

GESTÃO INTEGRADA DE PRAGAS E DOENÇAS FLORESTAIS



Aula 17 de setembro de 2019

Fundamentos ecológicos da gestão de doenças

- O processo infeccioso (conclusão).
- A Modelação das doenças.
- Modelos Epidemiológicos



Ana Paula Ramos, pramos@isa.ulisboa.pt

Fatores de uma epidemia

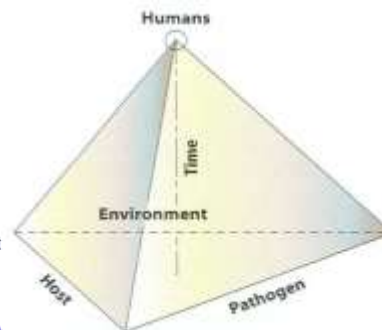
1. Hospedeiro
2. Patógeno
3. Ambiente

E também : 4. tempo
5. Homem

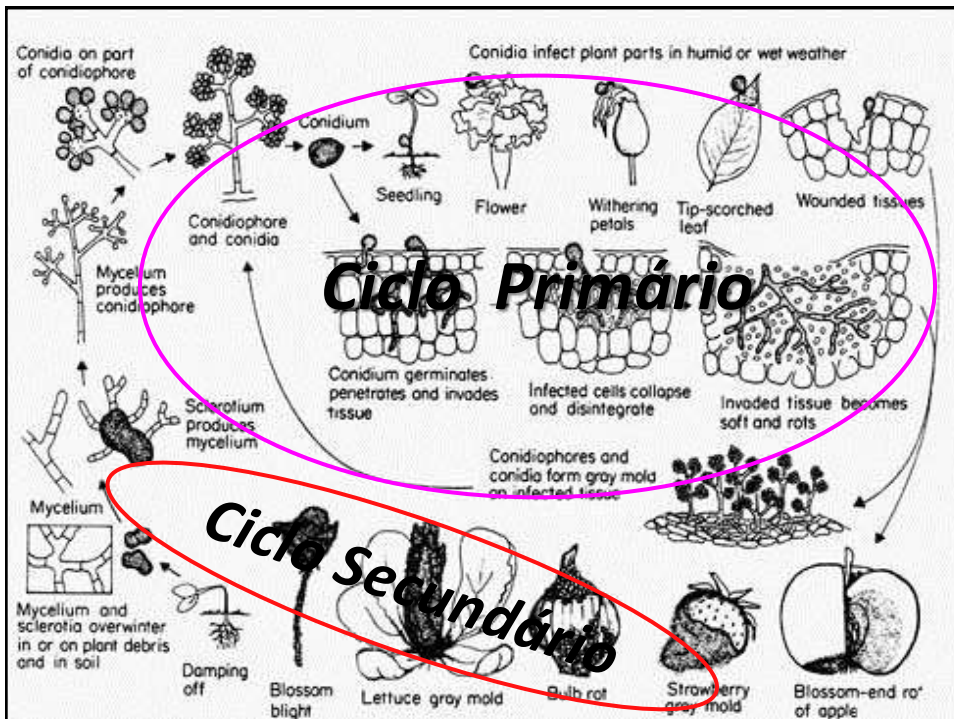
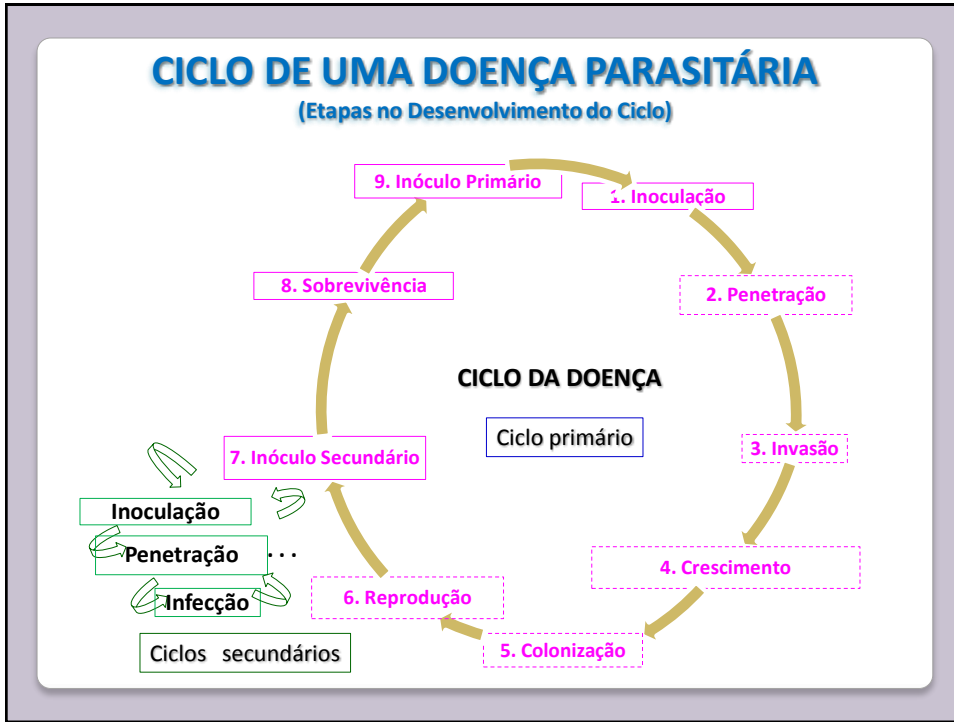


Triângulo da doença

Tetraedro da doença



Pirâmide da doença



Para que uma epidemia ocorra:

Hospedeiro X Patogénio X Ambiente



Tempo

Fry (1982)

$$D_t = \sum_{i=0}^t f(p_i, h_i, e_i)$$

D_t = quantidade de doença no momento t

p_i = quantidade de patogénio que contribui para o aumento da doença

h_i = susceptibilidade do hospedeiro que contribui para aumentar a doença

e_i = factores ambientais que contribuem para o aumento da doença

f = factor que relaciona a interação **H x P x A** ao longo do período de tempo $i = 0$ a t com a quantidade de doença no momento t

5

Desenvolvimento da doença no tempo

Doenças Monocíclicas

Doenças Policíclicas

Doenças Poliéticas

6

Doenças Monocíclicas - plantas infectadas durante o ciclo da cultura não servirão de fonte de inóculo para novas infecções durante o mesmo ciclo.

Os **patogénios** envolvidos completam um ciclo por estação. O inóculo primário é o único inóculo disponível durante todo o ciclo da cultura (não há inóculo secundário; não ocorrem **infecções secundárias**)

$$x_t = x_0 R^t$$

x_t = proporção da cultura doente no momento t

x_0 = quantidade inicial de doença

R = taxa de progressão da doença

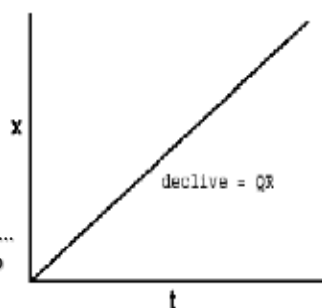
t = tempo durante o qual hospedeiro e patogénio interagem

Exemplos: podridão radicular, fusarioses, nemátodes ...

(i) doenças causadas por patogénios do solo

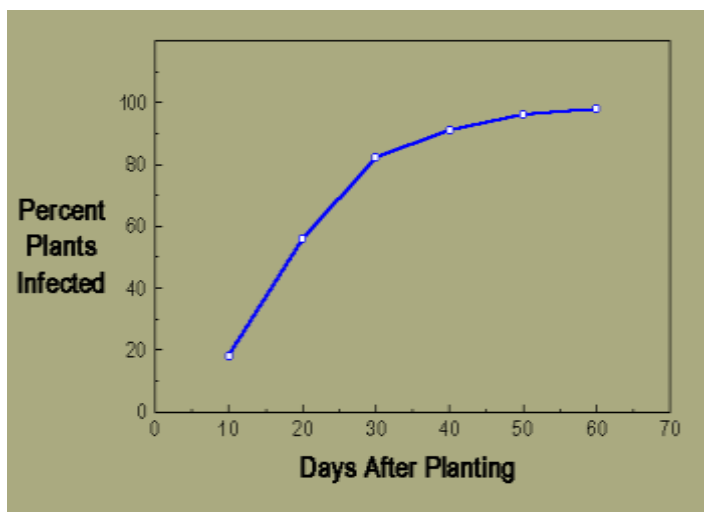
(ii) doenças de pós-colheita

(iii) ferrugens sem a fase uredospórica



7

Doenças Monocíclicas



8

Doenças Policíclicas - plantas infectadas durante o ciclo da cultura servirão de fonte de inóculo para novas infecções durante o mesmo ciclo.

Os **patogénios** envolvidos completam mais do que um ciclo (2 a 30) em cada ciclo cultural. O inóculo primário consiste na maioria das vezes em esporos sexuados ou esclerotos. Após a infecção grande quantidade de esporos assexuados são produzidos e disseminados pelo vento.

Inóculo primário + inóculo secundário

$$X_t = x_0 e^{rt}$$

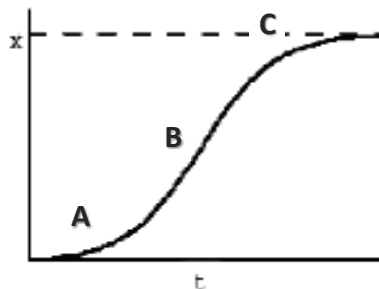
X_t = proporção da cultura doente no momento t

x_0 = quantidade inicial de doença

r = taxa aparente de infecção

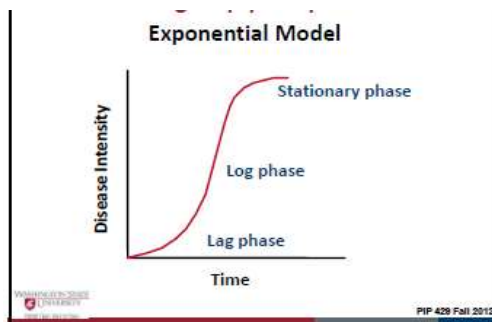
e = base de logaritmos naturais

t = tempo durante qual hospedeiro e patogénio interagem



9

Doenças Policíclicas



PIP 429 Fall 2012

Na doença epidémica distinguem-se:

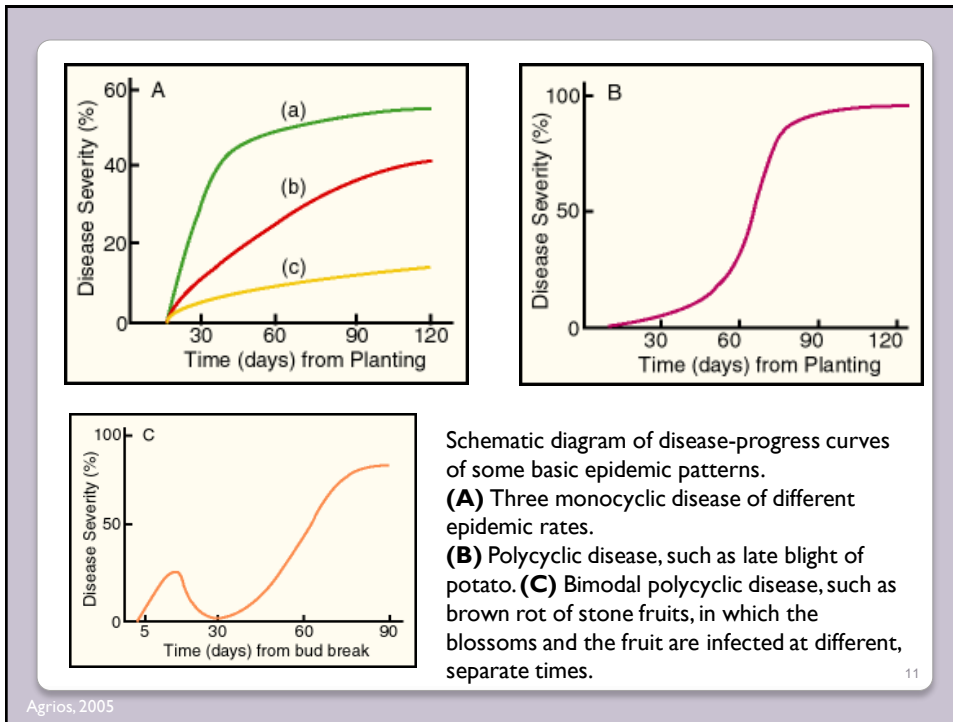
Fase lag (A) – (início da doença) adaptação ao meio

Fase log (B) - crescimento exponencial da doença
(incidência / severidade)

Fase estacionária (C) – manutenção da quantidade da doença

Fase regressiva – diminuição da quantidade da doença por redução de número de indivíduos (suscetíveis!)

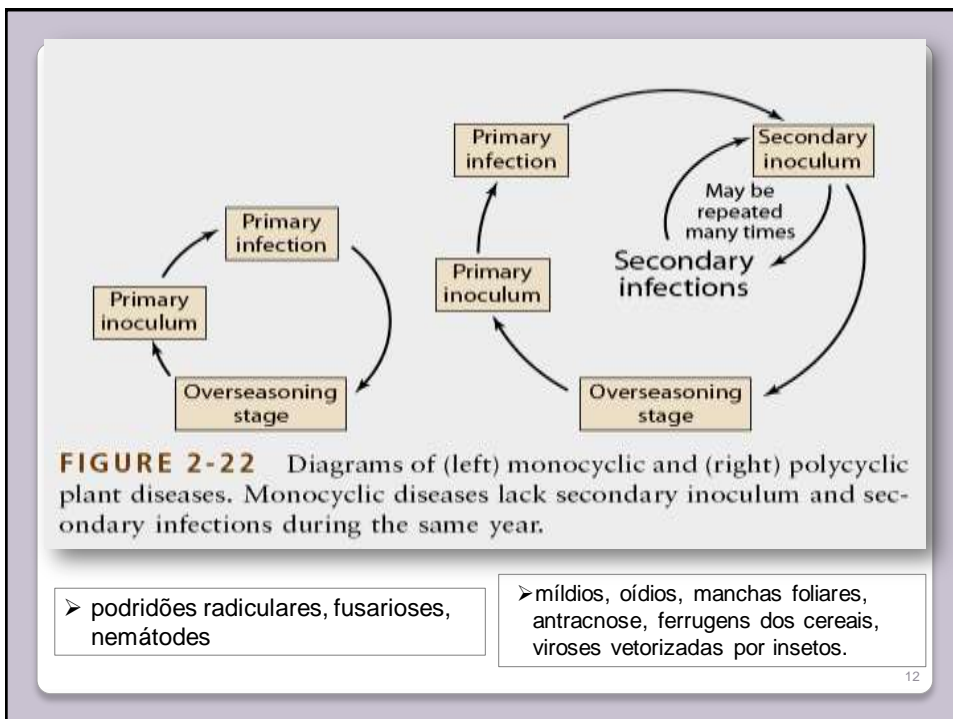
10



Schematic diagram of disease-progress curves of some basic epidemic patterns.

- (A)** Three monocyclic disease of different epidemic rates.
- (B)** Polycyclic disease, such as late blight of potato.
- (C)** Bimodal polycyclic disease, such as brown rot of stone fruits, in which the blossoms and the fruit are infected at different, separate times.

11



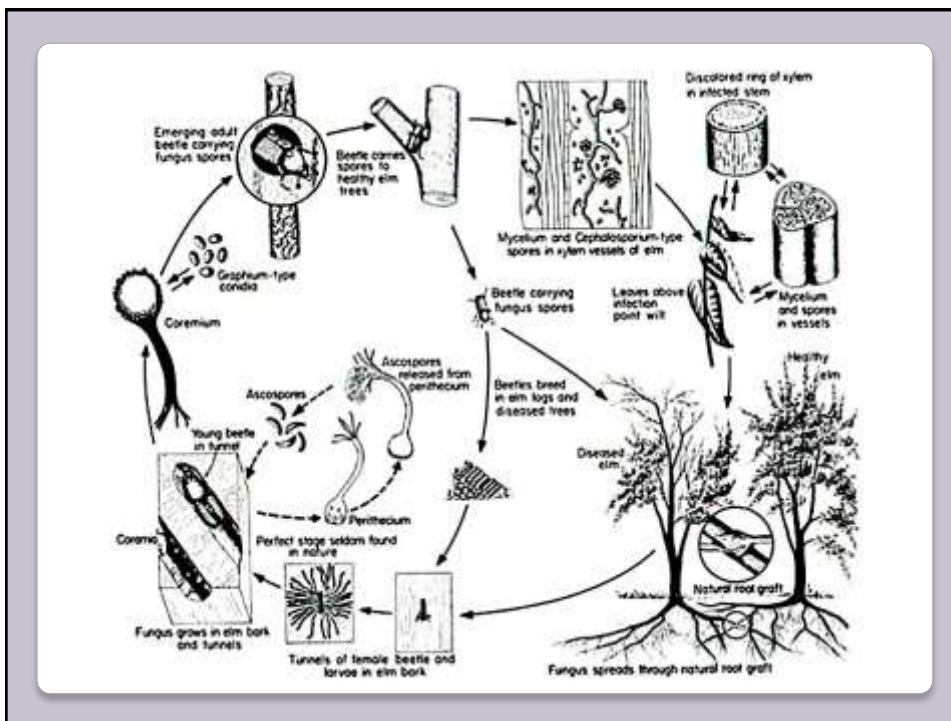
12

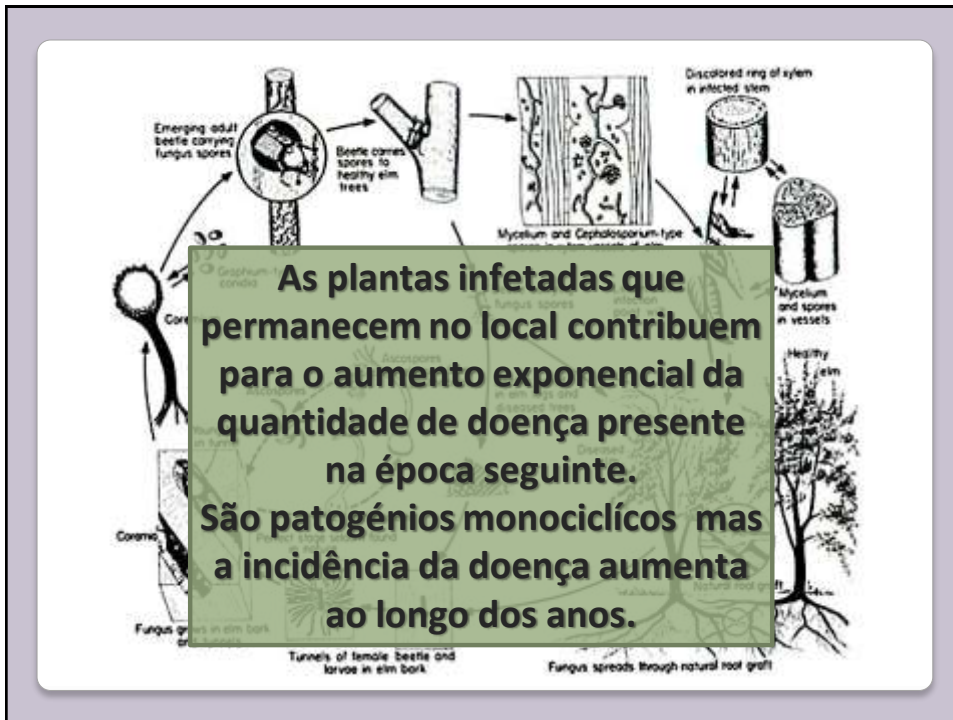
Doenças Poliéticas - são doenças monocíclicas mas é necessário mais de um ano para que o ciclo se complete.

- Em algumas doenças que afetam lenhosas, como as doenças vasculares, doenças causadas por fitoplasmas e vírus, os patogénios podem não completar o ciclo da doença por não produzirem inóculo que assegure a disseminação e o início de novas infeções.
- Tal só ocorrerá no ano seguinte ou por vezes anos depois.

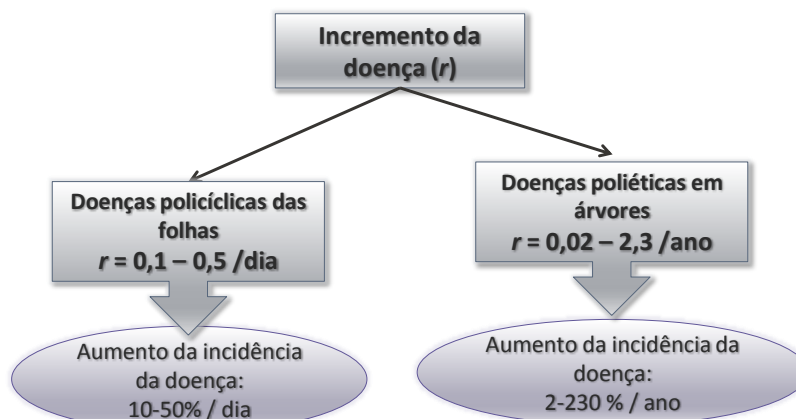
- **Diversas ferrugens em espécies lenhosas (ferrugem das pomóideas; ferrugem do pinheiro); plantas parasitas; grafiose dos ulmeiros; “citrus tristeza virus”, ...**

13





- Saber se a doença é monocíclica, policíclica ou poliética tem muita relevância sob o ponto de vista epidemiológico porque afeta a quantidade de doença para um dado período de tempo.



Desenvolvimento da doença no espaço

- Distribuição das plantas susceptíveis
- Distribuição do inóculo
- Factores ambientais como direcção do vento, humectação, ...
- Presença de hospedeiros alternativos

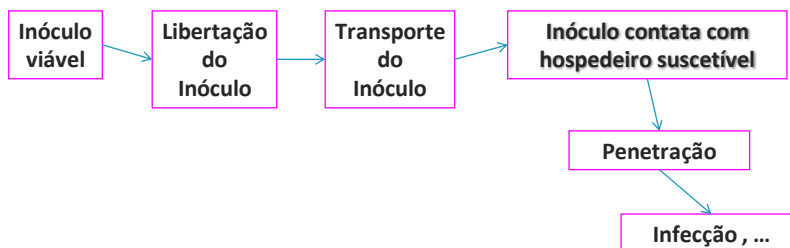


17

Desenvolvimento da doença no espaço

A análise espacial de uma epidemia fornece informações sobre:

- os mecanismos de dispersão dos patogénios
- factores físicos e biológicos determinantes para a disseminação dos propágulos



18

Desenvolvimento da doença no espaço

Dispersão por acção da água

normalmente ocorre para distâncias até 1 metro

- os mecanismos de dispersão dos patogénios
- factores físicos e biológicos são determinantes para a disseminação dos propágulos

$$y = ae^{-bx}$$

y = nº de propágulos ou de infecções por unidade de área a x unidades de distância da fonte de inóculo

a = nº de propágulos ou de infecções por unidade de área na fonte de inóculo

e = base de logaritmos naturais

b = parâmetro que caracteriza a taxa de infecção

19

Desenvolvimento da doença no espaço

Dispersão por acção de correntes de ar

promove a deposição de inóculo em locais distantes da fonte de inóculo, e pode estar na origem da rápida dispersão de novas formas virulentas de patogénios

$$y = ax^{-b}$$

y = nº de propágulos ou de infecções por unidade de área a x unidades de distância da fonte de inóculo

a = nº de propágulos ou de infecções por unidade de área a uma dada distância da fonte de inóculo

b = parâmetro que caracteriza a taxa de infecção

20

Desenvolvimento da doença no espaço

Dispersão “local”

quando a infecção tem origem num número reduzido de indivíduos

exemplo: utilização de sementes contaminadas

→ interacção com condições climáticas como humidade e vento, bem como a utilização de misturas de hospedeiros susceptíveis e resistentes pode explicar as pandemias

21

Porquê usar curvas de progressão da doença?

- Comparar medidas de protecção
- Compreender o efeito do ambiente no desenvolvimento da doença
- Previsão de períodos de infeção
- “Disease forecasting”

22

Modelação de doenças

➤ Quais os objectivos?

- Previsão da taxa de disseminação
- Entender as interações hosp. X doenças X ambiente
- Conhecer os factores de nocividade
- Previsão dos efeitos das alterações climáticas
- Estabelecer/rever estratégias de protecção

➤ Que abordagens?

- Equações diferenciais
- Modelos de regressão simples ou múltipla
- Modelos de simulação que ponderam diversos factores (local, ambiente, técnicas culturais, ...)
- Modelos espaciais com recurso a imagens de satélite, coordenadas GPS e logaritmos matemáticos sofisticados, para previsão de risco de disseminação da doença

23

A Modelação de Epidemias (Modeling Epidemics)

• Parâmetros considerados (quantificáveis)

- Virulência do inóculo inicial
- Efeito do meio ambiente
- Resistência à doença
- Fase de desenvolvimento da cultura (estado fenológico do hosp.)
- Duração da interação hospedeiro X patogénio
- Eficiência das diversas estratégias de protecção
- Existência de estações meteorológicas/sensores na área da cultura

• Equações matemáticas são desenvolvidas para descrever as epidemias

• Os modelos são desenvolvidos (frequentemente) para condições climáticas específicas e para regiões concretas

• Alguns modelos revelam-se melhores que outros

• À medida que dados adicionais são incorporados

➡ **Melhoria dos modelos**

24



Para reduzir a incidência da doença, X , em qualquer momento da epidemia:

1. Reduzir o inóculo inicial (X_0)
2. Reduzir a taxa de infeção (r)
3. Reduzir a duração da epidemia (t)

Modeling Polycyclic Epidemics

Initial Inoculum Rate of Disease Increase

$X = X_0 e^{rt}$

Time

Log transform disease intensity to produce a linear model

Slope = r

Time

PIF 429 Fall 2012

28

Para reduzir a incidência da doença, X , em qualquer momento da epidemia:

1. Reduzir o inóculo inicial (X_0)
2. Reduzir a taxa de infeção (r)
3. Reduzir a duração da epidemia (t)

Modeling Monocyclic Epidemics

Initial Inoculum Rate Constant
- rate of disease increase per unit of inoculum

Amount of Disease $X = X_0 Rt$ Time

Log transform disease intensity to generate straight line

Slope = $X_0 R$

Time

PIF 429 Fall 2012

O resultado será idêntico ?

29

Comparison of Epidemic Models

Parameter	Polycyclic Model	Monocyclic Model
Reproduction	High reproduction & death rate	Low reproduction & death rate
Inoculum dispersal	Wind-borne, vectors	Soil-borne
Examples	Leaf rust, leaf blight, leaf spot, powdery mildew, mosaic	Root diseases, foot rot, wilt diseases

30

Comparison of Epidemic Models (cont')

Parameter	Polycyclic Model	Monocyclic Model
Control measure	Stop pathogen reproduction: spray fungicides, use resistant varieties	Reduce initial inoculum: destroy diseased plants or debris
Epidemic rate (r)	E.g.: potato late blight, $r = 0.3-0.5/\text{day}$	E.g.: <i>Verticillium</i> wilt, $r = 0.02/\text{day}$

31

Quantidade de doença na população

Incidência da doença

- Número ou proporção de plantas doentes (no conj. de plantas observadas)

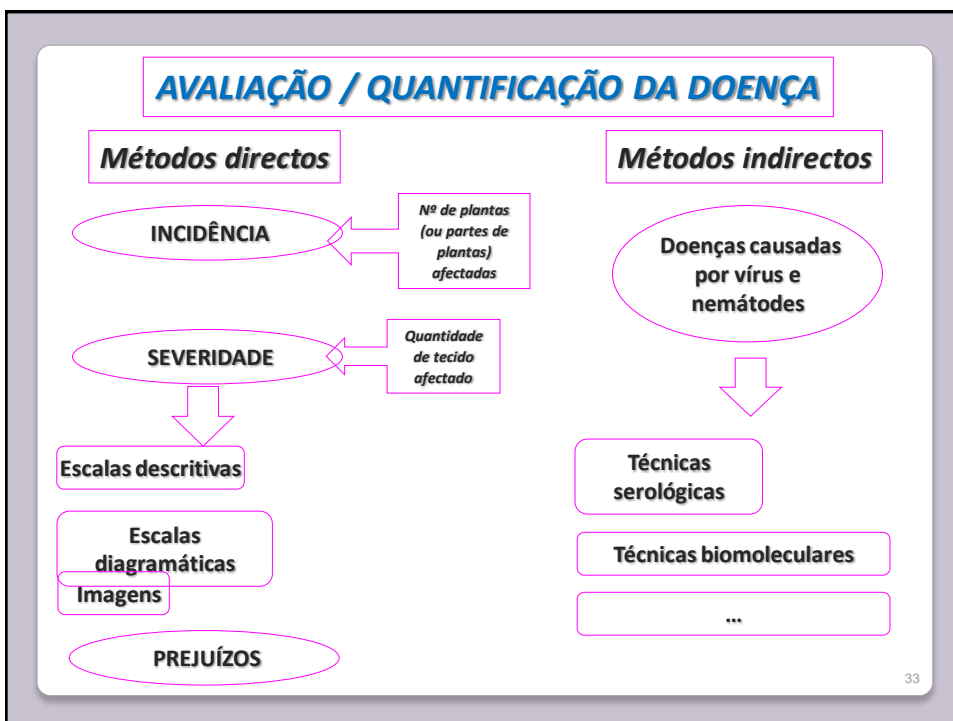
Severidade da doença

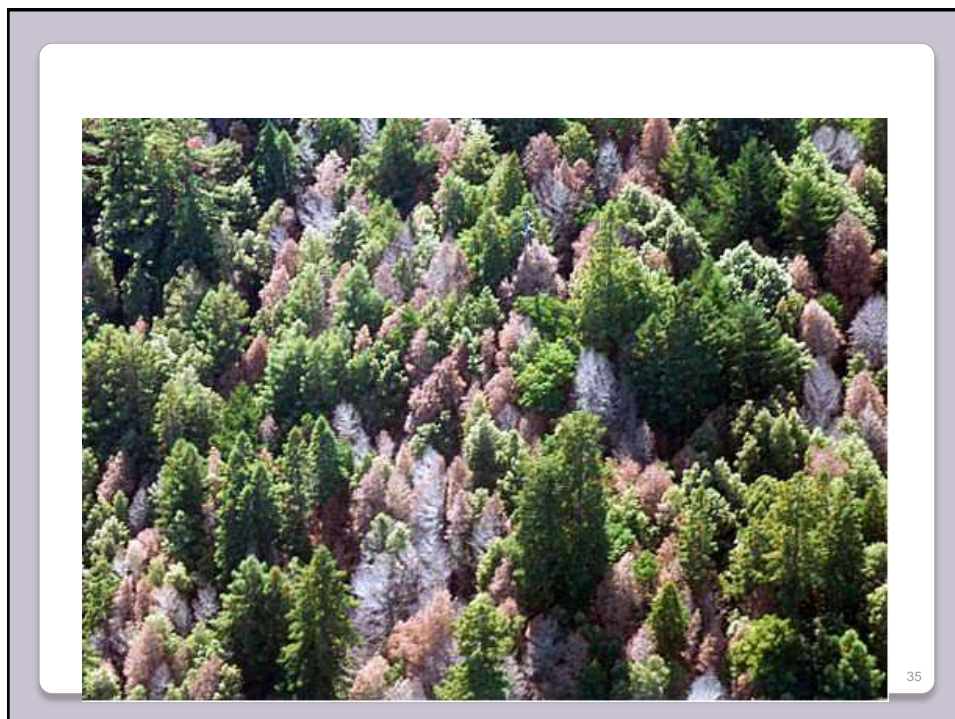
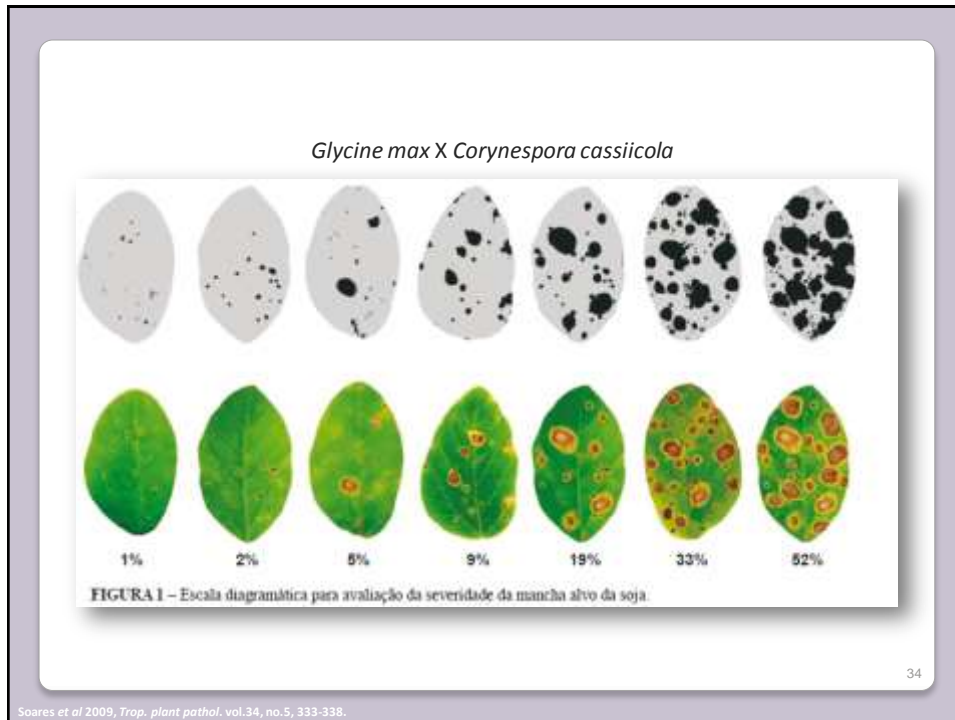
- Área de tecido vegetal afetada pela doença
- Em muitas doenças a severidade é expressa como a área da planta que exhibe manchas
- É medida usando escalas ou determinando a “Área sob a Curva de Progressão da Doença” (AUDPC - area under a disease progress curve)

Prejuízos (Yield loss)

- O que o produtor não poderá colher devido aos estragos causados pela doença. ➡ €€€€€

32





177

Symposium contribution – Contribution à un symposium

Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe¹

N. La Porta, P. Capretti, I.M. Thomsen, R. Kasanen, A.M. Hietala, and K. Von Weissenberg

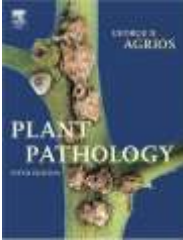
1. conhecimento online: UTLLJ, n.º 07-12, 24 October, 2012

Abstract: Most atmospheric scientists agree that climate changes are going to increase the mean temperature in Europe with increased frequency of climatic extremes, such as drought, floods, and storms. Under such conditions, there is high probability that forests will be subject to increased frequency and intensity of stress due to climatic extremes. Therefore, impacts of climate change on forest health should be carefully evaluated. Given these assumptions, several fungal diseases on trees may become more devastating because of the following factors: (i) abiotic stresses, such as drought and flooding, are known to predispose trees to several pathogens; (ii) temperature and moisture affect pathogen sporulation and dispersal, and changes in climatic conditions are likely to favour certain pathogens; (iii) migration of pathogens triggered by climatic change may increase disease incidence or geographical range, when pathogens encounter new hosts and (or) new potential vectors; and (iv) new threats may appear either because of a change in tree species composition or because of invasive species. If infection success is dependent on temperature, higher mean temperatures may lead to more attacks. Pathogens that have been of importance in southern Europe may spread southward and also upward to mountains. Pathogens with evolutionary potential for greater damage should be identified to estimate the magnitude of the threat and to prepare for the changing conditions. A review of the above-mentioned cases is presented. Some priorities to improve the ability to predict impacts of climate change on tree diseases are discussed.

Key words: review, drought, water stress, temperature, global warming, pathogenic fungi, opportunistic fungi, predisposition, global change, epidemiology, forest diseases.

La Porta, N, Capretti, P, Thomsen, IM, Kasanen, R, Hietala, AM, Von Weissenberg, K 2008.
Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe. *Canadian Journal of Plant Pathology* 30, 177-195.

36



Leitura de apoio / Supporting Readings:

Manion, PD 2003. Evolution of Concepts in Forest Pathology. *Phytopathology* 93:1052-1055.

Teale, SA, Castello, JD 2011. The past as key to the future: a new perspective on forest health. In Castello, JD, Teale, SA (eds), *Forest Health. An integrative Perspective*. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 3-16.