

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

# Influência do Comportamento Humano na Transmissão da Malária: Modelagem e Análise

Felipe José Pinto Antunes<sup>1</sup>

Escola de Matemática Aplicada, FGV, Rio de Janeiro, Brasil

María Soledad Aronna<sup>2</sup>

Escola de Matemática Aplicada, FGV, Rio de Janeiro, Brasil

Claudia Torres Codeço<sup>3</sup>

Programa de Computação Científica-Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil

A Malária é uma doença tropical causada por protozoários do gênero *Plasmodium*, transmitida a seres humanos através da picada do mosquito *Anopheles*. Essa espécie de mosquito é presente em toda a Bacia Amazônica brasileira [2]. Ela é um vetor de Malária eficiente, e o controle de sua população é uma forma de reduzir a incidência da doença. Praticamente todos os casos de Malária no Brasil se concentram na Região Amazônica (99.9%), com uma média anual de 310,390 casos. Mesmo dentro da Região Amazônica, a incidência da doença é bem focalizada. No estado do Acre, há 4 municípios com alta incidência da doença: Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves e Tarauacá [3]. Nessa região, a piscicultura foi estimulada como uma alternativa sustentável à criação de gado, pois a mesma é realizada principalmente em regiões já desflorestadas ou abandonadas. Entretanto, o mosquito *Anopheles* parece ter se adaptado bem a utilização dos tanques de peixe para sua reprodução, de forma que cresce a preocupação de que a criação de peixes contribua para o aumento da incidência de Malária.

O trabalho adapta o modelo apresentado por Dumont e Thuillez [1] para a situação da criação de peixes, e parametriza-o para representar a situação observada nos municípios afligidos por Malária do estado do Acre. Esse modelo permite observar a variação do tamanho da população de mosquitos e seu efeito na doença em função da variação da vegetação dos tanques. Considerando a redução da vegetação como estratégia de controle, foi analisado o efeito dos diferentes valores do controle na população do *Anopheles*.

O modelo proposto reúne um modelo populacional para mosquitos adultos e larvas, um modelo de doença SI (Suscetíveis-Infectados) e um modelo de crescimento de vegetação com controle impulsivo que representa a redução instantânea de vegetação nos tanques (através da limpeza deles). Este último tem forma

$$\begin{aligned}\dot{V} &= r(1 - V(t)), \\ \Delta V(t_0 + n\tau) &= -\gamma(H(t_0 + n\tau))V(t_0 + n\tau), \quad n \in \mathbb{N},\end{aligned}\tag{1}$$

<sup>1</sup>fjpantunes@hotmail.com

<sup>2</sup>soledad.aronna@fgv.br

<sup>3</sup>codeco@fiocruz.br

onde  $V$  representa a vegetação, e  $H$  a ação humana. O modelo faz distinção entre tanques com peixe larvívoros e tanques sem peixes predadores. A vegetação influencia a capacidade dos tanques de sustentar larvas, servindo também de refúgio contra os peixes predadores.

O resultado principal concerne condições sobre os parâmetros sob as quais a população de mosquitos assume comportamento periódico ou se extingue, estendendo resultados de [4] para dinâmicas menos regulares.

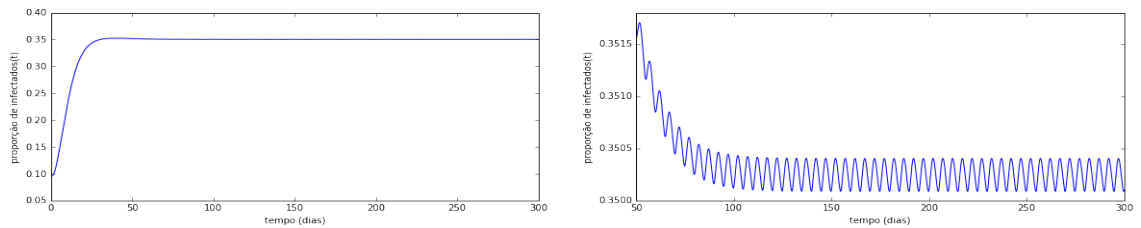


Figura 1: Simulação dos infectados. Em detalhe, o comportamento assintoticamente periódico.

A simulação do modelo está sendo implementada em python, utilizando a biblioteca SciPy. Valores realistas de parâmetros sobre o mosquito e a transmissão da doença foram obtidos de [2], [3] e [1]. Nas simulações, pode-se observar resultados teóricos do modelo, como o comportamento assintoticamente periódico.

## Referências

- [1] Y. Dumont and J. Thuilliez. Human behaviors: A threat to mosquito control? *Mathematical biosciences*, 281:9–23, 2016.
- [2] I. C. Reis, C. T. Codeço, and et al. Contribution of fish farming ponds to the production of immature anopheles spp. in a malaria-endemic amazonian town. *Malaria Journal*, 14(1):452, 2015.
- [3] I. C. Reis, N. A. Honório, F. S. M. de Barros, C. Barcellos, U. Kitron, D. C. P. Camara, G. R. Pereira, E. C. Keppeler, M. da Silva-Nunes, and C. T. Codeço. Epidemic and endemic malaria transmission related to fish farming ponds in the amazon frontier. *PLoS One*, 10(9):e0137521, 2015.
- [4] H. Smith. Cooperative systems of differential equations with concave nonlinearities. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications*, 10(10):1037–1052, 1986.