

Introdução e Histórico da Fitopatologia

Daniel Diego Costa Carvalho

1

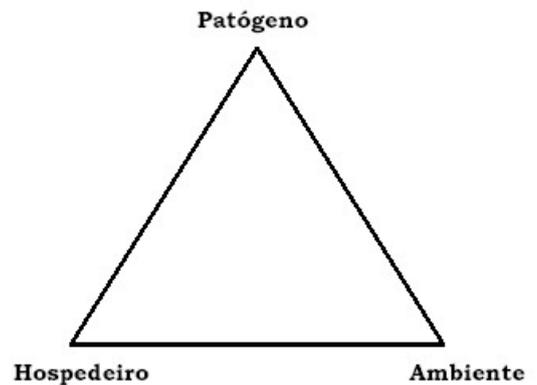
• FITOPATOLOGIA

- É uma palavra grega
- *Phyton* = planta
- *Pathos* = doença
- *Logos* = estudo
- Envolve: diagnose, sintomatologia, etiologia, epidemiologia e controle

2

- Fitopatologia é a área que busca entender os princípios e interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente
- Avalia os sintomas e sinais causados por bactérias, vírus, fungos e micoplasmas em plantas atacadas para facilitar o seu diagnóstico

3



4

- Estuda também o emprego e a seqüência de medidas que reduzem ou eliminam os patógenos das áreas ou ambientes da produção agrícola ou dos produtos colhidos, auxiliando no monitoramento da sanidade do solo das áreas de produção

5

• História da fitopatologia

- Na antiguidade, as doenças eram atribuídas a castigos divinos
- Teofrasto (372-287 AC)
- “Robigálias”

6

- **História da fitopatologia**

- Início século XIX
- Ausência de uma explicação racional para as plantas
- Condições climáticas como **causa da doença**
- Tillet (1755) - (cárie do trigo) – causada por um Fungo

7

- **História da fitopatologia**

- Século XIX – associação entre fungos e plantas doentes
- Doenças seriam o resultado de distúrbios funcionais causados por desordens nutricionais
- Condições ambientais
- Requeima da batata – Irlanda – 1845
- Teoria da Geração espontânea

8

- **História da fitopatologia**

- Desenvolvimento da microbiologia
- Fim da teoria da Geração espontânea (1864)
- Robert Koch (1880)
- Oídios, míldios, ferrugens e carvões
- 1882 – Surge a calda bordalesa

9

- **História da fitopatologia**

- 1878 – Thomas J. Burril – doenças causadas por bactérias
- 1886 – transmissão de vírus de uma planta para outra
- 1898 – Beijerinck – Vírus
- 1949 – Chitwood – gênero *Meloidogyne* spp.

10

- **História da fitopatologia**

Epidemias de importância histórica: no mundo

Requeima da Batata – *Phytophthora infestans* – Irlanda – 1845-1846

Epidemias de importância histórica: no Brasil

Ferrugem da Soja – *Phakopsora pachyrhizi* – Brasil – 2002-2003

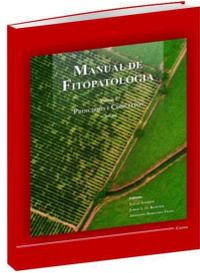
11

- **História da fitopatologia – período atual**

- Biologia molecular
- Progresso da fisiologia e bioquímica
- Bioestatística
- Relação dinâmica entre patógeno e hospedeiro

12

Referências:
 AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**. 5. ed. v. 1. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. 573 p.



13



<https://labfito.webnode.page/>

14

Câmpus Sul
 UnU - Ipameri



Universidade
 Estadual de Goiás

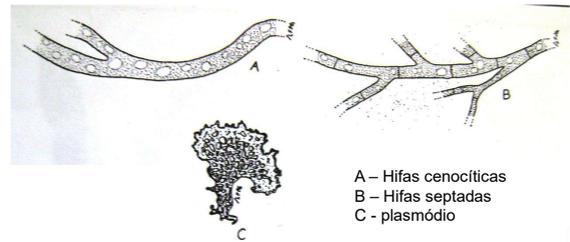
Micologia: morfologia, sistemática, fisiologia e ecologia

Daniel Diego Costa Carvalho

15

**FUNGOS FITOPATOGÊNICOS:
 1. Morfologia**

1.1. Estruturas somáticas



A - Hifas cenocíticas
 B - Hifas septadas
 C - plasmódio

Parede celular: quitina e β-glucanas
 celulose (Chromista)

Massola & Krugner , 2011.

16

Diferenciações das hifas:

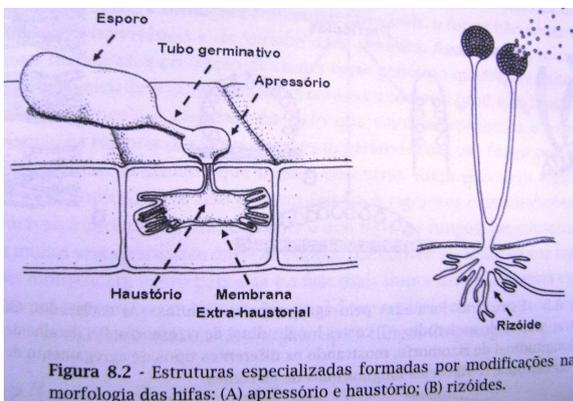


Figura 8.2 - Estruturas especializadas formadas por modificações na morfologia das hifas: (A) apressório e haustório; (B) rizóides.

Massola & Krugner , 2011.

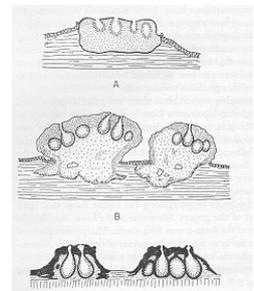
17

Adensamento das hifas:



escleródios

Agrios, 2005.



Estromas de alguns ascomicetos. A, B e C - cortes transversais de frutificações no interior de estromas.

Barreto, 1999.

18

1.2. Estruturas reprodutivas

Esporos sexuais: plasmogamia, cariogamia e meiose

Massola & Krugner , 2011.

Agrios, 2005.

19

Estruturas de resistência diplóide:

Massola & Krugner , 2011.

Phytophthora ramorum Foto: L.S.Boiteux (2008).

Zygorinchus macrocarpus Carvalho et al., 2007.

20

Tipos de ascomas: Peritécio, Apotécio, Cleistotécio e Ascostroma.

Massola & Krugner , 2011.

21

<http://www.apsnet.org/edcenter/instrcomm/TeachingNotes/Pages/ProductionOfApotheciaAndAscospores.aspx>

22

Peritécio **Apotécio** **Cleistotécio**

Coniochaetia sp. <http://www.apsnet.org/edcenter/illglossary/Pages/N-R.aspx>

Ucinula sp. Foto: D.D.C.Carvalho (2015).

Pseudothecium of *Venturia inaequalis* <http://palaeos.com/fungal/glossary/glossaryM.html>

23

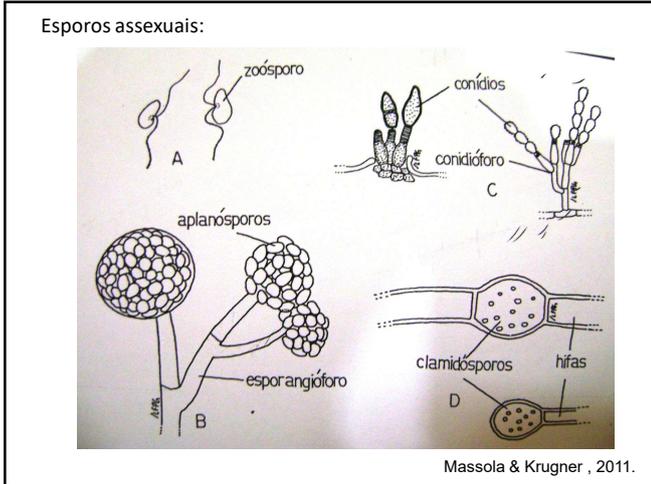
Corpos de frutificação assexuais: Celomicetos

Acérvulos
Picnídios

Colletotrichum *Septoria*

Agrios, 2005.

24



25

FUNGOS FITOPATOGÊNICOS:
2. Sistemática

REINO FUNGI
Filo CHYTRIDIOMYCOTA
Filo BLASTOCLADIOMYCOTA
Filo ZYGOMYCOTA
Filo ASCOMYCOTA (18 ordens)
Filo BASIDIOMYCOTA
Classes:
Agaricomycetes
Puccinimycetes
Ustilaginomycetes
Exobasidiomycetes

REINO CHROMISTA
Classe:
Oomycetes

PROTOZÓARIOS
Phyvarum
Plasmodiophora
Spongospora
Phytoplasma

26

REINO FUNGI

FILO CHYTRIDIOMYCOTA
Ordem Chytridiales
Ex: *Synchytrium endobioticum*
(verruçose preta da batata)

FILO BLASTOCLADIOMYCOTA
Ordem Blastocladales
Ex: *Physoderma maydis*
(mancha parda do milho)

Wikipedia, 2023.

27

REINO FUNGI
FILO ZYGOMYCOTA (Mucoromycota e Zoopagomycota)
Ordem Mucorales
Ex: *Rhizopus* sp.

Agrios, 2005.

https://www.agrolink.com.br/problemas/podridao-mole_2139.html

28

REINO FUNGI
FILO ASCOMYCOTA

Ordem:
Eurotiales
Eurotium

Helotiales
Sclerotinia

Hypocreales
Gibberella

Pleosporales
Pleospora

Anamorfo x Teleomorfo

Agrios, 2005.

29

REINO FUNGI
FILO ASCOMYCOTA
Anamorfos
Hifomicetos

Celomicetos

Acérvulo

Picnídios

FIGURE 11-40 Types of conidia, conidiophores, and asexual fruiting bodies produced by Ascomycetes and Deuteromycetes (mitosporic fungi).

Agrios, 2005.

30

REINO FUNGI
 FILO BASIDIOMYCOTA
Classe – *Agaricomycetes*
Ordem - Agaricales
Moniliophthora



http://pt.wikipedia.org/wiki/Moniliophthora_perniciosa

Classe - *Pucciniomycetes*
Ordem - Pucciniales
Phakopsora



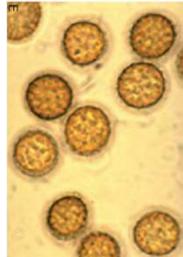
Agrios, 2005.

31

REINO FUNGI
 FILO BASIDIOMYCOTA
Classe - *Ustilaginomycetes*
Ordem - Ustilaginales
Ustilago



Classe - *Exobasidiomycetes*
Ordem - Tilletiales
Tilletia



Agrios, 2005.

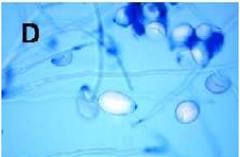
32

REINO CHROMISTA
Classe:
 Oomycetes
Ordem:
 Albuginales
Albugo



Agrios, 2005

Peronosporales
Phytophthora



D



Carvalho, 2015

33

Domínio:
 Eukaryota
Filo:
 Amoebozoa
Classe:
 Myxogastria
Ordem:
 Physarida
Gênero:
Physarum




FIGURE 11-6 (A) Turfgrass leaves covered with fructifications (sporangia) of the slime mold *Physarum*. (B) Close-up of slime mold fructifications. [Photographs courtesy of (A) D. Smith, WCPD, and (B) by R. E. Cullen, Plant Pathology Department, University of Florida.]

Agrios, 2005.

34

Domínio:
 Eukaryota
Supergrupo:
 Rhizaria
Classe:
 Phytomyxea
Ordem:
 Plasmodiophorida
Gênero:
Plasmodiophora
Spongospora




Agrios, 2005.

35

Domínio:
 Eukaryota
Reino:
 Excavata
Filo:
 Euglenozoa
Classe:
 Kinetoplastida
Ordem:
 Trypanosomatida
Gênero:
Phytomonas



Araújo et al., 2003

36

FUNGOS FITOPATOGÊNICOS: 3. Fisiologia

3.1. Crescimento

Temperatura ótima: 20 – 30°C; umidade

pH ótimo: 6,0

Luz: estímulo a esporulação e orientação da descarga de esporos

Hifas de crescimento indeterminado

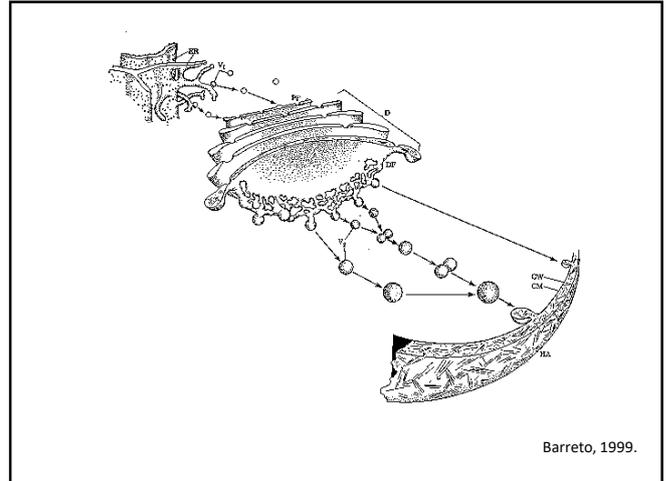
Colônias esféricas



Colônia de *Alternaria alternata*

Foto: D.D.C.Carvalho (2008).

37



38

3.2. Nutrição e Metabolismo

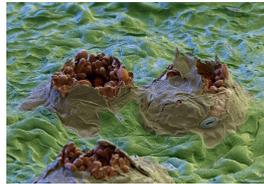
Heterotróficos: parasitas, saprófitas ou simbioses.
Aclorofilados.

Parasitas obrigatórios: Ex: Ferrugens.

Phakopsora pachyrhizi



Miles et al., 2003



<http://naukas.com/2014/02/25/crateres-fungicos/>

Alimentação: Absorção, Fagocitose.

39

Elementos fundamentais para Nutrição: C, O, H, N, P, K, Mg, S, B, Mn, Cu, Mo, Fe, Zn.

Auto-suficientes quanto às suas proteínas e vitaminas.

Fonte de C: Glicose.

Subst. reserva: Lipídio e Glicogênio.

Nutrição: f(enzimas).

40

FUNGOS FITOPATOGÊNICOS: 4. Ecologia

4.1. Ciclo de vida generalizado dos principais grupos de fungos fitopatogênicos

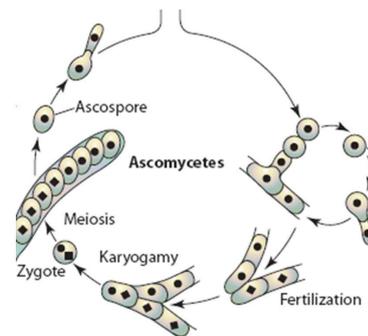
Filo Ascomycota

Filo Basidiomycota (Ferrugens)

Filo Oomycota (*Phytophthora*)

4.2. Ciclo parassexual em fungos anamorfos

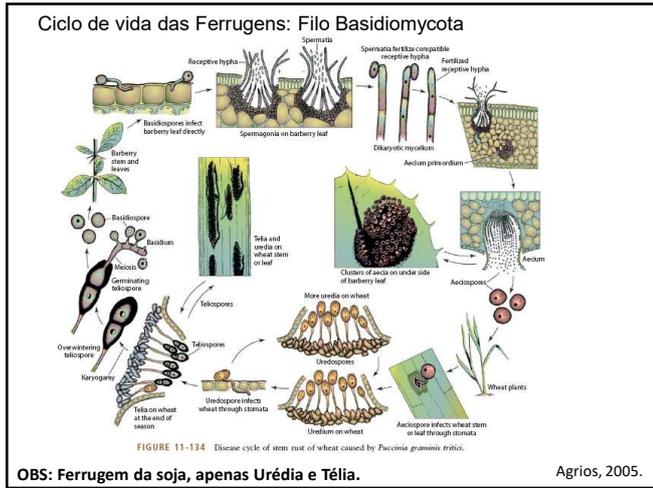
Ciclo de vida generalizado: Filo Ascomycota



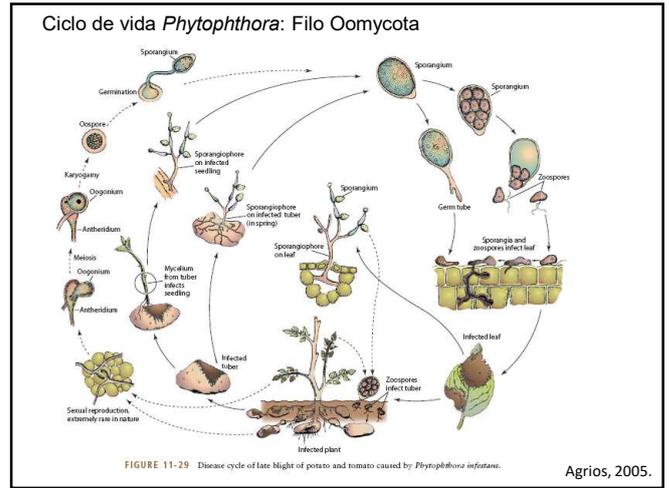
Agrios, 2005.

41

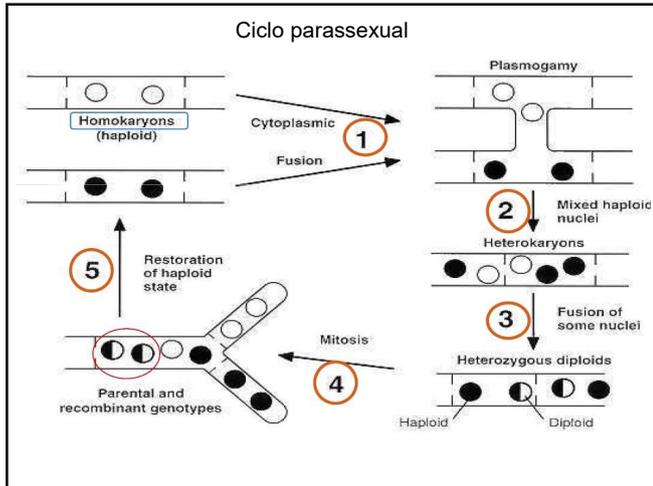
42



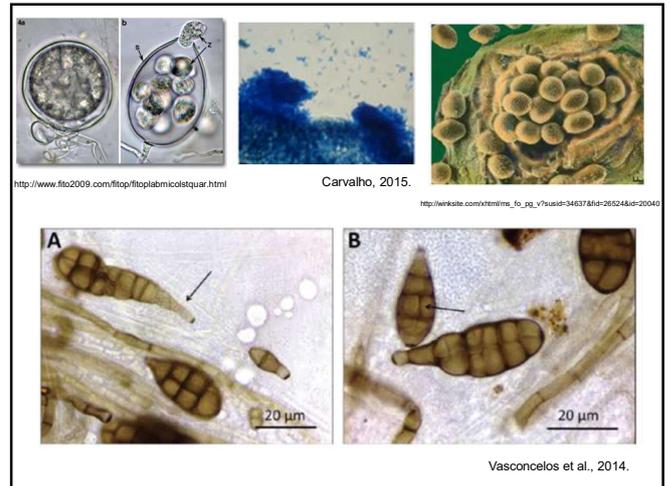
43



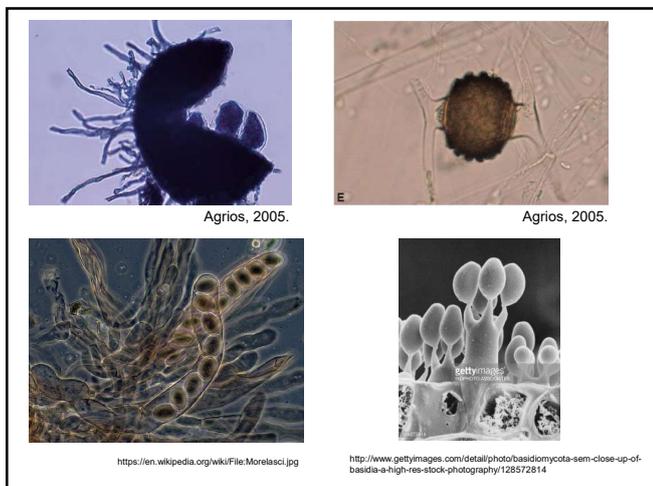
44



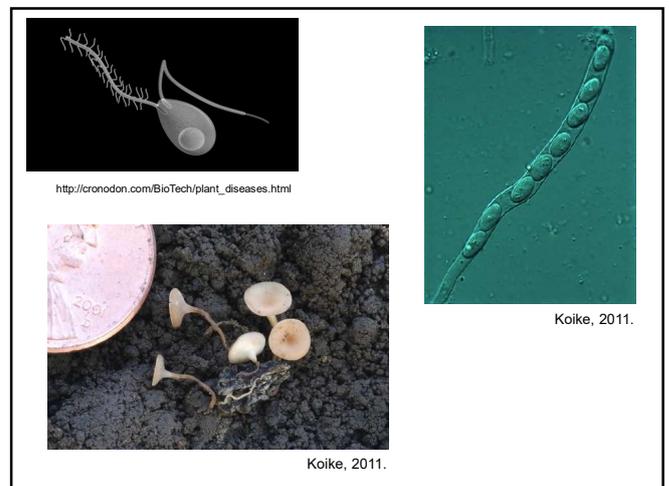
45



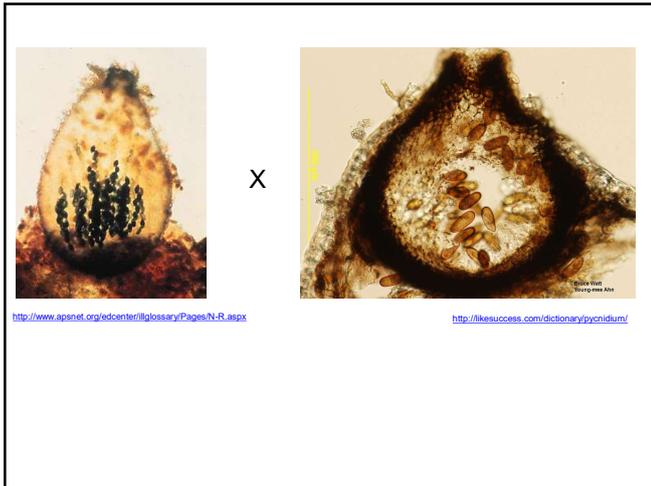
46



47



48



49

Referências:
 AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**. 5. ed. v. 1. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. 573 p.

50

<https://labfito.webnode.page/>

51

Câmpus Sul
UnU - Ipameri

Universidade Estadual de Goiás

Bacteriologia: morfologia, sistemática, fisiologia e ecologia

Daniel Diego Costa Carvalho

52

FITOBACTÉRIAS E MICOPLASMAS:
1. Morfologia

1.1. Formas das células bacterianas

ACTINOMYCETE

Coccus Rod Spirillum Spirochete

Monococos Bastonetes retos Espirilo Espiroqueta

10 µm

"Micélio"

53

1.2. Anatomia e morfologia da célula bacteriana

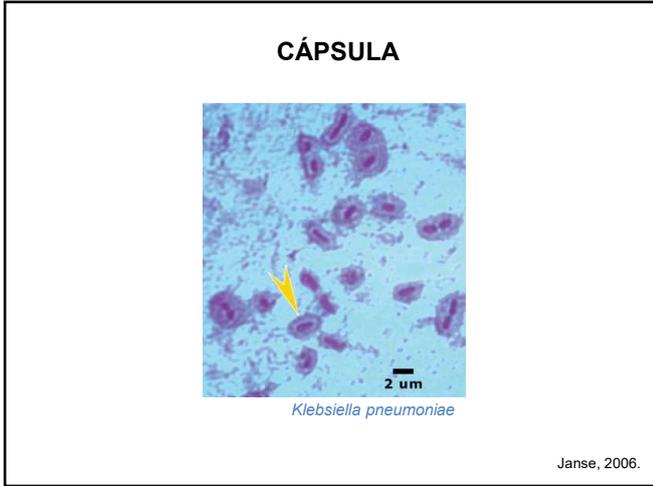
Mesossoma DNA Plasmídeo

Parede Celular Inclusão

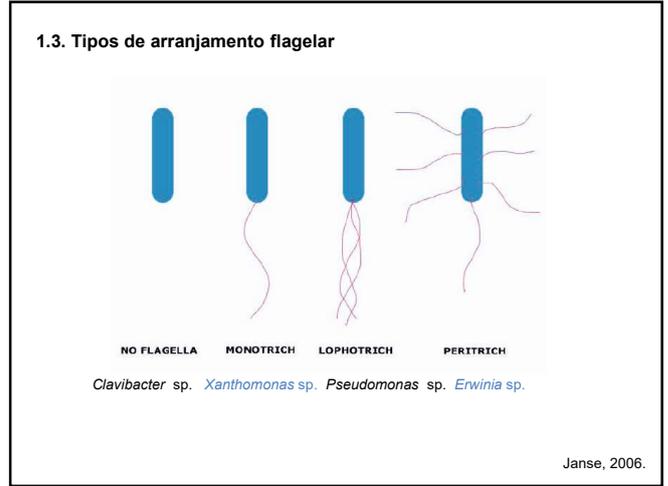
Membrana Cápsula (EPS) Citoplasma

Romeiro, 2005.

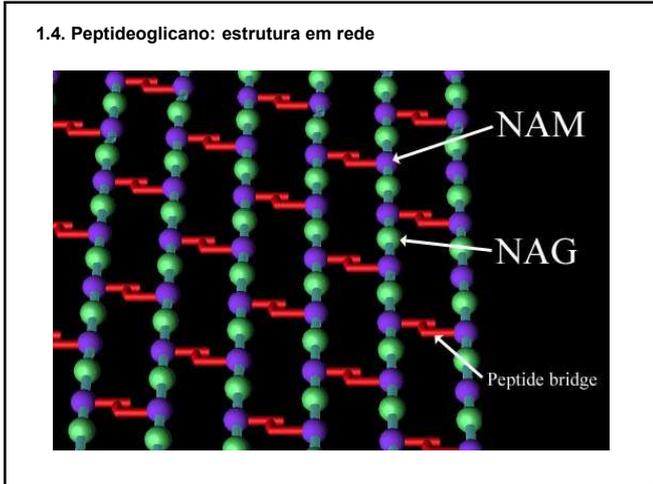
54



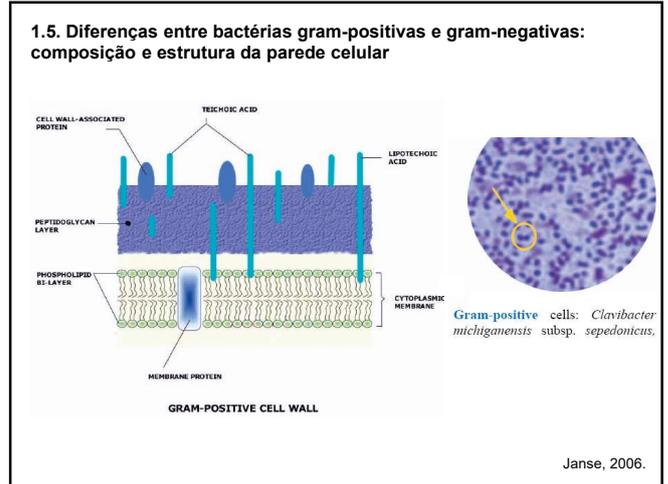
55



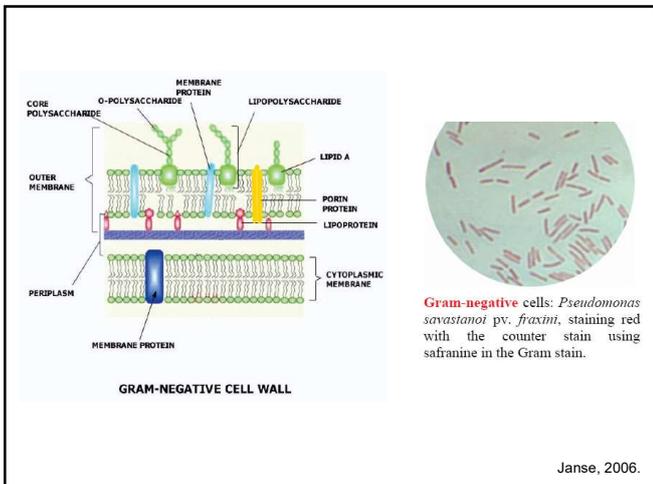
56



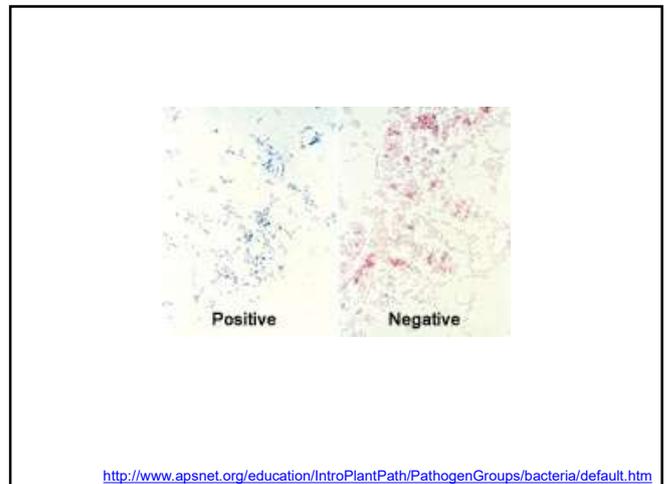
57



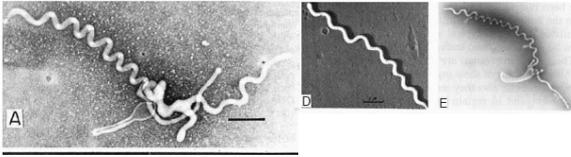
58



59



60



Micoplasma

Spiroplasma

Ex: *Spiroplasma citri*; *Spiroplasma kunkelii*

Agrios, 2005.

61

FITOBACTÉRIAS E MICOPLASMAS:
2. Sistemática

| | | |
|---|--|--|
| Filo Proteobacteria (Gram-negativa) Classe Alphaproteobacteria | Filo Tenericutes (-----) Classe Mollicutes <i>Spiroplasma</i> | Filo Actinobacteria (Gram-positiva) Classe Actinobacteria <i>Clavibacter</i> <i>Curtobacterium</i> <i>Streptomyces</i> |
| Classe Betaproteobacteria | Filo Firmicutes (Gram-positiva) Classe Bacilli <i>Bacillus</i> <i>Pasteuria</i> | |
| Classe Gammaproteobacteria | | |

62

2.1. Filo Proteobacteria
(Gram -negativa)

Classe Alphaproteobacteria
Ordem Rhizobiales
Família Rhizobiaceae
Rhizobium
Agrobacterium



Agrobacterium
Agrios, 2005.

Classe Betaproteobacteria
Ordem Burkholderiales
Família Burkholderiaceae
Burkholderia
Ralstonia



Ralstonia
Janse, 2006.

Classe Gammaproteobacteria

63

Classe Gammaproteobacteria

Ordem Xanthomonadales
Família Xanthomonadaceae
Xanthomonas
Xylella



Xanthomonas
as
Janse, 2006.

Ordem Pseudomonadales
Família Pseudomonadaceae
Pseudomonas



Pseudomonas
as
Janse, 2006.

Ordem Enterobacteriales
Família Enterobacteriaceae
Erwinia
Pectobacterium
Pantoea



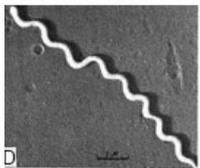
Pectobacterium
Carvalho, 2015.



Erwinia
Janse, 2006.

64

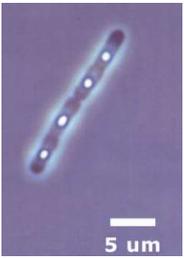
2.2. Filo Tenericutes
(-----)
Classe Mollicutes
Ordem Entoplasmatales
Família Spiroplasmataceae
Spiroplasma



Spiroplasma citri
Agrios, 2005.

65

2.3. Filo Firmicutes
(Gram-positiva)
Classe Bacilli
Ordem Bacillales
Família Bacillaceae
Bacillus
Pasteuria

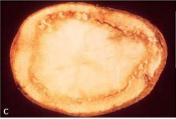


Bacillus sp.
Janse, 2006.

66

2.4. Filo Actinobacteria
(Gram-positiva)

Classe Actinobacteria
Ordem Actinomycetales
Família Microbacteriaceae
Clavibacter
Curtobacterium



Clavibacter
Agrios, 2005.



Clavibacter
Janse, 2006.

Família Streptomicetaceae
Streptomyces



Streptomyces
Janse, 2006.



"Micélio"

67

2.4. Nomenclatura

- 1980: PATOVAR, para atender o caracter patogenicidade.
- A "International Society for Plant Pathology" determina os nomes oficiais e critérios taxonômicos.
- Patovar e Raça: hospedeiro particular.

68

FITOBACTÉRIAS E MICOPLASMAS:
3. Fisiologia

3.1. Nutrição e metabolismo

Bactérias Fitopatogênicas:

- Saprofíticas
- Habitantes do Solo
- Limitadas ao Xilema e Floema

- Parasitas de Plantas
- em Vetores
- Crescimento Fastidioso

69

Principais elementos, fontes e função na célula bacteriana

| ELEMENTO | % PS | FONTE | FUNÇÃO |
|------------|------|--|---|
| CARBONO | 50 | COMPOSTOS ORGÂNICOS, CO ₂ | PRINCIPAL CONSTITUINTE DA CÉLULA |
| OXIGÊNIO | 20 | ÁGUA, COMPOSTOS ORGÂNICOS, CO ₂ , O ₂ | MATERIAL E ÁGUA DA CÉLULA, ACEPTOR DE ELETRONS NA RESPIRAÇÃO CELULAR |
| NITROGÊNIO | 14 | NH ₃ , NO ₃ , N ₂ , COMPOSTOS ORGÂNICOS | AMINOÁCIDOS, NUCLEOTÍDEOS DO ÁCIDO NUCLEÍCO, COENZIMAS |
| HIDROGÊNIO | 8 | ÁGUA, COMPOSTOS ORGÂNICOS, H ₂ | CONSTITUÍNTES DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E ÁGUA |
| FÓSFORO | 3 | FOSFATOS INORGÂNICOS PO ₄ | ÁCIDO NUCLEÍCO, NUCLEOTÍDEOS, FOSFOLÍPÍDEOS, LPS, ÁCIDO TETCÓICO |
| ENXOFRE | 1 | SO ₄ , H ₂ S, SO, COMPOSTOS ORGÂNICOS SULFUROSOS | CISTEÍNA, METIONINA, VÁRIAS COENZIMAS |
| MAGNÉSIO | 0,5 | SAIS DE MAGNÉSIO | COFATOR DE CERTAS REAÇÕES ENZIMÁTICAS, CÁTION CELULAR INORGÂNICO |
| CÁLCIO | 0,5 | SAIS DE CÁLCIO | CÁTION CELULAR INORGÂNICO, COFATOR DE REAÇÕES ENZIMÁTICAS, COMPONENTE DE ENDÓSPOROS |
| FERRO | 0,2 | SAIS DE FERRO | COMPONENTES DO CITOCROMO, COFATOR DE CERTAS REAÇÕES ENZIMÁTICAS |

70

Principais tipos nutricionais de procariontas

| TIPO NUTRICIONAL | FONTE DE ENERGIA | FONTE DE CARBONO | EXEMPLOS |
|--|--|---------------------|--|
| FOTOAUTOTRÓFICO | LUZ | CO ₂ | CYANOBACTÉRIA, BACTÉRIAS VERDE E AZUIS |
| FOTOHETEROTRÓFICO | LUZ | COMPOSTOS ORGÂNICOS | BACTÉRIAS VERDE AZUIS |
| QUIMIOAUTOTRÓFICO OU LITRÓFICAS (LITOAUTOTRÓFICAS) | QUEBRA DE COMPOSTOS INORGÂNICOS, H ₂ , NH ₃ , NO ₂ , H ₂ S | CO ₂ | POUCAS BACTÉRIAS E MUITAS ARCHAEA |
| QUIMIOHETEROTRÓFICAS | QUEBRA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS | COMPOSTOS ORGÂNICOS | MAIORIA DAS BACTÉRIAS (FITOPATOGÊNICAS) POUCAS ARCHAEA |

71

3.2. Requerimento fisico

pH

| GRUPO | PH | | |
|---|-------------|------------------------|------------------|
| | MINIMO | IDEAL | MAXIMO |
| ACIDÓFILO Ex: <i>Thiobacillus thiooxidans</i> Ex: <i>Sulfolobus acidocaldarius</i> | 0,5 1,0 | 2,0-2,8 2,0-3,0 | 4,0 - 6,0 5,0 |
| NEUTRÓFILO Ex: <i>Escherichia. Coli</i> Ex: <i>Pectobacterium carotovorum</i> | 4,4 5,6 | 7,0 7,1 | 9,0 9,3 |
| AUCALIFILA Ex: <i>Streptococcus pneumoniae</i> Ex: <i>Nitrobacter spp</i> | 6,5 -6,6 | >7,0 7,8 7,6-8,6 | 8,3 10,0 |

72

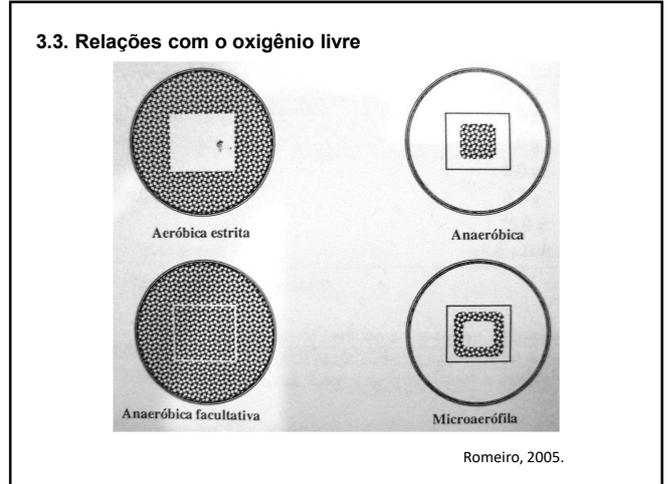
3.2. Requerimento físico

Temperatura

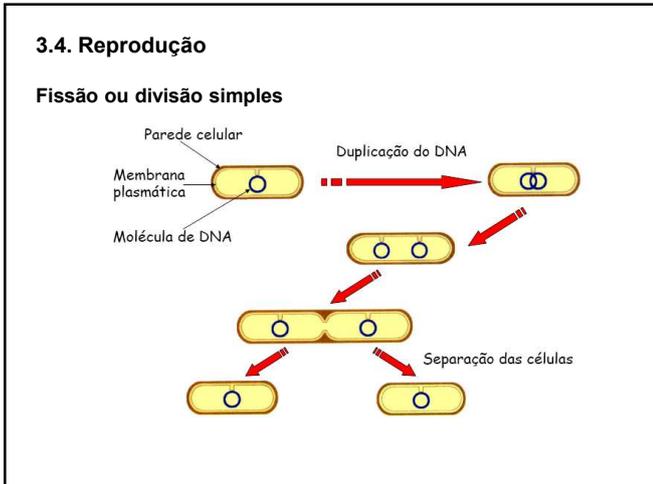
| GRUPO | TEMPERATURA °C | | |
|--|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| | MINIMA | IDEAL | MAXIMA |
| PSICRÓFILA | < 0 | 10-15 | < 20 |
| PSICROTROFILA | 0 | 15 | < 25 |
| MESÓFILA Ex: <i>Pseudomonas maltophilia</i> Ex: <i>Staphylococcus aureus</i> Ex: <i>Escherichia coli</i> <i>Fitopatogênicas</i> | 10-15 4,0 10,0 10,0 | 30-40 35 30-37 37 25-28* | <45 41 45,0 45,0 |
| TERMÓFILA Ex: <i>Thermus aquaticus</i> | 45 40 | 50-85 70-72 | < 100 79 |

*Fitopatogênicas: (25-28°C) : ótimo para multiplicação

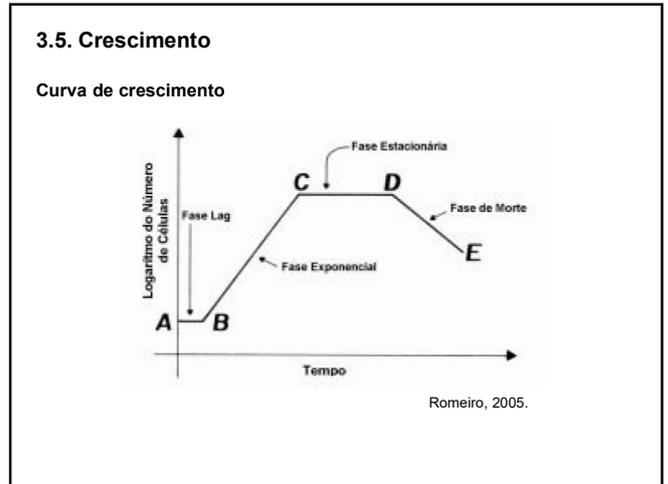
73



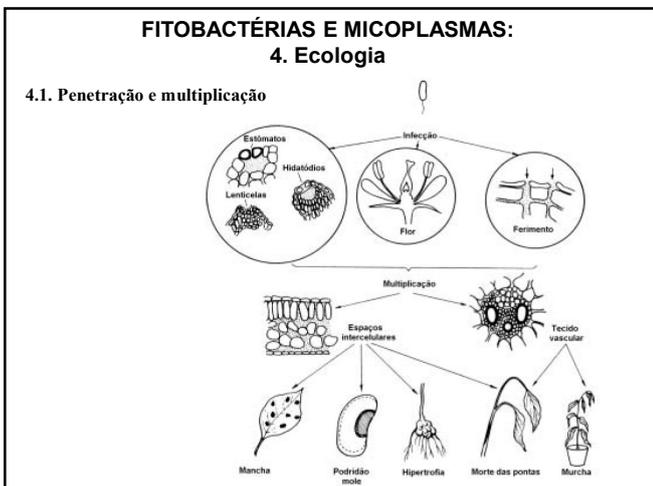
74



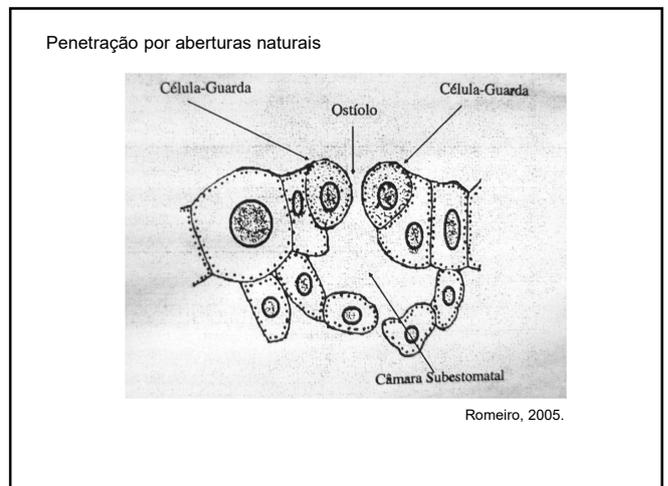
75



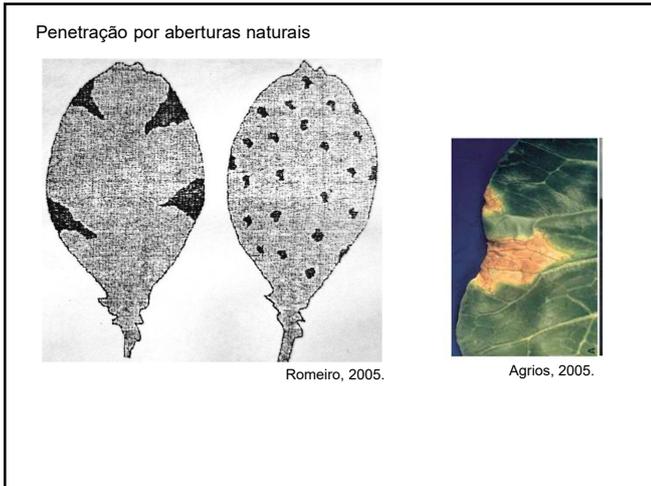
76



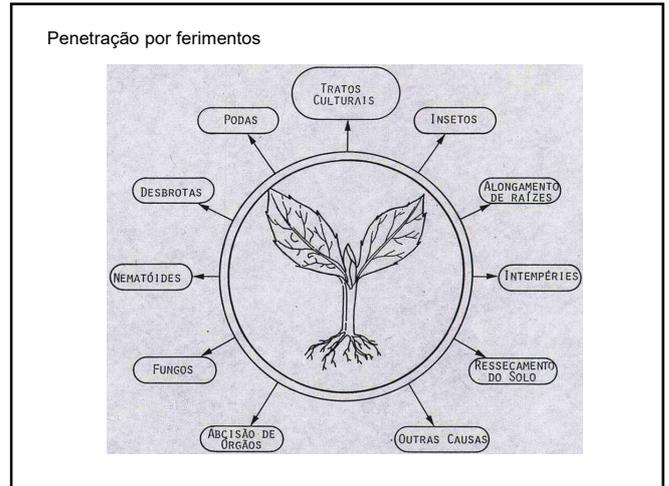
77



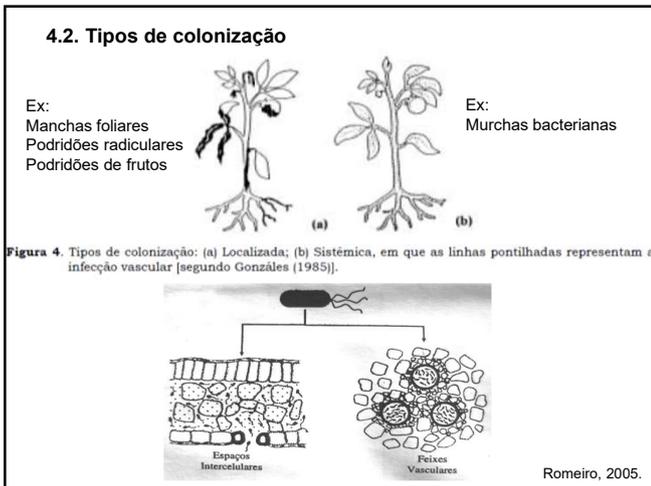
78



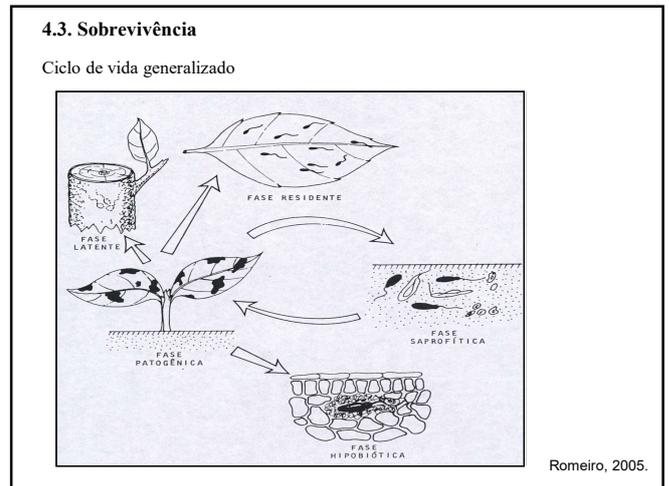
79



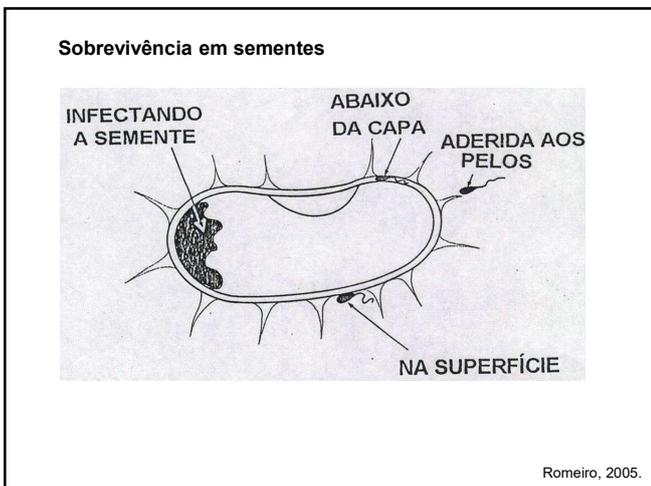
80



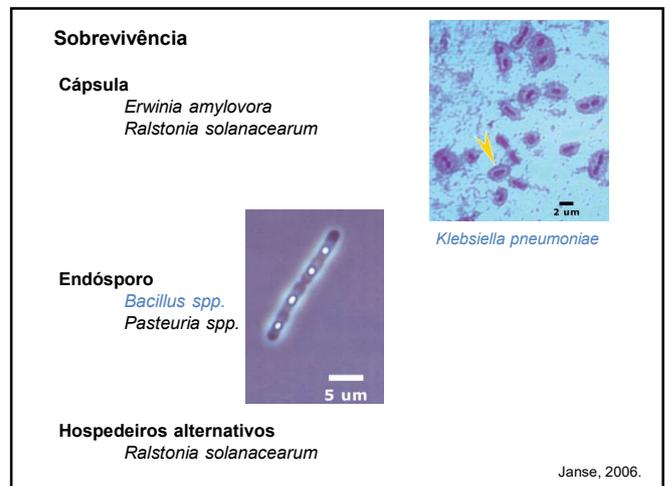
81



82



83



84

4.4. Disseminação

Disseminação a curtas distâncias

Chuva (irrigação) e vento
Pectobacterium carotovorum

Agrios, 2005.

Pectobacterium Carvalho, 2015.

85

4.4. Disseminação

Disseminação a curtas distâncias

Máquinas,
Implementos,
Tratos culturais.

Tractors or plows
Pruning shears
Knives

86

Disseminação a curtas distâncias

Insetos

Fig. 111
Com leafhopper *Delbibus maidis* that transmits corn stunt *Spiroplasma kunkelii*.

FIGURE 11-51. Corn stunt disease caused by *Spiroplasma kunkelii*. (A) All four corn plants are stunted, yellowish-green and quite stunted. (B) The stunted plant shows stunted tassels and yellowing caused by corn stunt which appears leafless every three or four or five lower whorls. (C) Presence of *S. kunkelii* in a phloem cell of a corn stunted leaf. (D) Typical cells of *S. kunkelii* in a phloem cell of an infected corn plant. (Photographic courtesy of J. D. Thomson, Cornell University and D. E. Jones, Ireland University, Limerick, Ireland.)

Agrios, 2005.

87

4.4. Disseminação

Disseminação a longas distâncias

Sementes infectadas
X. axonopodis pv. *malvacearum*

Xanthomonas axonopodis pv. *malvacearum* em meio PSA: plasmogênese de sementes (a) e colônias (b) (Foto Barbosa, J.F.).

Regras para análise de sementes, 2009.

Material propagativo infectado
Clavibacter michiganensis subsp. *sepedonicus*

Agrios, 2005.

88

"Micélio"

89

90

Referências:
 AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**. 5. ed. v. 1. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. 573 p.

CARVALHO, D.D.C.; PEIXOTO, G.H.S. **Bacteriologia: morfologia, sistemática, fisiologia e ecologia**. 1 ed. Ipameri: Universidade Estadual de Goiás, 2018. 13 p. Disponível em: <https://labfito.webnode.com/>



91



<https://labfito.webnode.page/>

92



Virologia: morfologia, sistemática, fisiologia e ecologia

Daniel Diego Costa Carvalho

93

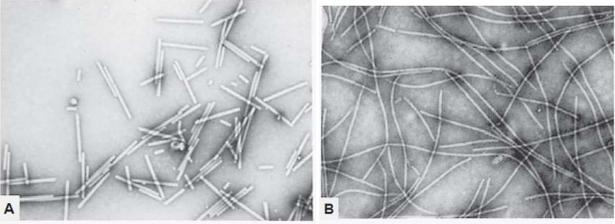
Vírus: Partícula bioquímica capaz de codificar um descendente.

Vírus: ácido nucléico (RNA ou DNA) e uma capa protéica.

Viróides: não tem capa protéica, apenas o ácido nucléico.

94

1. Morfologia

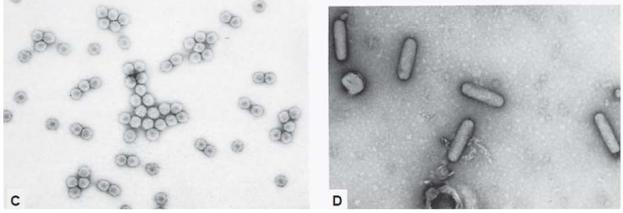


A Tobacco mosaic virus

B Sugarcane mosaic virus

Agrios, 2005.

95

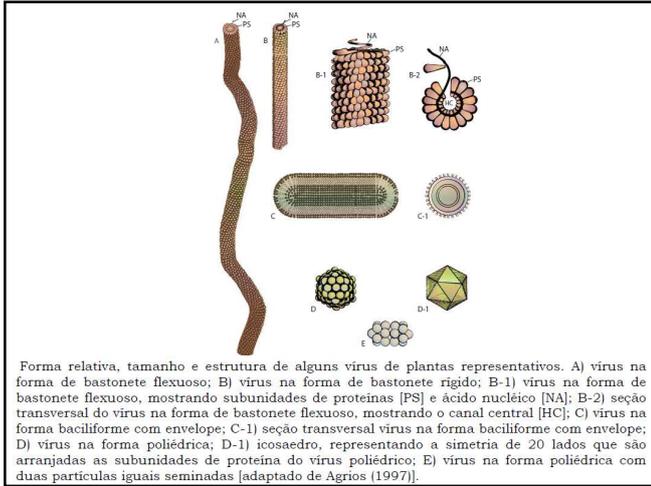


C Cowpea chlorotic mottle virus

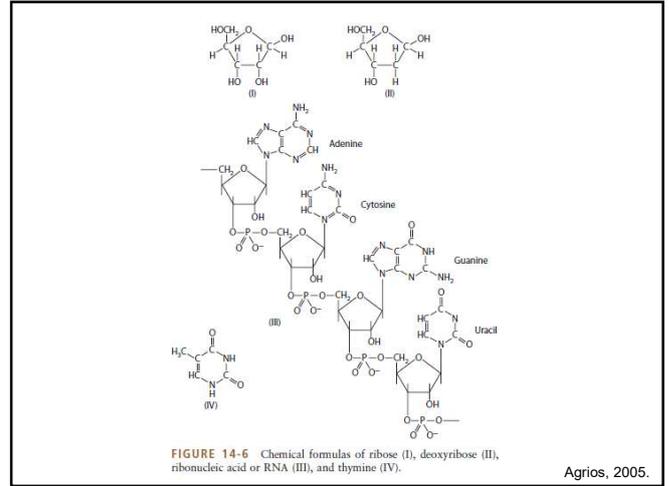
D Broccoli necrotic yellows virus

Agrios, 2005.

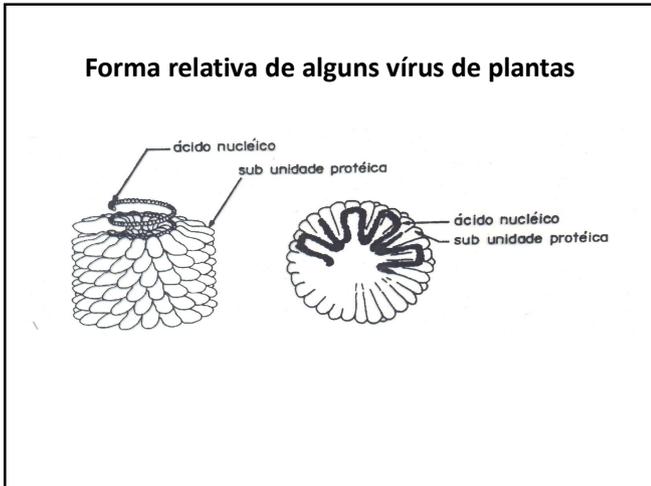
96



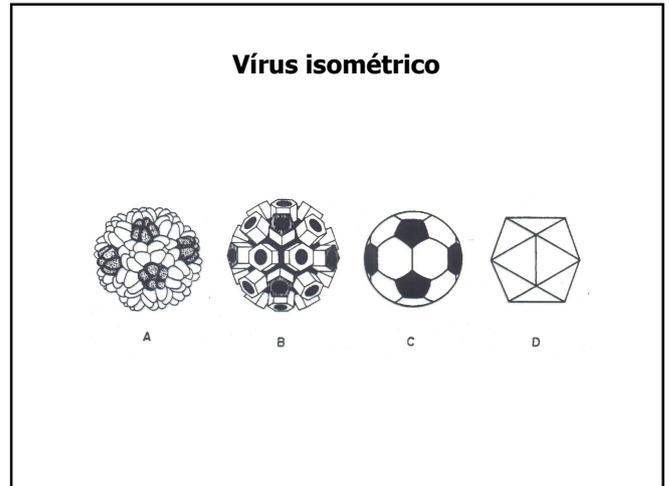
97



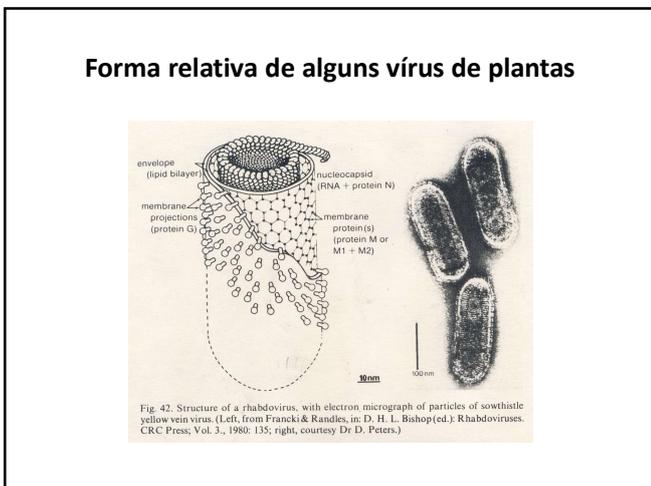
98



99



100



101

Tipos morfológicos de vírus e estruturas das partículas virais

- Haste rígida
- Hastes flexuosos
- Isométrico (icosaedral)
- Baciliformes

102

Vírus (definição completa):

É uma nucleoproteína

que ao nível molecular, é geralmente patogénica,
cujo ácido nucléico de um só tipo (RNA ou DNA) é capaz de codificar sua multiplicação,

utilizando mecanismos normais das células hospedeiras específicas,

nas quais for introduzido.

103

Componentes da partícula viral

1 - Ácido nucléico (DNA ou RNA):

Isométricos: (15 a 45%) peso da partícula

Filamentosos: (5%) peso da partícula

Baciliformes: (20%) peso da partícula

2 – Proteínas

3 – alguns podem conter enzimas

104

Tipos de Fitovírus:

RNA fita simples (+)

RNA fita simples (-)

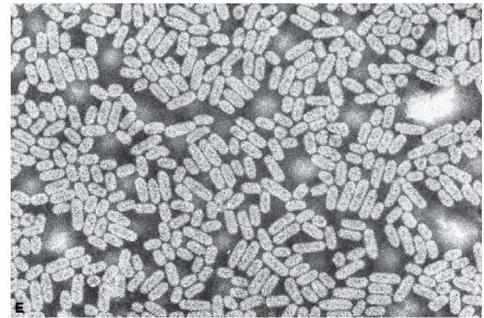
RNA fita dupla

DNA fita simples

DNA fita dupla

“Os vírus possuem um só tipo de ácido nucléico;
Em dois ou mais segmentos (genoma multipartido)
E serem encapsidados juntos , ou separados em duas
ou mais partículas.”

105

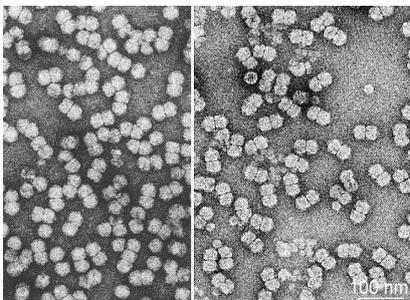


Alfalfa mosaic virus

Agrios, 2005.

106

Squash leaf curl virus (SLCV) x Melon chlorotic leaf curl virus (MCLCuV)

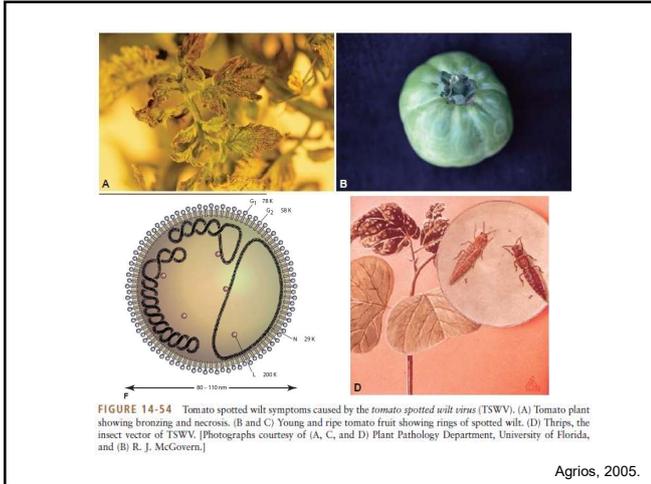


Idris et al. 2008.

107

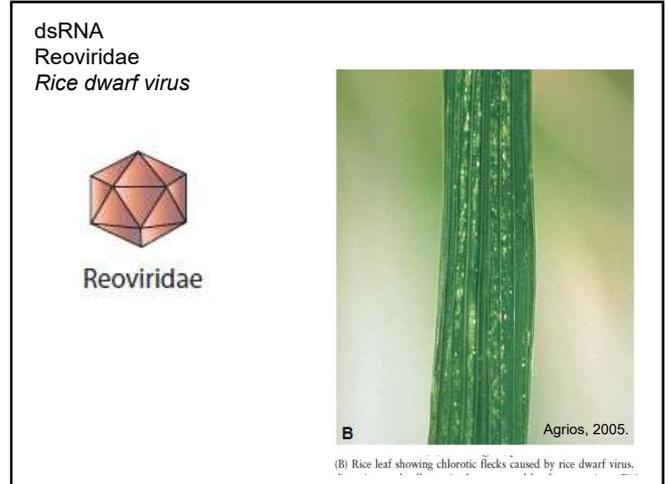
2. Sistemática

108

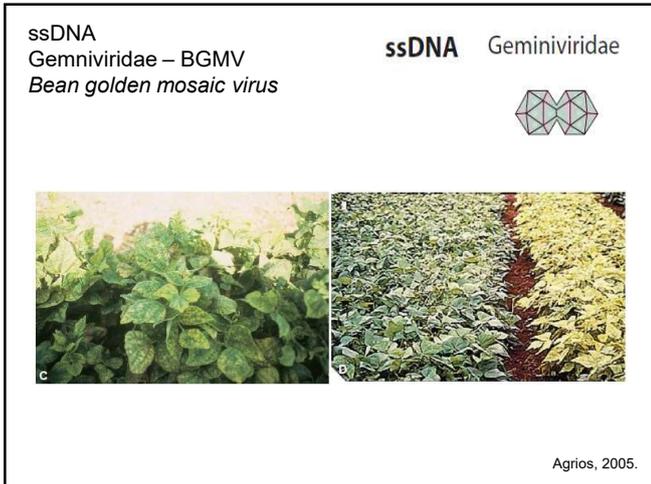


115

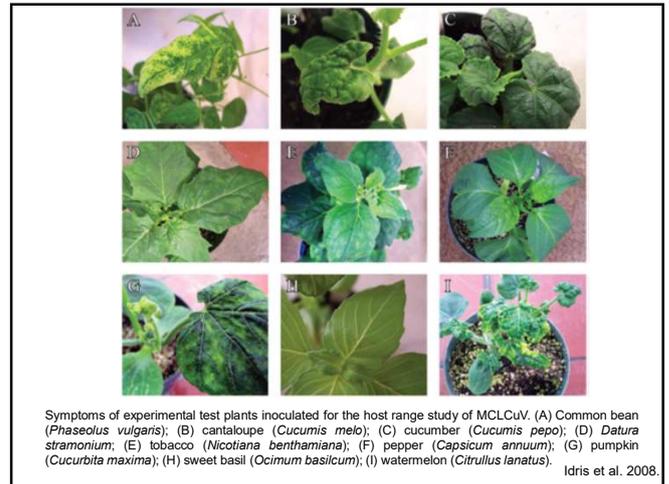
Agrios, 2005.



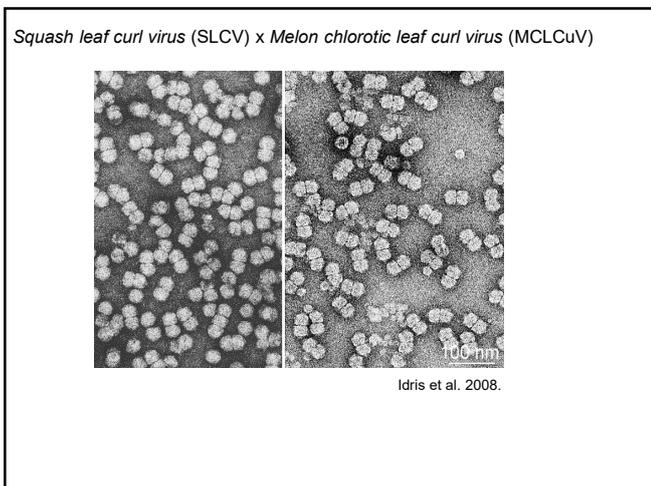
116



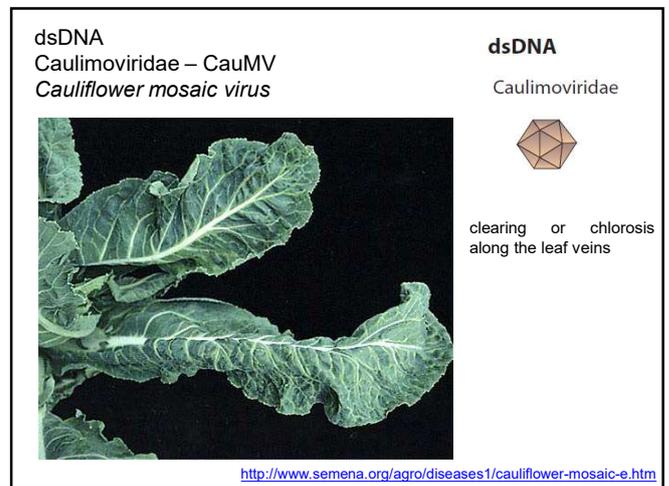
117



118



119



120

3. Fisiologia

Funções do Hospedeiro usadas pelos Vírus de plantas

1 – componentes para síntese viral

Aminoácidos, proteínas e ácido nucléico

2 – Energia

Polimerização (proteínas e ácido nucléico)

121

3 – Sistema de síntese

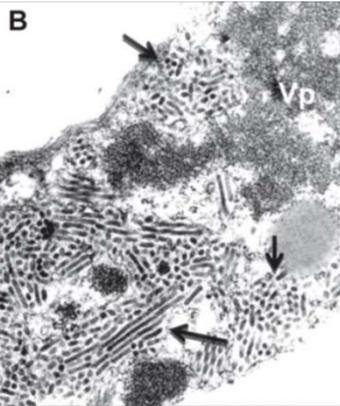
Ribossomas, tRNA, enzimas

4 – RNA polimerase DNA dependente

Caulimoviridae - dsDNA

122

5 – Componentes estruturais da célula
EX: membrana celular como sítio para replicação (Viroplasma).



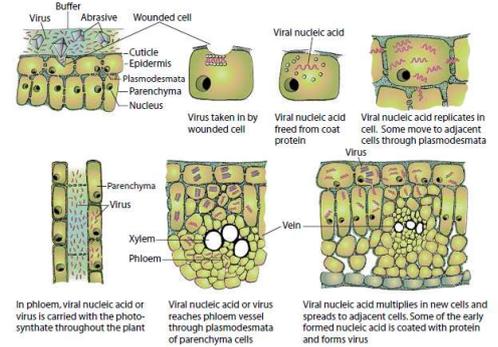
Cytoplasmic type *Solanum violaeifolium* ringspot virus (SvRSV)-infected *S. violaeifolium*, showing the virions within the endoplasmic reticulum (ER) (arrows) and the electron dense viroplasma (Vp) in the cytoplasm.

Kitajima et al., 2010

123

6 – Movimento Célula-Célula Plasmodesmas e Floema

TRANSLOCATION AND DISTRIBUTION OF VIRUSES IN PLANTS



Agrios, 2005.

124

FIGURE 14-11 Mechanical inoculation and early stages in the systemic distribution of viruses in plants.

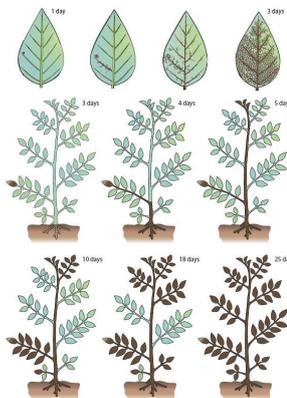


FIGURE 14-12 Schematic representation of the direction and rate of translocation of a virus in a plant. [Adapted from Samuel (1934). *Ann. Appl. Biol.* 21, 90-11.] Agrios, 2005.

125

Síntese de proteínas virais

3 proteínas mais importantes para o vírus completar seu ciclo de vida:

- Replicase
- proteína do movimento (célula-célula)
- Proteína da capa

126

4. Ecologia

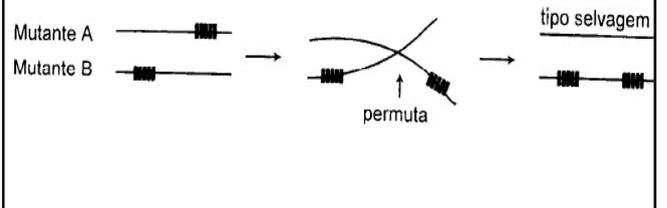
4.1. Variabilidade de Vírus

4.1.1. Mutação

| | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| - substituições | ATC <u>G</u> ATTT | ATC <u>C</u> ATTT |
| - deleções | ATC <u>G</u> ATTT | ATC_ ATTT |
| - inserções | ATCGATTT | ATCG <u>G</u> TTT |
| - inversões | <u>ATC</u> GATTT | <u>CTA</u> GATTT |

127

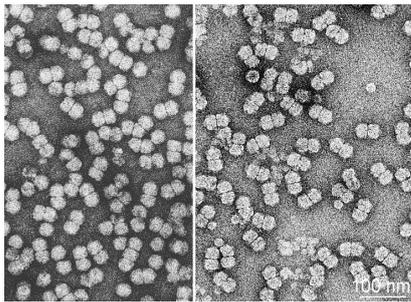
4.1.2. Recombinação genômica



128

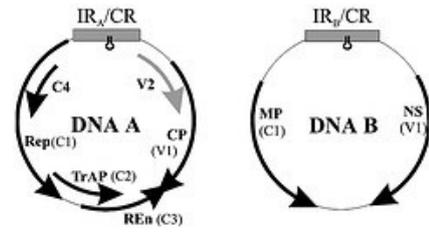
4.1.3. Reassortment

Squash leaf curl virus (SLCV) x Melon chlorotic leaf curl virus (MCLCuV)



Idris et al. 2008.

129



(SLCV) x (MCLCuV)

86 % de proximidade

130

4.2. Transmissão de Vírus

4.2.1. Transmissão mecânica



Agrios, 2005.

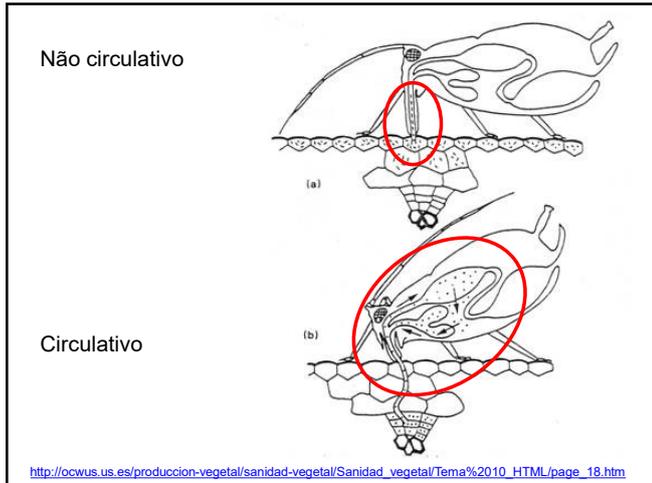
131

4.2.2. Transmissão por insetos

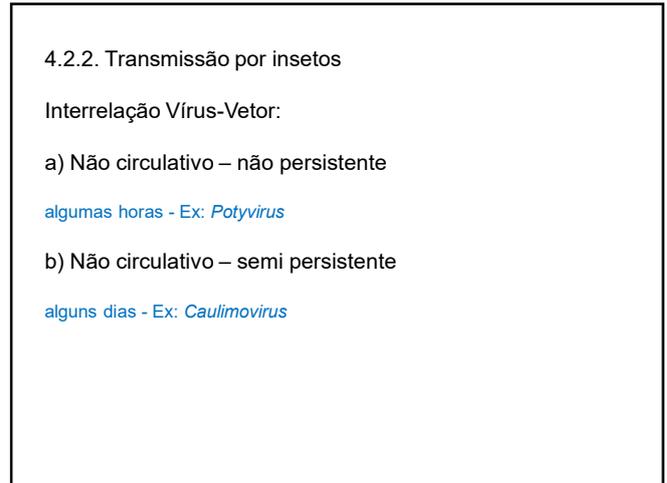
Interrelação Vírus-Vetor:

- a) Não circulativo – não persistente
- b) Não circulativo – semi persistente
- c) Circulativo
- d) Circulativa-propagativa

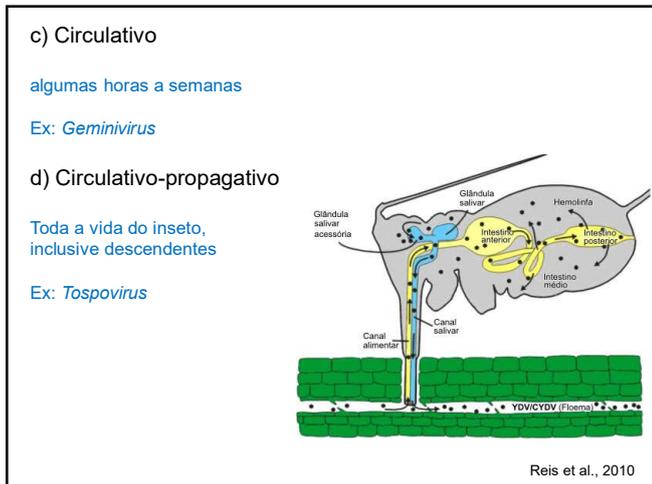
132



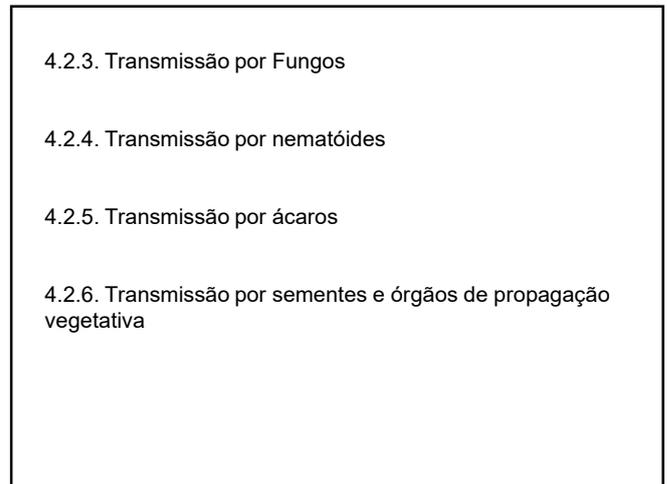
133



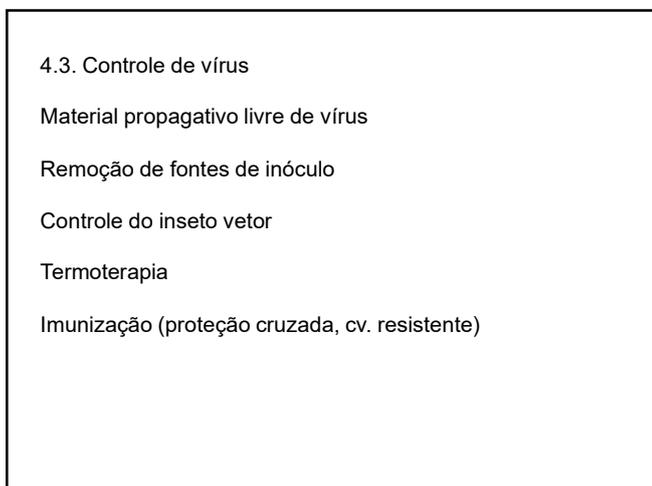
134



135



136



137



138

Referências:
 AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**. 5. ed. v. 1. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. 573 p.

MICHEREFF, S.J. **Vírus como agentes de doenças de plantas**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001. 9p. Disponível em: <https://labfito.webnode.com/>



139



<https://labfito.webnode.page/>

140

Câmpus Sul
UnU - Ipameri



Universidade Estadual de Goiás

Nematologia: morfologia, sistemática, fisiologia e ecologia

Daniel Diego Costa Carvalho

141

1. Morfologia

Fitonematóides: endoparasitas x ectoparasitas

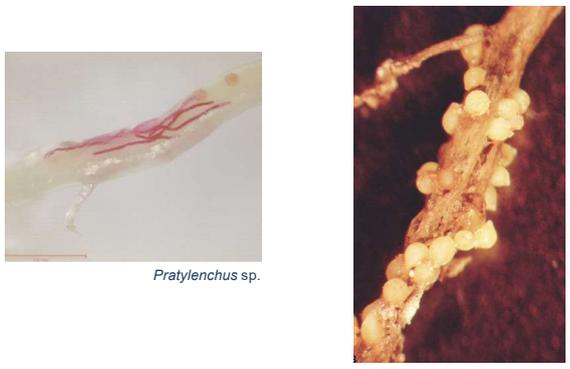
Eclusão, reserva de Lipídeos.

Juvenil x larva

Estádio x estágio

Hipertrofia x Hiperplasia

142



Pratylenchus sp.

Heterodera glycines

Agrios, 2005.

143

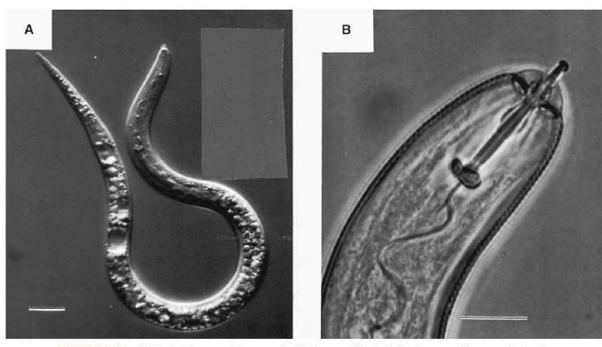


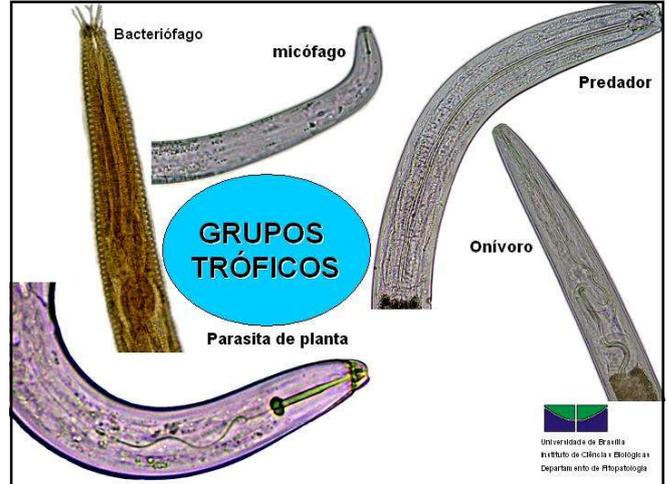
FIGURE 15-1 (A) Typical plant parasitic nematode. (B) Close-up of the head of a plant parasitic nematode showing the spear or stylet. Scale bars: 10µm. [From McClure and von Mende (1987), *Phytopathology* 77, 1463-1469.]

144

Nematóides

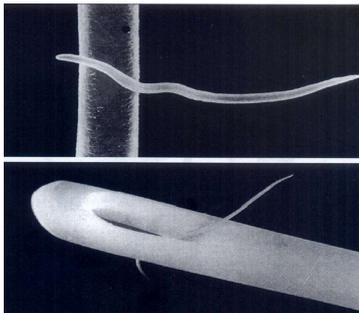
“Organismos geralmente tubulares, que em média medem de 0,1 a 4,0 mm de comprimento, pseudocelomados, não segmentados, de simetria bilateral, ovíparos, dióicos, com sistema digestivo e reprodutivo completo.”

145



146

1 – Tamanho e forma



São bem menores e mais finos que um cabelo humano.

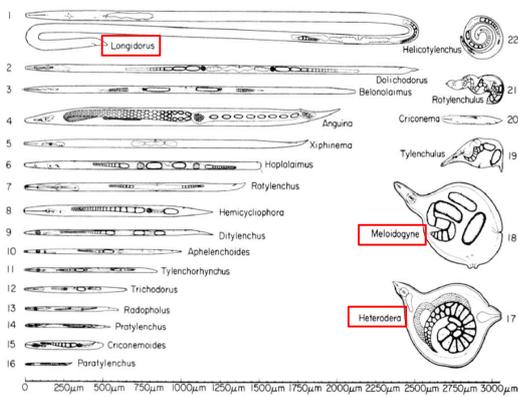
Passam facilmente pelo buraco de uma agulha.

Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

147

- o Tamanho microscópico (0,2 a 3,0 mm)
- Exceto: Longidorus, Paralongidorus, Tubixaba (10 a 12 mm)
- o Fêmeas no geral são maiores que os machos.
- o Forma predominante é Filiforme, mas, há exceções.
- o Algumas características
 - Cor
 - Organismos subcilíndricos

148



Fonte: Agrios, 2005.

149

Mudança no corpo de filiforme a berrante.

- o Ocorre precocemente no ciclo biológico do fitonematóide, como nos gêneros *Meloidogyne* e *Heterodera*, em que o juvenil de segundo estágio (J2) adquire forma salsichoide.
- o A mudança está usualmente associada aos fitonematóides que induzem sítios especiais de alimentação nos órgãos vegetais atacado, tornando-se sedentários em seguida.
- o Os machos são sempre filiformes.

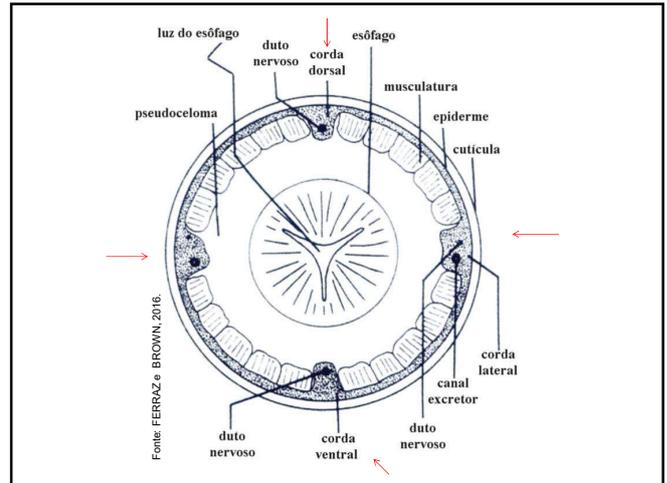
150

Em seção transversal, o corpo exibe contorno circular e quatro setores podem ser definidos: dorsal, ventral e dois laterais.

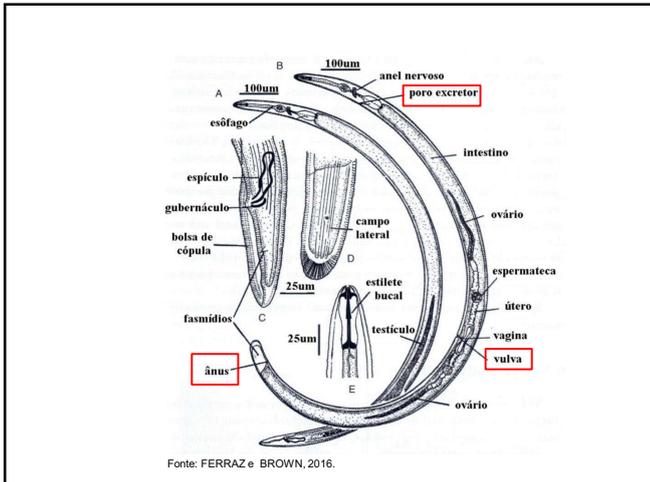
Como identificar tais setores?

- Recorre-se à localização das aberturas naturais do nematoide – poro excretor, ânus, e, nas fêmeas, também a vulva.

151



152



153

- o Nos nematoides não se conhecem os sistemas respiratórios e circulatório.
- o As trocas gasosas, usualmente, se dão por difusão pelo tegumento.

154

2 – Parede do corpo

- o Parede do corpo = Tegumento = Exoesqueleto

“Órgão complexo constituído de camada elástica, não celular, a cutícula, sob a qual se localiza a epiderme”

- o Interface entre nematoide e o ambiente que envolve.
- o Tegumento atua como barreira eficiente.

155

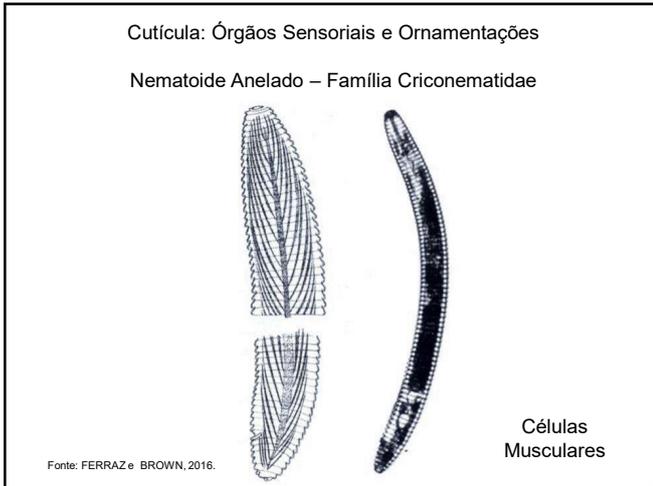
- o Cutícula dividida em 4 camadas

- 1 – Epicutícula
- 2 – Exocutícula
- 3 – Mesocutícula
- 4 – Endocutícula

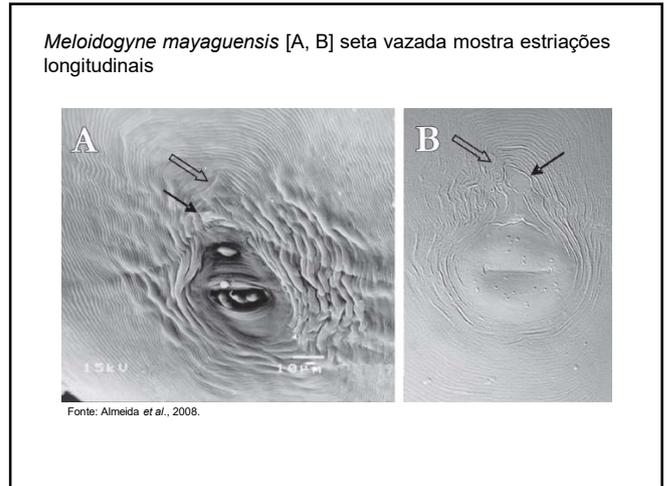
Variações podem ocorrer nas espessuras de tais camadas, principalmente em função do estágio do desenvolvimento do espécime e de modo de alimentação sobre a planta hospedeira.

- o Composição química: proteínas tipo-colágeno e outras substâncias.
- o A cutícula invagina-se nas aberturas naturais do nematoide e em alguns outros órgãos internos.

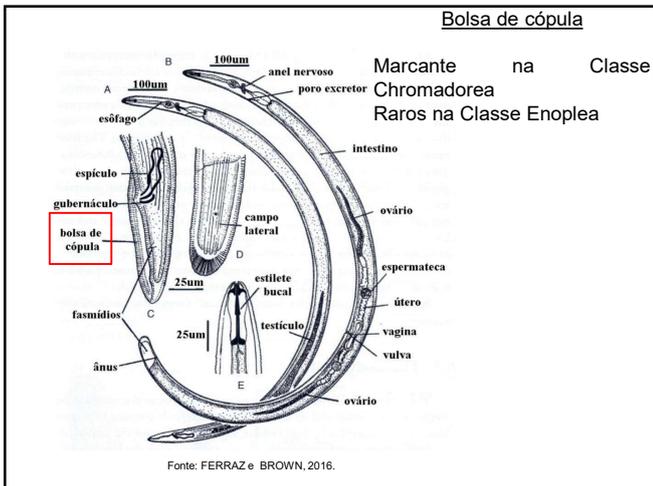
156



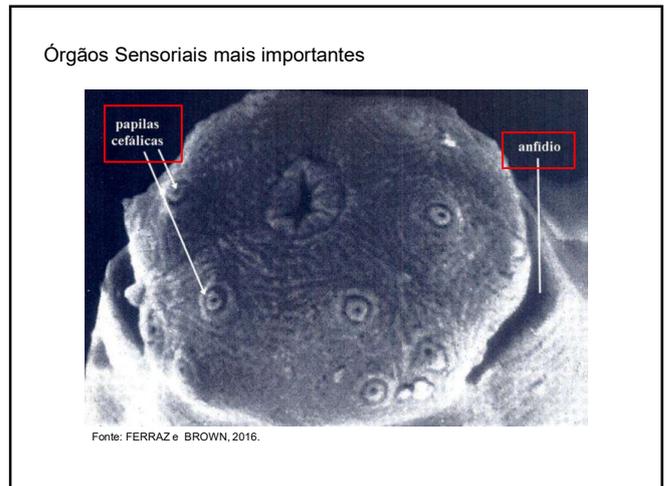
157



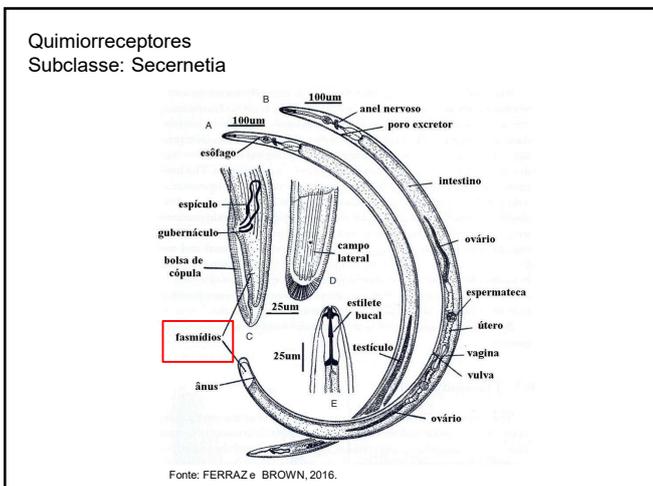
158



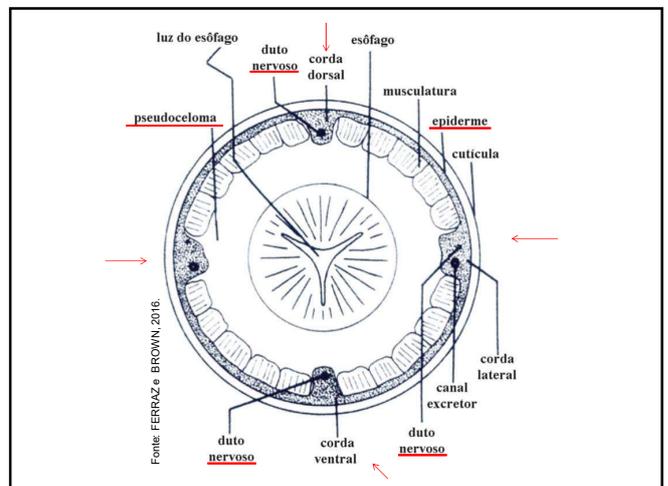
159



160

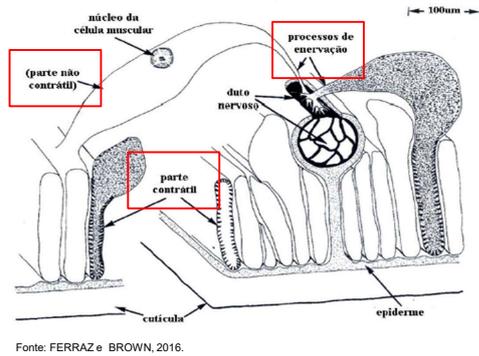


161



162

Célula Muscular Somática



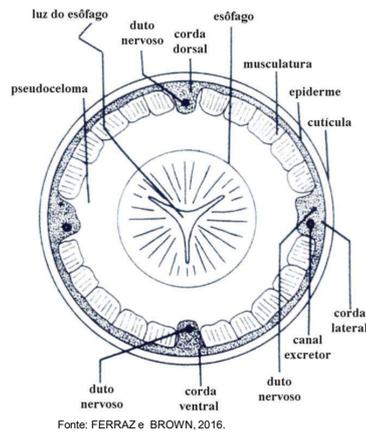
163

Músculos Especializados

- Associados aos sistemas digestório e reprodutores (masculino e feminino)
- Músculo responsáveis pela abertura do ânus, pela dilatação da vulva e pela movimentação dos espículos.

164

3 – Pseudoceloma



165

- Preenchida por um fluido que banha todos os órgãos.
- Desempenha papel importante na manutenção de uma elevada pressão interna, essencial a movimentação do nematoide.

166

4 – Sistema digestório

Compõe-se de três partes:

- Estomodeo (cavidade bucal e esôfago)
- Mesêntero (intestino em quase toda a sua extensão)
- Proctodeo (porção final do intestino, o reto e o ânus, além de incorporar a cloaca nos machos.)

Funções:

- Ingestão de alimentos
- Retiradas de nutrientes
- Eliminação de resíduos

167

Nematoídes de vida livre

- Digestão: Intestino

Fitonematoídes

- Nematóide de plantas cítricas

168

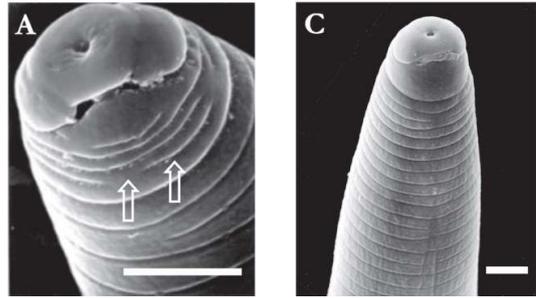
Fotomicrografias de fêmeas de *Bursaphelenchus fungivorus* ao microscópio eletrônico de varredura.
A: região labial elevada, destacada do corpo.



Fonte: Oliveira et al., 2011.

169

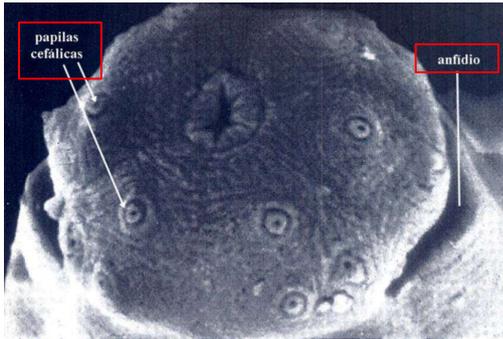
Eletromicrografias de varredura.
A (*Meloidogyne incognita* as setas mostram estrias transversais na região labial).
C (*M. mayaguensis* com região labial lisa).



Fonte: Almeida et al., 2008.

170

6 lábios
Região Labial

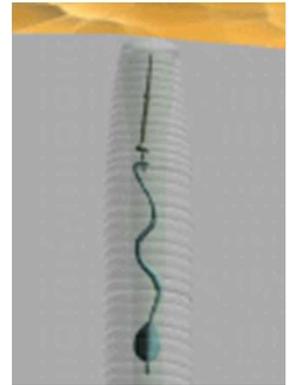


Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

171

Tipos de Estilete:

- 1 – Estomatoestilete
- 2 – Odontoestilete
- 3 – Onquioestilete



172

Tipos de Estilete:

- 1 – Estomatoestilete - (Classe Chromadorea – Subclasse Secernentia)

Formada por uma ponta cônica
Região alongada (haste)
Nódulos basais que prendem músculos especializados destinado a realizar proteção do órgão

- 2 – Odontoestilete - (Classe Enoplea – Subclasse Dorylaimia)

Estilete Canaliculado
Bem mais alongado
Se liga ao odontóforo (parte mais interior do esfago)

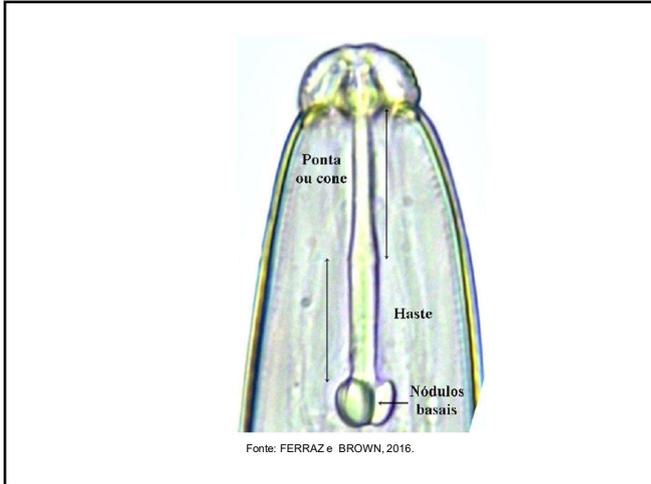
173

Tipos de Estilete:

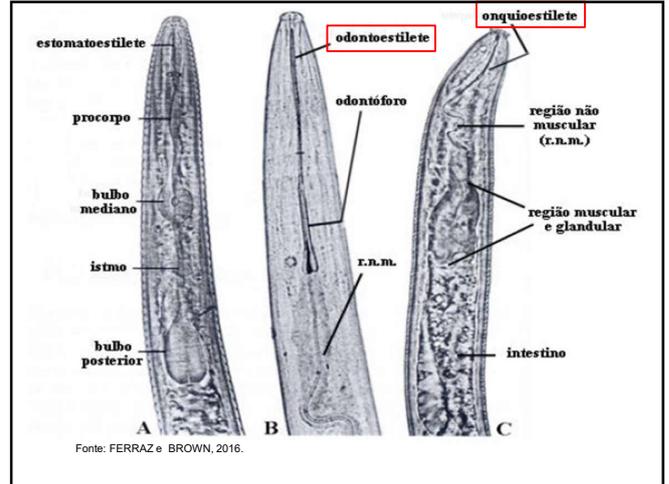
- 3 – Onquioestilete - (Classe Enoplea – Subclasse Enoplia)

É maciço
Não é canaliculado
Mais fino
Tipicamente curvado pelo dorsal

174



175



176

Esôfago

- o Órgão musculoso
- o Função de bombeamento
- o Organização complexa

177

Tipos de Esôfago

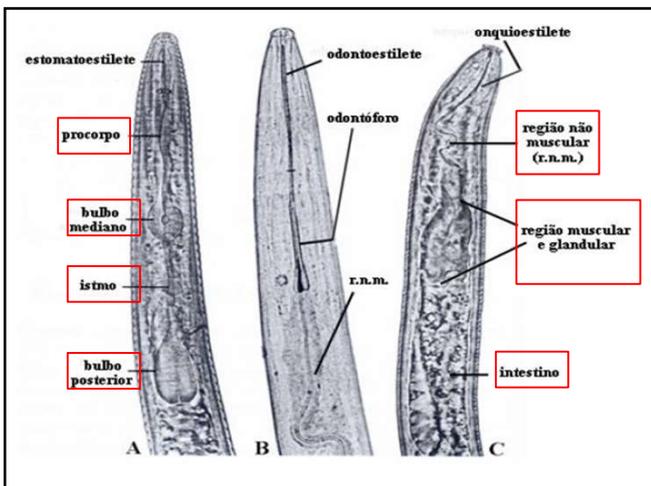
1 – Tilencoide

Três partes

2 – Dorilamoide

Duas regiões cilíndricas

178



179

Tipos de estilete bucal e de esôfago em fitonematoides:

A. estomatoestilete e esôfago tilencoide em *Tylenchorhynchus*;

B. odontoestilete e esôfago dorilamoide em *Xiphinema*; e

C. onquioestilete e esôfago dorilamoide em *Paratrichodorus*

Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

180

Intestino

Órgão mais longo do sistema, formato tubular e consiste de camadas simples de células epiteliais.

Parte final afilada (Reto)

O reto possui glândulas anexas retais
Ex: Nematóide de galhas (Substância gelatinosa – Ovos agregados)

181

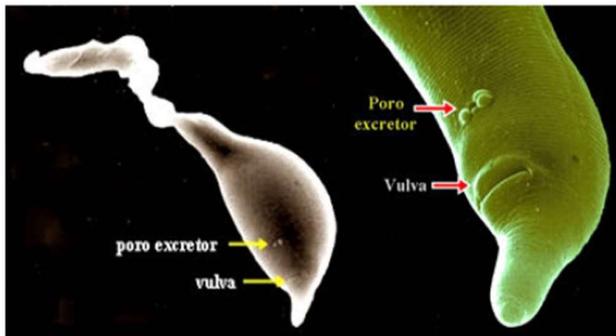
Morfologia

5 – Sistema excretor - secretor

Função

- Coletar os produtos finais do metabolismo
- Remover toxinas e eliminá-la do corpo
- Regulações osmótica e iônica do corpo
- Secreção de certas substâncias com funções nem sempre conhecidas.

182



Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

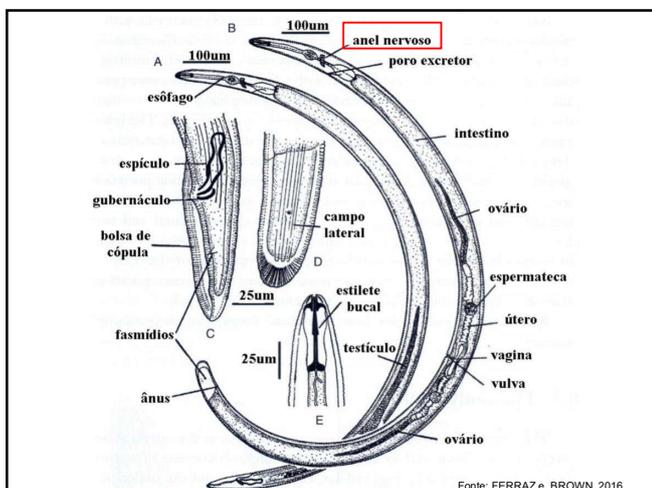
183

6 – Sistema nervoso

Função

- Receptor dos diferentes tipos de estímulos providos pelo ambiente

184



Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

185

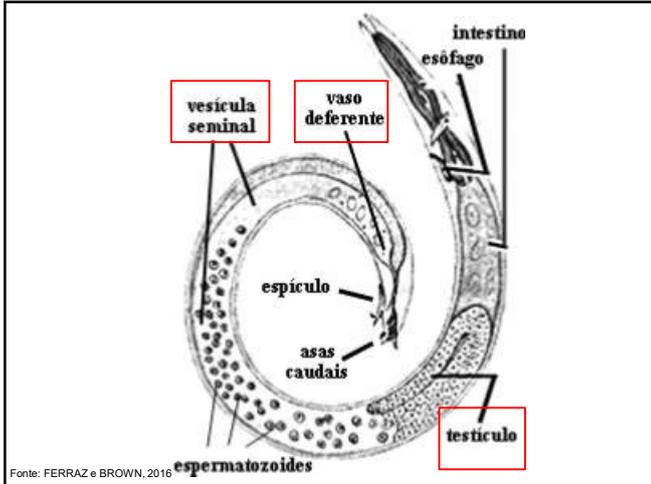
7 – Sistema reprodutor masculino

É estrutura tubular

Constituída de 3 órgãos primários:

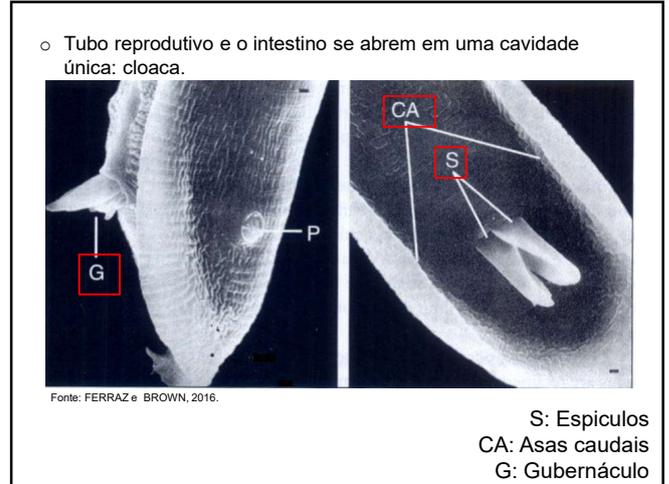
- Testículo
- Vesícula Seminal
- Canal ou vaso deferente

186



Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016

187



188



189

Processo de espermatogênese

O testículo, como o ovário, é telogônico e os minúsculos espermatozônios vão aumentando em número e tamanho através de sucessivas divisões mitóticas transformando-se em espermatozócitos, que amadurecem e originam espermatozoides haploides (n), os quais passam à vesícula seminal, onde ficam armazenados até serem ejaculados durante o acasalamento.

190

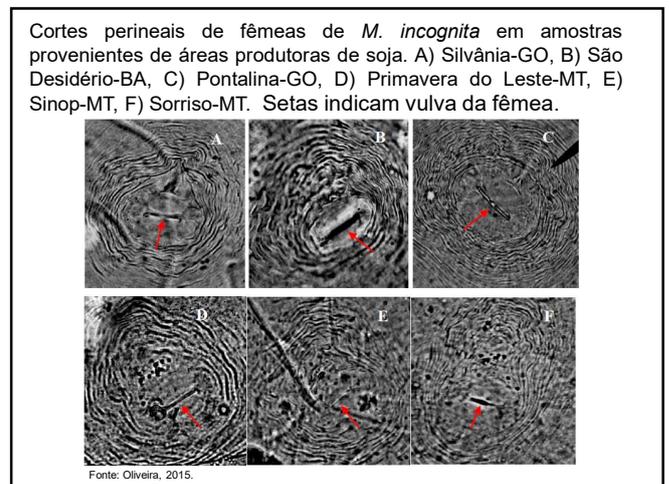
8 – Sistema reprodutor feminino

Basicamente tubular e constitui-se de ovário, oviduto, útero, vagina e vulva

Ovário, oviduto e útero: estruturas primárias
Vagina e vulva: estruturas secundárias

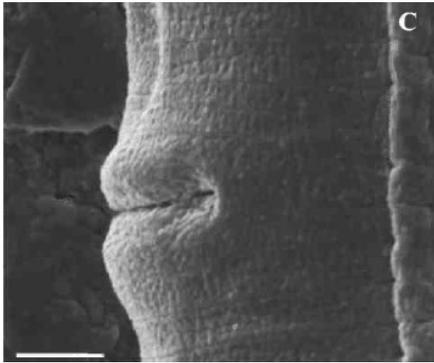
Espermateca

191



192

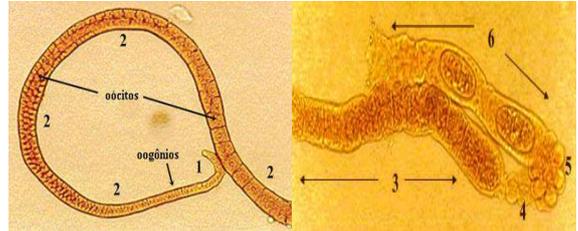
Fotomicrografias de fêmeas de *Bursaphelenchus fungivorus* ao microscópio eletrônico de varredura.
C: vulva sem a presença de dobra



Fonte: Oliveira et al., 2011.

193

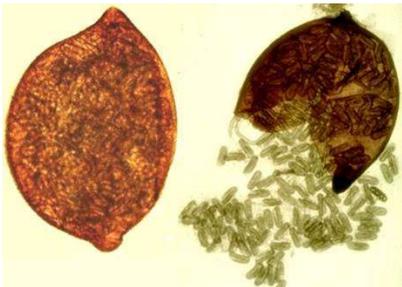
Sistema reprodutor em fêmea di(pro)délfica de *Meloidogyne*: ilustrações micrografias (abaixo) de seus componentes, onde: 1. zona germinativa; 2. zona de crescimento; 3. parte final do ovário; 4. oviduto; 5. espermateca; e 6. útero contendo ovos (de A. C. Triantaphyllou e L. C. Ferraz).



Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

194

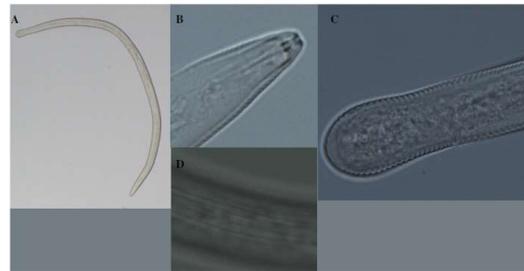
Cistos de *Heterodera* sp., íntegro (esq.) e rompido para expor os ovos nele armazenados.



Fonte: FERRAZ e BROWN, 2016.

195

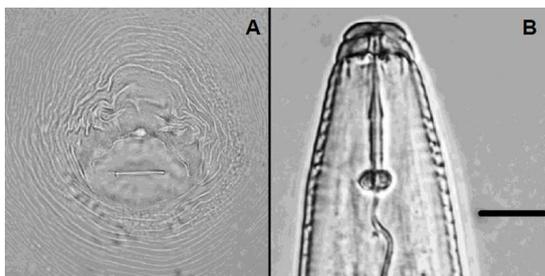
Trophurus usuriensis, população 31, proveniente de Viçosa, Brasil (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) região cefálica contínua ao corpo, com estilete delicado; (C) cauda com engrossamento da ponta.



Fonte: Caixeta, 2015.

196

Principais caracteres morfológicos de *Meloidogyne exigua*. A) Padrão perineal. B) Região labial do macho (Barra da escala= 10 µm).



Fonte: Carneiro, 2014.

197

Principais caracteres morfológicos de *Meloidogyne paranaensis*. A) Padrão perineal. B) Região labial do macho (Barra da escala= 10 µm).



Fonte: Carneiro, 2014.

198

2. Sistemática

1 – Classificação de nematoides
 1.1 – Reino, Filos, Classes e Ordens

1950: Eram considerados membros do filo Nematelminthes

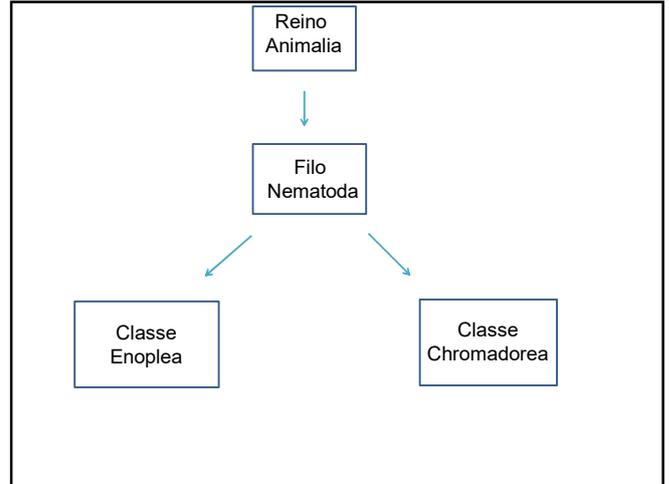
1958: Filo próprio e exclusivo “Nematoda ou Nemata”

4 décadas: Duas classes: Secernentea e Adenophorea

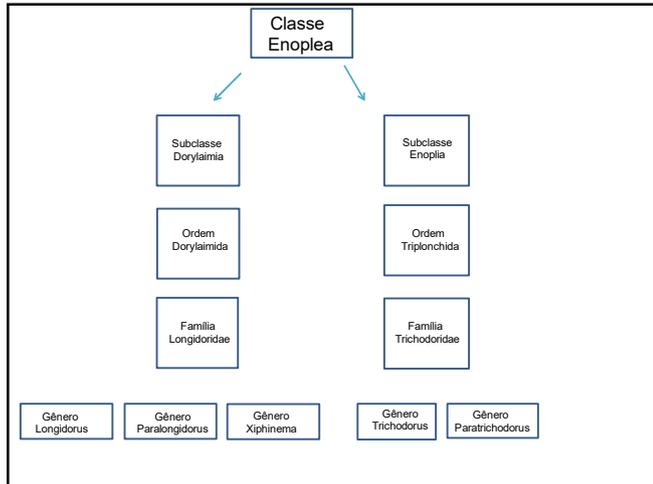
1998: Modelo atualmente aceito pela grande maioria dos adeptos da Nematologia.

Siddiqi (2000), DeLey e Blaxter (2002), e de Decraemer e Hunt (2006).

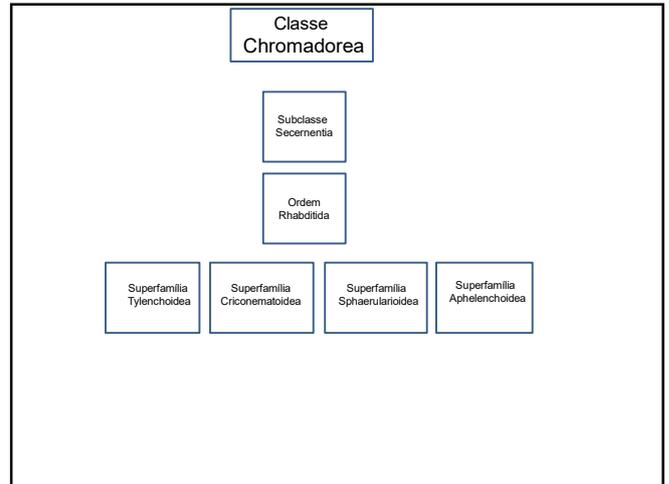
199



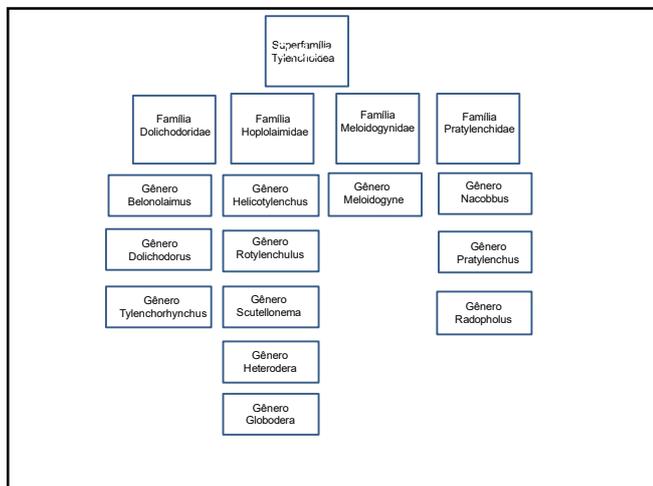
200



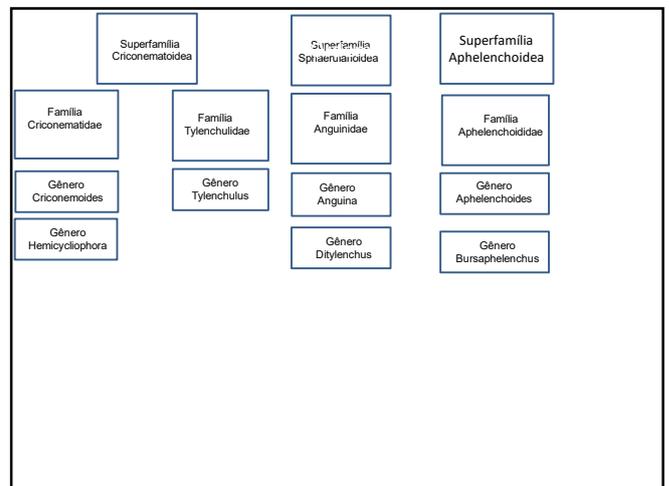
201



202



203



204

3. Fisiologia

- **Modos de reprodução:**

1. Anfimixia;
2. Partenogênese;
3. Hermafroditismo.

205

1. Anfimixia:

- Modo predominante de reprodução entre os fitonematoides;
- Feromônios sexuais;
- *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Radopholus* e *Rotylenchulus*.

206

2. Partenogênese:

- Segundo tipo de reprodução mais comum;
- Não há participação do macho (raros);
 - Mitótica (obrigatória): *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Xiphinema* e *Longidorus*;
 - Meiótica (facultativa): *Heterodera*, *Meloidogyne* e *Pratylenchus*.

207

3. Hermafroditismo:

- Raros relatos;
- Grupos de nematoides de vida livre.

208

- **Determinação do Sexo:**

- Espécies pertencentes a classe Secernentia;
 - Embriogênese;
 - Razão sexual;
- Espécies pertencentes aos gêneros *Heterodera*, *Globodera* e *Meloidogyne*;
 - Fatores ambientais: densidade populacional; disponibilidade de alimento e temperatura;
 - Estádio juvenil (J3).

209

- **O ovo:**

- A oviposição é um processo rápido;
- Há grande variação do número de ovos produzidos;
- Entre fitonematoides, 200 ou menos ovos são depositados;
- Os nematoides zooparasitas (*Ascaris lumbricoides*) são os que produzem números mais altos de ovos.

210

- **O ovo:**
- O depósito de ovos de fitoparasitas migradores;
 - Interior de órgãos vegetais;
 - Solo;
 - *Pratylenchus* e *Radopholus*;
- Fêmeas sedentárias colocam os ovos em meio a massas gelatinosas típicas;
 - *Meloidogyne*.

211

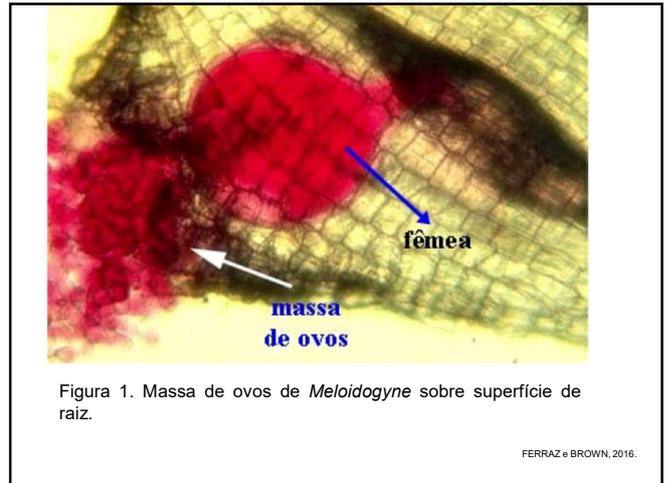


Figura 1. Massa de ovos de *Meloidogyne* sobre superfície de raiz.

FERRAZ e BROWN, 2016.

212

- **O ovo:**
- Em alguma espécie de fitonematoides ocorre a retenção da maior parte de ovos;
- Morte da fêmea;
- A parede do corpo torna-se mais espessa e resistente;
- “Cistos”;
- Nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*);
- Nematóide dourado da batata (*Globodera rostochiensis*).

213



Figura 2. Cistos de *Heterodera* sp., íntegro e rompido para expor os ovos nele armazenados.

FERRAZ e BROWN, 2016.

214

- **Eclosão:**
- A embriogênese ocorre completamente dentro do ovo;
- Um juvenil se forma por ovo;
- Sob condições ambientais favoráveis a eclosão ocorre sem a necessidade de estímulos externos;
- O mesmo não ocorre com nematoides de cistos;
- Requerem estímulos específicos.

215

- **Eclosão:**
- Outro mecanismo de eclosão é a produção de secreções enzimáticas;
- Glândulas esofagianas;
- Sucessivos movimentos do estilete bucal contra a parede;
- *Meloidogyne incognita*.

216

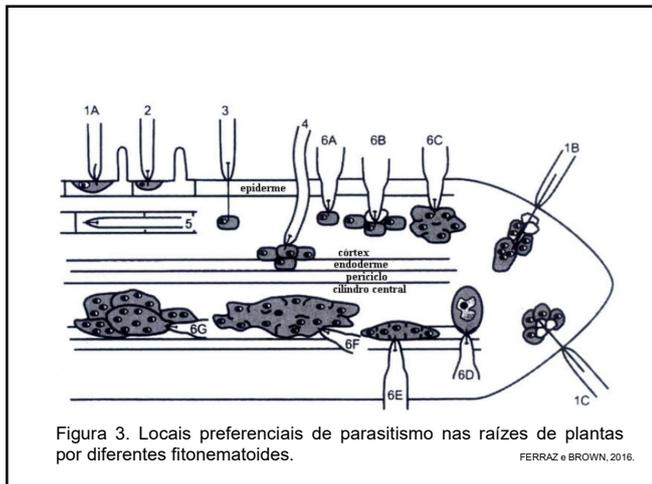
ALIMENTAÇÃO DE NEMATÓIDES

- A alimentação é necessária para sobrevivência e reprodução;
- Podem ser micófagos, bacteriófagos, algófagos, protozoófagos, carnívoros ou predadores e, parasitas de plantas superiores;
- Alimentam-se de tecidos vegetais;
- Obtém nutrientes a partir do citoplasma de células vivas.

217

- Fitonematoides parasitam partes vegetais subterrâneas;
 - Raízes, túberas, rizomas, tubérculos, frutos hipógeos;
- Poucos se especializam no parasitismo de órgãos aéreos;
 - Caules, folhas, flores, e sementes.

218



219

- Evoluíram a partir de ancestrais com hábitos de vida livre;
- Modificações morfológicas adaptativas;
- A principal modificação foi a formação de um estilete bucal canaliculado típico;
 - Perfurar a parede celular;
 - Injeta secreções enzimáticas.

220

- Existem diversas variações em relação ao mecanismos básico de alimentação;
- Variação dos efeitos das secreções das glândulas esofagianas sobre as células vegetais parasitadas;
- Os nematoides são classificados de acordo com o hábito alimentar;
 1. Ectoparasitas;
 2. Endoparasitas sedentários;
 3. Endoparasitas migratórios;
 4. Semiendoparasitas sedentários.

221

1. Ectoparasitas

- Não penetram no sistema radicular;
- Apenas introduz o estilete;
- Células do tecido meristemático;
- *Aphelenchoides besseyi* (arroz).

222

2. Endoparasitas sedentários

- Penetram no sistema radicular;
- Desenvolvem-se desproporcionalmente;
- *Meloidogyne* e *Heterodera* (várias culturas).

223

3. Endoparasitas migratórios

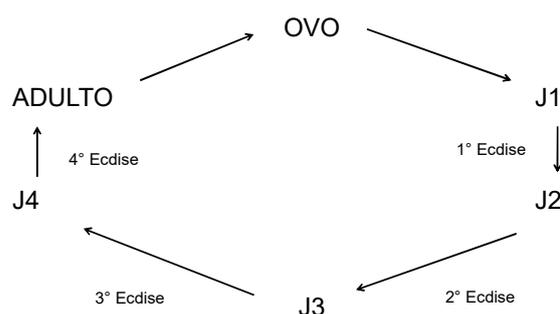
- Penetram nas raízes;
- Locomovem-se e alimentam-se;
- Decomposição das raízes;
- *Rhadopholus similis* (cavernícola da bananeira), *Bursaphelenchus cocophilus* (coqueiro) e *Pratylenchus zea* (milho).

224

4. Semiendoparasitas sedentários

- Parte do corpo que fica inserida nas raízes;
- Estádio infectante é o migratório;
- Origina-se fêmea obesa;
- *Rotylenchulus reniformis* (algodão) e *Tylenchulus semipenetrans* (citros).

225

4. Ecologia

226

Classificação quanto a alimentação

Endoparasitas sedentários:

Meloidogyne (galhas) e *Heterodera* (cisto)

Endoparasitas migradores:

Rhadopholus similis (cavernícola da bananeira)

Ectoparasitas:

Aphelenchoides besseyi (arroz)

227

| Nematóide | Cultura | Alteração | Parasitismo | Estádio infectivo |
|-----------------------------------|------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| <i>Meloidogyne</i> | Galhas | Células gigantes | Endo-sedentário | J2 |
| <i>Heterodera glycines</i> | Cisto/Soja | Sincítia | Endo-sedentário | J2 |
| <i>Rotylenchulus reniformis</i> | Algodão | Células nutritoras | Endo-sedentário | A |
| <i>Bursaphelenchus cocophilus</i> | Coqueiro | - | Endo-migrador | J3 |
| <i>Aphelenchoides besseyi</i> | Arroz | - | Ectoparasita | J2-A |
| <i>Radopholus similis</i> | Bananeira | - | Endo-migrador | J2-A |

228

Meloidogyne (nematóide das galhas radiculares)

- Endoparasita sedentário: gênero mais importante de fitonematóides
- Macho não se alimenta
- Sítio de alimentação: células gigantes multinucleadas
- Galha: desbalanço hormonal
- Comprometimento de absorção e redução da fotossíntese
- Espécies mais importantes: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. paranaenses*, *M. exigua*,.....

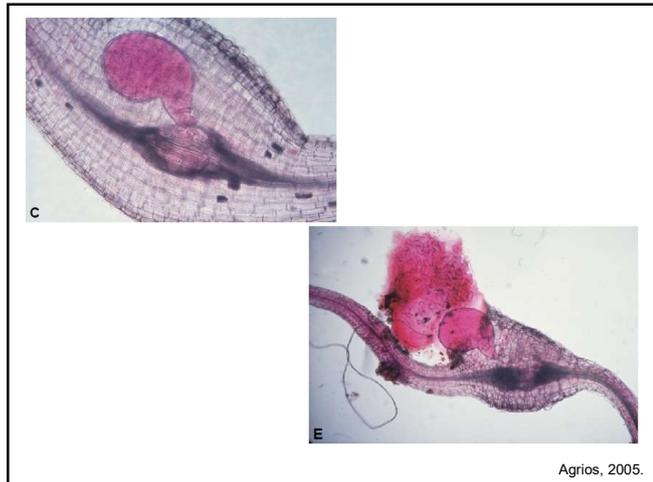
229

Nematóide das galhas (*Meloidogyne* spp.)



[http://rachel.worldpossible.org/modules/infonet/export/default\\$ct\\$80\\$pests.html](http://rachel.worldpossible.org/modules/infonet/export/defaultct80$pests.html)

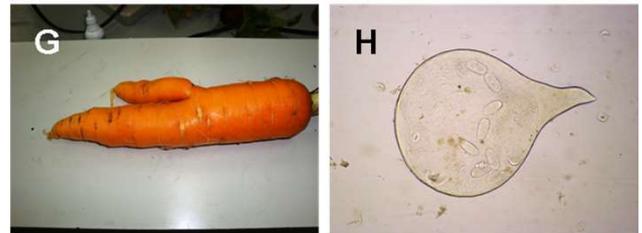
230



Agrios, 2005.

231

Meloidogyne spp.



G) Bifurcação em raiz de cenoura, decorrente do ataque de *Meloidogyne* sp.; H) *Meloidogyne* sp. removido de raízes de rabanete.

Carvalho, 2015.

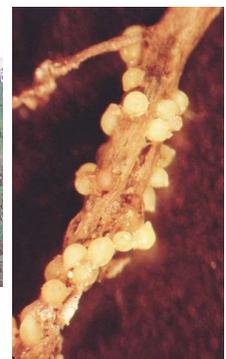
232

Heterodera (nematóide do cisto)

- Sincítia (não há galhas)
- Machos não se alimentam
- Eclosão: condições ambientais favoráveis / exsudatos da hospedeira
- *H. glycines* (cisto da soja)

233

Heterodera glycines Soja

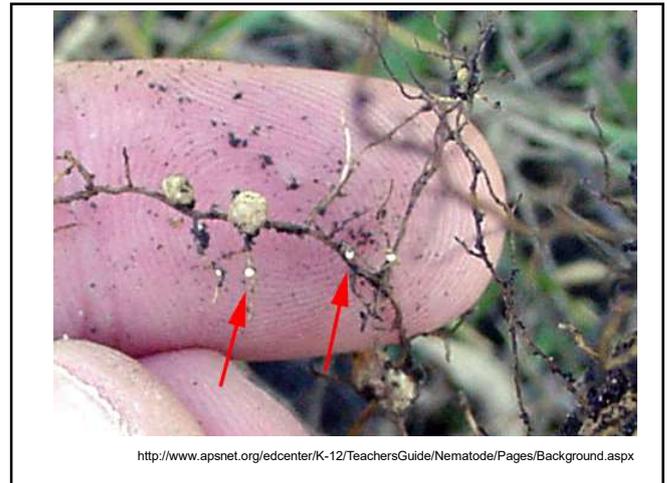


Agrios, 2005.

234



235



236

Rotylenchulus reniformis
(nematóide reniforme do algodão)

- Células nutritoras
- semi-endoparasita

237



238



239

Bursaphelenchus cocophilus
(anel vermelho do coqueiro)

- Endoparasita migratório do caule, pecíolo e pedúnculo
- Anel necrótico
- Folhas mais velhas amareladas, dobradas no pecíolo, chegando a morrer
- Vetor: *Rhynchophorus palmarum*

240

Insetos x nematóides

Anel vermelho do coqueiro
Bursaphelenchus cocophilus

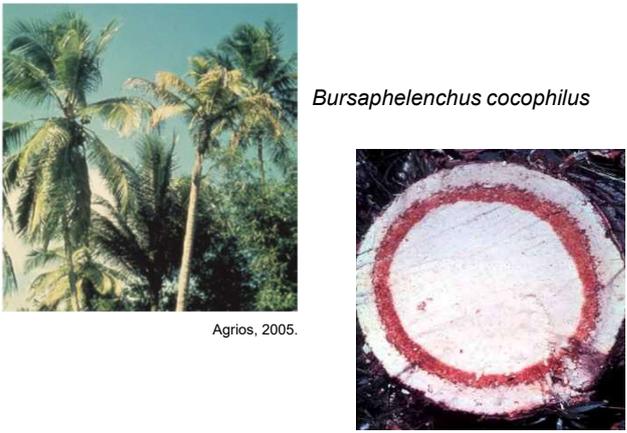


FIGURE 15-36 Young (A) and fully developed (B) palm trees showing yellowing, wilting, and necrosis of lower fronds caused by infection with the red ring nematode *Bursaphelenchus cocophilus*. (C) Cross section of infected palm tree trunk showing red ring where the nematodes feed and move. (D) Palm red ring nematodes. (E) The palm red ring nematode vector *Rhynchophorus palmaram*. [Photographs courtesy of (A and B) D. W. Dickson and (C-E) R. M. Giblin-Davis.]

Agrios, 2005.

241

Bursaphelenchus cocophilus



Agrios, 2005.

http://www.agrolink.com.br/agricultura/problemas/busca/anel-vermelho_2990.html

242

Aphelenchoides
(Nematóide das folhas e botões florais)

- Parasita de órgãos de parte aérea
- *Aphelenchoides besseyi* – agente da “ponta branca” do arroz

243

Aphelenchoides besseyi



<http://www.boujo.net/handbook/ine/ine-462.html>

<http://www.wageningenur.nl/en/show/Publication-Characterisation-of-the-transcriptome-of-Aphelenchoides-besseyi-and-identification-of-a-GHF-45-cellulase.htm>

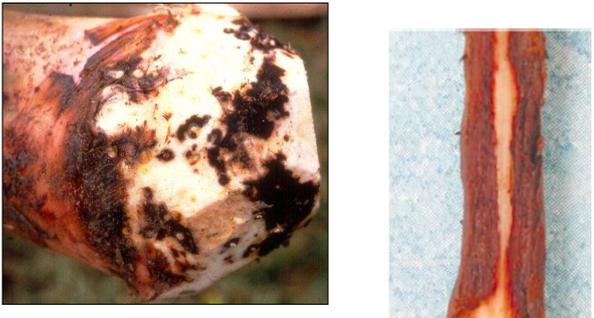
244

Radopholus similis

- nematóide cavernícola da bananeira
- Endoparasita migrador

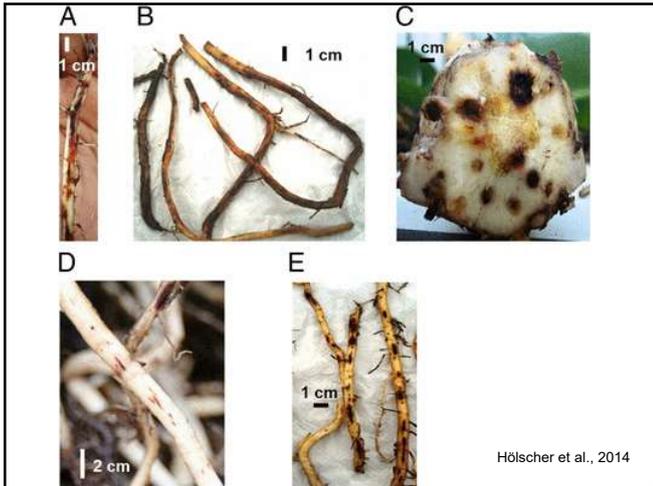
245

Radopholus similis – nematóide cavernícola da bananeira



Agrios, 2005.

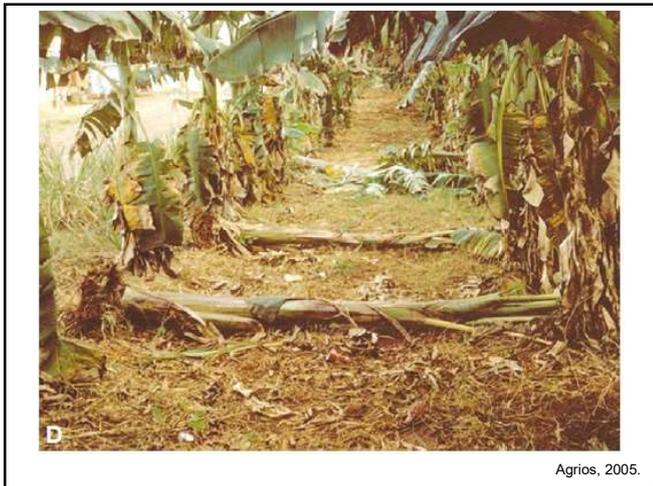
246



247



248



249

Referências:
 AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. v. 2. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2016. 772 p.

CARVALHO, D.D.C. **Doenças do Feijoeiro**. 2. ed. Columbia, USA: Independently Published, 2022, 78p.

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016, 251p. Disponível em: <https://nematologia.com.br/files/livros/1.pdf>

250

<https://labfito.webnode.page/>

251