

# MODELO DE SUSCEPTIBILIDADE DE POVOAMENTOS DE PINHEIRO BRAVO DA SERRA DA MEIA VIA (PORTUGAL) AO ATAQUE DE ESCOLITÍDEOS

MARIA ALICE PINTO

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE BRAGANÇA. QUINTA DE SANTA APOLÓNIA. 5300 BRAGANÇA.

## RESUMO

O presente trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento da protecção integrada de *Pinus pinaster* Ait., através da elaboração de um modelo de susceptibilidade ao ataque de escolitídios. Para tal, em povoamentos de *Pinus pinaster* Ait. da Serra da Meia Via (Amarante, Portugal) avaliou-se a mortalidade causada por escolitídeos, o dap médio e a área basal. A análise estatística dos resultados permitiu verificar que a mortalidade está fortemente correlacionada com o dap médio. O estudo da relação entre estas duas variáveis indica ser a função logística a que melhor se ajusta ao conjunto de dados. Obteve-se assim um modelo de regressão logística preliminar que permite prever a mortalidade causada por populações endémicas de escolitídeos.

P. C.: Protecção integrada; *Pinus pinaster*; Escolitídeos; Modelo de susceptibilidade; Portugal.

## SUMMARY

This study aims to contribute towards the development of integrated pest management of *Pinus pinaster* Ait. through the elaboration of a susceptibility (or hazard) rating system. In *Pinus pinaster* Ait. stands of Serra da Meia Via (Amarante, Portugal) mortality due to bark beetles, average dbh and basal area of the stands were evaluated. The statistical analysis of the results indicates that mortality is strongly correlated with average dbh. The study of the relation between these two variables suggests that logistic function best fit the data set. In this way, preliminary logistic regression model has been obtained to enable prediction of mortality caused by endemic bark beetles populations.

K.W.: Integrated pest management; *Pinus pinaster*; Bark beetles; susceptibility (or hazard) rating system; Portugal.

## INTRODUÇÃO

A aplicação dos modelos de susceptibilidade, os quais se caracterizam por apenas incluírem variáveis do povoamento e/ou da estação, permite proceder à identificação espacial de potenciais ataques de escolitídeos facultando consequentemente a utilização da estimativa do risco potencial, uma das componentes da protecção integrada.

Neste estudo contribuiu-se para o desenvolvimento de um modelo de susceptibilidade ao ataque de escolitídeos em povoamentos de pinheiro bravo da Serra da Meia Via (Amarante). Para tal, estudou-se o grau de associação de duas variáveis do povoamento, diâmetro à altura do peito (dap) médio e área basal, com a mortalidade causada por escolitídeos e seleccionou-se o modelo de regressão melhor ajustado ao conjunto de dados.

Nos EUA, país onde os modelos de susceptibilidade têm sido amplamente desenvolvidos, a mortalidade causada por *Dendroctonus ponderosae* e *Dendroctonus frontalis* em povoamentos de resinosas foi relacionada com características da árvore hospedeira, como diâmetro (Amman *et al.*, 1977; Lorio, 1978; Stuart, 1984; Mitchell & Preisler, 1991; Belanger *et al.*, 1993) e com variáveis do povoamento como área basal (Mahoney, 1978; Schenk *et al.*, 1978; Showalter & Turchin, 1993), competição de copas, (Schenk *et al.*, 1978), densidade (Anhold & Jenkins, 1987), entre outras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo realizou-se em povoamentos puros e regulares de *Pinus pinaster* Ait. do Perímetro Florestal da Serra da Meia Via (Amarante), entre Fevereiro e Março de 1995.

Em 10 povoamentos com ataques de escolitídeos e área aproximada de 10 ha, estabeleceram-se 10 parcelas circulares temporárias de 500 m<sup>2</sup> dispostas em duas linhas paralelas (cinco parcelas por linha) distanciadas dentro e entre si por 100 m. Em cada parcela mediu-se o dap (cm) de todas as árvores, registando-se na ficha de campo a classe de diâmetro correspondente. Simultaneamente assinalaram-se as árvores supostamente mortas por escolitídeos ou vivas com sintomatologia de ataque.

Uma vez que muitas das árvores atacadas já tinham sido retiradas em corte sanitários, procedeu-se também à medição do diâmetro dos cepos (cm) para posterior estimação do dap e inclusão no cálculo da área basal e mortalidade. O dap dessas árvores foi estimado a partir da equação de regressão linear  $y=2,903+0,923x$  ( $r^2=0,97$ ;  $P<0,001$ ), sendo  $y$  o diâmetro à altura do peito (cm) e  $x$  o diâmetro do cepo (cm), obtida pela medição do dap e diâmetro a 10 cm das cinco árvores mais próximas do centro de cada uma das parcelas.

Neste estudo a mortalidade, expressa pela percentagem de área basal atacada por escolitídeos, funcionará como variável dependente e o dap médio (cm) e área basal (m<sup>2</sup>/ha) do povoamento, como variáveis independentes.

## RESULTADOS

No conjunto dos 10 povoamentos avaliados, cinco tinham sido tratados por fogo controlado. Em dois deles observaram-se ataques epidémicos de escolitídeos nas áreas queimadas. Assim, no sentido de se evitar que eventuais relações entre a mortalidade causada por escolitídeos e as variáveis independentes fossem mascaradas por este factor de perturbação, procedeu-se à reformulação da amostra inicial de 100 parcelas pela subtracção das parcelas tratadas pelo fogo controlado nos dois povoamentos em causa.

A percentagem de área basal média morta ( $\pm$ SD) registada nos povoamentos que constituem a amostra reformulada foi baixa, nomeadamente 1,23 ( $\pm$ 3,41), tendo-se observado ataques epidémicos apenas nas parcelas tratadas pelo fogo controlado dos dois povoamentos anteriormente referidos, 44,95 $\pm$ 32,33.

A fim de se testar o grau de associação linear da variável dependente com as independentes aplicou-se o coeficiente de correlação ordinal de Spearman ( $r_s$ ) à amostra reformulada. Verificou-se que, contrariamente à área basal do povoamento ( $r_{10}=-0,273$ ; NS), o dap está fortemente correlacionado com a mortalidade ( $r_{10}=0,988$ ;  $P<0,001$ ).

Seleccionado o dap médio como a variável mais fortemente associada à mortalidade, ajustaram-se vários modelos de regressão linear ao conjunto de dados. As cinco regressões produzidas foram todas significativas (Quadro 1), com um  $r^2$  mais elevado, como seria de esperar, nos modelos quadrático e cúbico. Porém, estes modelos foram excluídos dado apresentarem coeficientes com significância superior a 0,05 (Quadro 2).

Na Fig. 1 está representado o melhor modelo de regressão, nomeadamente o logarítmico. A sua análise revela que para valores próximos ou iguais a zero, as predições da mortalidade são negativas, comportamento que é aberrante.

Assim, numa tentativa de melhorar o modelo, procedeu-se ao ajustamento de funções não lineares. A melhor adaptação, dos vários modelos de regressão não linear testados, foi conseguida com a função logística:

$$y = \frac{1}{1 + e^{(b_0 + b_1 x)}}$$

em que,  $y$  representa a proporção de área basal morta,  $b_0$  e  $b_1$  são os parâmetros da regressão,  $x$  a variável independente e  $e$  exponencial.

A função logística foi aplicada depois de se ter normalizado a variável dependente entre 0 e 1. O procedimento consistiu na divisão de todos os valores observados de percentagem de área basal morta pelo valor máximo registado. Assim, a estimação da percentagem de área basal morta, em função do dap, pressupõe essa reconversão.

O ajustamento da função logística aos dados resultou na seguinte equação:

$$y = \frac{1}{1 + e^{(31,749 - 1,957x)}} \quad (r^2 = 0,982)$$

Os valores do coeficiente de determinação mostram que o modelo de regressão logístico ajusta-se melhor aos dados, aumentando o  $r^2$  de 0,890, no modelo logarítmico, para 0,982. Por outro lado, pela análise Fig. 2 verifica-se que os valores preditos da mortalidade nunca são inferiores a zero, tal como aconteceu com o modelo anterior.

## DISCUSSÃO

A forte correlação positiva obtida entre a taxa de mortalidade e o dap, confirma a preferência dos escolitídeos pelos povoamentos com árvores mais grossas, pois como refere Neves (1950) *desenvolvendo-se estas espécies no líber, este tem de ter espessura suficiente para englobar o insecto*. Por outro lado, as árvores de maiores diâmetros produzem um *bouquet* de feromonas mais forte, atraindo escolitídeos a distâncias mais longas (Mitchell & Preisler, 1991).

A preferência por árvores mais grossas é apontada por diversos autores para a generalidade das espécies com importância económica, nomeadamente *D. ponderosae* (Amman *et al.*, 1988; Mitchell & Preisler, 1991), *D. frontalis* (Lorio, 1978; Belanger *et al.*, 1993), *D. rufipennis* (Holsten *et al.* 1991) e *I. sexdentatus* (Dajoz, 1980).

O melhor modelo de susceptibilidade foi obtido pela aplicação da função logística, utilizada em dados semelhantes por Daniels *et al.* (1979) e Zarnoch *et al.* (1984).

Uma vez que não foi possível obter dados independentes ou separar um sub-conjunto de uma amostra de dimensão já de si reduzida, não se procedeu à validação do modelo. Assim, este deve ser encarado como um modelo preliminar que poderá vir a ser utilizado na estimação da percentagem de área basal morta originada por ataques endémicos de escolitídeos em função do dap médio, em povoamentos de pinheiro bravo da Serra da Meia Via (Amarante).

## AGRADECIMENTOS

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Teresa Cabral pela orientação científica; ao Eng<sup>o</sup> João Teixeira, Eng<sup>o</sup> Téc. José Trigo e Mestre Florestal Manuel Joaquim, do I.F, pelo apoio à realização do trabalho; aos alunos Amilcar Fernandes e Auri Ladeira pela colaboração no trabalho de campo; ao Prof. Doutor Francisco Rego pelo apoio no tratamento estatístico dos dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMMAN, G. D. MCGREGOR, M. D. CAHILL, D. B. & KLEIN, W. (1977) - *Guidelines for reducing for reducing losses of lodgepole pine to the mountain pine beetle in unmanaged stands in the Rocky Mountains*. USDA Forest Serv., Gen Tech. Rep. INT-36, 19 pp.
- AMMAN, G. D. MCGREGOR, M. D. SCHMITZ, R. F. & OAKES, R. D. (1988) - Susceptibility of lodgepole pine infestation by mountain pine beetles following partial cutting of stands. *Can. J. For. Res.*, 18: 688-695.
- ANHOLD, J.A. & JENKINS, M.J. (1987) - Potential mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) attack of lodgepole pine as described by stand density index. *Environ. Entomol.*, 16 (3): 738-742.
- BELANGER, P. L. HEDDEN, R. L. & LORIO, P. L. (1993) - Management strategies to reduce losses from the southern pine beetle. *South. J. Appl. For.*, 17 (3): 150-154.
- DAJOZ, R. (1980) - *Écologie des insectes forestiers*. Gauthier-villars, Paris, 489 pp.
- DANIELS, R. F., LEUSCHNER, W. A. ZARNOCH, S. J. BURKHART, H. E. & HICKS, R. R. (1979) - A method for estimating the probability of southern pine beetle outbreaks. *Forest Sci.*, 25: 265-269.
- HOLSTEN, E. H. THIER, R. W. & SCHMID (1991) - *The spruce beetle*. USDA Forest Serv., Forest Insect & Disease Leaflet 127, 11 pp.
- LORIO, P. L. (1978) - *Developing stand risk classes for the southern pine beetle*. USDA Forest Serv., Res. Pap. SO-144, 9 pp.
- MAHONEY, R. B. (1978) - Lodgepole pine/mountain pine beetle risk classification methods and their application. In BERRYMAN, A. A. AMMAN, G. D. & STARK, R. W. (Eds.) - *Theory and practice of mountain pine beetle*. Proc. Symp., Pullman, WA, 25-27 Apr., 1978: 106-113.
- MITCHELL, R. G. & PREISLER, H. K. (1991) - Analysis of spatial patterns of lodgepole pine attacked by outbreak populations of the mountain pine beetle. *For. Sci.* 37(5): 1390-1408.
- NEVES, C. M. Baeta (1950) - *Introdução à Entomologia florestal portuguesa*. A Terra e o Homem, Liv. Sá da Costa, Lisboa, 225 pp.
- SCHENK, J. A. MAHONEY, R. L. MOORE, J. A. & ADAMS, D. L. (1978) - *A preliminary model for hazard rating lodgepole pine stands for mortality by mountain pine beetle*. Univ. of Idaho, College of Forest, Wildl. and Range Sci., Moscow, 18 pp.
- SHOWALTER, T. D. TURCHIN, P. (1993) - Southern pine beetle infestation development: interaction between pine and hardwood basal areas. *Forest Sci.*, 39 (2): 201-210.
- STUART, J. D. (1984) - Hazard rating of lodgepole pine stands to mountain pine beetle outbreaks in southcentral Oregon. *Can. J. For. Res.*, 14: 666-671.
- ZARNOCH, S. J. LORIO, P. L. & SOMMERS, R. A. (1984) - A logistic model for southern pine beetle stand risk rating in Central Louisiana. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 19 (2): 168-175.

Modelo	r <sup>2</sup>	g.l.	F	Significância
Linear	0,862	8	50,08	P<0,001
Logarítmico	0,890	8	64,65	P<0,001
Inverso	0,868	8	52,76	P<0,001
Quadrático	0,897	7	30,39	P<0,001
Cúbico	0,899	6	17,86	P<0,01

Quadro 1 - Parâmetros dos vários modelos de regressão obtidos para a percentagem de área basal morta por escolitídeos *vs.* dap.

Modelo	b <sub>0</sub>	Signif.	b <sub>1</sub>	Signif.	b <sub>2</sub>	Signif.	b <sub>3</sub>	Signif.
Linear	-0,918	P<0,05	0,104	P<0,001				
Logarítmico	-4,631	P<0,001	1,980	P<0,001				
Inverso	3,057	P<0,001	-32,907	P<0,001				
Quadrático	-2,401	P<0,05	0,270	P<0,05	-0,004	NS		
Cúbico	-1,284	NS	0,071	NS	0,007	NS	-0,0002	NS

Quadro 2 - Coeficientes dos vários modelos de regressão obtidos para a percentagem de área basal morta por escolitídeos *vs.* dap.

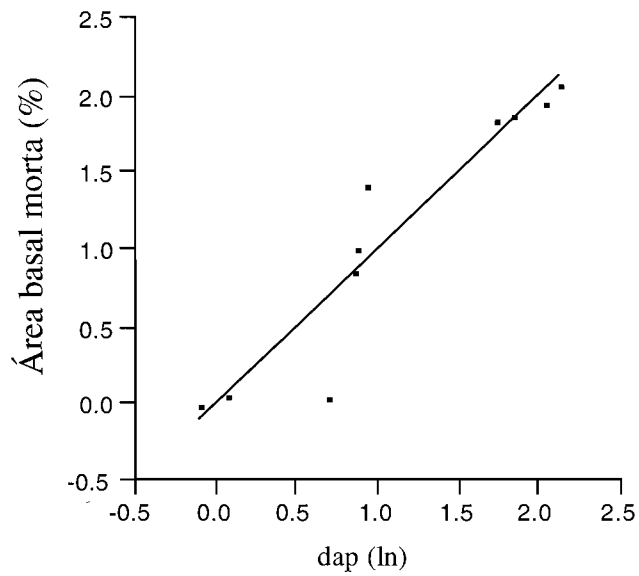


Fig. 1 - Ajustamento do modelo logarítmico obtido para a percentagem de área basal morta em função do dap.

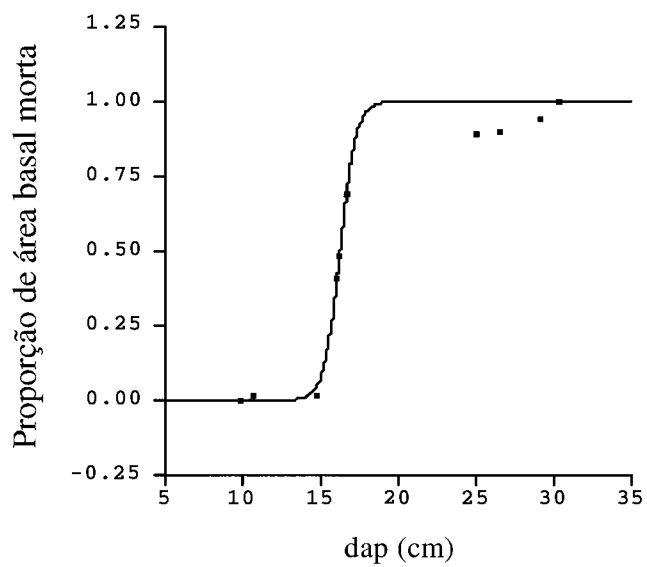


Fig. 2 - Ajustamento do modelo logístico à proporção de área basal morta em função do dap.