

Modelos de previsão de ataque de escolítídeos em povoamentos de *Pinus pinaster* Aiton

M. A. PINTO

El presente trabajo pretende contribuir al desarrollo de la protección integrada de *Pinus pinaster* Aiton en Portugal a través de la elaboración de modelos de previsión del ataque de escolítídeos que permiten proceder a la estimación cualitativa del riesgo. Estos modelos han sido llamados modelos de susceptibilidad, conocidos en la bibliografía anglo-sajona como *hazard rating systems*.

El estudio se ha realizado en masas puras de *P. pinaster* en el Perímetro Forestal de Meia Via (Amarante; Portugal) sometidos al ataque de escolítídeos. En estas masas se han evaluado variables dendrométricas y de la estación.

Del conjunto de variables independientes estudiadas, la edad, el diámetro, la densidad, y el espesor de la corteza han sido las que han mostrado una fuerte correlación con la mortalidad causada por escolítídeos (variable dependiente). El estudio de la relación entre estas variables ha indicado que la función logística es la que mejor se ajusta al conjunto de los datos. Se han obtenido de esta manera modelos de regresión simples que permiten prever la mortalidad causada por poblaciones endémicas, siendo mejores los que incluyen el diámetro y la edad de la masa de *P. pinaster*.

M. A. PINTO: Escola Superior Agrária de Bragança. Campus de Sta. Apolónia. 5300 Bragança (Portugal).

Palabras clave: Modelos de previsión, *Pinus pinaster*, escolítídeos, modelos de susceptibilidad, Portugal.

INTRODUÇÃO

A família *Scolytidae* reúne as pragas mais destrutivas das florestas adultas de coníferas de todo o mundo. Os elevados prejuízos causados por estes insectos associados ao seu modo de vida endófito, e consequente dificuldade de os combater, conduziram à necessidade de se desenvolverem métodos de previsão que permitissem a classificação precoce da predisposição dos povoamentos ao ataque de escolítídeos, ajudando assim à definição do tipo e calendarização dos meios de luta a aplicar.

Deste modo, em países como EUA e Canadá, com forte incidência de ataque destas pragas, foram desenvolvidos numerosos modelos de previsão, designados na biblio-

grafia por *hazard rating systems*, especialmente para o caso de *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (COLE *et al.*, 1976; AMMAN *et al.*, 1977; MAHONEY, 1978; SCHENK *et al.*, 1978; ANHOLD & JENKINS, 1987) e de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman (DANIELS *et al.*, 1979; KUSHMAUL *et al.*, 1979; KU *et al.*, 1980; REED *et al.*, 1982; ZARNOCH *et al.*, 1984).

A aplicação dos modelos referidos, nomeados modelos de susceptibilidade por incorporarem variáveis do povoamento e/ou estação, facultam a utilização da estimativa qualitativa do risco, componente essencial da protecção integrada.

O desenvolvimento de um modelo preditivo pressupõe a selecção de variáveis candidatas mais consistentemente associadas ao

ataque da praga. Neste estudo, desenvolvido em povoamentos de *Pinus pinaster Aiton* atacados por escolitídeos, foram 1) avaliadas numerosas variáveis do povoamento e estação, 2) seleccionadas as mais fortemente correlacionadas com a taxa de mortalidade e 3) ajustados os modelos de regressão que melhor descrevem a relação da mortalidade com as variáveis seleccionadas.

MATERIAL E MÉTODOS

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

Em 10 povoamentos com ataques de escolitídeos (predominantemente *Ips sexdentatus* Boern. e pontualmente *Tomicus piniperda* L. e *Orthotomicus erosus* Woll.) e área aproximada de 10 ha, estabeleceram-se 10 parcelas circulares temporárias de 500 m² dispostas em duas linhas paralelas (cinco parcelas por linha) distanciadas dentro e entre si por 100 m. Em cada parcela mediu-se:

- o declive, a altitude e a exposição;
- o diâmetro à altura do peito (dap) de todas as árvores assinalando-se simultaneamente as árvores mortas por escolitídeos ou que apresentavam a sintomatologia de ataque;
- a idade;
- o diâmetro dos cepos correspondentes a árvores atacadas, retiradas em cortes sanitários, para posterior estimação do dap e inclusão no cálculo da área basal, densidade e mortalidade do povoamento. Importa referir que o dap foi estimado a partir da equação de regressão linear $y = 2.903 + 0.923x$ ($r^2 = 0.97$; $P < 0.001$), sendo y o dap (cm) e x o diâmetro do cepo (cm), obtida pelos valores das medições do dap e diâmetro a 10 cm das cinco árvores mais próximas do centro de cada uma das parcelas;
- a espessura da casca à altura do peito em duas direcções casuais;

- a altura das cinco árvores mais grossas (correspondentes às 100 árvores mais grossas/ha), para posterior determinação do índice de qualidade da estação florestal.

Simultaneamente as três árvores vivas dominantes ou codominantes mais próximas do centro da parcela eram verrumadas, em direcções opostas, para medição da espessura do floema e crescimentos radiais do último e penúltimo quinquénios.

RESULTADOS

No conjunto dos 10 povoamentos estudados, cinco tinham sido submetidos a fogo controlado. Em dois deles observaram-se ataques epidémicos ($45 \pm 32\%$ de área basal morta) apenas nas partes queimadas. Este facto conduziu à reformulação da amostra inicial, pela eliminação dos valores referentes a estas parcelas de amostragem, antes de se proceder ao tratamento de dados que se segue. Nas restantes parcelas registaram-se taxas de mortalidade reduzidas ($1.2 \pm 3.4\%$).

Os resultados da aplicação do coeficiente de correlação ordinal de Spearman (r_s) à amostra reformulada mostram que apenas as variáveis independentes idade, densidade, dap e espessura da casca estão estreitamente correlacionados com a variável dependente percentagem de área basal morta (quadro 1).

A cada conjunto de dados bivariados, formados pela variável dependente e variáveis independentes anteriormente seleccionadas, foram aplicados vários modelos de regressão, linear e não linear, tendo-se conseguido o melhor ajustamento com a seguinte função logística:

$$y = \frac{1}{1 + e^{(b_0 + b_1x)}}$$

em que, y representa a proporção de área basal morta, b_0 e b_1 são os parâmetros da re-

Quadro 1.—Coeficientes de correlação ordinal de Spearman (r_s) entre percentagem de área basal morta (variável dependente) e variáveis da estação e povoamento (variáveis independente) consideradas

Variável	$r_s (N = 10)$	Significância
Altitude	0.407	NS
Declive	0.188	NS
Índice de qualidade	-0.224	NS
Idade	0.960	P<0.001
Área basal	-0.273	NS
Densidade	-0.976	P<0.001
dap	0.988	P<0,001
Cresc. rad. últ. quinq.	-0.152	NS
Cresc. rad. penúlt. quinq.	-0.434	NS
Espessura do floema	0.262	NS
Espessura da casca	0.857	P<0.01

gressão, x a variável independente considerada e e exponencial.

A função logística foi aplicada ao conjunto de dados 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 das variáveis independentes consideradas, pressupõe essa reconversão.

Os resultados estatísticos, patentes no quadro 2, e as curvas representadas na fig. 1 confirmam a bondade do ajustamento conseguido pela aplicação da função logística.

DISCUSSÃO

O valor de r_s (0.960) obtido para a idade indica que o risco de ataque de escolitídeos aumenta com o envelhecimento das árvores. A preferência por estas deve-se à quantidade e qualidade do floema (AMMAN & ANHOLD, 1989; SAFRANIYK, 1989) e ao declínio sofrido pelo sistema defensivo do hospedeiro após atingir a maturidade fisiológica (SHORE & SAFRANIYK, 1992; BELANGER *et al.* 1993; LORIO, 1994). Com efeito, a energia armazenada pelas árvores decresce gradualmente, como resultado do processo de envelhecimento, pelo que, a quantidade de carboidratos que podem ser

Quadro 2.—Coeficientes de determinação e parâmetros do modelo de regressão logística da mortalidade (y) vs. variáveis do povoamento (x) consideradas

Variável	$r^2 (N = 10)$	Parâmetro	
		b_0	b_1
Idade	0.967	8.088	-0.206
Densidade	0.984	-3.980	0.003
dap	0.982	31.749	-1.957
Esp. da casca	0.861	8.284	-5.127

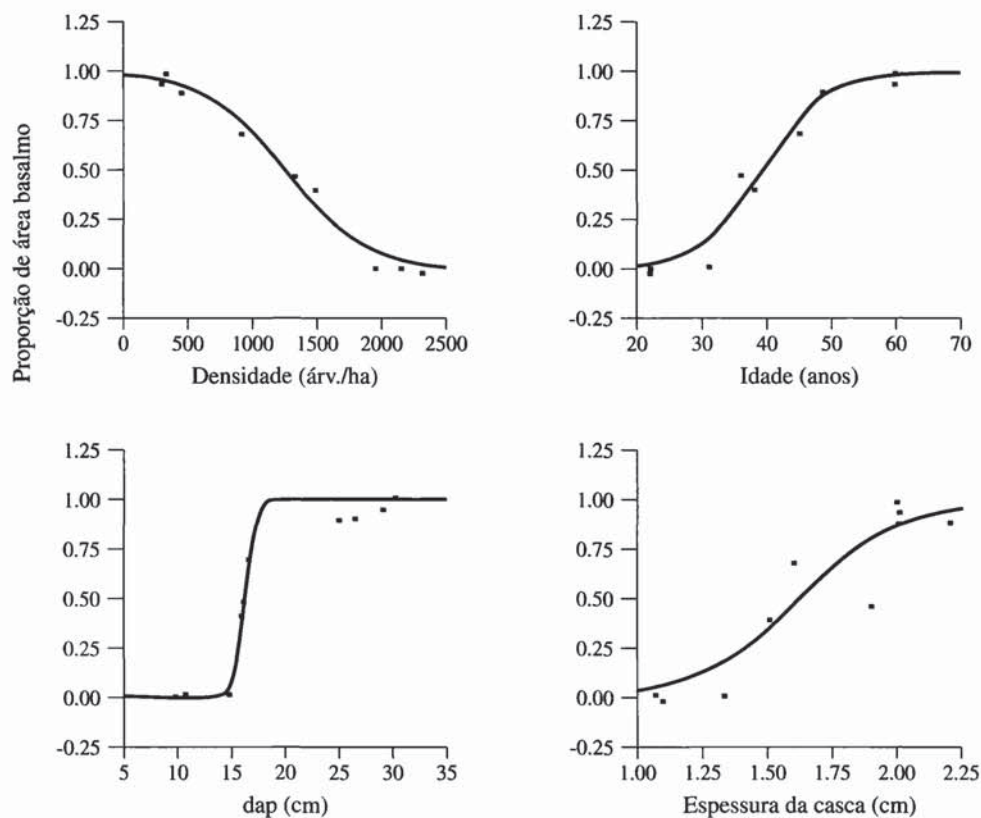


Fig. 1.—Ajustamento do modelo logístico à proporção de área basal morta, variável dependente, em função de cada variável independente considerada.

directamente utilizados nas reacções de hipersensibilidade é menor (CHRISTIANSEN *et al.*, 1987).

A forte correlação positiva obtida com o dap ($r_s = 0.988$), confirma a já esperada preferência dos escolitídeos por árvores mais grossas, como acontece com a generalidade das espécies com importância económica. Segundo SHORE & SAFRANYIK (1992) as árvores com dap maior geralmente possuem floema mais espesso e como refere NEVES (1950) *desenvolvendo-se estas espécies no liber, este tem de ter espessura suficiente para englobar o insecto*. Por outro lado, MITCHELL & PREISLER (1991) sugerem que as árvores de maior dap produzem um bou-

quet de feromonas mais forte, atraindo escolitídeos a distâncias mais longas.

A taxa de mortalidade aumenta com a diminuição da densidade dos povoamentos ($r_s = -0.976$). AMMAN *et al.* (1977), AMMAN & MCGREGOR (1985), ANHOLD & JENKINS (1987) e AMMAN & ANHOLD (1989) também encontraram uma relação inversa entre a mortalidade causada por *D. ponderosae* e esta variável dendrométrica, devido à predominância de árvores grossas e com floema espesso nos povoamentos menos densos.

A espessura da casca está positivamente correlacionada com a percentagem de área basal morta ($r_s = 0.857$). De acordo com SHORE & SAFRANYIK (1992) a casca espessa oferece às

larvas melhor protecção contra os inimigos, contra a dessecação do floema e contra o frio, o que explica o aumento da descendência de *D. Ponderosae*, observado por AMMAN (1969), com o espessamento da casca.

A análise da relação entre a mortalidade causada por populações endémicas de escolítídeos e as quatro variáveis independentes seleccionadas indica ser a função logística a que melhor se ajusta ao conjunto de dados,

função utilizada por DANIELS *et al.* (1979), REED *et al.* (1982) e ZARNOCH *et al.* (1984) em estudos semelhantes.

Os modelos de regressão simples preliminares obtidos (quadro 2 e fig. 1), depois de validados, podem futuramente ser usados para prever a mortalidade causada por populações endémicas de escolítídeos em povoamentos de *P. pinaster* do Perímetro Florestal da Serra da Meia Via.

RESUMO

PINTO, M. A., 1997: Modelos de previsão de ataque de escolítídeos em povoamentos de *Pinus pinaster* Aiton. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24(Adenda al n.º 2): 429-434.

O presente trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento da protecção integrada de *Pinus pinaster* Aiton em Portugal através da elaboração de modelos de previsão de ataque de escolítídeos, os quais permitem proceder à estimativa qualitativa do risco. Estes são designados por modelos de susceptibilidade, conhecidos na bibliografia anglo-saxónica por *hazard rating systems*.

O estudo foi conduzido em povoamentos puros de *P. pinaster* do Perímetro Florestal da Meia Via (Amarante; Portugal) com ataques de escolítídeos, nos quais se avaliaram variáveis do povoamento e da estação.

No conjunto das variáveis independentes estudadas, a idade, o dap, a densidade e espessura da casca do povoamento foram as que se mostraram mais fortemente correlacionadas com a mortalidade causada por escolítídeos (variável dependente). O estudo da relação entre estas variáveis indicou ser a função logística a que melhor se ajusta ao conjunto de dados. Obtiveram-se assim modelos de regressão simples que permitem prever a mortalidade causada por populações endémicas, sendo melhores os que incluem o dap e a idade do povoamento.

Palavras-chave: Modelos de previsão, *Pinus pinaster*, escolítídeos, modelos de susceptibilidade, Portugal.

ABSTRACT

PINTO, M. A., 1997: Modelos de previsão de ataque de escolítídeos em povoamentos de *Pinus pinaster* Aiton. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24(Adenda al n.º 2): 429-434.

This study aims to contribute towards the development of integrated pest management of *Pinus pinaster* Aiton in Portugal through the elaboration of prediction models for outbreaks of bark beetles (*hazard rating systems*) which allow qualitative risk estimate.

The study was conducted in pure *P. pinaster* stands with bark beetles attacks in Perímetro Florestal da Meia Via (Amarante; Portugal) where stands and site variables were evaluated.

From all of the independent stand variables studied, age, dbh, density and bark thickness were the most strongly correlated with mortality caused by bark beetles (dependent variable). Study of the relation between these variables suggest that logistic function best fit the data set. In this way, simple regression models have been obtained to enable prediction of mortality caused by endemic bark beetles populations, the best of which include dbh and age of the stand.

Key words: Prediction models, *Pinus pinaster*, bark beetles, hazard rating systems, Portugal.

REFERENCIAS

- AMMAN, G. D., 1969: *Mountain pine beetle emergence in relation to depth of lodgepole pine bark*. USDA For. Serv., Res. Note INT-96, 8 pp. cit. in AMMAN, G. D. & COLE, W. E. (1983). *Mountain pine beetle dynamics in lodgepole pine forest. Part II: population dynamics*. USDA For. Serv., Gen. Tech. Rep. INT-145, 59 pp.
- AMMAN, G. D. & ANHOLD, J. A., 1989: Preliminary evaluation of hazard and risk rating variables for the mountain pine beetle infestations in lodgepole pine stands. In AMMAN, G. D., *Comp. Proc. Symp. manag. lodgepole pine minimize losses mountain pine beetle, Kalispell, MT, 12-14 Jul., 1988*. USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep. INT-262: 22-27.
- AMMAN, G. D. & MCGREGOR, M. D., 1985: Assessing stand hazard and risk. In AMMAN, G. D. & MCGREGOR, M. D. (Eds.) *Integrating management strategies for the mountain pine beetle with multiple-resource management of lodgepole pine forests*. USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep. INT-174: 29-30.
- AMMAN, G. D.; MCGREGOR, M. D.; CAHILL, D. B. & KLEIN, W., 1977: *Guidelines 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.
- 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.
- CHRISTIANSEN, E.; WARING, R. H. & A. BERRYMAN, A., 1987: Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships. *For. Ecol. Manage.* **22**: 89-106.
- COLE, W. E.; AMMAN, G. D. & JENSEN, C. E., 1976: Mathematical models for the mountain pine beetle-lodgepole pine interaction. *Environ. Entomol.* **5**: 11-19.
- 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. *For. Sci.* **25**: 265-269.
- KU, T. T.; SWEENEY, J. M. & SHELBURNE, V. B., 1980: Site and stand conditions associated with southern pine beetle outbreaks in Arkansas - a hazard rating system. *So. J. Appl. For.* **4**: 103-106.
- KUSHMAUL, R. J.; CAIN, M. D.; ROWELL, C. E. & PORTERFIELD, R. L., 1979: Stand and site conditions related to southern pine beetle susceptibility. *For. Sci.* **25**: 656-664.
- LORIO, P. L., 1994: Southern pine beetle risk rating. In BAKER, J. B. (Eds.) - *Ecosystem management research in the Ouachita Mountains. Proc. Symp. New Orleans, LA, 26-27 Oct., 1993*. USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep. SO-112: 162-171.
- MAHONEY, R. B., 1978: Lodgepole pine/mountain pine beetle risk classification methods and their application. In BERRYMAN, A. A., G. D. AMMAN & R. W. STARK (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.
- REED, D. D.; HEDDEN, R. L. & DANIELS, R. F., 1982: Estimating the annual probability of southern pine beetle outbreak. *For. Sci.* **28**(2): 202-206.
- SAFRANYIK, L., 1989: Mountain pine beetle: biology overview. In AMMAN, G. D., *Comp. - Proc. Symp. manag. lodgepole pine minimize losses mountain pine beetle, Kalispell, MT, 12-14 Jul., 1988*. USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep. INT-262: 9-13.
- 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.
- SHORE, T. L. & SAFRANYIK, L., 1992: *Susceptibility and risk rating systems for the mountain pine beetle in lodgepole pine stands*. Inf. Rep. BC-X336, Forestry Canada, Pacific Forestry Centre, Victoria, B. C., 12 pp.
- 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.

(Recepción: 9 enero 1998)

(Aceptación: 18 marzo 1998)