

# MODELAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VETOR DA FEBRE DO NILO OCIDENTAL (*CULEX PIFIENS*) EM PORTUGAL CONTINENTAL

ROCHA<sup>1</sup>, Jorge; ALMEIDA<sup>2</sup>, Paulo, SANTOS<sup>3</sup>, Maurício; CAPINHA<sup>4</sup>, César; OLIVEIRA<sup>5</sup>, Sandra

<sup>1</sup> IGOT-Universidade de Lisboa, jorge.rocha@campus.ul.pt

<sup>2</sup> IHMT – Universidade Nova de Lisboa, palmeida@ihmt.unl.pt

<sup>3</sup> IGOT-Universidade de Lisboa, josemauriciosantos@campus.ul.pt

<sup>4</sup> IGOT-Universidade de Lisboa, cesarcapinha@outlook.com

<sup>5</sup> IGOT-Universidade de Lisboa, sandra.oliveira1@campus.ul.pt

**Resumo:** As ameaças impostas devido ao aquecimento global fazem com que Portugal tenha um risco elevado para o desenvolvimento de novas doenças transmitidas por mosquitos. A espécie *Culex pipiens* quando infetada com o Vírus do Nilo Ocidental é de extrema importância pois a sua presença é generalizada a todo o território, fazendo isto com que haja uma necessidade de investigação entomológica. Assim, procedeu-se à criação de um modelo de adequabilidade da distribuição da espécie *Culex pipiens* que teve por base a relação entre condições ambientais e características físicas do território de Portugal Continental, dando assim origem quer à identificação de áreas de maior risco ao desenvolvimento do mosquito, quer, de eventuais áreas potenciais à transmissão de doenças das quais o mosquito é vetor. Este modelo foi construído com base no método da Regressão Logística, sendo este um método estatístico multivariado que permite determinar a relação entre a variável dependente (dados de presença da espécie) e as variáveis independentes (ambientais, considerados mais influentes na distribuição e caracterização do habitat deste vetor). De forma a avaliar a qualidade do modelo criado recorreu-se à taxa de sucesso. Por último, um dos objetivos deste artigo foi também o de testar de forma independente qual ou quais das variáveis de partida mais contribuíram para a espacialização deste fenómeno, embora estas sejam o reflexo de uma ampla pesquisa bibliográfica. Para esse efeito recorreu-se a técnicas de Inteligência Artificial (IA) - Redes Neurais Artificiais (RNA), por estas conseguirem aprender “automaticamente” baseando-se unicamente no historial dos dados que lhes são fornecidos.

**Palavras-chave:** Modelos de distribuição de espécies; *Culex pipiens*; modelação; *Machine learning*; Portugal Continental

## 1. Introdução

A espécie *Culex pipiens* é dos mais importantes mosquitos vetores com distribuição global. São vetores de doenças humanas, como a filaríase linfática, a febre do Nilo e a encefalite.

Este, quando infetado com o Vírus do Nilo Ocidental (WNV), é de extrema importância pois a sua presença é generalizada a todo o território e tem uma elevada abundância particularmente em áreas urbanizadas e regiões turísticas.

As ameaças impostas devido ao aquecimento global fazem com que Portugal tenha um risco elevado para o desenvolvimento de novas doenças transmitidas por mosquitos, fazendo isto com que haja uma necessidade de investigação entomológica.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção do modelo de adequabilidade da distribuição da espécie *Culex pipiens*, com suporte nos dados de presença da espécie e nos fatores

ambientais considerados mais influentes ao seu desenvolvimento. Para tal, foi utilizado o método estatístico da Regressão Logística. De forma a avaliar a qualidade do modelo, realizou-se a validação dos resultados com recurso à taxa de sucesso. Também foram utilizadas técnicas de Inteligência Artificial (IA) - Redes Neurais Artificiais (RNA), recorreu-se em particular a uma abordagem supervisionada – arquitetura MLP.

Apesar deste método não ter sido utilizado para calcular um modelo de adequabilidade, pode ser bastante útil para futuros estudos uma vez que fornece o peso de cada variável independente na distribuição da espécie *Culex pipiens*. Quanto à resolução espacial da estrutura matricial dos dados esta resulta de um acordo entre a escala de origem da informação, o objetivo do trabalho e o rigor espacial que implica, assim optou-se por uma resolução de 1 km.

## **2. Dados e área de estudo**

A variável dependente, referente aos dados de presença do *Culex pipiens* (Figura 1), resultou de levantamentos levados a cabo por especialistas do Instituto de Higiene e Medicina Tropical (IHMT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), entre 2001 e 2008 nos meses de Verão (julho a setembro).

Os Mosquitos adultos foram capturados mensalmente com armadilhas de luz do Centro de Controle de Doenças (CDC) e armadilhas de CO<sub>2</sub>, para um período mínimo de 12h, que abrangem pôr do sol ao amanhecer, e através do método Indoor Resting (IR), com a ajuda de aspiradores de mão, principalmente em abrigos de animais. Do total das colheitas, foram identificados como *Culex pipiens* 14 114 mosquitos (33.7% do total de mosquitos) sendo, 2423 colhidos por IR em 430 colheitas e 11691 colhidos por CDC em 245 colheitas.

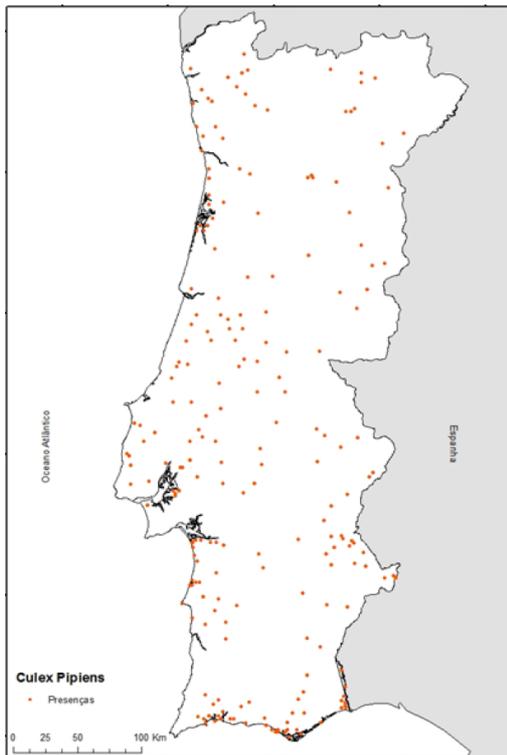


Figura 7: Presenças de *Culex pipiens* em Portugal Continental

O vetor *Culex pipiens*, bem como outros vetores deste género, é influenciado pela temperatura na medida em que, o seu corpo, não possuindo um sistema de termorregulação, necessita de se desenvolver em áreas cujas temperaturas se encontram por volta dos 25°C, sendo que o limiar mínimo é de 15°C. É ainda de referir que temperaturas acima de 38°C e abaixo de 0°C, podem ser fatais ao mosquito.

Sendo assim, foram consideradas a média da temperatura mensal mínima média da estação fria (dezembro a fevereiro) (Figura 2), média da temperatura mensal mínima média da estação quente (julho a agosto), e média da temperatura mensal máxima média da estação quente, pelo facto do desenvolvimento e comportamento do mosquito ser

distinto nas estações mencionadas.

Os dados adquiridos para análise, foram a precipitação, a temperatura mensal mínima média e máxima média, no período temporal de 50 anos, com início em 01/01/1950 e fim em 31/12/2000. Estes foram retirados, em estrutura matricial, do portal do projeto *Worldclim* que, tem por objetivo fornecer informação climática gratuita, que abrange toda a área do Globo no sistema de referência WGS84. A informação referente à variável de disponibilidade e adequabilidade de uso de solo agrícola foi obtida com recurso à carta de uso de solo *Corine Land Cover* (Instituto Geográfico Português, IGP 2012 à escala 1/100 000) de onde se selecionaram as classes de uso do solo com possível capacidade de albergar animais, sendo posteriormente reclassificado para um tema booleano que serviu de base à elaboração dos métodos em estudo.

### 3. Métodos

A escolha dos métodos prende-se com o tipo de dados possíveis de integrar. Estes são considerados tanto ao nível da variável de resposta, que pode ser contínua (e.g. abundâncias), dicotómica (presenças-ausências) ou de presença apenas, como nas variáveis independentes, que podem ser contínuas ou categóricas.

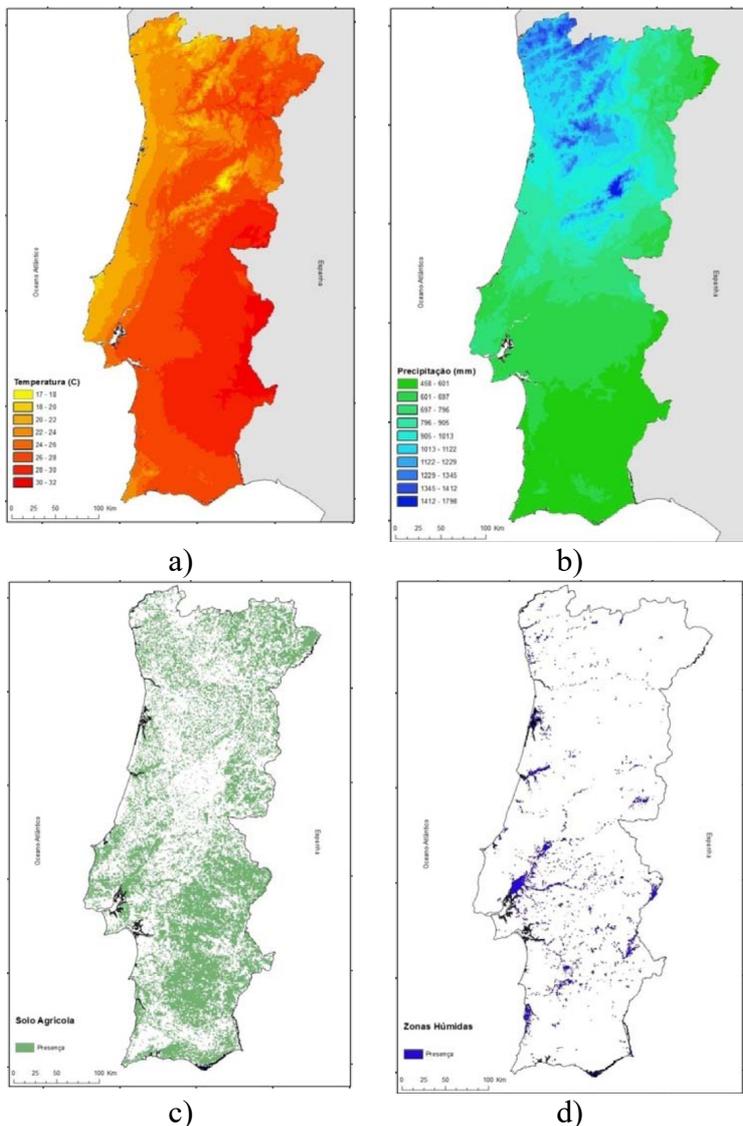


Figura 2: Variáveis independentes: a) temperatura; b) precipitação; c) solo Agrícola; d) zonas húmidas.

necessário calcular os pesos de cada variável através da técnica *Weights of Evidence*. Esta é feita de forma automática pelo programa e utiliza relações estatísticas entre as variáveis independentes e as ocorrências de *Culex pipiens* para descrever e analisar as interações entre os diversos dados espaciais. Como resultado é gerada uma tabela com os pesos atribuídos a cada classe das variáveis independentes e com o número de presenças de *Culex pipiens* em cada uma.

Assim, segundo esta técnica a evidência que mais contribui para o cálculo da regressão logística, e consequentemente para o mapa de adequabilidade da *Culex pipiens* em Portugal Continental, é a média da temperatura mensal mínima média da estação quente, nomeadamente a classe dos 16-18°C, o que é compreensível uma vez que o mosquito se desenvolve com temperaturas compreendidas entre os 15°C e os 25 °C.

Também é notória a relevância das zonas húmidas, sendo que o peso atribuído foi de, aproximadamente, 1,58 e nas áreas com ausência de zonas húmidas foi de -0.097. Através da análise

Os que integram registos de presenças e ausências, baseiam-se no contraste entre os valores referentes a estes dois tipos para obter o valor de resposta. Nestes incluem-se métodos como a Regressão Logística e as Redes Neurais Artificiais.

A Regressão Logística é um modelo estatístico que permite calcular a probabilidade de determinado tipo de resposta dicotómica em função das variáveis independentes, sendo o objetivo da sua aplicação a relação/regressão entre uma variável dependente dicotómica neste caso o mapa de presenças da espécie *Culex Pipiens* um conjunto de variáveis Independentes.

No entanto, antes de se proceder ao cálculo da regressão logística propriamente dita, foi

do mapa de adequabilidade (Figura 3) construído com base na Regressão Logística, é possível concluir que as áreas territoriais mais adequadas ao desenvolvimento da espécie *Culex pipiens* encontram-se no Algarve e Alentejo Litoral. É de salientar que as Serras de Monchique e Caldeirão o valor de adequabilidade é mínimo.

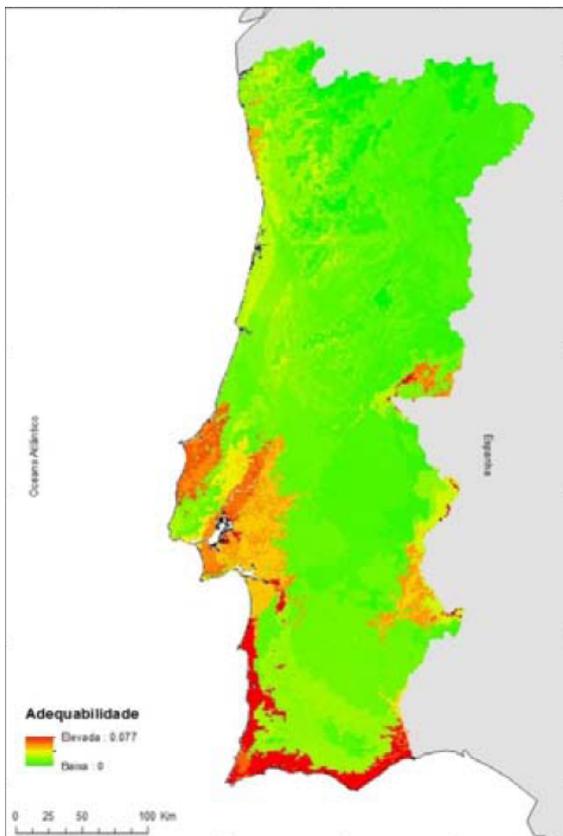


Figura 3 – Adequabilidade do território ao *Culex pipiens*, segundo o método da Regressão Logística

As redes neuronais artificiais (RNA) podem ser entendidas como modelos estatísticos adaptativos (porque conseguem aprender a estimar os parâmetros de uma população, utilizando uma pequena parte dessa população), baseados na estrutura de funcionamento do cérebro.

Ao analisar os resultados é possível ver que a variável que mais vezes apareceu em 1.º lugar no ranking foi a variável média da temperatura mensal mínima média da estação fria. A variável zonas húmidas surge como a segunda variável mais importante uma vez que, em 10 treinos, por 7 vezes se manteve na 2ª posição, nunca descendo da 3ª posição no conjunto dos rankings. Em seguida, pela ordem de importância ficaram a precipitação, uso de solo Agrícola, média da temperatura mensal mínima

média da estação quente e por último a média da temperatura mensal máxima média da estação quente.

#### 4. Conclusão

Após conclusão do estudo, podemos assim, afirmar, que o território ocupado por Portugal Continental tem uma adequabilidade baixa no que concerne ao desenvolvimento do mosquito.

Com base na Regressão Logística conclui-se que as áreas territoriais mais adequadas ao desenvolvimento da espécie *Culex pipiens* encontram-se no Algarve, Alentejo Litoral, Península de Setúbal, no baixo Alentejo o concelho de Moura, Oeste, Vale do Tejo, alguns concelhos da Beira Interior Sul e Grande Porto.

No que concerne aos pesos atribuídos às variáveis independentes no estudo da variável dependente, utilizando a técnica *Weights of Evidence* as variáveis com maior importância são a média

temperatura mensal mínima média da estação quente e as zonas húmidas. O MLP também atribuiu a mesma importância às zonas húmidas, mas em primeiro lugar ficou a média da temperatura mensal mínima fria. Ou seja, com exceção da variável zonas húmidas, não existe concordância entre os pesos atribuídos utilizando a técnica *Weights of Evidence* e o MLP.

## 5. Financiamento

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), IP, no âmbito do projeto TRIAD - Vulnerabilidade Social e Risco para a Saúde devido às doenças arbovirais em Portugal continental (PTDC/GES-OUT/30210/2017) e pela bolsa de Doutoramento do trabalho “Modelação e avaliação da vulnerabilidade à ocorrência de um surto de dengue em Portugal continental” (SFRH/BD/139753/2018).

## 6. Bibliografia

CAPINHA, César; GOMES, Eduardo; REIS, Eusébio; ROCHA, Jorge; SOUSA, Carla A.; ROSÁRIO, Virgílio E.; ALMEIDA, A. Paulo (2009) – “Present habitat suitability for *Anopheles atroparvus* (Diptera, Culicidae) and its coincidence with former malária areas in mainland Portugal”, *Geospatial Health* 3(2), pp. 177-187. ISSN 1827.1987.

GOMES, Eduardo, CAPINHA, César ROCHA, Jorge, SOUSA, Carla (2016) Mapping Risk of Malaria Transmission in Mainland Portugal Using a Mathematical Modelling Approach. *Plos ONE* 11/2016; 11(11):e0164788., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164788>

CAPINHA, César; ROCHA, Jorge; SOUSA, Carla A. (2014) - "Macroclimate Determines the Global Range Limit of *Aedes aegypti*", *ecohealth*, <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0918-y>