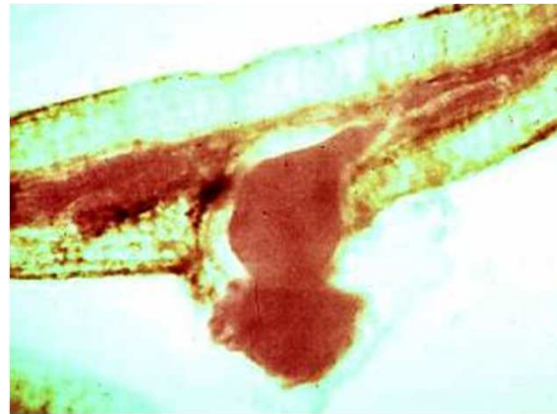


# Protecção de Plantas

## UD2 - Nemátodes fitopatogénicos



## Evolução da nematologia

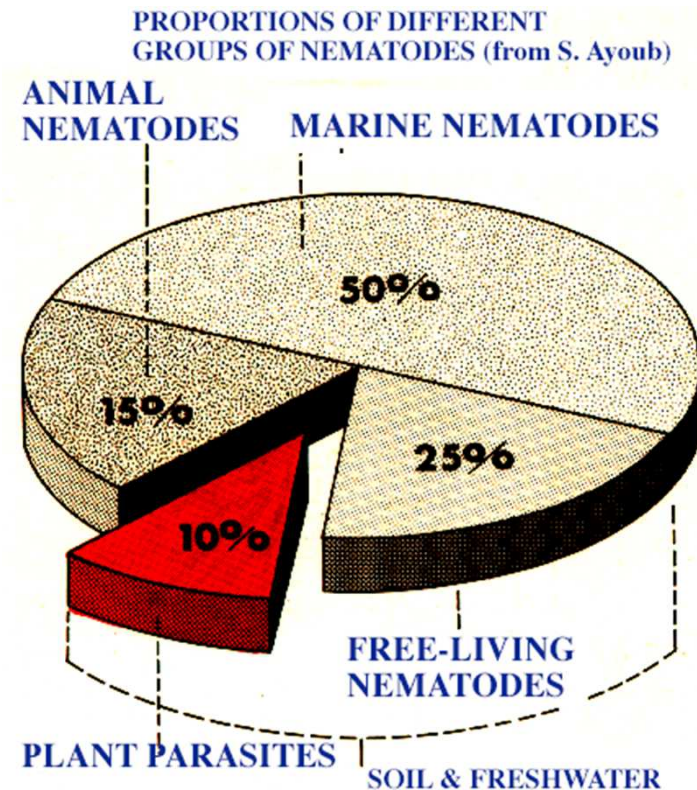
- ✓ Observação de nemátodes (*Anguina tritici*) no trigo (Needham, 1743)
- ✓ Existem fósseis de nemátodes preservados em âmbar com mais de 120 a 135 milhões de anos (nemátodes parasitas de insectos)
- ✓ Referência a ascarídea (lombriga) do homem e de outros animais na antiga literatura chinesa, egípcia e grega
- ✓ Observação de nemátodes (*Meloidogyne* sp.) em cucurbitáceas (Berkeley, 1855)
- ✓ Associação de nemátodes (*Ditylenchus dipsaci*) a malformações do cardo (1857)
- ✓ Observação de quistos (*Heterodera schachtii*) em raízes de beterraba (1859)
- ✓ Trabalhos de Nathan Cobb nos EUA (início do século XX)
- ✓ Conceitos de nematologia e do *taxon* Nemata (Cobb, 1919)
- ✓ Enquadramento dos nemátodes (Nemata) na classe Nematoda do phylum Aschelminthes (1925)
- ✓ Criação do phylum Nematoda (Potss, 1932)

- Os nemátodes constituem um dos mais abundante grupo de animais multicelulares
- Formam um grupo muito diverso que pode ser encontrado em praticamente todos os ecossistemas. Das mais de 30 000 espécies actualmente conhecidas\*:

- 50% são marinhas
- 25% são de vida livre, vivendo no solo ou na água doce
- 15% são parasitas de animais
- 10% são parasitas de plantas \*\*

\*\* Num grama de solo podem encontrar-se:

- ✓  $10^8-9$  bactérias
- ✓  $10^5-8$  actinomicetas
- ✓  $10^5-6$  fungos
- ✓  $10^3-6$  microalgas
- ✓  $10^3-5$  protozoários
- ✓  **$10^{1-2}$  nemátodes**
- ✓  $10^3-5$  outros invertebrados

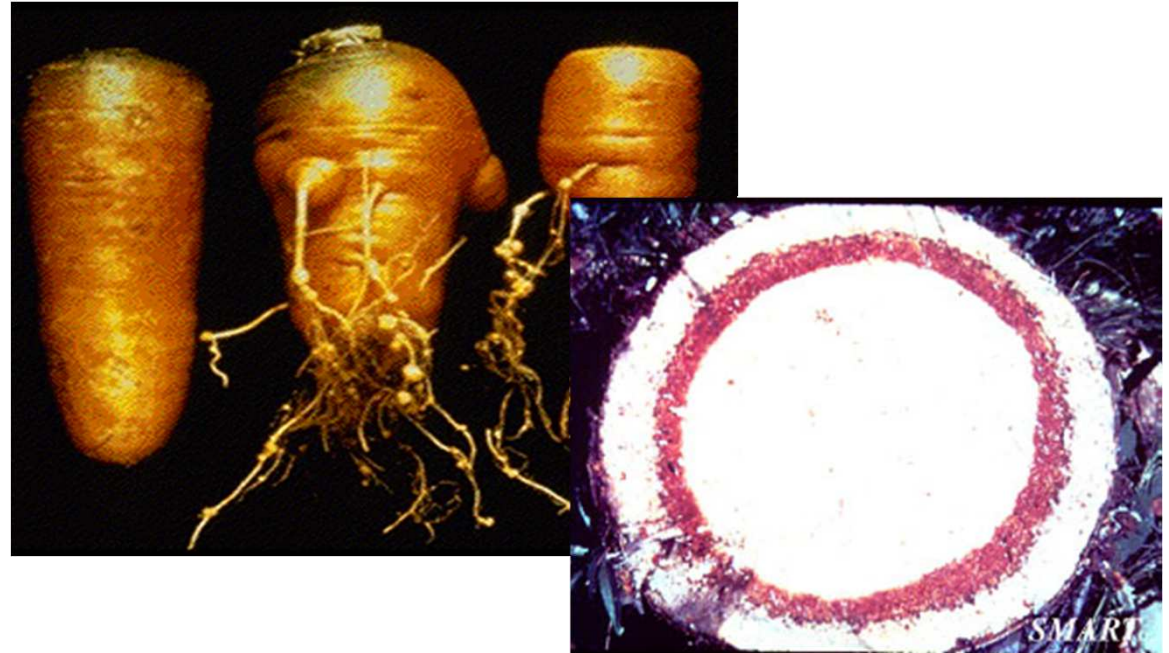


\* Nota: Todos os nemátodes vivem num meio aquático

# Nemátodes parasitas de plantas

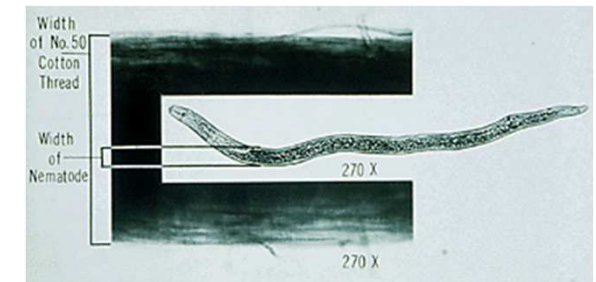
- Mais de 3 000 espécies conhecidas
- Presentes em todos os nichos ecológicos
- Todas as espécies de plantas podem ser atacadas por nemátodes
- Diferentes espécies de nemátodes atacam diferentes órgãos das plantas
- São sérios problemas em todos os sistemas de cultura
- Causam cerca de 10% de prejuízos a nível mundial

Bananeira - 19,7%  
Coqueiro - 17,1%  
Quiabo - 20,4%  
Tomate - 20,6%  
Inhame - 17,7%



## Dimensão:

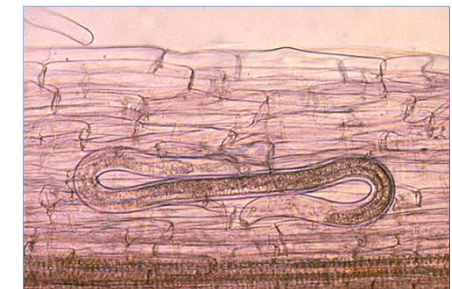
- ✓ Os nemátodes do solo têm de comprimento 0,15 a 12 mm e de largura 15 a 70  $\mu$ m (os fitófagos medem de 0,25 a 12 mm)
- ✓ Os nemátodes marinhos medem de 83  $\mu$ m a 50 mm
- ✓ Nemátodes de animais podem medir até 8 m (caso de *Placentonema gigantisma* do cachalote)



Fio de algodão/nemátode

## Forma:

- ✓ A maioria dos nemátodes são filiformes, com o corpo adelgado em ambas as extremidades
- ✓ Nalguns nemátodes, sobretudo fêmeas de algumas espécies, o corpo pode apresentar-se dilatado, podendo apresentar forma esférica ou piriforme



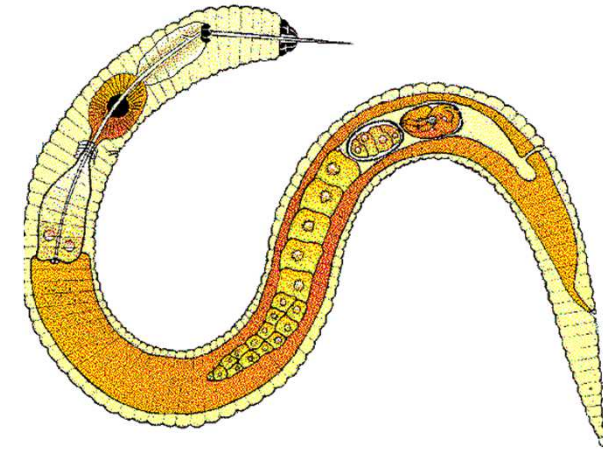
*Pratylenchus penetrans*



*Rotylenchulus* sp.

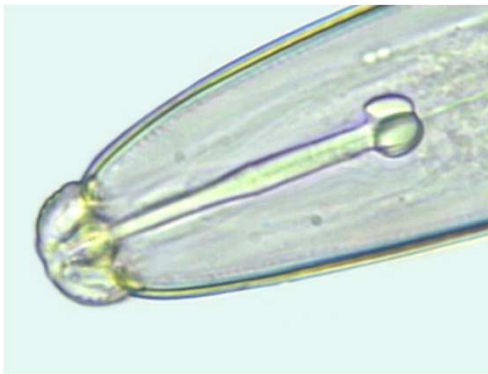
## Sistema digestivo

O sistema digestivo é composto por:  
cavidade bucal  
esófago  
intestino  
recto ou cloaca



Cavidade bucal: câmara imediatamente a seguir à abertura bucal . O seu tamanho difere entre as espécies e está adaptada ao modo de alimentação

Na cavidade bucal dos nemátodes fitoparasitas existe um estilete, estrutura semelhante a uma agulha oca



Cavidade bucal de um nemátode fitoparasita



Cavidade bucal de um nemátode saprófago

**Phylum: Nemata ou Nematoda**

**Classe: Secernentea** **Ordem Tylenchida:** inclui nemátodes que se alimentam de fungos, plantas e insectos. Apresentam estilete estreito e esclerotizado e três knobs. A cutícula evidencia diferentes tipos de marcas transversais (anelações). O esófago está dividido em três partes. Mostram frequentemente dimorfismo sexual

**Ordem Aphelenchida:** inclui nemátodes que se alimentam de fungos, plantas e insectos. São geralmente pequenos ( $\leq 1$  mm ) e vermiformes. O estilete está fracamente esclerotizado e com knobs pequenos ou ausentes. O esófago está dividido em três partes. As fêmeas têm apenas um ovário

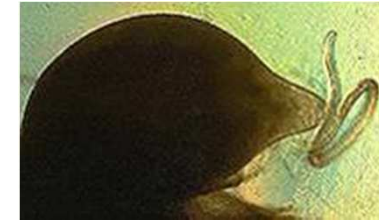
**Classe: Adenophorea** **Ordem Dorylaimida:** habitualmente nemátodes de vida livre que vivem no solo e na água; muitos alimentam-se de plantas ou são predadores. Alguns apresentam odontoestilete com uma abertura lateral e não têm knobs. Os anfídios nunca são espiralados. A anelação cuticular nunca é visível ao microscópio óptico. O esófago está dividido em duas partes.

**Ordem Triplonchida**

# Aspectos da biologia dos nemátodes

Dimorfismo sexual

Tipo de parasitismo/hábito alimentar

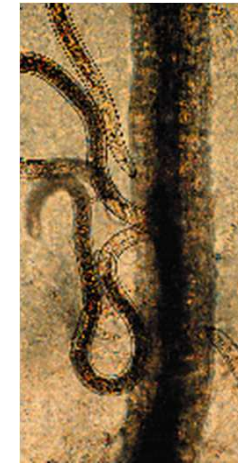


Fêmea e macho de *Heterodera glycines*

Ectoparasitas

**Sedentários**  
(*Criconemoides, Paratylenchus*)

**Migradores**  
(*Belonolaimus, Paratrichodorus*)



*T. semipenetrans*

Semi-endoparasitas

**Sedentários**  
(*Rotylenchulus, Tylenchulus*)

**Migradores**  
(*Rotylenchus, Helicotylenchulus*)

*Paratrichodorus*

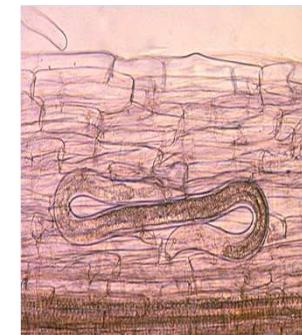
Endoparasitas

**Sedentários**  
(*Globodera, Heterodera*)

**Migradores**  
(*Aphelenchoides, Radopholus*)



*Heterodera* sp.



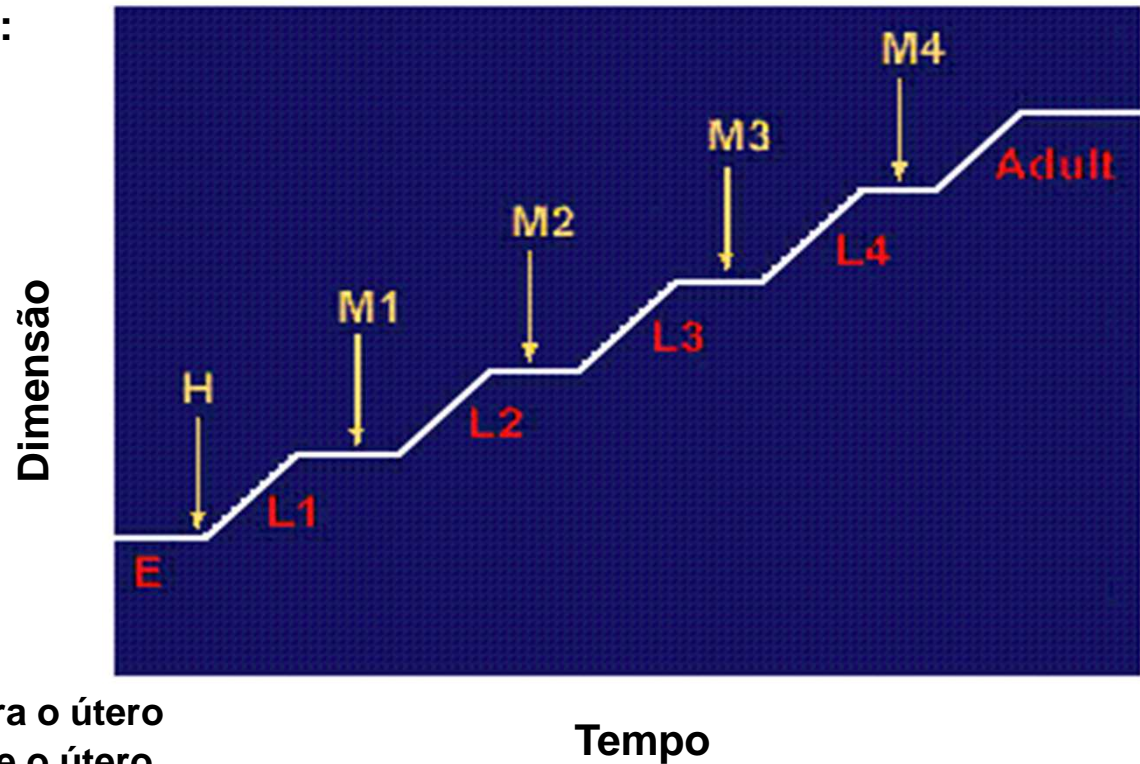
*Pratylenchus penetrans*



No diagrama do ciclo de vida de um nemátode referem-se seis estádios:

- ovo
- 1º estágio juvenil
- 2º estágio juvenil
- 3º estágio juvenil
- 4º estágio juvenil
- adulto

- ✓ Formação dos oócitos no ovário
  - ✓ Desenvolvimento dos oócitos
  - ✓ Passagem para o oviduto e depois para o útero
  - ✓ Fertilização na região entre o oviduto e o útero
  - ✓ Desenvolvimento embrionário antes ou depois da oviposição
- 
- ✓ Na **passagem de um estágio** juvenil para o estágio seguinte **ocorre uma muda**
  - ✓ A primeira muda dá-se geralmente no ovo (nos *Dorilaymida* o juvenil eclode no 1º estágio)

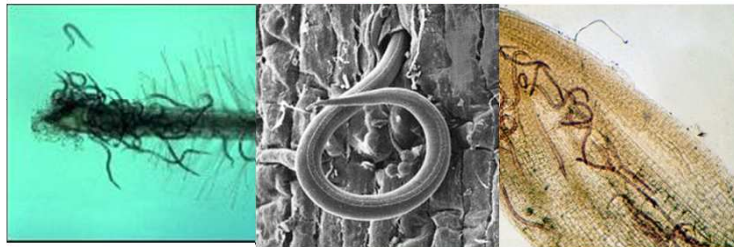


juvenil do 2º estágio na eclosão

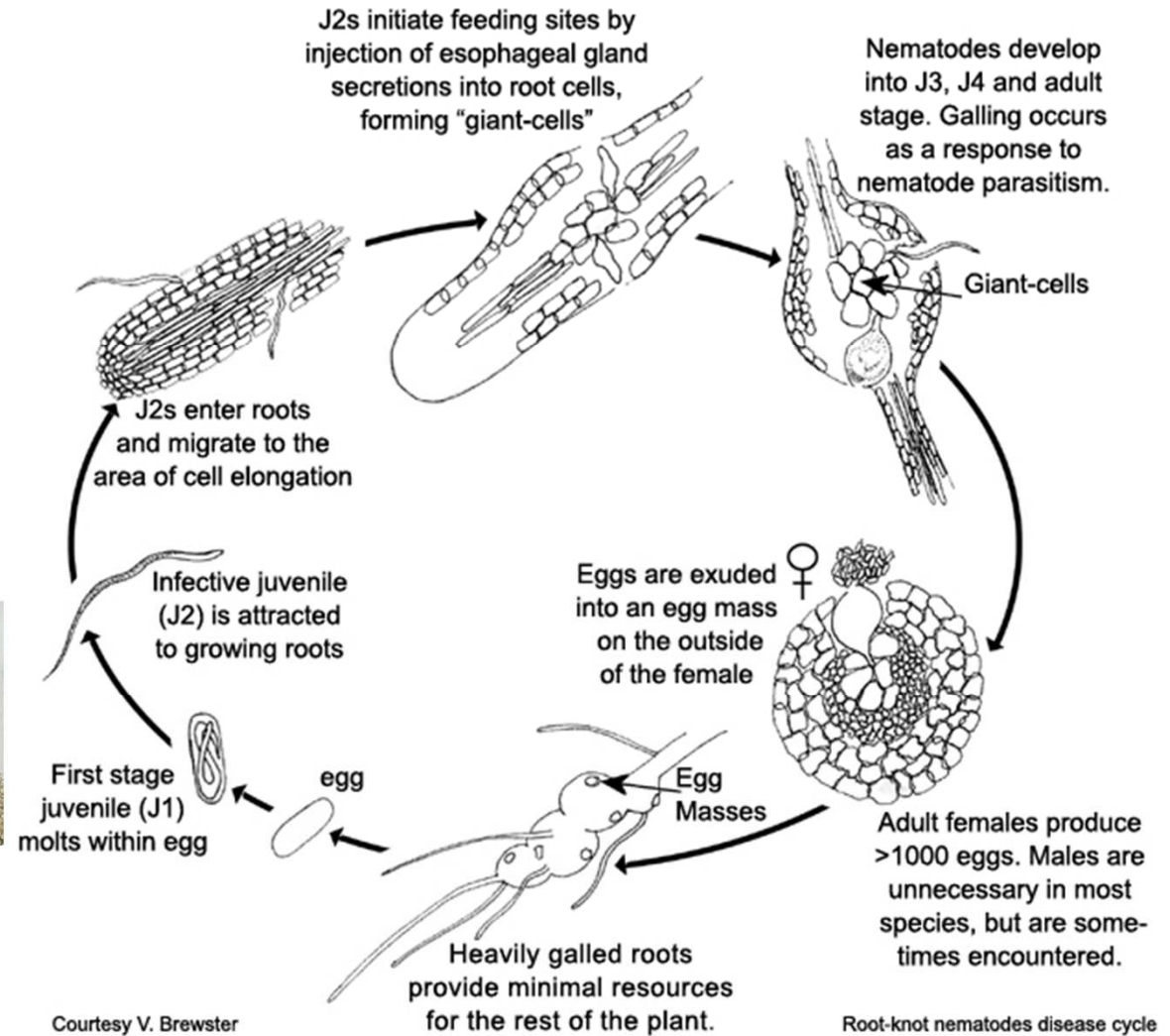
Exemplo de um ciclo/ciclo da doença provocada por *Meloidogyne* sp.

Nota: para a grande maioria dos nemátodes, pelo menos numa etapa do ciclo da doença uma fase do seu ciclo de vida ocorre no solo, independentemente de serem ou não endoparasitas.

Nos nemátodes endoparasitas a infecção é feita habitualmente pelo juvenil do 2º estágio



Juvenis do 2º estágio de um nemátodo endoparasita no exterior e depois no interior de um órgão de uma planta atacado



## Aspectos da biologia dos nemátodes

Nos nemátodes fitopatogénicos o seu ciclo de vida desenrola-se no todo ou em parte no solo

- nos nemátodes ectoparasitas o ciclo passa-se na totalidade no solo
- nos nemátodes semi-endoparasitas e endoparasitas apenas o 2º estágio e os machos adultos (por vezes fêmeas) são encontrados no solo
- nalguns nemátodes endoparasitas as gerações podem suceder-se no interior das plantas, deixando de serem encontrados depois de penetrarem na planta

Principais factores que podem influenciar o ciclo de vida dos nemátodes

### Humidade

- ✓ Os nemátodes são animais aquáticos. Nos nemátodes fitoparasitas o seu desenvolvimento depende da água do solo ou do conteúdo aquoso da planta
- ✓ No solo deslocam-se com movimentos ondulatorios na película de água existente no poros
- ✓ Os nemátodes movimentam-se no solo e procuram os níveis onde a humidade lhes é mais favorável (40 a 70% da capacidade de campo)
- ✓ Alguns nemátodes sobrevivem à secagem por alteração do metabolismo (enrolam-se, perdem água e entram em actividade metabólica muito reduzida - anidrobiose)
- ✓ A capacidade de sobrevivência está normalmente associado a um dado estágio de vida do nemátode

Aspectos da biologia dos nemátodes

## Principais factores que podem influenciar o ciclo de vida dos nemátodes

### Temperatura do solo

- ✓ Para cada espécie de nemátode existe um intervalo de temperaturas óptimas de desenvolvimento, temperatura letal mínima e temperatura letal máxima.
- ✓ Geralmente os nemátodes toleram melhor temperaturas baixas do que temperaturas altas (raramente suportam temperaturas acima de 55°C)
- ✓ Alguns nemátodes suportam temperaturas muito baixas
  - tolerantes ao frio (suportam temperaturas entre 10 e 0°C)
  - resistentes à congelação (não são prejudicados pela congelação)
- ✓ O estágio de ovo e depois os estádios juvenis são os mais resistentes às baixas temperaturas

### Oxigénio

- ✓ Os nemátodes do solo são basicamente aeróbios. O seu desenvolvimento depende do teor de oxigénio no solo
- ✓ Alguns nemátodes podem sobreviver a condições de baixo teor de oxigénio (menos de 5%) ou mesmo em condições de anaerobiose. Alguns são considerados anaeróbios facultativos, tendo metabolismo fermentativo em condições de falta de oxigénio

Aspectos da biologia dos nemátodes

Principais factores que podem influenciar o ciclo de vida dos nemátodes

Matéria orgânica

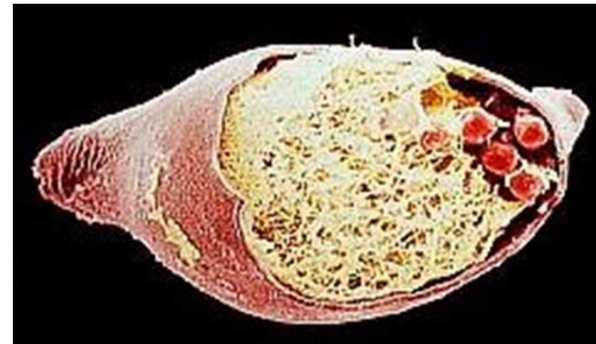
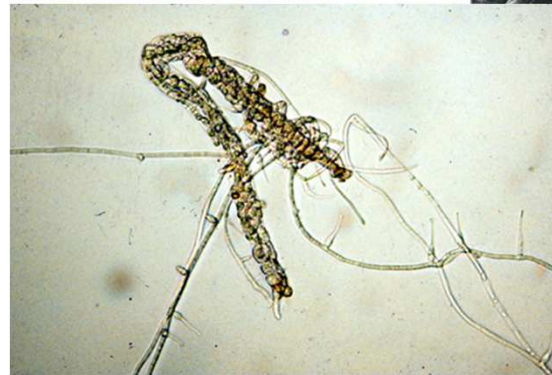
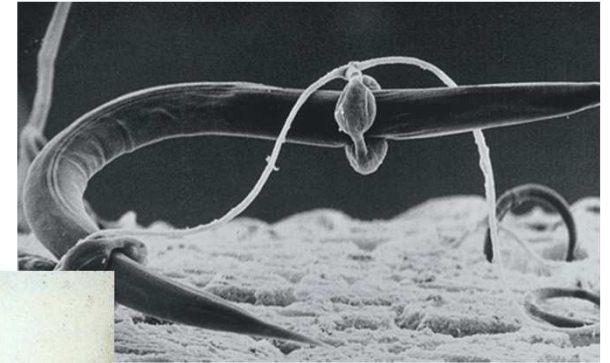
Presença de outros organismos

✓ Predadores:

- Fungos
- Nemátodes
- Insectos
- Ácaros

✓ Parasitas

- Vírus
- Bactérias
- Protozoários



Acção de fungos nematogénicos sobre nemátodes fitófagos

Aspectos da biologia dos nemátodes

## Sobrevivência dos nemátodes fitófagos – combinação de estratégias comportamentais e fisiológicas

Movimentação ao longo do perfil do solo

Diapausa

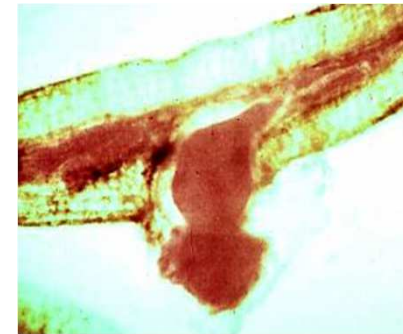
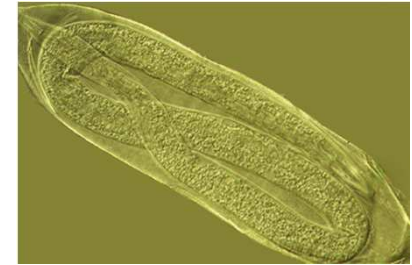
Hipobiose (anidrobiose)

No género *Bursaphelenchus*, na quiescência o nemátodo fica encerrado no exoesqueleto do instar anterior

Saco gelatinoso (associado a nemátodes de vários géneros: *Meloidogyne*, *Heterodera* ...)

Quisto

Novelo de lã (e.g. *Dytilenchus* sp.)



## Alguns aspectos nas interacções dos nemátodes

### Interacção nemátode x planta

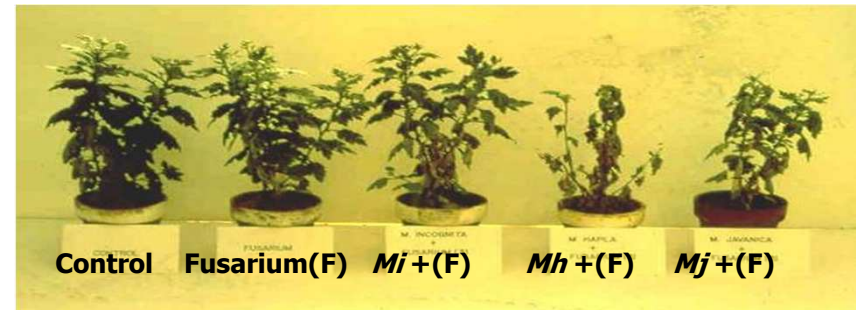
- ✓ Lesões mecânicas
- ✓ Acção da saliva e reacção da planta à infecção
- ✓ Redução da capacidade de absorção da água e nutrientes
- ✓ Alteração da fisiologia da planta

### Interacção nemátode x planta x outros patogénios

Nemátodes-fungos (ex. *Fusarium*, *Verticillium*,  
*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*)

Nemátodes-bactérias (ex. *Ralstonia solanacearum*,  
*Clavibacter michiganensis*)

Nemátodes-vírus (ex. Ordem Dorylaimida)



### Interacção nemátode x planta x insectos

Nemátode x insecto x *Pinus* sp. (*Bursaphelenchus xylophilus* x cerambicídio (*Monochamus* sp.))

Nemátode x insecto x *Coccus nucifera* (*Rhadinaphelenchus cocophilus* x *Rhynchophorus palmarum*)

# Diagnóstico de problemas nematológicos

## Combinação de:

- Padrão do aparecimento de sintomas
- ✓ Sintomas nos órgãos aéreos
- ✓ Sintomas nos órgãos subterrâneos
- ✓ Análises laboratoriais
- ✓ Tratamento do solo com nemadotícida
- ✓ Inoculação de solo esterilizado com populações de nemátodes suspeitos



Padrão típico: manchas ou peladas que surgem no meio de plantas vigorosas



## Diagnóstico de problemas nematológicos

### Sintomas

#### órgãos aéreos

Crescimento retardado

Plantas amarelecidas e pequenas

Murchidão que se mantém mesmo após a rega

Queda de plantas

Clorose e queda de folhas

Redução da produção

Necroses e podridões

Atrofiamento, distorção de órgãos e morte da planta

Formação de galhas

*Hoplolaimus columbus* na soja



*Rhadinaphelenchus cocophilus*



*Aphelenchoides* sp.



*Radopholus similis.*



*Pratylenchus coffeae* em tabaco

## Diagnóstico de problemas nematológicos

### Sintomas

Órgãos subterrâneos

Galhas e outros intumescimentos



*Meloidogyne* spp.

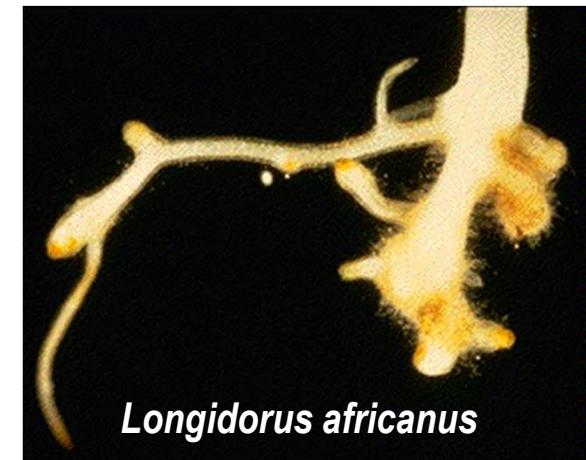


## Diagnóstico de problemas nematológicos

### Sintomas

Órgãos subterrâneos

Redução do sistema radicular



## Diagnóstico de problemas nematológicos

### Sintomas

Órgãos subterrâneos

Podridões radiculares

Podridão do tubérculo



*Ditylenchus dipsaci*



*Radopholus similis*



*Ditylenchus destructor*



*Paratrichodorus minor*

## Diagnóstico de problemas nematológicos

### Análise laboratorial

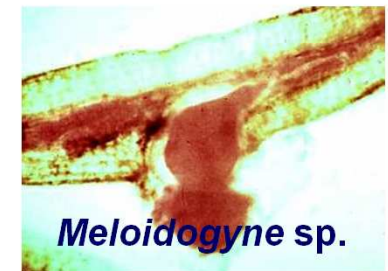
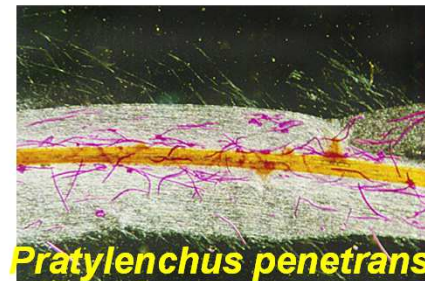
Exame directo de tecidos do hospedeiro

Quistos

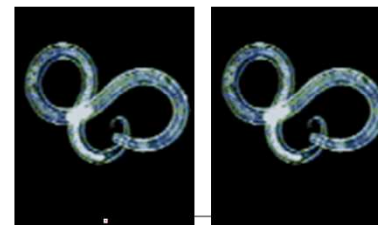


Observação microscópica

Presença de nemátodes nos tecidos vegetais (visualização c/ ou s/ coloração)

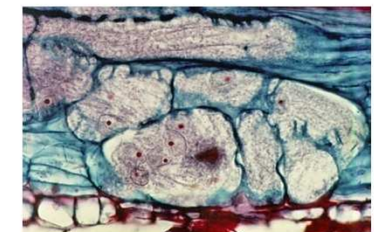


Presença de nemátodes no solo (após extracção ou visualização directa)



Sintomas microscópicos

Alterações dos tecidos do hospedeiro infectados



## Diagnóstico de problemas nematológicos

### Análises laboratoriais

#### Colheita e submissão de amostras para análise nematológica

O que colher ?

Tecidos do hospedeiro

Terra e raízes finas

Onde colher a amostra ?

Campo sem cultura ?

Campo com cultura ?

} Todo o campo ?  
} Foco ?

Quando colher a amostra ?

Ter em atenção a humidade do solo

Ter em atenção a temperatura do solo

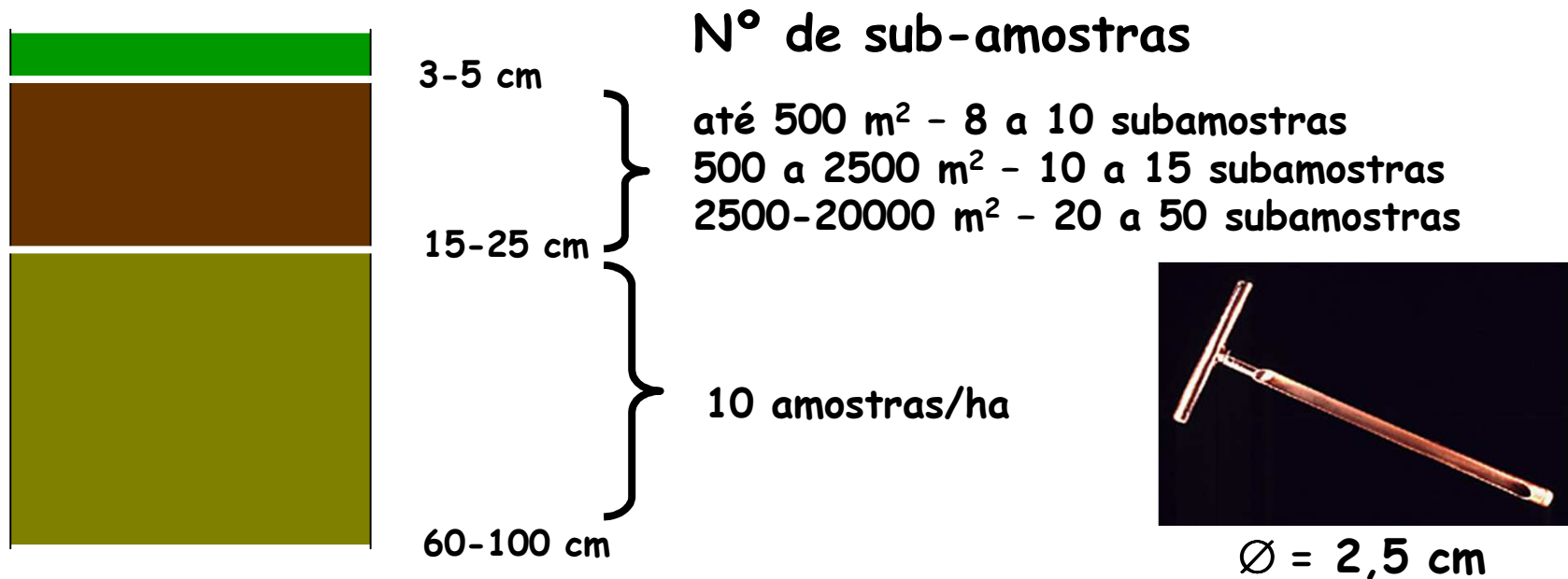


# Diagnóstico de problemas nematológicos

## Análises laboratoriais

Colheita e submissão de amostras de solo e de planta para análise nematológica

Como colher a amostra ?

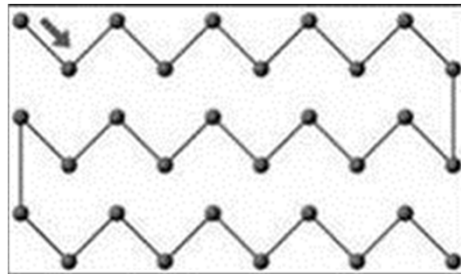


# Diagnóstico de problemas nematológicos

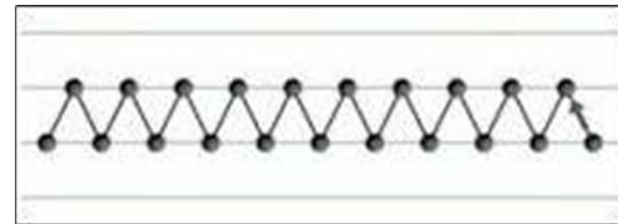
## Análises laboratoriais

Colheita e submissão de amostras de solo e de planta para análise nematológica

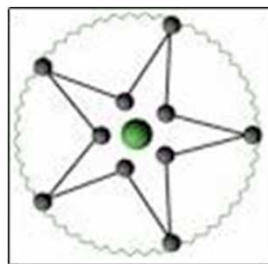
Como colher a amostra ?



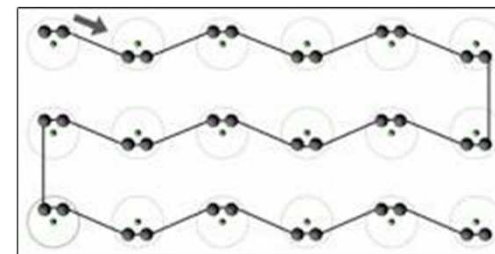
Colheita num campo sem cultura ou com infestação generalizada



Colheita numa cultura em linha, com preocupação no sistema radicular das plantas (raízes pastadeiras)



Colheita para 2 amostras numa planta isolada



Colheita numa cultura perene com obtenção de 2 subamostras por planta



# Diagnóstico de problemas nematológicos

## Análises laboratoriais

**Colheita e submissão de amostras de solo e de planta para análise nematológica**

**Como preparar a amostra e cuidados**

- Uniformizar as subamostras e retirar cerca de 500 a 1000 cc de terra
- Colocar a terra num saco de papel ou de plástico
- Identificar a amostra (não colocar a identificação no interior do saco)
- Guardar a amostra à sombra e a uma temperatura inferior a 27°C (colocar se possível numa mala térmica)
- Evitar tanto quanto possível que a terra seque
- Enviar a amostra logo que possível para o laboratório