

# GESTÃO INTEGRADA DE PRAGAS E DOENÇAS FLORESTAIS

**Aula 30 de Setembro de 2019**

**Módulo 2**

Detecção e Monitorização de pragas e doenças florestais

Modelos de risco

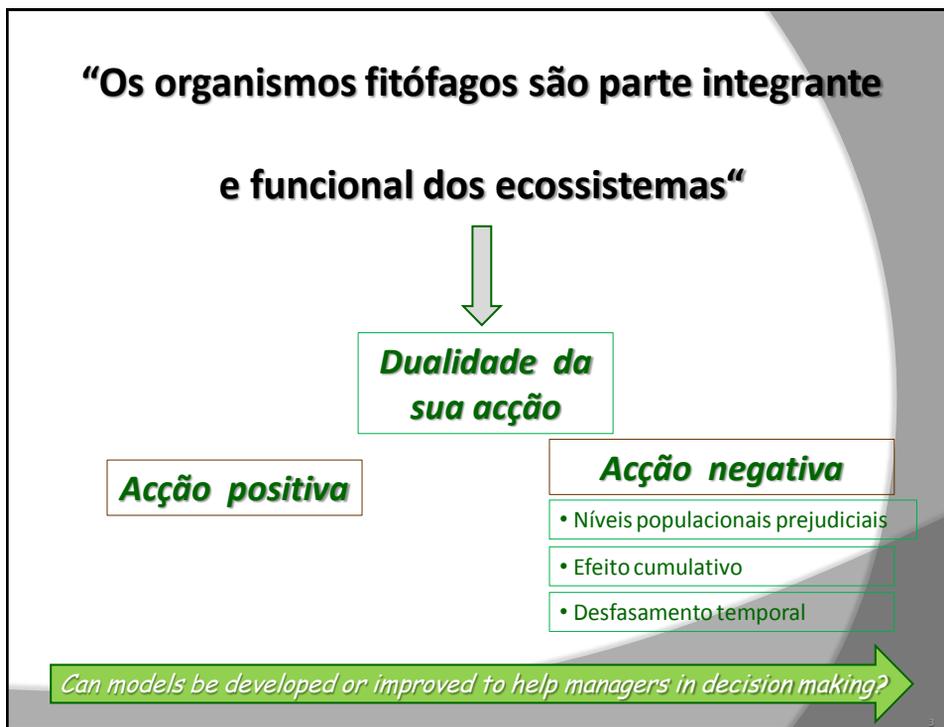
Ana Paula Ramos, pramos@isa.ulisboa.pt

Por decisão pessoal, o autor do texto não escreve  
segundo o novo Acordo Ortográfico

## ***Módulo 2.***

### **Detecção e Monitorização de Pragas e Doenças Florestais**

- 2.1. Detecção e monitorização de pragas e doenças:  
ao nível da árvore individual, do povoamento e do território
- 2.2. Definição de risco ao nível do povoamento e da árvore individual
- 2.3. Modelos de causalidade e de grau de risco



**“Concerns about the effects of **air pollution** and **acid precipitation** of forests in North America and Europe resulted in the establishment of **forest health monitoring networks** that monitor many aspects of forests, including trees and other vegetation, soil, water insects, diseases, soil organisms, ...”**

**The ecosystem context**

# Monitoring programs

✓ Europe – launched in 1985

International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (**ICP Forests**)

# Monitoring programs

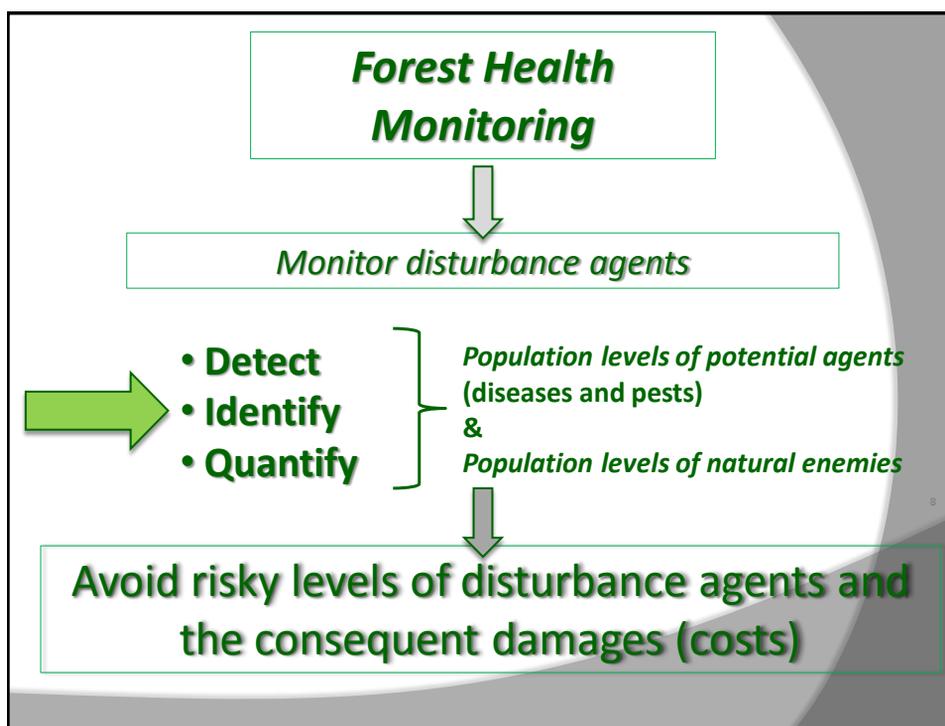
✓ EUA – launched in 1990

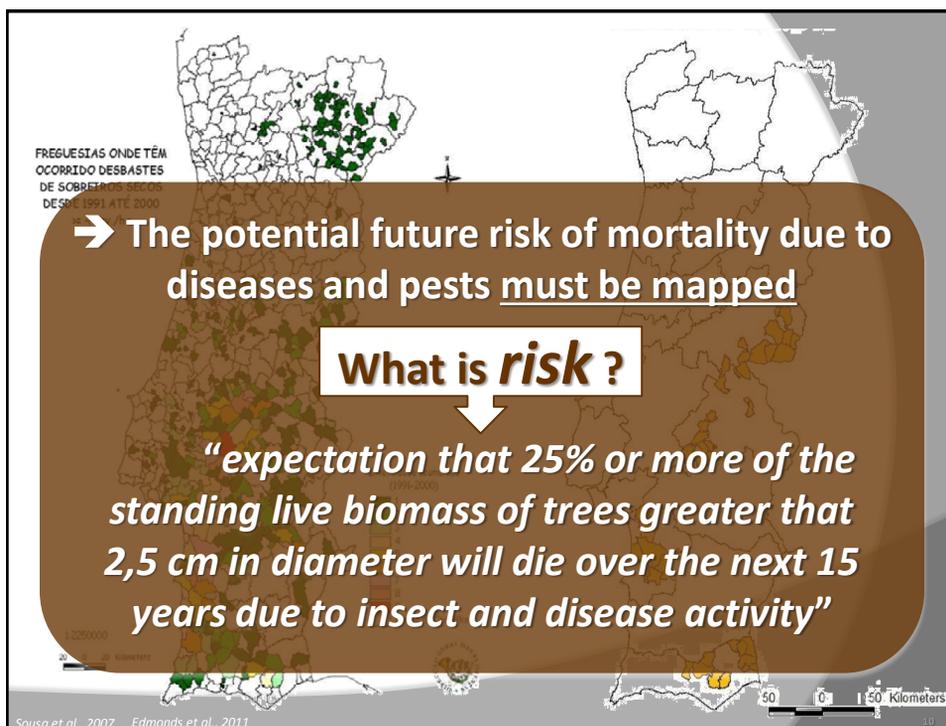
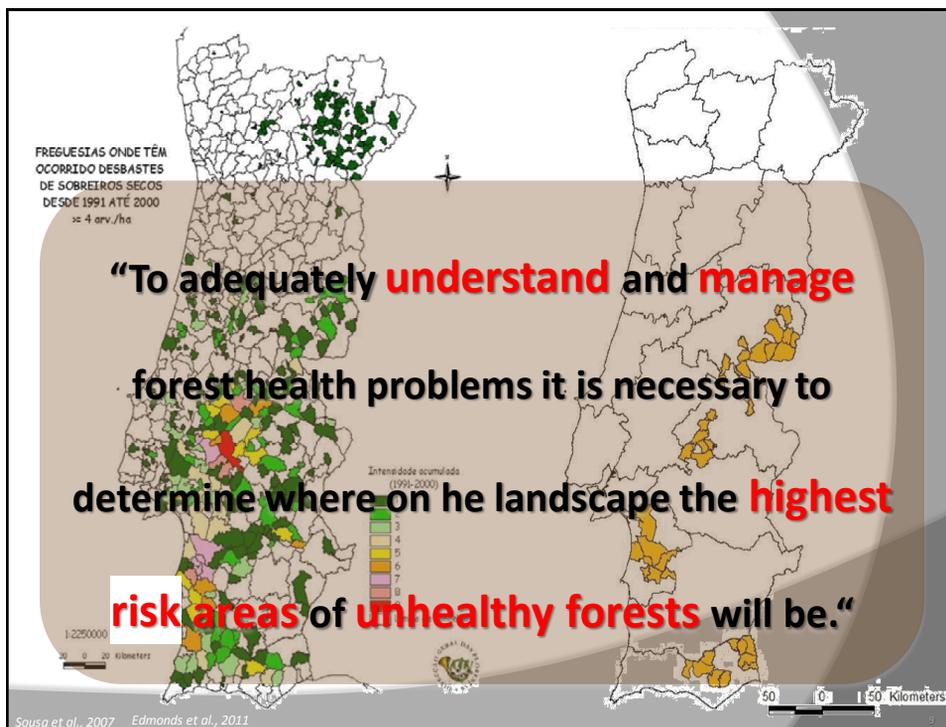
United States National Forest Health Monitoring Program (**FHM**)

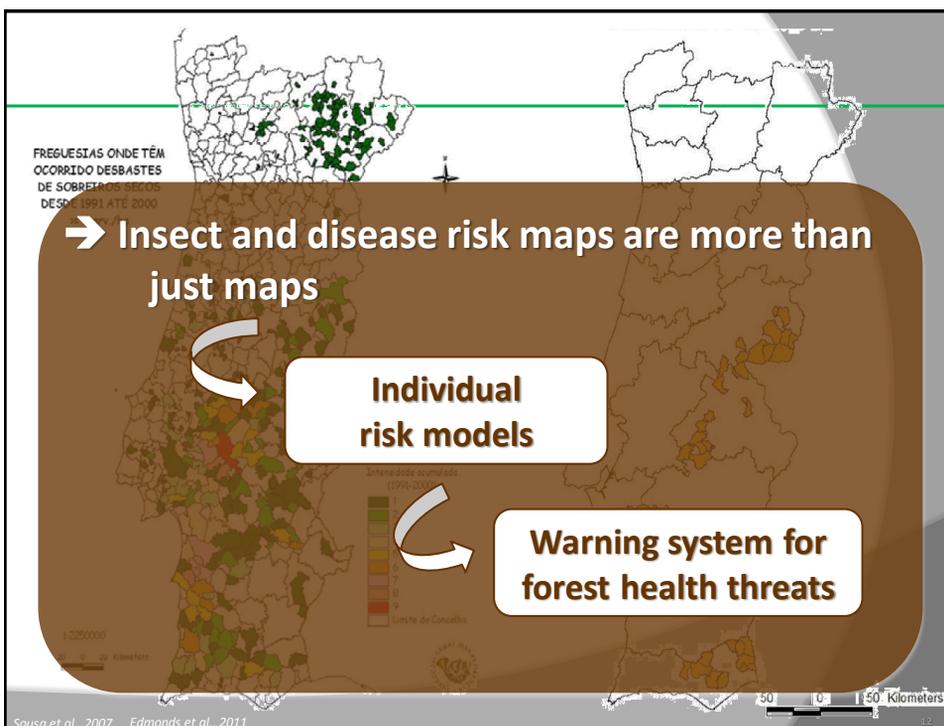
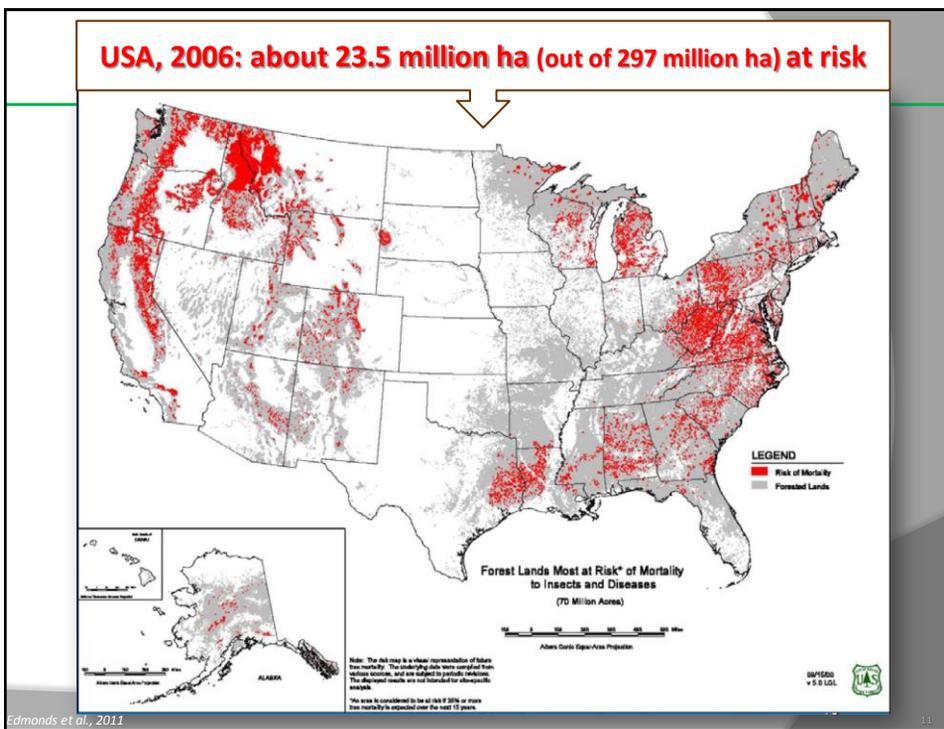
## Forest Health Monitoring Programs

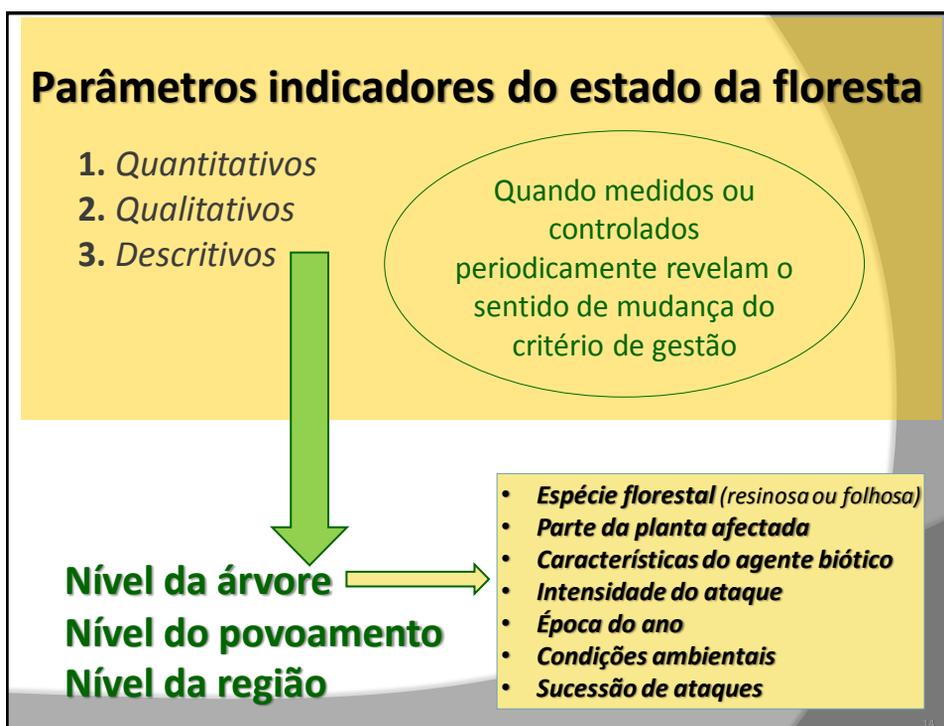
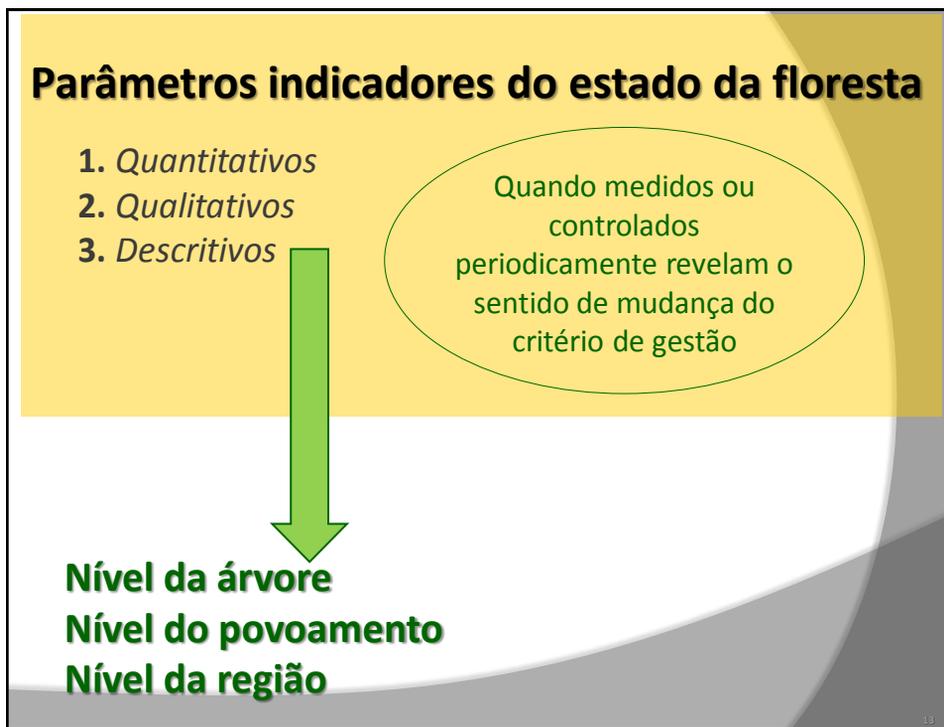
### *What for ?*

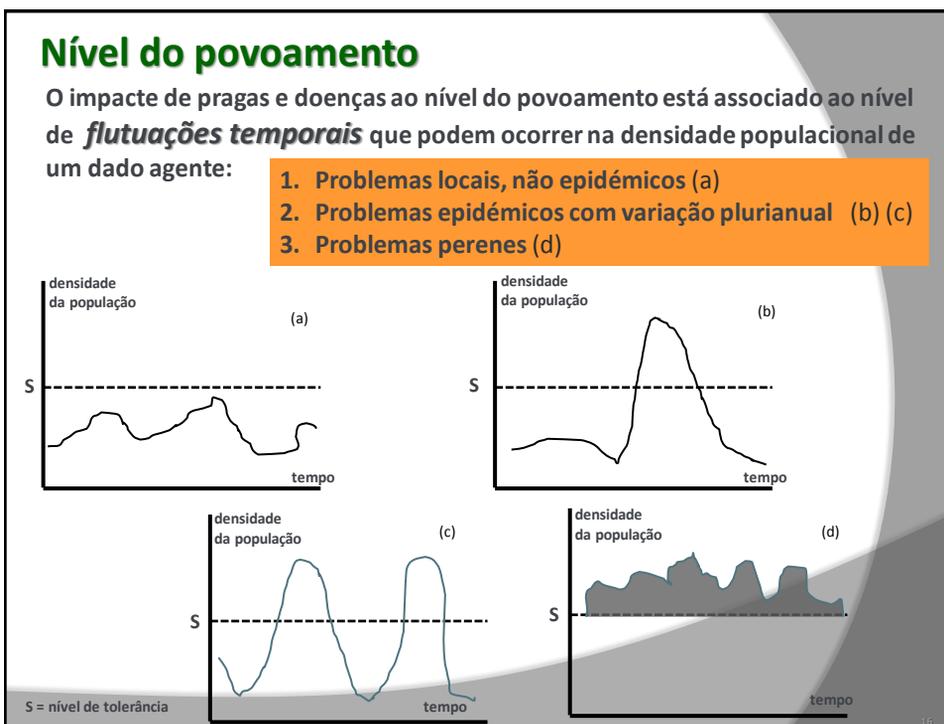
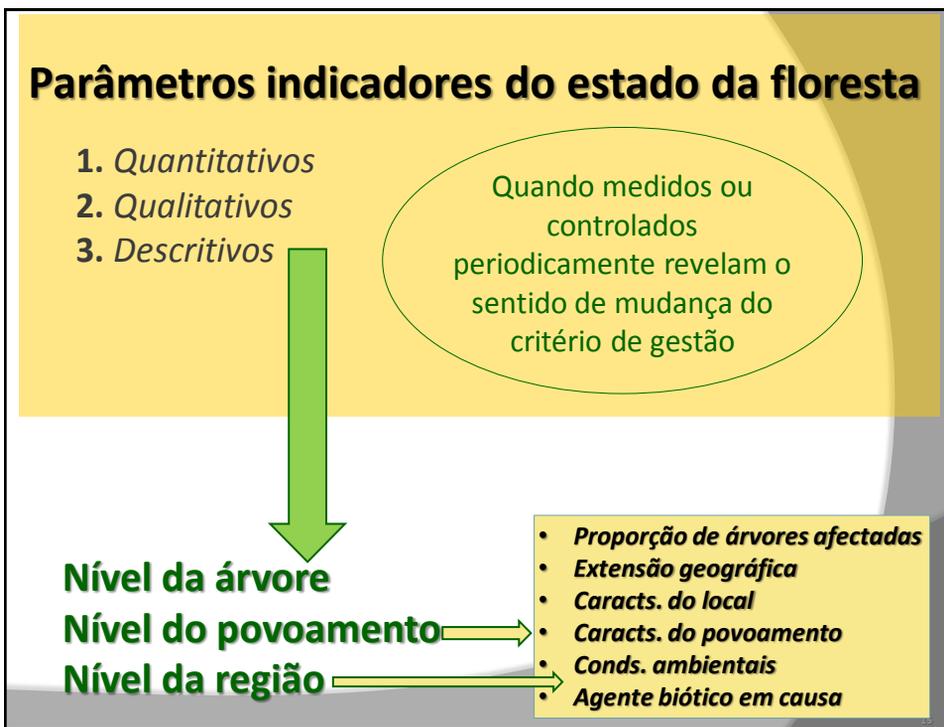
- ✓ Determine detrimental changes or improvements in forests over time
- ✓ Provide baseline and trend information statistically precise and accurate
- ✓ Annual status and changes to forest health







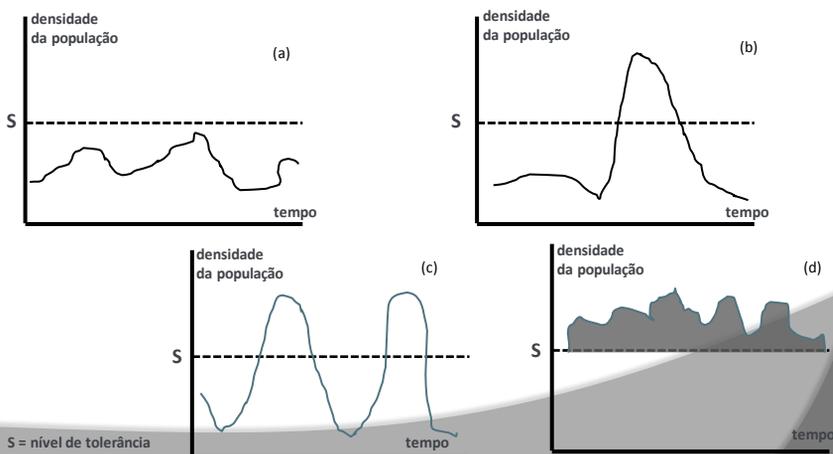




## Nível do povoamento

O impacto de pragas e doenças ao nível do povoamento está associado ao nível de **flutuações temporais** que podem ocorrer na densidade populacional de um dado agente:

**A PARTIR DA AVALIAÇÃO GLOBAL DO IMPACTE NO POVOAMENTO PODEM TOMAR-SE DECISÕES QUANTO À UTILIZAÇÃO OU NÃO DE MEIOS DE LUTA**



## Parâmetros indicadores do estado da floresta

1. *Quantitativos*
2. *Qualitativos*
3. *Descritivos*

Quando medidos ou controlados periodicamente revelam o sentido de mudança do critério de gestão

Nível da árvore  
Nível do povoamento  
Nível da região

**Monitorizar ao longo do tempo é fundamental à decisão!**

## A recolha de informação para prospecção/monitorização de agentes bióticos centra-se em:

- ✓ caracterização do povoamento e do local
- ✓ caracterização do estado fitossanitário
- ✓ recolha de material para identificação do agente causal
- ✓ avaliação da intensidade dos estragos

19

| Assessment question  | Assessment endpoint  | Measurement endpoint                              | Indicator category   |  |
|--|--|---|----------------------|--|
| <b>Exemplo de diferentes objetivos de monitorização conduzindo a indicadores distintos</b> | <i>What is the integrity of oak forest ecosystems in Tuscany, Italy?</i>     | Tree health: diagnosis                            | Damage to trees      |  |
|  |  | - affected by pests                               |                      |  |
|  |  | - affected by pathogens and other organism (MLCs) | Same but sample      |  |
|  |  | - nutritional status                              |                      | Foliage chemistry                                |
|  |  | - affected by anthropogenic disturbance           |                      |  |
|  |  | - affected by other abiotic damage                |                      |  |
|  |  | - mortality rate                                  |                      |  |
|  |  | - regeneration frequency                          |                      |  |
|  |  | Ground vegetation                                 |                      | Ground vegetation                                |
|  |  | - species composition                             |                      | Vegetation species composition, animal abundance |
| Biodiversity   |  |   |                      |  |
| - threatened species   | Soil physical and chemical parameters  |   |                      |  |
| Soil   |  |   |                      |  |
| - chemical status  | Soil biota, species abundance  |   |                      |  |
| - soil biota: species  |  |   |                      |  |
| - mineralization   | Chemical parameters of deposition, biomass estimates, allocation and storage |   |                      |  |
| - soil solution chemical status  |  |   |                      |  |
| Input/output balance   |  |   |                      |  |
| - deposition chemistry   |  |   |                      |  |
| - litterfall fluxes and chemistry  |  |   |                      |  |
| - stemflow chemistry   |  |   |                      |  |
| - runoff chemistry   |  |   |                      |  |
| - internal cycling   |  |   |                      |  |
| Nutrient turnover  |  |   |                      |  |
| <i>What is the condition of trees in oak forests in Tuscany, Italy?</i>                    |  | Overall tree appearance                           | - crown transparency | Same but sample                                  |
|  | - foliar symptoms  |   |                      |  |
|  | - flowering  |   |                      |  |
|  | - fruiting   |   |                      |  |
|  | - obvious damage   |   |                      |  |
| - ramification status  | Tree growth efficiency   |   |                      |  |
| - stem and butt status   |  |   |                      |  |
| <i>What is the vigour of trees in oak forests in Tuscany, Italy?</i>                       | Standing volume/area   | DBH   | Same but sample      | Tree growth efficiency                           |
|  |  | Stem density                                      |                      |  |
|  |  | Increment   |                      |  |
|  |  | Crown length                                      |                      |  |
|  |  | Crown width                                       |                      |  |

Ferreti, 1997. Environmental Monitoring and Assessment 48: 4

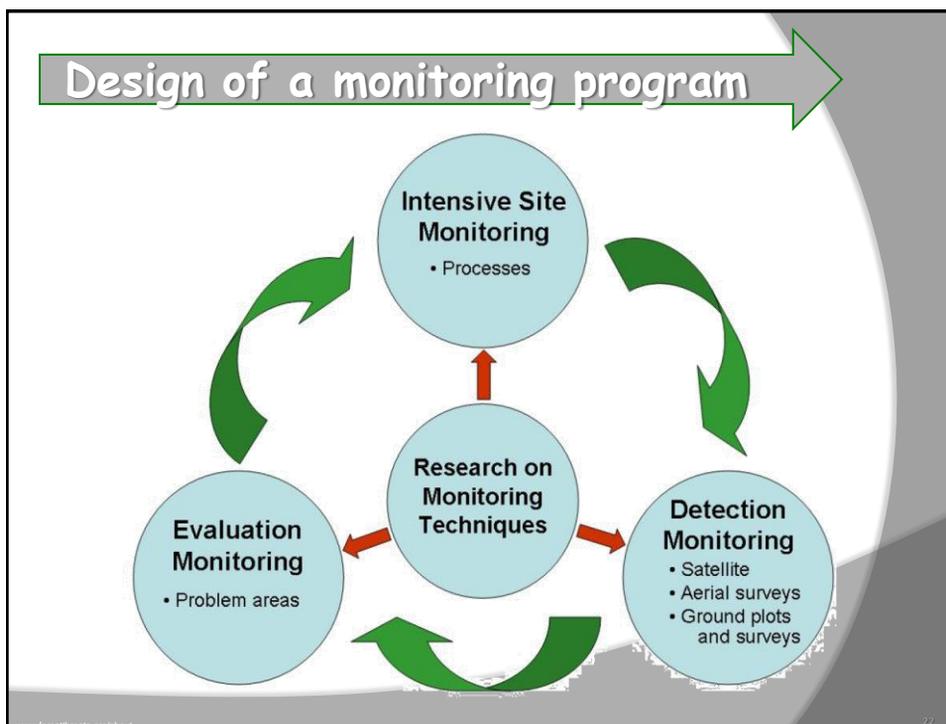
**Monitoring programs involve:**

- ✓ **Establishment of permanent plots**
- ✓ **Aerial surveillance**
- ✓ **Checking/reiteration at ground level**

**Instruments used:**

- ✓ **Remote sensing technology (satellite imagery)**
- ✓ **Hyperspectral scanning (laser devices)**

21



## Design of a monitoring program

- ### 1. Detection monitoring (national or regional)

**Phase 1. Data collection** (remote sensing: forest / non forest areas)

**Phase 2. Field data collection** (subset of sample areas)

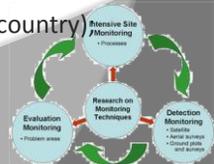
Data collected include: Tree species, diameter, height, crown class, damage, seedling species (counts and condition class, general tree crown condition) ... *and also*: forest type, stand size, stand age, regeneration, tree density, ...

**Phase 3. Measure forest ecosystem function, condition and health**

Involves a subset of the plots in Phase 2

Data collected include: tree condition, lichen community monitoring, ozone bioindicator plants, down wood debris, vegetation structure, soil condition

Each plot is measured once every 5-10 years (depends on the country) plots are randomly chosen



## Design of a monitoring program

- ### 1. Detection monitoring
- ### 2. Evaluation monitoring

*Design to determine the extent, severity, and causes of undesirable changes identified through detection monitoring and other means*
- ### 3. Intensive site ecosystem monitoring

*Examines cause-effect interactions by linking detection monitoring to ecosystem process studies involving nutrient and carbon cycling*
- ### 4. Research on monitoring techniques

*Develops and improves indicators, monitoring systems and analytical techniques*

**Analysis and Reporting**



## ***Indicators of forest health should:***

- ✓ **be easily measured**
- ✓ **be sensitive to stressors**
- ✓ **respond in a predictable manner to stress**
- ✓ **have low variability in the response to stress**
- ✓ **be measured over time**
- ✓ **be measured using designed experimentation**
- ✓ **have reference conditions (standard values)**

Dale & Beyeler 2001. *Ecological Indicators* 1, 3–10.

25

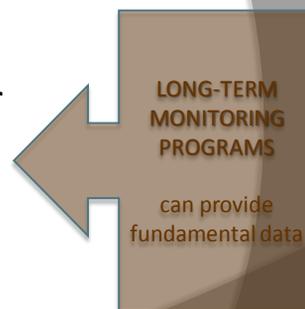
## ***... when monitoring forest health, besides identifying indicators and reference conditions, is crucial that:***

- ✓ **data collection must be standardized**
- ✓ **field crews should be well-trained**  
(to ensure comparable data collected worldwide and during each measurement period)
- ✓ **quality assurance protocols should be in place**
- ✓ **documentation of data collected**
- ✓ **monitoring should be conducted on permanent reference plots**  
(not destructively sampled so that re-measurements can be conducted to monitor changes in health within a time frame that allows changes to be detected)
- ✓ **monitoring plots should be explicitly located**  
(randomly or systematically)
- ✓ **an adequate number of plots to provide statistically reliable estimates for the forest of interest**

26

## **Indicators commonly used in forest health monitoring:**

- ✓ **tree mortality**
- ✓ **tree crown condition**
- ✓ **growth of trees** (basal area, height or volume changes through time)
- ✓ **plant diversity**
- ✓ **dominance of native species**
- ✓ **soil morphology and chemistry**



Dale & Beyeler 2001. *Ecological Indicators* 1, 3–10.

27

## **QUE ÁREAS MONITORIZAR?**

### **Amostragem**

- Total
- Parcial
- Faixas
- Parcelas
- Pontos

**Área amostrada : 2,5-5,0% da área total**

**A área a amostrar pode variar com:**

- Espécie
- Classe de dimensão
- Estrutura etária
- etc.

28

# DIMENSÃO DA AMOSTRA

Dimensão que permita obter informação para um determinado erro de amostragem considerado admissível

**Rigor pretendido → erro de amostragem**

diversidade de situações  
(espécie, tipo de povoamento,  
regime de propriedade, etc.)

Sempre que necessário, a densidade de amostragem pode ser intensificada a partir de uma dada malha já existente

→ **pré-amostragem**

nº de parcelas a amostrar

29

## ✓ European Monitoring Program – launched in 1985 – ICP Forests

↓ <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>

International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests

# ICP Forests

HOME BODIES AND STRUCTURE EVENTS COMMUNITY PLOTS AND DATA PUBLICATIONS MY PROFILE

### ICP Forests Manual

The monitoring manual documents the harmonized methods for sampling and analysis as adopted by the participating countries of ICP Forests.

The latest revision of the ICP Forests monitoring manual has been carried out in spring 2016. The updated parts of the manual have then been adopted by the Programme Task Force on 12 May 2016.

For older versions please refer to the bottom of the page.

**Manual versions (2016)**  
Valid for data submission starting with survey year 2017 (Level I) and 2016 (Level II)

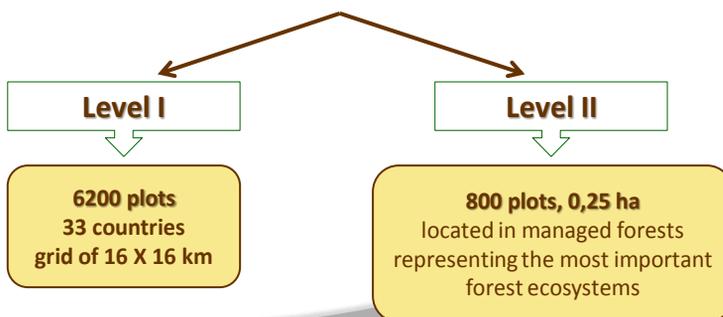
- 📄 Table of Contents
- 📄 Part I Objectives, strategy and implementation of ICP Forests
- 📄 Part II Basic design principles for the ICP Forests monitoring networks
- 📄 Part III Quality assurance within the ICP Forests monitoring programme
- 📄 Part IV Visual assessment of crown condition and damaging agents
- 📄 Part V Tree growth
- 📄 Part VI Phenological observations

Welcome to ICP Forests  
Register or Log In

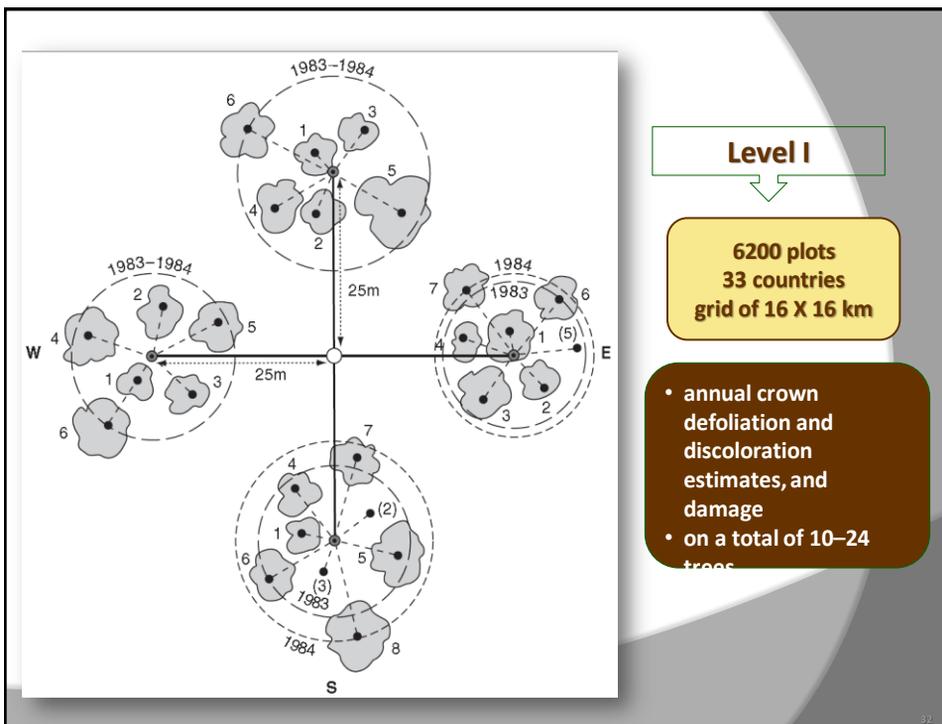
✓ **European Monitoring Program**  
**– launched in 1985 – ICP Forests**



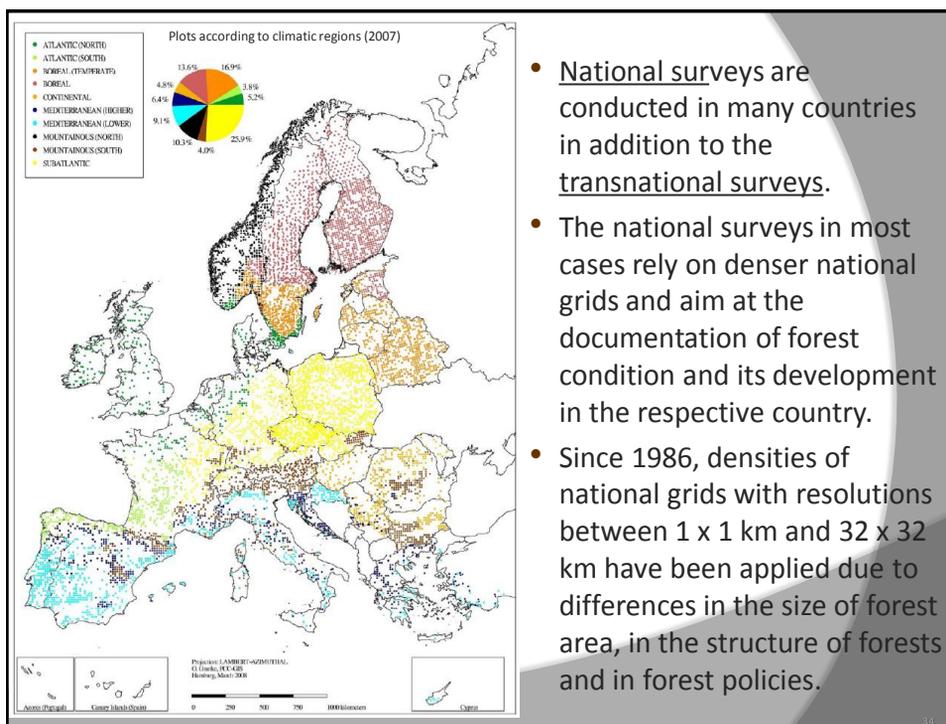
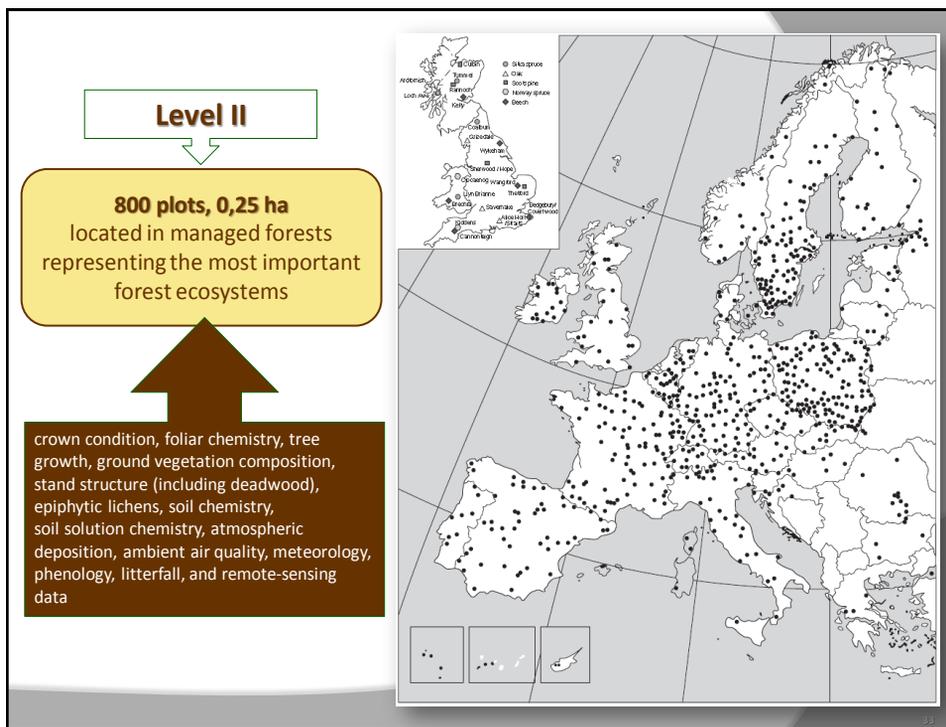
**1987: Regulamento Comunitário de Protecção das Florestas Contra a Poluição Atmosférica** → rede sistemática de malha 16 km x 16 km



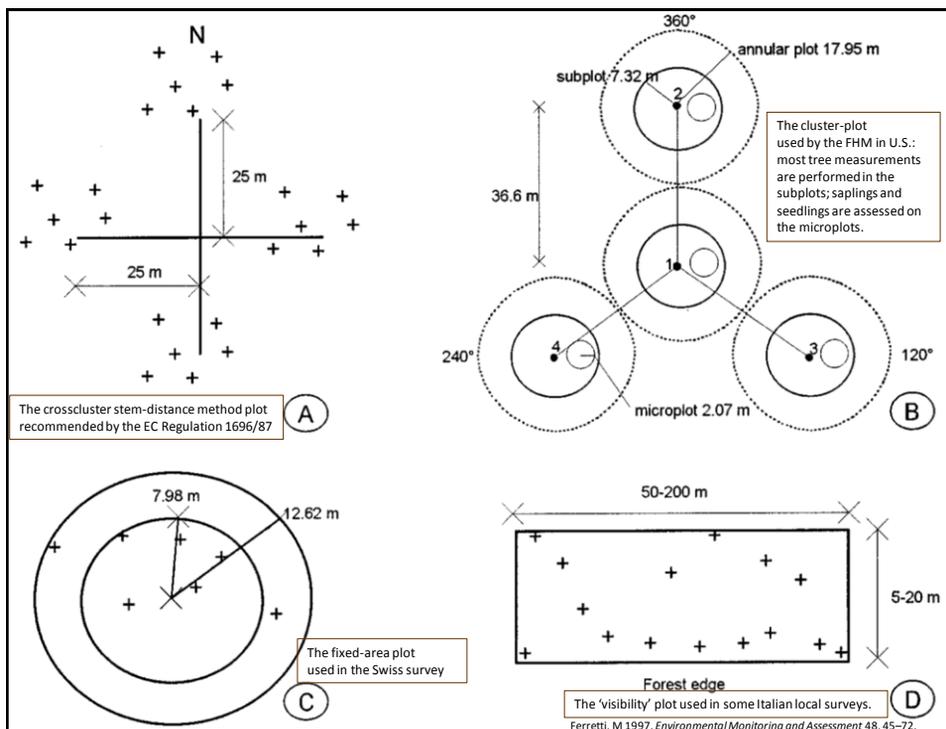
31



32



- National surveys are conducted in many countries in addition to the transnational surveys.
- The national surveys in most cases rely on denser national grids and aim at the documentation of forest condition and its development in the respective country.
- Since 1986, densities of national grids with resolutions between 1 x 1 km and 32 x 32 km have been applied due to differences in the size of forest area, in the structure of forests and in forest policies.



**1987:** Regulamento Comunitário de Protecção das Florestas Contra a Poluição Atmosférica → rede sistemática de malha 16 km x 16 km

**Quadrícula demasiado larga**

**2007:** *Inventário Florestal Nacional*, Plano Estratégico para recolha de Informação sobre o Estado Sanitário das Florestas em Portugal Continental <http://www.afn.min-agricultura.pt/porta/outros/mediateca/plano-estrategico>

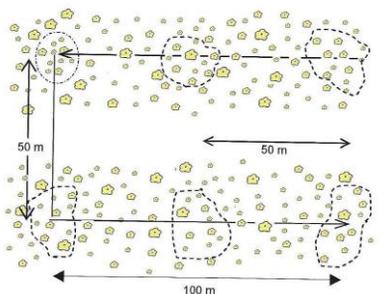
- Rede sistemática de malha 2 km x 2 km
- Amostragem de mais de 5% da área florestal continental
- Uma parcela de amostragem em todos os pontos florestais
- Parcela de amostragem: área aproximada de 0,5 ha com centro no ponto da rede de 2 km x 2 km
- Caso sejam detectados probl. fitos. → accionado percurso

## Percursos de diagnóstico

- ✓ tipo A - povoamentos de densidade  $\geq 200$  árv./ha
- ✓ tipo B - povoamentos de densidade  $< 200$  árv./ha
- ✓ tipo C – plantações muito jovens  
(resinosas – 5 anos; folhosas – 10 anos)

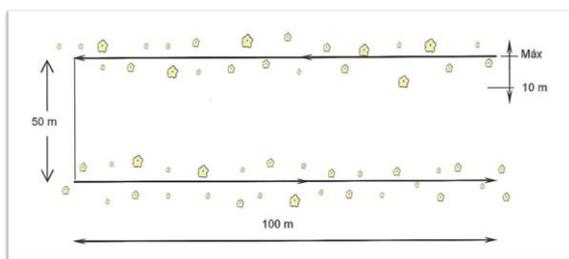
O percurso tem sempre início numa árvore com indícios (sintomas e/ou sinais) de presença de agentes bióticos

### tipo A



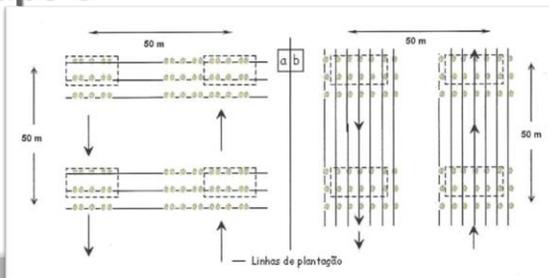
- ✓ Percurso desenvolvido dentro da parcela
- ✓ Rectângulo 100 m x 50 m
- ✓ 1 ponto de estação a cada 50 m
- ✓ Total de 60 árvores observadas

### tipo B



- ✓ Percurso desenvolvido dentro da parcela
- ✓ Rectângulo 100 m x 50 m
- ✓ Todas as árvores são observadas e avaliadas (10 m da linha de caminho)

### tipo C



- ✓ Progressão no sentido da linha plantação (a) ou perpendicular (b)
- ✓ Observação em estações de 10 árvores agrupadas nas linhas de plantação

## ESQUEMA DE AMOSTRAGEM (AFN)

### ✓ sistemático

- Sempre que se verifique, em pelo menos **25% das árvores**, a presença de danos provocados pelo **mesmo agente** (praga ou doença) que crie perturbações de ordem fisiológica, levando ao enfraquecimento gradual ou à morte do hospedeiro (classe de agressividade 3 ou 4, respectivamente), deve **aumentar-se a intensidade de amostragem**.
- Para o efeito propõe-se a instalação de 4 parcelas satélite, segundo os pontos cardeais principais (N, S, E e O), distanciadas de 500 metros, a partir do centro da parcela de amostragem.
- As parcelas satélite instalam-se apenas quando não se verificarem alterações na estrutura e composição do povoamento referência (parcela de amostragem). A sua instalação tem por objectivo a avaliação da distribuição espacial do agente.

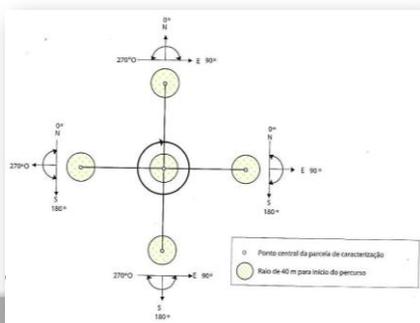
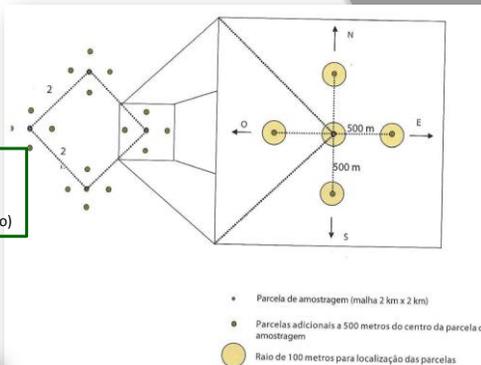
39

### Implantação de parcelas adicionais:

Danos detectados graves  
(presença em  $\geq 25\%$  árvs.)



4 percursos adicionais a partir do ponto central da parcela de amostragem  
(o centro deve localizar-se a mais de 40 m da orla do povoamento)



Parcela adicional com pelo menos uma árv. com danos



Implementar um percurso adicional

40



**IDENTIFICAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DE PRAGAS E DOENÇAS EM POVOAMENTOS FLORESTAIS**

Ministério da Agricultura, Pesca e Desenvolvimento Rural e do Território

**GRAU DE PERIGOSIDADE**

$$\text{Grau de Perigosidade} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Classe de agressividade} \times \text{Intensidade do ataque})}{n}$$

onde,

n = n.º de classes de idade

n = 1, quando o povoamento tem apenas uma classe de idade (árvores jovens ou árvores adultas)

n = 2, quando o povoamento tem duas classes de idade (árvores jovens e árvores adultas)

| Classes               |            | Tomada de decisão  |
|-----------------------|------------|--|
| Muito perigoso        | X > 14     | Acionar urgentemente todos os meios de luta                  |
| Perigoso              | 9 < X ≤ 14 | Definição de uma estratégia de controlo consoante a situação |
| Medianamente perigoso | 4 < X ≤ 9  | Monitorização obrigatória                                    |
| Ligeiramente perigoso | 2 < X ≤ 4  | Monitorização ocasional                                      |
| Não perigoso          | X ≤ 2      | Não é necessária nenhuma intervenção                         |

## Em que épocas ? / When to monitor?

Função do agente e do seu ciclo de vida



According to the causal agent and its life cycle

### Periodicidade:

- inventário geral em todas as parcelas 5/5 anos
- inventários intercalares 2/2 anos, se no IG ≥ 10% árv. atacadas

## O que monitorizar?

- **Indicadores de resposta** - quantificam a condição biológica do ecossistema.
- **Indicadores de exposição** – medem a exposição dos ecossistemas a substâncias químicas, radiações, alterações bruscas do clima, alterações físicas, etc.
- **Indicadores de habitat** - representam as condições a nível local ou à escala da paisagem (padrão de medida espacial e temporal do coberto vegetal).
- **Indicadores de stress** - que reflectem as actividades ou ocorrências que determinam alterações nas condições de exposição ou habitat, como episódios pontuais de poluição, introdução de espécies exóticas, etc.

EPA's Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP) in Ferretti (1997)

43

## O que monitorizar?

### Função dos objectivos

#### Densidades e abundâncias relativas:

- Nº de larvas por folha
- Nº de ninhos por árvore
- Nº orifícios de entradas ou emergência
- Nº de insectos /armadilha.semana
- Taxas de parasitismo, predação

#### Incidência e Severidade:

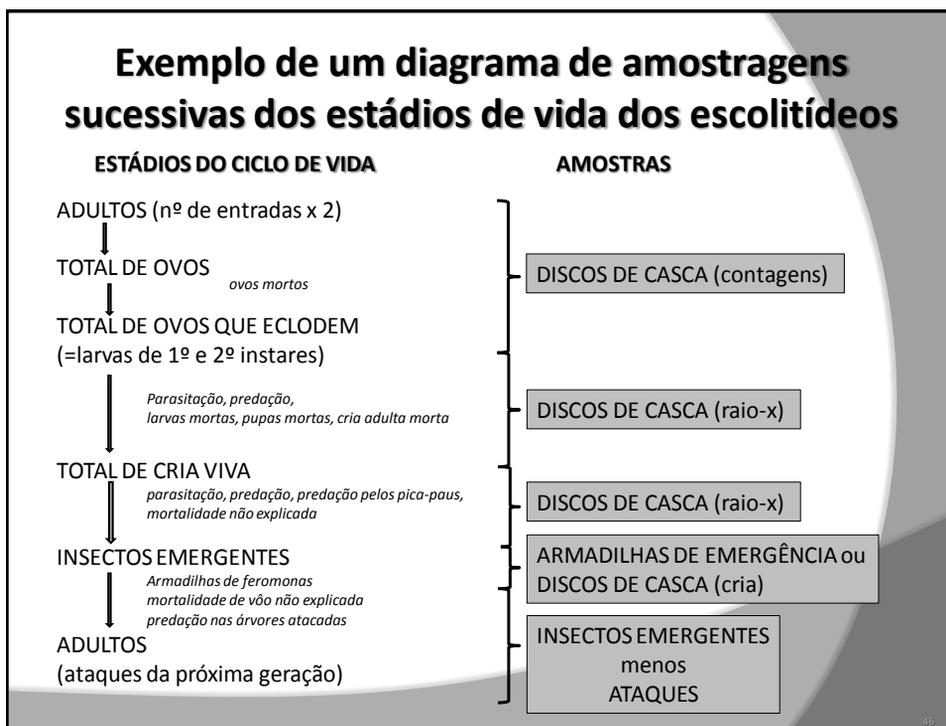
- Presença de inóculo
- Quantificação de inóculo
- Nº de órgãos com sintomas
- Nº de árvores com sintomas
- Extensão de sintomas e/ou sinais

44

*capturador volumétrico tipo Hirst*

Colocação de lâminas-armadilha para captura de esporos na atmosfera

Captura de esporos na atmosfera



**ESTRAGOS** (*Injury*)

**PERDAS** (*Damage*)

**PREJUÍZOS** (*Economic damage*)

**LIMIAR DE PERDA**  
(*Damage threshold*)

**LIMIAR DE RENDIBILIDADE**  
(*Gain threshold*)



47

**ESTIMATIVA DE ESTRAGOS**

- % de desfolha
- % de árvores mortas
- % ramos /folhas atacados

**Estimativa de prejuízos**

- perda de volume de madeira
- área afectada




48

# ÍNDICES DE ESTRAGOS

## • Povoamento

- Número de árvores afectadas
- Número de árvores mortas



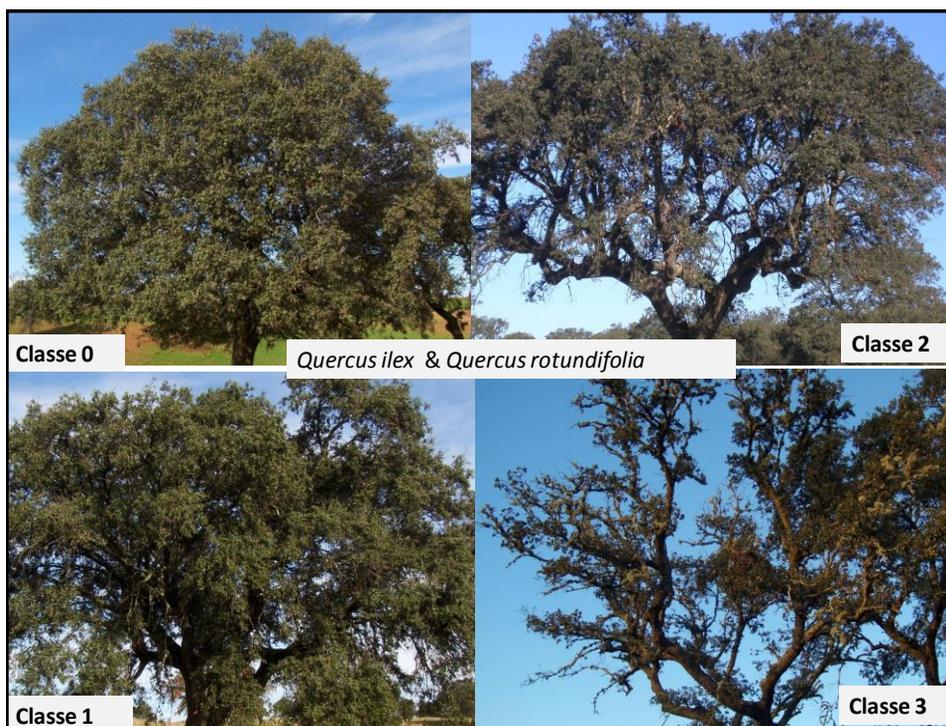
## • Árvore individual

Sintomas indicadores do estado das árvores:

- desfolha e descoloração da folhagem,
- morte da flecha e extremidades,
- copa transparente,
- ramos laterais mortos,
- agulhas mais pequenas,
- etc.

## • Paisagem

Diversidade botânica  
 Dominância das espécies  
 Solo (química)  
 Abundância de Fungos Liquenizados.



FREGUESIAS ONDE TÊM OCORRIDO DESBASTES DE SOBRIETOS SECOS DESDE 1991 ATÉ 2000

→ The potential future risk of mortality due to diseases and pests must be mapped

**What is *risk* ?**

**FOR EXAMPLE:** “expectation that 25% or more of the standing live biomass of trees greater than 2,5 cm in diameter will die over the next 15 years due to insect and disease activity”

Sousa et al., 2007 Edmonds et al., 2011

## FACTORES DE RISCO ou nocividade

Identificar os factores de risco permite determinar:

- probabilidade de ocorrência
- Grau de severidade / Grau de perigosidade
- área geográfica ameaçada – mapas de risco

- Os mapas de risco permitem definir quais as áreas prioritárias a monitorizar e a serem alvo de intervenção (pesquisa, tratamentos, etc.).
- São de máxima importância nas acções de planeamento, gestão, e tomadas de decisão a uma escala regional ou nacional.



Mapa de risco para a morte dos carvalhos nos EUA

## FACTORES DE RISCO ou nocividade

### Da árvore individual e do povoamento

- Idade e vigor
- Crescimento radial anual
- Razão de crescimento periódico,  $PGR = I5 / (I10 - I5)$ ,  $PGR < 1 \rightarrow$  decréscimo de vigor
- Stresse por deficiência hídrica ou de nutrientes
- Inadequação da planta ao local
- Densidade excessiva do povoamento
- Idade avançada das árvores
- Composição uniforme em espécies e idades

53

## FACTORES DE RISCO ou nocividade

### Do local ou região

- Condições climáticas
- Altitude
- Topografia
- Solos
- Recursos hídricos
- Estado sanitário

54

## Modelação de doenças / pragas

### ➤ Quais os objectivos?

- Previsão da taxa de disseminação
- Entender as interações pragas X doenças X fogos
- Previsão dos efeitos das alterações climáticas
- Estabelecer estratégias de gestão sustentável

### ➤ Que abordagens?

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

55

### • Equações diferenciais

São usadas para examinar a taxa de disseminação da doença

$$dx/dt = rx$$

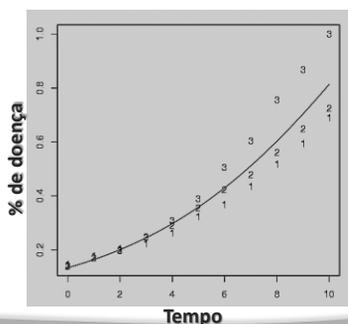
$dx$  = variação na quantidade de doença

$dt$  = variação no tempo

$x$  = quantidade de doença no momento  $t$

$r$  = taxa de infecção

$$x = e^{rt}$$



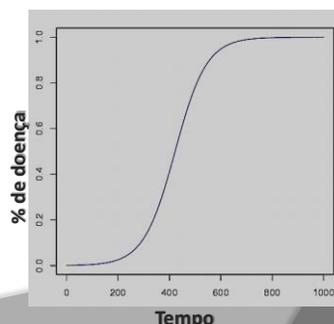
$$dx/dt = rx(1 - x)$$

$dx$  = variação na quantidade de doença

$dt$  = variação no tempo

$x$  = quantidade de doença no momento  $t$

$r$  = taxa de infecção



56

• **Modelos de regressão simples ou múltipla**

São usados para previsão da taxa de disseminação da doença, incidência de podridão do lenho, ...

Diversas variáveis independentes podem ser utilizadas em simultâneo  
Devem ser aplicados apenas nas áreas onde os dados foram colectados

**Epidemiology**

**Predicting Swiss Needle Cast Disease Distribution and Severity in Young Douglas-Fir Plantations in Coastal Oregon**

Pablo H. Rosso and Everett M. Hansen

First author: CSTARs Laboratory, Department of Land, Air, and Water Resources, University of California at Davis, One Shield Ave, Davis 95615; and second author: Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University, Cordley Hall 2082, Corvallis 97331. Accepted for publication 24 January 2003.

---

**ABSTRACT**

Rosso, P. H., and Hansen, E. M. 2003. Predicting Swiss needle cast disease distribution and severity in young Douglas-fir plantations in coastal Oregon. *Phytopathology* 93:790-798.

Swiss needle cast (SNC), caused by the fungus *Phaeocryptopus gaeumannii*, is producing extensive defoliation and growth reduction in Douglas-fir forest plantations along the Pacific Northwest coast. An SNC disease prediction model for the coastal area of Oregon was built by establishing the relationship between the distribution of disease and the environment. A ground-based disease survey (220 plots) was used to study this relationship. Two types of regression approaches, multiple linear regression and regression tree, were used to study the relationship between disease severity and climate, topography, soil, and forest stand characteristics. Fog occurrence, precipitation, temperature, elevation, and slope aspect were the variables that contributed to explain most of the variability in disease severity, as indicated by both the multiple regression ( $r^2 = 0.57$ ) and regression tree (RMD = 0.27) analyses. The resulting regression model was used to construct a disease prediction map. Findings agree with and formalize our previous understanding of the ecology of SNC: warmer and wetter conditions, provided that summer temperatures are relatively low, appear to increase disease severity. Both regression approaches have characteristics that can be useful in helping to improve our understanding of the ecology of SNC. The prediction model is able to produce a continuous prediction surface, suitable for hypothesis testing and assisting in disease management and research.

*Additional keywords:* *Pseudotsuga menziesii*, Douglas-fir diseases, forest disease model, *Venturiaceae*.

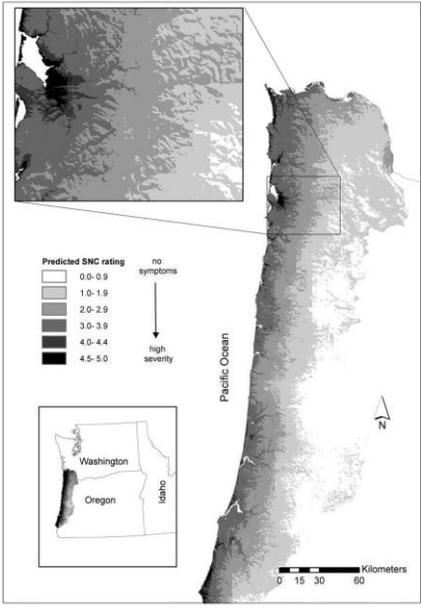
Swiss needle cast (SNC), a foliar disease of Douglas-fir (*Pseu- scale, SNC also has a strong seasonal pattern of development. In*

• **Modelos de regressão simples ou múltipla**




*Phaeocryptopus gaeumannii*





Rosso & Hansen 2003

Fig. 5. Map of Swiss needle cast (SNC) disease severity ratings as predicted by the multiple linear regression model. Higher predicted severity areas are depicted with darker tones. To the left, a section of the Tillamook Bay area is displayed at higher resolution to show the typical SNC prediction pattern.

# MODELOS DE RISCO

Os modelos de risco dão a probabilidade de ocorrer um surto populacional, de mortalidade, de outros danos ou prejuízos

*Podem ser usados para:*

- *determinar impactes ecológicos ou económicos, numa determinada área e período*
- *no planeamento dos locais de plantação*

## MODELOS BASEADOS EM CLASSES DE OCORRÊNCIA E FACTORES DE RISCO

Health Risk Assessment Model (Figure 1)

|                          |        |    |                          |        |      |
|--------------------------|--------|----|--------------------------|--------|------|
|                          | High   | Sa | III                      | II     | I    |
| Likelihood of Occurrence | Medium | Sa | III                      | II     | II   |
|                          | Low    | Sa | III                      | III    | III  |
|                          | Remote | Sa | Sa                       | Sa     | Sa   |
|                          |        |    |                          |        |      |
|                          |        |    | Low                      | Medium | High |
|                          |        |    | Severity of Consequences |        |      |

# MODELOS DE RISCO

## CLASSES DE RISCO

- ✓ Baseados em informações qualitativas
- ✓ Não necessitam de dados quantitativos e são fáceis de aplicar
- ✓ São imprecisos e não têm fiabilidade estatística

## MODELOS DE RISCO

### Modelos de pontuação

- ✓ São atribuídas pontuações segundo variáveis do povoamento (idade, área basal, DAP, densidade, *etc.*)
- ✓ O total do  $\Sigma$  das pontuações determina o grau de risco
- ✓ São fáceis de aplicar mas imprecisos

51

## MODELOS DE RISCO

### Modelos matemáticos empíricos

- ✓ Modelos de regressão usando como variáveis explicativas factores de risco (ex: DAP, idade, tipo de solo), e como variável independente a taxa de mortalidade, % desfolha ou outra medida de estragos
- ✓ Um dos modelos mais usados é o modelo logístico que permite descrever a probabilidade de ocorrência (P) em função de um conjunto de variáveis independentes (X') -  $P=1/(1+e^{-X'})$

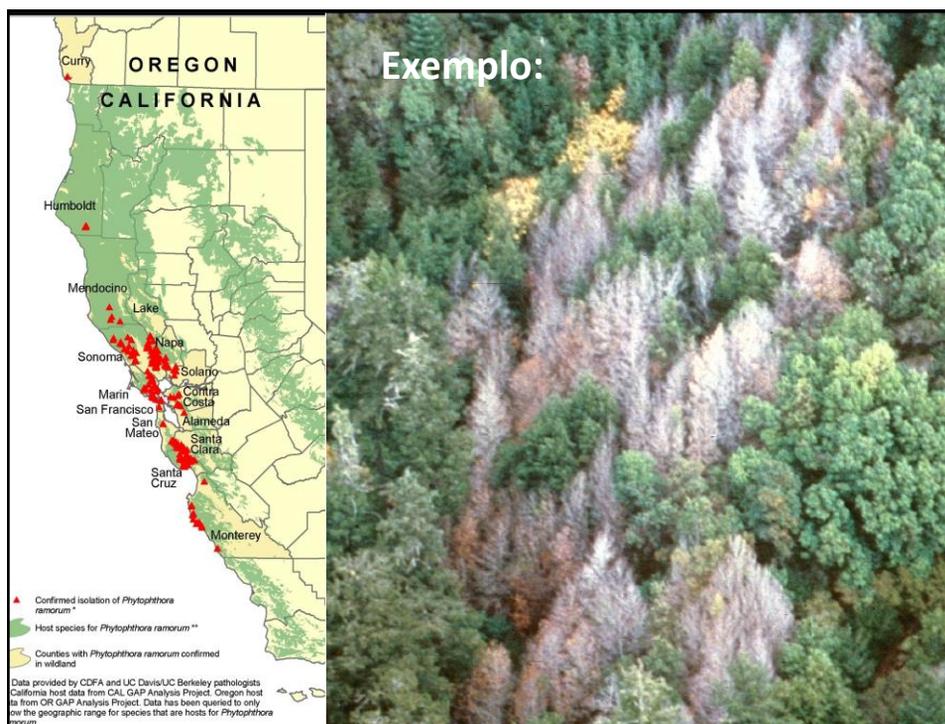
52

# MODELOS DE RISCO

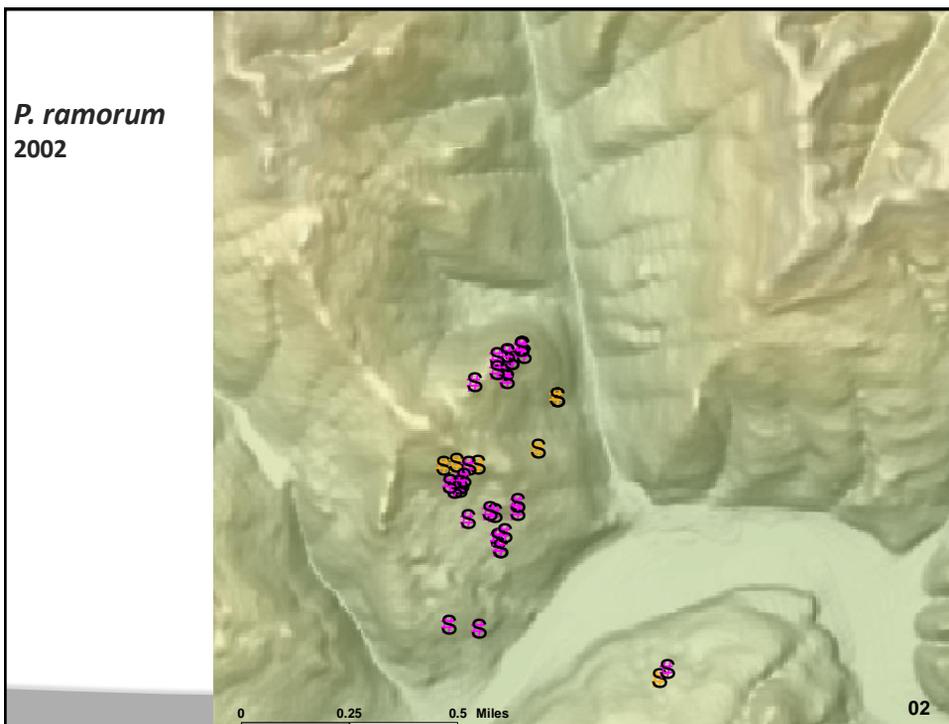
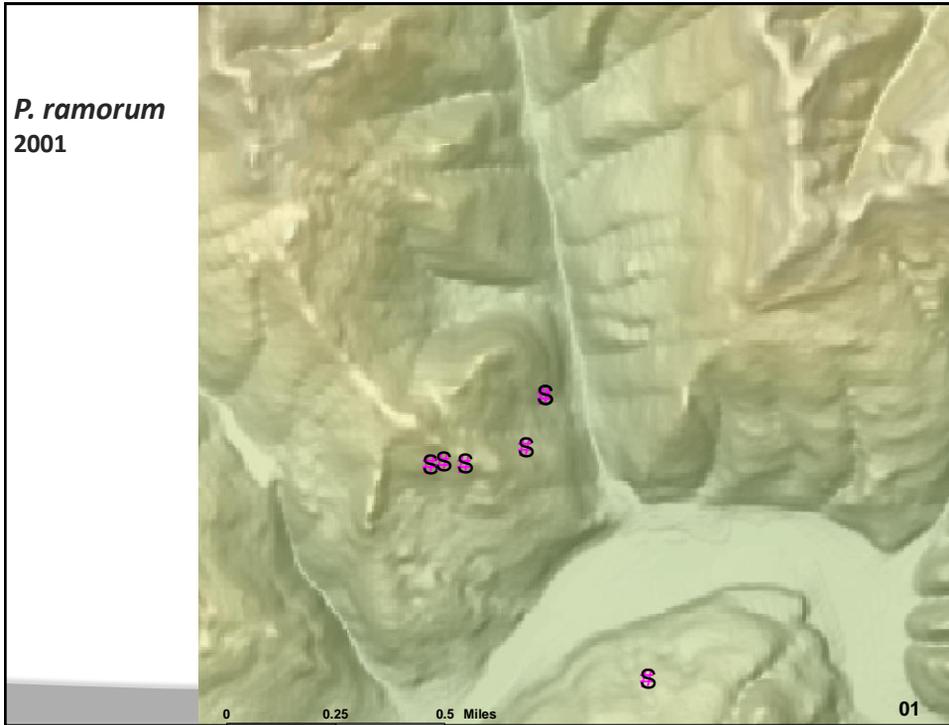
## Análise discriminante

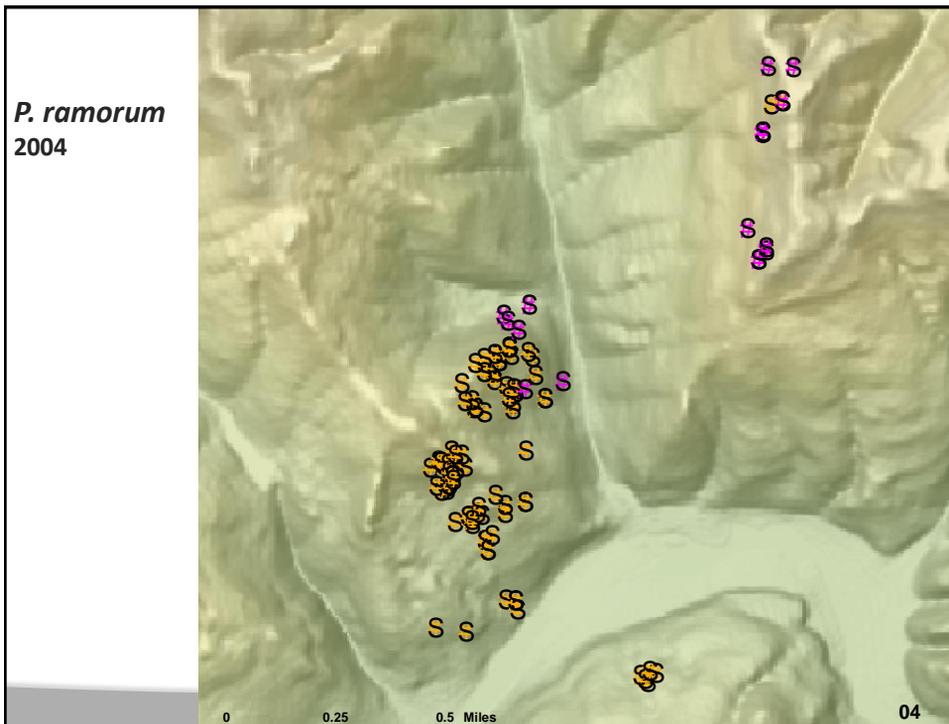
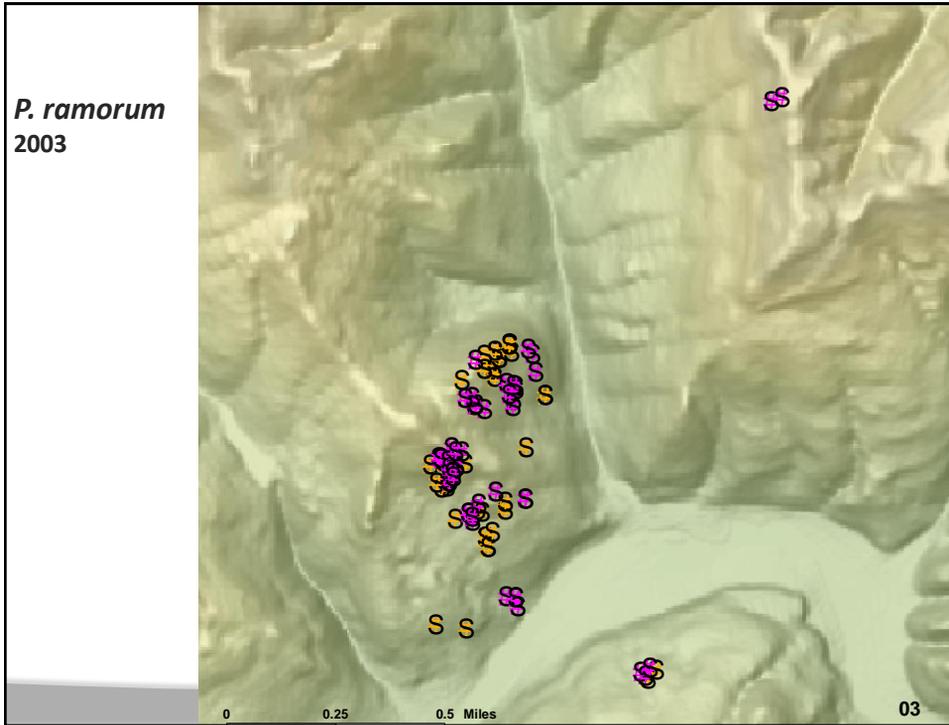
- ✓ Baseado numa análise multivariada deduz-se uma função discriminante a partir de variáveis explicativas.
- ✓ As amostras são retiradas de populações normais multivariadas.

53









## GESTÃO INTEGRADA DE PRAGAS E DOENÇAS

### Que impactes?

- **ecológicos ou socioeconómicos**
- **mensuráveis ou não**
- **directos ou indirectos**

*Exemplos:* perda de material lenhoso, custos de reflorestação, perda de fruto, valor paisagístico, hidrológico, fauna, pastoreio, etc.

Produção de lenho → volume produzido, preços, custos de produção com e sem ataque, com e sem tratamentos

Valor do impacte: medida do impacte x custo

71

### Quais as implicações dos tratamentos?

- Na mortalidade das árvores e outros atributos do povoamento: densidade, distribuição etária, produtividade, etc
- Na população dos insectos ou patogénios: densidade, tendência de evolução, distribuição espacial, predação, parasitismo e doenças
- Custos e segurança (incluindo impactes sobre pessoas e outros organismos)

Análise de custos/benefícios



Modelos de decisão

72

## MODELOS DE DECISÃO

**Integrar os modelos de crescimento dos povoamentos com submodelos sobre a dinâmica das populações de insectos/patogénios e submodelos que simulem o impacte dos insectos/patogénios sobre os povoamentos e os seus recursos.**

73

## TOMADA DE DECISÃO

***Exemplo:***

**Num caso de estudo verificou-se que embora o tratamento de um desfolhador com insecticida permitisse a produção de maior volume de madeira, a execução de dois desbastes, um comercial e outro pré-comercial, permitia obter um valor líquido comercial superior.**

***Porquê ?***

74

# GESTÃO INTEGRADA DE PRAGAS E DOENÇAS

## Diagnóstico

Detecção e identificação do agente, determinação da extensão dos danos.

## Prognóstico

Avaliar a evolução futura dos acontecimentos, com base na apreciação das características do local e do povoamento, estado de vigor e saúde das árvores e da dinâmica populacional do agente → grau de risco

## Prescrição

Práticas preventivas ou tratamentos visando o controlo ou o combate. Para decidir qual das vias a tomar, deve-se conhecer o estado sanitário dos povoamentos e o risco de surtos das pragas e doenças.

*Os tratamentos (meios de luta química) são aconselhados quando existe o prognóstico de um surto com consequências bastante graves*

76