V	G	-	-	-	-
<i>Geotrichum candidum</i>	NT	NT	NT	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. capitatum</i>	NT	NT	NT	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hansenula anomala</i>	NT	-	NT	+	+	-	V	V	-	V	+	+	-	+	-	G	G	-	V	V	V	-	-	-	+

NT = não testado; G = produção de gás; + = positivo; - = negativo; V = variável; Inu = inulina; Ram = L-ramnose; Ara = L-arabinose; Gli = glicose; Sac = sacarose; Lac = lactose; Gal = D-galactose; Raf = rafinose; Ino = inositol; Xil = D-xilose; Cel = celobiose; Tre = trealose; Dul = dulcitol; Mal = maltose; Mel = melibiose; Cap = cápsula; Tg = tubo germinativo; U = urease; KNO₃ = nitrato de potássio.

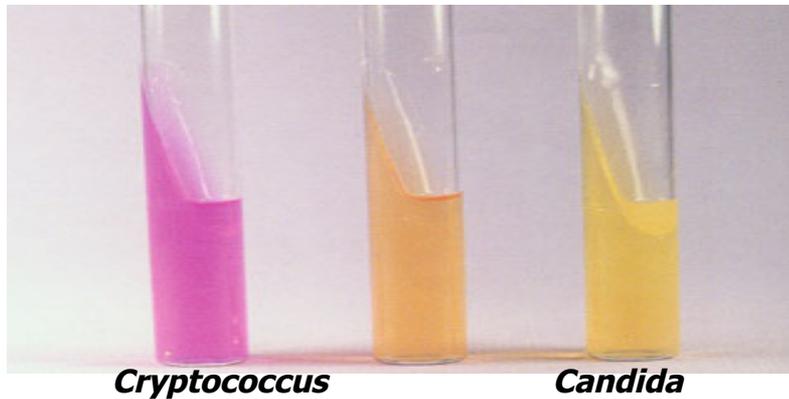
- **Kits de identificação de leveduras**

- Baseados em testes bioquímicos



Alguns fungos produzem Urease

- **Prova da urease** em meio ágar uréia de Christensen:
- *Candida* (-)
- *Cryptococcus* (+)
- *Trychophyton rubrum* (-)
- *Trychophyton mentagrophytes*(+)



Produtos do metabolismo fúngico - Produtos industriais

- Processo de fermentação – álcool e ácido cítrico são os mais importantes produtos em termos de quantidade
- Produtos fúngicos:
 - Metabólitos primários: esteróis, ác. graxos e ác. Orgânicos (Ex. ácido cítrico e ác. araquidônico)
 - Enzimas: celulasas, amilases, lipases, proteinases, pectinases
 - Metabólitos secundários: penicilina, cefalosporina, ciclosporina, estatina

Metabólitos secundários

- São produzidos durante o crescimento normal do fungo
- Não são necessariamente essenciais para o desenvolvimento
- São produzidos na fase exponencial do crescimento em uma cultura
- Quimiotaxonomia
- Fatores ambientais influenciam na produção dos metabólitos secundários – solo, temperatura, nutrientes entre outros
- Vias de síntese principais:
 - Polyketide
 - Via dos isoprenóides
 - Via do ácido chiquímico

Importância:

Ambiental – Proteção do fungo

Fisiológico

Comercial –Toxinas

Farmacêutico

Pigmentos

Hormônios

- Aflatoxina
- Alcalóides do Ergot
- Fuminosinas
- Ocratoxina A
- Patulina
- Tricotecenos
- Zearalenona

Produtores de toxinas

Micotoxinas

Amendoim, milho, soja, cevada e outros...

Aspergillus, Fusarium

Aflatoxina, Ocratoxina A, Tricotecenos

Zearelona, Fumonisina



Micotoxicose

Alucinógenos

Amanita muscaria

Psilocybe spp.



Micetismo

Intoxicações por toxinas fúngicas

1- MICOTOXICOSE:

- Intoxicação por toxinas exógenas (secretadas) dos fungos.
- Em geral, ocorre pela ingestão de alimentos contaminados com toxinas fúngicas (cultivados, manipulados e/ou estocados na presença de fungos).

2- MICETISMO:

- Intoxicação por toxinas endógenas dos fungos (solúveis em água).
- Em geral, pela ingestão de cogumelos ou chá de cogumelos.

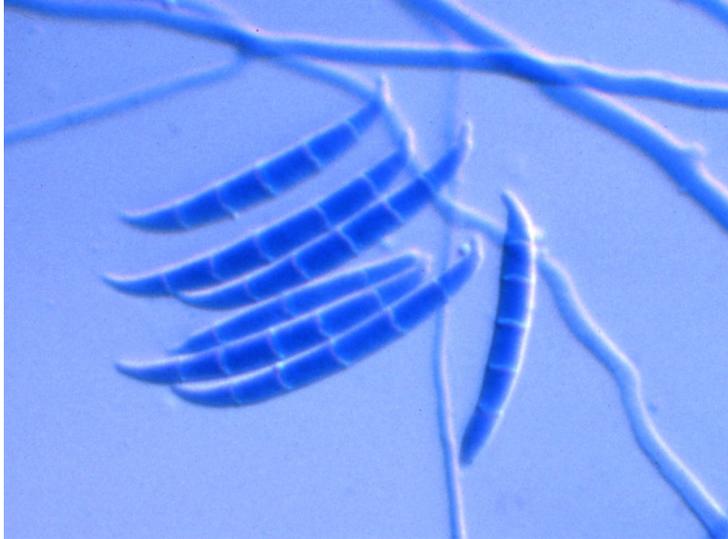
Micotoxicoses - Micotoxinas

- Quando ingeridos, inalados, absorvidos através da pele causam diminuição do desempenho, adoecimento e/ou morte de mamíferos
- É descrito como sendo um grupo de substâncias químicas de baixo peso molecular produzidos principalmente por fungos filamentosos, embora alguns cogumelos e leveduras possam produzir
- Em geral são **termorresistentes**
- Cerca de 300-400 substâncias são reconhecidas como micotoxinas
- Essas substâncias são produzidas pelos fungos com o objetivo de sobrevivência no meio ambiente: reduzir competição por nutrientes e espaço contra bactérias, insetos e aracnídeos.

Fungos produtores de micotoxinas

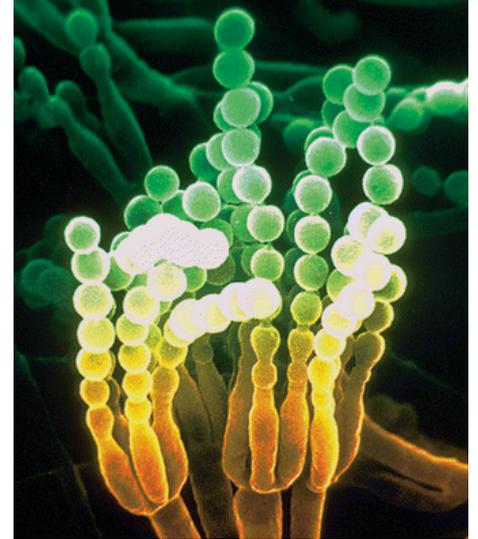
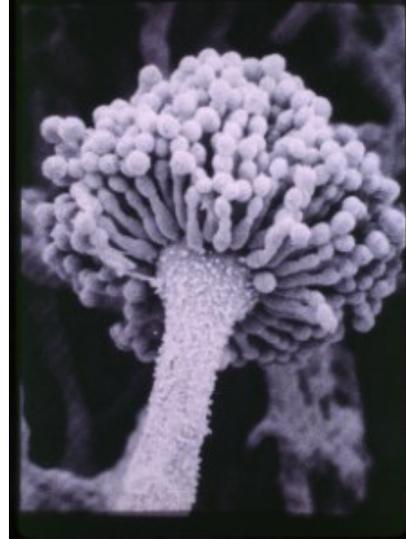
Fungos de campo: crescer sob condições que ocorram antes da colheita

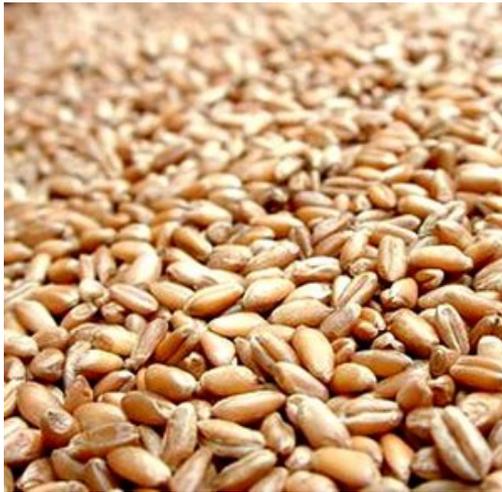
Fusarium



Fungos de armazenamento: não invadem grão intacto antes de colher.

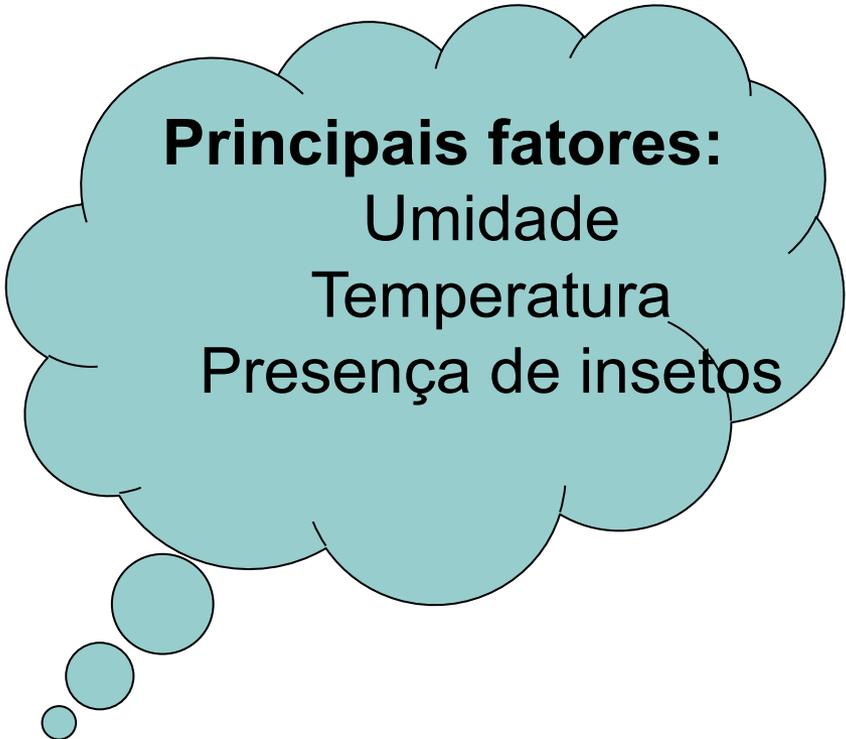
Aspergillus e Penicillium





Prevenção – Cuidado com o manejo dos produtos

- Etapas de controle:
 - Colheita
 - Secagem
 - Transporte
 - Armazenamento
 - Processamento industrial
 - Estocagem
- Controle da presença de fungos:
 - Aspergillus* spp.
 - Fusarium* spp.
 - Penicillium* spp.



Principais fatores:
Umidade
Temperatura
Presença de insetos

Micotoxicoses

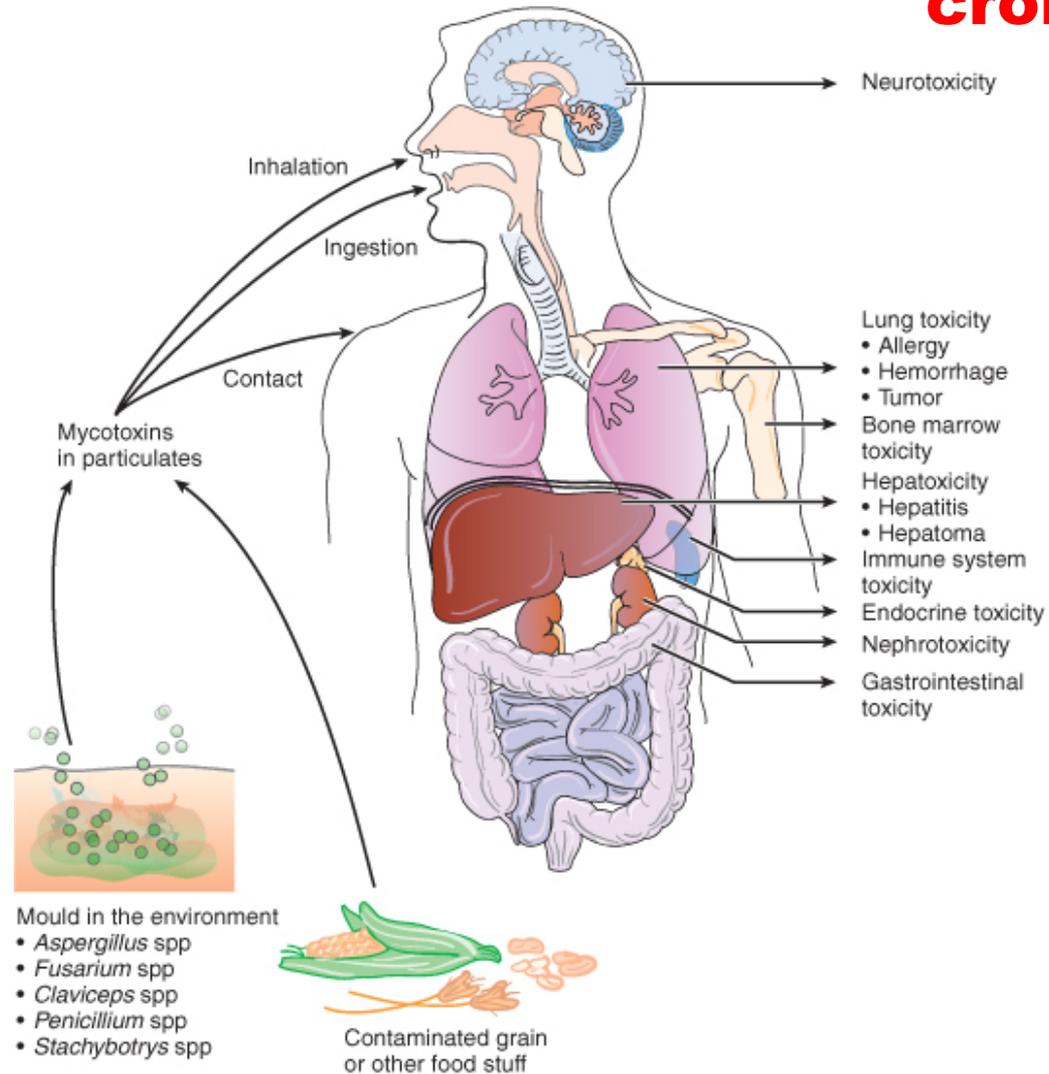
**Exposição às
micotoxinas**

**Efeitos tóxicos:
Agudo
Sub-agudo-crônico**

- A exposição às micotoxinas podem ser
 - Ingestão de alimentos contaminados (grãos e cereais) – mais comum
 - Inalação dos conídios e fragmentos de fungos
 - Contato direto – poucas toxinas são absorvidas pela pele e mucosas

Micotoxicozes

Efeitos agudos e crônicos



© Elsevier. Murray: Medical Microbiology 5e - www.studentconsult.com

Micotoxina	Fungo Produtor	Cereal	Efeito
Aflatoxina (B1, B2, G1 e G2)	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i>	Amendoim, milho, soja	Hepatotóxica e Carcinogênica
Ochratoxina A	<i>A. ochraceus</i> <i>A. niger</i>	Trigo, aveia, cevada, milho, café, outros...	Nefrotóxica, hipertensão
Trichothecenos (DON, T-2,..)	<i>Fusarium culmorum</i> <i>F. graminearum</i>	Milho, trigo, cevada	Alterações nos tecidos musculares e células nervosas.
Zearalenona	<i>F. graminearum</i>	Milho, trigo, cevada	Similar a estrógenos femininos
Fumonisina	<i>F. verticillioides</i> <i>F. proliferatum</i>	Milho	Neurotóxica em Eqüinos, carcinogênica humanos.

Efeitos tóxicos – visão geral

- Vai depender do tipo de micotoxina e da quantidade em que o indivíduo foi exposto, tempo de exposição, estado geral de saúde, idade, sexo, genética, dieta, consumo de álcool, agentes infecciosos, deficit nutricional
- Efeitos tóxicos agudos gerais: dor abdominal, dor de cabeça, náusea, vômito, diarreia, tontura
- Imunossupressão
- Efeito teratogênico
- Efeito carcinogênico – mutação gênica
- Causa danos no SNC, renal e hepático
- Para a maioria das micotoxinas, os efeitos ocorrem a longo prazo

Micetismo - cogumelos

- Produção de Micotoxinas endógenas por fungos/cogumelos.
- Estas toxinas são substâncias solúveis em água.
- Agem sobre o sistema nervoso central, alterando as sensações visuais e auditivas.





Amanita muscaria

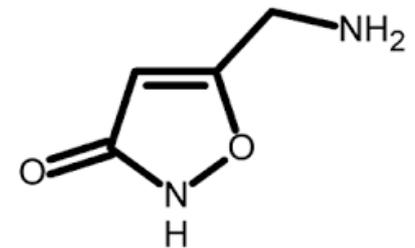
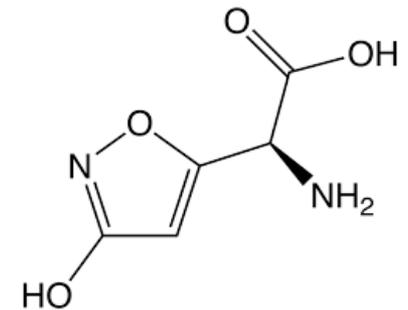
- Cogumelo comum no hemisfério norte (clima temperado)
- Utilizado por muitos artistas para aguçar a criatividade.
- Figura nas ilustrações de estórias e contos infantis.
- Nestas estórias o cogumelo costuma ser associado a figuras de fadas, gnomos e duendes dos bosques e florestas.



Toxinas encontradas em *Amanita muscaria*

ACIDO IBOTÊNICO: efeito sobre o sistema nervoso (confusão mental, vertigem, depressão motora)

Cogumelos secos são mais potentes porque o ácido ibotênico é degradado em **MUSCIMOL**, 5 a 10 vezes mais psicoativo.

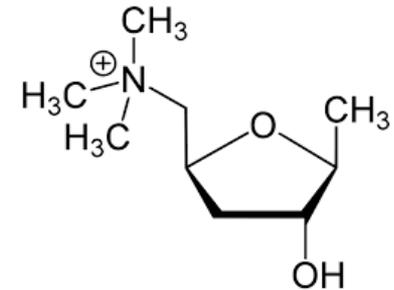


Toxinas encontradas em *Amanita muscaria*

- **MUSCARINA:** Agonista da acetilcolina.

Ação no sistema nervoso parasimpático: receptores muscarínicos – vasodilatação, broncoconstricção e diminuição da contração cardíaca

SNC: ação no receptor GABA - grande número de efeitos, incluindo ansiolítico, relaxante muscular, sedativo, anti-convulsão



- **AMATOXINAS:** Família de 9 toxinas, dose de 5mg é letal para um adulto.

Danifica os tecidos do fígado, rins e trato gastrointestinal de maneira irreversível, causa morte celular.

Psilocybe spp.

- São conhecidas cerca de 70 espécies.
- A maioria é natural do México.
- Utilizados pelos Maias e Astecas, a cerca de 3000 anos e eram considerados “Cogumelos Sagrados”.



[http://www.magic-mushrooms.net/World_Wide_Distribution_of_Magic_Mushrooms.pdf]

- Psilocibina e Psilocina são alcalóides ativos semelhantes ao LSD-25
- Albert Hofmann
 - químico suíço descobriu o LSD
 - foi o primeiro a extrair psilocibina e psilocina dos cogumelos *Psilocybe mexicana* e *Psilocybe cubensis*.
 - Os cogumelos secos tem ação mais forte que os cogumelos frescos.

8 a 10 mg de psilocibina

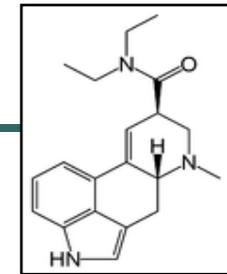
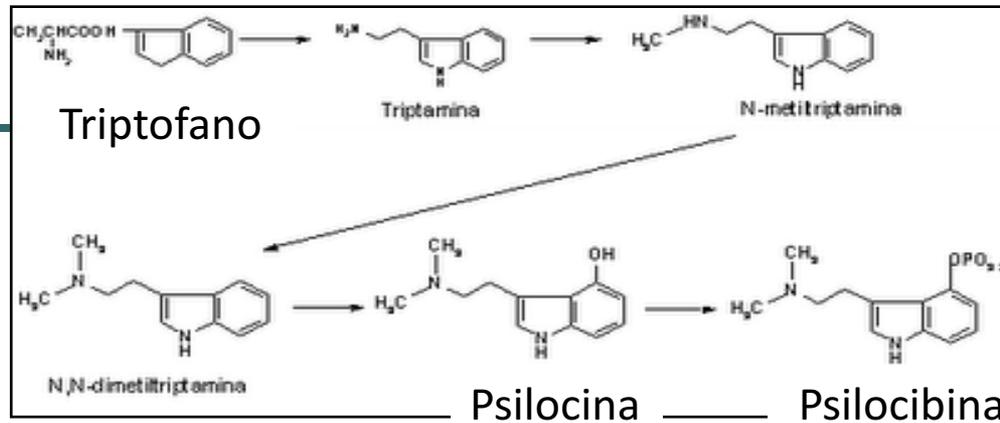


13 a 40g cogumelos frescos



2 a 6g cogumelos secos

- Psilocibina e Psilocina são alcalóides ativos semelhantes ao LSD-25 (anel Indol na molécula)



LSD-25

*orthophosphoryl -4 -
hidroxy - N - di -
methyltryptamine*

- Interfere com a ação da serotonina – se ligam aos receptores 5-HT2A
 - Ação: dilatação das pupilas, sudorese, aumento da frequência cardíaca, aumento de temperatura. Às vezes podem ocorrer náuseas e vômitos.
- Causa fenômenos psíquicos como **alucinações, delírios e ilusões.**
- As sensações podem ser desagradáveis como a observação de cores brilhantes e a audição de sons incomuns.

Legislação - Brasil

- Portaria n.º 344, de 12 de maio de 1998 - Anvisa
Atualizada pela Resolução RDC nº 18, de 28/01/2003
- Lei 11.343/2006 (Lei Antidrogas)
- No Brasil: A Psilocibina e a Psilocina são substâncias controladas. No entanto, os cogumelos *Psilocybe cubensis* não são proibidos no Brasil. Logo, a posse de *Psilocibina* ou *Psilocina* na forma extraída ou pura é crime, mas o porte e o cultivo de *Psilocybe cubensis* , o documento não deixa claro que seja ilegal.