

## IV SIMPÓSIO DE MODELAGEM DO CONTROLE DA DENGUE



12 a 14 de novembro 2014, São José dos Campos, SP

# Programação do IV Simpósio de Modelagem do Controle da Dengue (12 a 14 de novembro de 2014)

12/11 - QUARTA-FEIRA

Horário	Sessão	Título	Apresentador	Coordenador de Sessão
08:00 - 09:00		OBS: estimativa de 25 minutos / atividade, exceto plenária (50min)		
09:00 - 10:00	<b>Abertura</b>	<b>Inscrição</b> Cerimônia de Abertura		
10:00 - 11:00		Chikungunya: estabelecimento e difusão de uma nova arbovirose no Brasil.	Nildimar Honório (Fiocruz)	Claudia Codeço
11:00 - 12:00	<b>Plenária</b>	<b>Almoço</b>		
12:00 - 14:00		SIRNetwork model and epidemics dynamics in a city	Stefanella Boatto (UFRJ)	Flavio Coelho
14:00 - 14:30		Redes Complexas de Base Territorializada	Leonardo Bacelar Lima Santos (CEMADEN)	
14:30 - 15:00		Modelagem da transmissão de dengue com parâmetros entomológicos dependentes do tempo - Análise do modelo	Miller Cerón Gómez (UNICAMP)	
15:00 - 15:30	<b>Sessão temática: modelagem da dengue</b>	Modelagem da transmissão de dengue com parâmetros entomológicos dependentes do tempo - Ajuste de incidência na cidade de Campinas	Luiz Fernando de Souza Freitas (UNICAMP)	
15:30 - 16:00		<b>Coffee Break</b>		
16:00 - 16:30		Análise de Uma Dinâmica Não Linear da População do Mosquito		
16:30 - 17:00	<b>Sessão temática: modelagem da dengue</b>	Transmissor da Dengue Utilizando a Técnica da Linearização Exata a Realimentação	Célia Aparecida dos Reis (UNESP)	Leonardo Santos
17:00 - 17:30		Cálculo das Estimativas das Taxas do Ciclo de Vida do Aedes aegypti	Daniela Renata Cantane (UNESP)	
17:30 - 18:00		Modelagem de Resistência à Inseticidas	Helio Schechtman (Fiocruz)	

13/11 - QUINTA-FEIRA

Horário	Título	Apresentador
09:00 - 10:00	Contos de Três Cidades, 1 Ilha e um Cantão: experiências na construção de pontes entre o serviço e a pesquisa em programas operacionais de vigilância entomológica de base territorializada.	Antonio Miguel Monteiro (INPE)
10:00 - 10:30	Valores singulares e Ro	Jair Koiller (INMETRO)
10:30 - 11:00	<b>coffee-break</b>	
11:00 - 11:30	About Dengue, Wolbachia and Aedes	Gauthier Sallet (INRIA)
11:30 - 12:00	Arboviroses Urbanas: circulação, heterogeneidades, intervenção e contenção	Max Souza (UFF)
12:00 - 12:30	Um modelo de introdução da bactéria Wolbachia por feedback	Pierre Bliman (FGV)
12:30 - 14:00	<b>Almoço</b>	
14:00 - 14:30	Populational Density of Aedes aegypti: Inference and Impact on Control Strategies	Daniel Villela (Fiocruz)

14:30 - 15:00	<b>Sessão Temática: dados e aplicativos</b> Dynagraph: Uma ferramenta para acompanhamento dinâmico da evolução da dengue Aquisição, Tratamento e Análise de Dados sobre Dengue Relativos a Cascavel-PR: da modelagem à sua disponibilização num ambiente multicamadas DengueME: Dengue Modeling Environment <b>coffee break e sessão de Posters</b>	Marcos José Negreiros Gomes (UFCE)  Claudia Brandelero Rizzi (UNIOESTE) Tiago Lima (UFOP)	Helio Schechtman
15:00 - 15:30			
15:30 - 16:00			
16:00 - 18:00			

14/11 - SEXTA-FEIRA

Horário	Título	Apresentador	
08:30 - 9:00	O projeto Alerta dengue: Rio de Janeiro Atividade de oviposição e fisiologia de Aedes (Stegomyia) aegypti em solução de feno e esgoto	Flavio Coelho (FGV)	Thais Riback
09:00 - 9:30	Monitoramento da Dinâmica temporal de Aedes aegypti: sensibilidade e especificidade de diferentes armadilhas	Magda Ribeiro (UFPR)	
09:30 - 10:00	Planejamento amostral ótimo e amostragem preferencial: Oportunidades em estudos de infestação do mosquito Aedes	Claudia Codeço (FIOCRUZ)	
10:00 - 10:30	<b>coffee break</b>	Gustavo da Silva Ferreira (ENCE)	
10:30 - 11:00	Avaliando a importância de ovos quiescentes na dinâmica do mosquito Aedes aegypti		
11:00 - 12:00	<b>Encerramento</b>	Hyun Mo Yang (UNICAMP)	Liliam Medeiros
12:00 - 12:30			

## SESSÕES PLENÁRIAS

# **Chikungunya: estabelecimento e difusão de uma nova arbovirose no Brasil**

**Nildimar Honório**

Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

honorio@ioc.fiocruz.br

## **RESUMO**

As formas epidêmicas dos vírus Dengue e Chikungunya são transmitidas para os humanos pelos mosquitos invasores *Aedes aegypti* e *Ae. albopictus*. No Brasil, dengue é considerada a mais importante arbovirose em termos de morbidade e mortalidade, e é exclusivamente transmitida por *Ae. aegypti*. Nativo da África, os vírus Chikungunya (CHIKV) tem uma recente história de surtos globais explosivos, representando um alto risco para grandes epidemias em áreas do mundo previamente infestadas por *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*. Em 2013, o genótipo asiático de CHIKV emergiu na Ilha de São Martinho no Mar do Caribe. Esta introdução continua a se expandir, com casos importados e autóctones ocorrendo no Caribe, América do Norte, Central e do Sul, incluindo o Brasil. Apresentarei uma revisão sobre seu ciclo de transmissão e parâmetros que podem auxiliar no desenvolvimento de modelos matemáticos para esse agravo.

**Contos de Três Cidades, 1 Ilha e um Cantão: Experiências na Construção de Pontes entre O Serviço e a Pesquisa em Programas Operacionais de Vigilância Entomológica de Base Territorializada.**

**Antonio Miguel Vieira Monteiro**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – São José dos Campos (SP), Brasil  
miguel@dpi.inpe.br

**RESUMO**

Neste seminário vamos abordar algumas experiências em contextos de cidades-reais, Recife, Ipojuca e Santa Cruz do Capibaribe e a Ilha de Fernando de Noronha em Pernambuco e as Comunas (cidades) na fronteira entre Itália e Suíça, no Cantão Ticino. Nestes diferentes arranjos institucionais e culturais vamos abordar como o trabalho integrado entre os diferentes recortes disciplinares que atuam na vigilância entomológica e epidemiológica pode se beneficiar do uso integrado de tecnologias e metodologias desenvolvidas no espaço da pesquisa. Em particular aquelas associadas a representação espacial de eventos e as técnicas de caracterização da paisagem onde estes eventos se inserem. Desta forma, podemos tomar o espaço como categoria, e este conjunto de métodos, técnicas e metodologias podem se construir enquanto OBJETOS MEDIADORES para encontrar/construir as pontes necessárias para o diálogo entre a pesquisa e o serviço nos processos envolvidos nos programas operacionais de vigilância. Ao mesmo tempo, também podem ajudar a elaborar novas perguntas e apresentar algumas possibilidades de respostas para as novas dinâmicas da Dengue.

# **Avaliando a importância de ovos quiescentes na dinâmica do mosquito *Aedes aegypti***

**Hyun Mo Yang <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas (SP), Brasil

hyunyang@ime.unicamp.br

## **RESUMO**

As fêmeas do mosquito *Aedes aegypti* alimentam-se do sangue humano para desenvolvimento dos ovos fertilizados. Uma vez completado o amadurecimento dos ovos, as fêmeas ovipõem em recipientes apropriados. Em contato com água, eclodem e liberam larvas. Mas, podem permanecer em estado quiescente por longos períodos. A capacidade de ovos de *A. aegypti* permanecerem em estado é estudada por um modelo matemático que considera quatro estados de quiescência. Dependendo das condições abióticas, a quiescência de ovos é um fator importante para sobreviver condições adversas. Esse comportamento é analisado pela capacidade de gerar descendentes.

## APRESENTAÇÕES ORAIS



## **SIRNetwork model and epidemics dynamics in a city**

**Stefanella Boatto<sup>1</sup>, Lucas M. Stolerman<sup>1,2</sup>, Daniel Coombs<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>IMPA – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>3</sup>University of British Columbia (UBC) – Vancouver (BC), Canadá

stolerman3456@gmail.com, boatto.stefanella@gmail.com,  
coombs@math.ubc.ca

### **RESUMO**

We are considering a model for dengue epidemics spreading in a densely populated town, where people move daily from one neighborhood to another. For this purpose we consider a network generalization of SIR model with and without birth and death. We are particularly interested in understanding how the geometry of the network, its homogeneity or non homogeneity, the flux of people and a possible seasonal periodicity of climate have an effect in the occurrence of an epidemics.

### **References**

Boatto, S., Stolerman, L.M., Pacheco, J.M., Santos, F. and Khouri R.S. (2014), “SIR-Network Model for expidemics dynamics in a city”, preprint

Stolerman, L.M. (2012), “A Dinâmica de uma Epidemia em uma Cidade : um Modelo em Rede ”, Tese de Mestrado, Matemática Aplicada, Posgraduação do Instituto de Matemática, UFRJ (dezembro 2012).

Stolerman, L.M., Boatto, S. and Coombs, D. (2014) “Analysis and applications of the SIR-Network model for Dengue Fever”, preprint.

Troyo Guerrero, A. (2013) “Modelo SIR em rede e com parâmetro de infecção que depende periódicamente do tempo”, Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro (maio 2013).

Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Relatório 9- Concepção das Matrizes, Versão 1. Secretaria de Estado de Transporte, Governo do Estado do Rio de Janeiro, Março (2005)

# **Redes Complexas de Base Territorializada – o caso da Mobilidade Urbana**

**Leonardo B. L. Santos<sup>1</sup>, Antônio Miguel V. Monteiro<sup>2</sup>,  
Elbert E. N. Macau<sup>2</sup>, Flávio C. Coelho<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden-MCTI)  
– São José dos Campos (SP), Brasil

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – São José dos Campos (SP), Brasil

<sup>3</sup>Escola de Matemática Aplicada (EMAp) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

santoslbl@gmail.com, miguel@dpi.inpe.br,  
elbert@lac.inpe.br, fccoelho@fgv.br

## **RESUMO**

Santos (2014) trouxe o conceito de Redes Complexas de Base Territorializada (RCBT): grafos com um grande número de vértices, todos de localização espacial conhecida, e regras de conexão que envolvem dependência espacial e que não operam nem de forma regular, nem completamente aleatória. A criação do conceito demandou o desenvolvimento de métodos para tratar dados reais e analisar os resultados do ponto de vista das redes (no formalismo da física estatística) e do fenômeno tratado (sistemas complexos). Neste trabalho original (tese de doutorado) foi apresentado um ciclo completo que tratou da apropriação dos dados de Origem-Destino à análise dos padrões de circulação e das RCBT construídas com base nesses dados. A visualização em Sistema de Informações Geográficas dos diferentes padrões de circulação e dos atributos das RCBT ajudou a compreender espacialmente o conceito de Espaço de Atividade: conjunto de todos os territórios acessíveis a um indivíduo, desenvolvido como um conceito da geografia humana e hoje fundamental para a modelagem computacional de epidemias, especialmente em escala intraurbana. Em relação aos padrões de circulação, foi apresentada uma inovação para o ajuste gravitacional do fluxo de viagens em função do comprimento efetivo da rota. Pelas RCBT foram obtidas assinaturas clássicas de Sistemas Complexos na abordagem de Redes Complexas: distribuição livre de escala, efeito de pequeno mundo e comportamento hierárquico, simultaneamente à análise geográfica dos resultados.

## **REFERÊNCIAS**

Santos, Leonardo Bacelar Lima (2014). Redes Complexas de Base Territorializada (RCBT): conceito, caracterização e seu potencial de aplicação na modelagem epidemiológica. Tese de Doutorado em Computação Aplicada, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP.

# Modelagem da transmissão de dengue com parâmetros entomológicos dependentes do tempo - Análise do modelo

Hyun Mo Yang<sup>1</sup>, Jose Luiz Boldrini<sup>1</sup>, Artur Cesar Fassoni<sup>1</sup>, Karla Katerine Barboza de Lima<sup>1</sup>, Luiz Fernando Souza Freitas<sup>1</sup>, Miller Ceron Gomez<sup>2</sup>, Valmir Roberto Andrade<sup>3</sup>, André Ricardo Ribas Freitas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

<sup>2</sup>Universidade de Nariño(UDENAR)

<sup>3</sup>Superintendencia de Controle de Endemias (SUCEN)

<sup>4</sup>Coordenadoria de Vigilância Sanitária (COVISA)

{hyunyang, boldrini}@ime.unicamp.br, {fassoni2, kkblimabio, luizfsf28, millercgomez}@gmail.com, andre.freitas@campinas.sp.gov.br, valmir@mpc.com.br

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise dos efeitos da chuva e temperatura na população do *A. aegypti*, o qual é um inseto peridoméstico e antropofílico. Para isso, fazemos uso de diferentes tipos de modelos matemáticos de equações diferenciais ordinárias autônomas. A análise de estabilidade local é feita quando os parâmetros são considerados constantes.

## REFERÊNCIAS

Yang, H.M., Boldrini, J.L., Fassoni, A.C., Lima, K.K.B., Freitas, L.F.S., Gomez, M.C., Andrade, V.R., Freitas, A.R.R.(2014). “Abiotic effects on population dynamics of mosquitoes and their influences on the dengue transmission” (In: Ecological Modelling Applied to Entomology, Eds. C.P. Ferreira, W.A.C. Godoy). Springer, Berlim.

Yang, H. M., Boldrini, J. L., Fassoni, A. C., Lima, K. K. B., Freitas, L. F. S., Gomez, M. C., Andrade, V. R., Freitas, A. R. R. (2014) “Dengue transmission modelling considering time-dependent entomological parameters – fitting incidence in Campinas city”, em preparo.

# **Modelagem da transmissão de dengue com parâmetros entomológicos dependentes do tempo - Ajuste de incidência na cidade de Campinas**

**Hyun Mo Yang<sup>1</sup>, José Luiz Boldrini<sup>1</sup>, Artur Cesar Fassoni<sup>1</sup>, Karla Katerini Barboza de Lima<sup>1</sup>, Luiz Fernando de Souza Freitas<sup>1</sup>, Miller Ceron Gomez<sup>1</sup>, Valmir Roberto Andrade<sup>2</sup>, André Ricardo Ribas Freitas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas (SP), Brasil

<sup>2</sup>Superintendência de Controle de Endemias (SUCEN) – Campinas (SP), Brasil

<sup>3</sup>Coordenadoria de Vigilância Sanitária (COVISA) – Campinas (SP), Brasil

{hyunyang, boldrini}@ime.unicamp.br, {fassoni2, kkblimabio, luizfsf28, millercgomez}@gmail.com, andre.freitas@campinas.sp.gov.br, valmir@mpc.com.br

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados do ajuste de incidência na cidade de Campinas mediante simulações das dinâmicas populacionais de humanos e mosquitos infectados no intervalo de tempo de 1991-2013. Os efeitos da chuva e temperatura na população do mosquito *A. aegypti* e na incidência da dengue são observados nas simulações.

## **REFERÊNCIAS**

Yang, H. M., Boldrini, J. L., Fassoni, A. C., Lima, K. K. B., Freitas, L. F. S., Gomez, M. C., Andrade, V. R., Freitas, A. R. R. (2014) “Abiotic effects on population dynamics of mosquitoes and their influences on the dengue transmission”, In: Ecological Modelling Applied to Entomology, Edited by C. P. Ferreira, W. A. C. Godoy, Springer, Berlin.

Yang, H. M., Boldrini, J. L., Fassoni, A. C., Lima, K. K. B., Freitas, L. F. S., Gomez, M. C., Andrade, V. R., Freitas, A. R. R. (2014) “Dengue transmission modelling considering time-dependent entomological parameters – fitting incidence in Campinas city”, em preparo.

# **Análise de uma dinâmica não linear da população do Mosquito Transmissor da Dengue Utilizando a Técnica da Linearização Exata a Realimentação**

**C. A. Reis<sup>1</sup>, H. O. Florentino<sup>2</sup>, D. R. Cantani<sup>2</sup>, D. Cólón<sup>3</sup>, L. A. S. Vasconcelos<sup>1</sup>, J. M. Balthazar<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Matemática, FC UNESP, Bauru, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Bioestatística, IB UNESP, Botucatu, Brasil

<sup>3</sup> Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista, FEB UNESP, Bauru, Brasil

celia@fc.inesp.br, helenice@ibb.unesp.br, dcantane@ibb.unesp.br,  
diego@lac.usp.br, toninho@fc.unesp.br, jmbaltha@gmail.com

## **RESUMO**

Embora técnicas de análise de sistemas lineares estejam bastante desenvolvidas, a busca por métodos de análise e controle de sistemas não lineares está em franca expansão. Podem-se citar técnicas não lineares baseadas na teoria de estabilidade de Lyapunov e métodos de linearização exata no espaço de estado, que é o assunto principal deste trabalho. A linearização exata por realimentação é um procedimento que permite transformar a dinâmica de um sistema não linear, em uma dinâmica linear, mediante uma realimentação não linear dos estados ou da saída escolhida previamente. A vantagem é o fato de o sistema em malha fechada resultante ser linear e invariante no tempo, o que permite que se possa realizar uma segunda realimentação, utilizando-se uma segunda lei de controle, que é mais simples de se obter, mais estudada, e mais desenvolvida. Esta segunda lei de controle (linear) é utilizada para se prover maior robustez ao sistema (isto é, menos sensibilidade a incertezas e variações nos parâmetros). Além disso, é uma parte essencial para o desenvolvimento de controladores não lineares robustos e adaptativos. Esta metodologia de análise e projeto de dinâmicas não lineares tem sido utilizada com êxito em problemas de rastreamento, no controle de braços de robô e manipuladores, peças de artilharia, helicópteros, aviões e satélites, além de ser usado em aparelhagem médica, nas indústrias química, farmacêutica e problemas de bioengenharia. Objetiva-se, neste trabalho a utilização da técnica da linearização entrada-saída para análise de um modelo não linear da população do mosquito transmissor da dengue. O estudo do plano de fase dessa dinâmica será efetuado, além da utilização da dinâmica interna desse sistema para análise de estabilidade assintótica. Exemplos numéricos são apresentados.

## **REFERÊNCIAS**

- Yang, H.M.; Thomé, R.C.A. Controle Ótimo do Mosquito *Aedes Aegypti* via Técnica de Insetos Estéreis. Departamento de Matemática Aplicada – IMECC – Unicamp. Campinas, SP. 2007.
- Donalísio, M.R.; Glasser, C.M. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. Rev. Bras. Epidemiol. vol.5, no.3, São Paulo, Dec. 2002.

# **Cálculo das Estimativa das Taxas do Ciclo de Vida do *Aedes aegypti***

**Daniela R. Cantane<sup>1</sup>, Ariane C. Cristino<sup>1</sup>, Rogério A Oliveira<sup>1</sup>, Helenice O Florentino<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Instituto de Biociências (IB), Botucatu (SP), Brasil

{dcantane, rogerio, helenice}@ibb.unesp.br, ariane.campolim@gmail.com

## **RESUMO**

O aumento do número de casos da dengue é notícia enfática na mídia, pois é uma doença que atinge o homem, principalmente em países onde o clima é caracterizado como tropical e subtropical, ambiente este favorável ao desenvolvimento de mosquitos *Aedes aegypti*. O ciclo de vida do mosquito inicia-se com a eclosão dos ovos na água. Posteriormente, os mosquitos saem do casulo atingindo a fase adulta. Nesta fase os mosquitos se acasalam e iniciam um novo ciclo. A transmissão da doença ocorre mediante três etapas: o vírus que causa a doença, o mosquito que transmite o vírus, chamado de vetor e uma pessoa susceptível, ou seja, nunca teve contato com o mesmo sorotipo do vírus. A dengue é transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti* ou *Albopictus* infectado com o vírus da doença. As fêmeas adultas se alimentam de sangue, que é necessário para maturação e postura dos ovos. Os principais meios de controle do mosquito são: controle mecânico, realizado por agentes de saúde e pela população em geral em suas residências; controle químico, no qual produtos larvicidas e adulticidas são empregados à fim de causar a mortalidade dos mosquitos e controle biológico, que consiste em introduzir inimigos naturais no meio ambiente ou mosquitos machos estéreis (pela técnica de radiação gama). Atualmente os controles são os meios mais eficientes para combater o mosquito transmissor. Utiliza-se um modelo matemático que descreve a dinâmica populacional do mosquito considerando o uso de inseticida e introdução de machos estéreis no ambiente, produzidos pela técnica de radiação gama, no controle *do Aedes aegypti*. Para descrever a dinâmica da população considera-se todo o ciclo de vida do mosquito: fase aquática (ovo, larva e pupa) e fase alada (mosquitos adultos). O objetivo deste trabalho é calcular estimativas das taxas do ciclo de vida do mosquito, que são utilizadas no modelo matemático para estudar a dinâmica populacional do mosquito transmissor da dengue.

## **Referências**

- Esteva, L., Yang, H. M. (2005) Mathematical model to assess the control of *Aedes aegypti* mosquitoes by the Sterile Insect Technique, In *Mathematical Biosciences* **198** 132-147.
- Florentino, H. O., Bannwart, B. F., Cantane, D. R., Santos, F. L. P. (2014) Multiobjective genetic algorithm applied to dengue control, In *Mathematical Biosciences*, 256 1-17.
- Thomé, R. C. A., Yang H. M., Esteva L. (2010) Optimal control of *Aedes aegypti* mosquitoes by the sterile insect technique and insecticide, In *Mathematical Biosciences*, 223 12-23.

# GENERATING INSECTICIDE RESISTANCE

**Helio Schechtman<sup>1</sup> and Max O. Souza<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense (UFF) – Niterói (RJ), Brasil

h.schechtman@fiocruz.br, max.souza@gmail.com

## ABSTRACT

A 5-compartments model was used to describe mosquito populations, with resistance mediated genetically by a single-locus with a pair of alleles for the so-called KDR gene. Assuming Mendelian inheritance, the modelled population was a mixture of susceptible, resistant and heterozygous mosquitoes, with both heterozygous and resistant mosquitoes assumed to have a smaller fitness.

When costs are small, insecticide application, following specific policies, quickly induced population profiles of high percentage of resistant insects as found in the field [1]. Removal of insecticide pressure produced a return to a mainly susceptible population, albeit only after a very long time.

The results obtained suggest, in certain circumstances, the possibility of existence of a threshold for insecticide application that would fixate the resistant phenotype. Moreover, even when fixation does not occur, an optimization of insecticide policies is necessary to increase the useful lifetime of the presently utilized chemicals.

## REFERENCES

1. Linss JGB, Brito LP, Garcia GA, Araki AS, Bruno RV, Lima JBP, et al. Distribution and dissemination of the Val1016Ile and Phe1534Cys Kdr mutations in *Aedes aegypti* Brazilian natural populations. *Parasites & Vectors*. 2014 Jan 15;7(1):25.

## **Singular value decomposition in dynamic epidemiology: Arboviral diseases with human circulation**

Moacyr Alvim<sup>1</sup>, Abderrahman Iggidr<sup>2</sup>, Jair Koiller<sup>3</sup>,  
Maria Lucia Penna<sup>4</sup>, Gauthier Sallet<sup>2</sup>, Max Souza<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Escola de Matemática Aplicada (FGV), Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>INRIA Project MASAIE, Université de Lorraine, France

<sup>3</sup>DINAM/INMETRO, Rio de Janeiro (RJ), Brasil<sup>3</sup>

<sup>4</sup>Departamento de Epidemiologia e Bioestatística UFF, Niteroi (RJ), Brasil

<sup>4</sup>Departamento de Matemática UFF, Niteroi (RJ), Brasil

moacyr@fgv.br, {abderrahman.iggidr, gauthier.sallet@inria.fr, jkoiller-  
pronametro@inmetro.gov.br, mlfpenna@id.uff.br, msouza@mat.uff.br

We introduce a matrix that combines information about human circulation and the epidemiological situation at the nodes of a metapopulation model for an arboviral disease. Its singular value decomposition allows relationships between three  $R_0$ 's : local(s), uniform, and network. The onset of an arboviral disease is strongly dependent on the network characteristics. We present a naive "early warning" criterion for the outbreak at a given node, aiming to promote a discussion on the role of left and right singular vectors. For details see [1], work by the Brazil-France Capes/Cofecub team.

- [1] Moacyr Alvim, Abderrahman Iggidr, Jair Koiller, Maria Lucia Penna, Gauthier Sallet, et al.. Onset of a vector borne disease due to human circulation - uniform, local and network reproduction ratios. [Research Report] RR-8322, 2013, pp.31. <hal-00839351v2> .



# On *Aedes*, *Wolbachia* and Dengue

G. SALLET<sup>1</sup>, J. KOILLER<sup>2</sup>, M. DA SILVA<sup>3</sup>, M. DE SOUZA<sup>4</sup>, C. CODEÇO<sup>5</sup>, AND  
A. IGGIDR<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Université de Lorraine and INRIA Grand Est, Metz, France,*  
Gauthier. Sallet@inria.fr

<sup>2</sup> *FGV, Rio de Janeiro, Brazil,*  
JKOILLER@fgv.br

<sup>3</sup> *FGV, Rio de Janeiro, Brazil,*  
MOACYR@fgv.br

<sup>4</sup> *UFF, Rio de Janeiro, Brazil,*  
max.souza@gmail.com

<sup>5</sup> *Fiocruz, Rio de Janeiro, Brazil,*  
claudia.codeco@gmail.com

<sup>6</sup> *INRIA Grand Est, Metz, France*  
Abderrahman.lggidr@inria.fr

## ABSTRACT

We present a model of infection by *Wolbachia* of a *Aedes aegypti* population. This model is designed to take into account the biology of this infection and also the data that can be obtained. The objective is to use this model for predicting the sustainable introduction of this bacteria. We provide a complete mathematical analysis of the model proposed and give the basic reproduction ratio  $\mathcal{R}_0$  for *Wolbachia*. We observe a bistability phenomenon. Two equilibria are asymptotically stable : an equilibrium where all the population is uninfected and an equilibria where all the population is infected. A third unstable equilibrium exists. We are in a backward bifurcation situation. The bistable situations occurs with natural biological values for the parameters. Our model is an example of an epidemiological model with only vertical transmission. This infection model is then connected with a classical dengue model. We prove that for the complete model the equilibrium with *Wolbachia* for the mosquitoes and without dengue for the human is asymptotically stable for sensible values of the parameters. We prove that, if a sufficiently great population of infected mosquitoes is introduced, dengue will disappear.

We use the data of a real trial releasing infected mosquitoes in Cairns (Australia) [1] to calibrate our model. Our model behave remarkably well versus the observed data. Then we use then the calibrated model to simulate different scenarii of appearance of dengue. We use a pessimistic situation where the basic reproduction ratio  $\mathcal{R}_0$  of dengue is 24.5 The simulations confirm our findings, dengue epidemics does not occurs, and show that the introduction of *Wolbachia* is a promising way of control dengue.

## References

- [1] Hoffmann, A A et al.( 2011) *Successful establishment of Wolbachia in Aedes populations to suppress dengue transmission.*, Nature, Volume (476) , pp. 454–457

# An observer for a multi-scaled dengue system

**Abderrahman Iggidr<sup>1</sup>, Max Souza<sup>2</sup>**

INRIA — Nancy, France

Universidade Federal Fluminense (UFF) — Niterói (RJ), Brasil

Abderrahman.Iggidr@inria.fr, maxsouza@id.uff.br

## **ABSTRACT**

Starting from the multi-scaled dengue system derived in [1], we construct a pair of observers to estimate the dynamics of the disease. The nature of both the observers and the multi-scaled system allows to estimate both the number of Susceptible and Recovered hosts, as well as to provide information on the vector population, using only infected population data.

Numerical simulations are presented to illustrate the performance of the observers.

## **REFERENCES**

- [1] M.O. Souza, Multiscale analysis for a vector-borne epidemic model. *J. Math. Biol.*, **68** (5), 1269–1293, 2014.

# Um modelo de introdução da bactéria Wolbachia por feedback

**Pierre-Alexandre Bliman<sup>1,2</sup>, Soledad Aronna<sup>3</sup>, Flávio C. Coelho<sup>3</sup>, Moacyr A.H.B. da Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escola de Matemática Aplicada, Fundação Getulio Vargas – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Inria – Rocquencourt, France

<sup>3</sup>Instituto de Matemática Pura e Aplicada IMPA – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

{pierre.bliman, fcocoelho, moacyr}@fgv.br, aronna@impa.br

## RESUMO

O uso da bactéria Wolbachia é um método promissor considerado atualmente para bloquear a transmissão do vírus da dengue, assim como do chicungunha, que acabou de ser detectado no Brasil. As modalidades de introdução de mosquitos infectados pela bactéria dentro de uma população saudável, são ainda um assunto a ser estudado. Se trata de uma questão central, interligada àquelas do custo e da eficácia do método.

O alvo do presente estudo é a síntese de um método que permite reduzir o número de mosquitos introduzidos, e assim o custo, sem colocar em risco o sucesso da introdução da bactéria (o que poderia acontecer por exemplo se o tamanho inicial da população foi subestimado). Aproveitando o fato que medições são realizadas ao longo do período de soltura, técnicas de controle de sistemas dinâmicos são utilizadas para definir a quantidade de mosquitos a ser introduzidos a cada momento. Diferentes leis de contra-reação, simples e capazes de assintoticamente fixar a bactéria são propostas, e o comportamento do sistema de malha fechada assim obtido é analisado. De acordo com a informação de que dispomos, se trata da primeira tentativa de usar feedback para a introdução da Wolbachia numa população de artrópodes.

# Populational Density of *Aedes aegypti*: Inference and Impact on Control Strategies

Daniel Antunes Maciel Villela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Computação Científica - Fundação Oswaldo Cruz (PROCC/Fiocruz) –  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

dvillela@fiocruz.br

## RESUMO

Density of mosquitoes per humans is an important factor when evaluating the vectorial capacity of *Aedes aegypti* mosquito, as a vector of diseases, such as dengue.

Knowledge of populational density is also important for the control strategy of releasing mosquitoes with *Wolbachia* bacteria.

In such strategy, the density problem is relevant since there is an invasion threshold for the frequency of the *Wolbachia*-carrying population, given cytoplasmic incompatibility due to *Wolbachia*, and also fitness costs.

We present techniques to infer estimates of population sizes in a few areas of Rio de Janeiro using data from capture--recapture experiments. Next, we apply these estimates to analyze the viability of the *Wolbachia*-carrying population to establish in those areas following a mathematical model.

## REFERÊNCIAS

Turelli, Michael. "Evolution of incompatibility-inducing microbes and their hosts." *Evolution* (1994): 1500-1513.

Keeling, M. J., F. M. Jiggins, and J. M. Read. "The invasion and coexistence of competing *Wolbachia* strains." *Heredity* 91.4 (2003): 382-388.

Maciel-de-Freitas, Rafael, et al. "Why do we need alternative tools to control mosquito-borne diseases in Latin America?." *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 107.6 (2012): 828-829.

Royle, J. Andrew, et al. "Bayesian inference in camera trapping studies for a class of spatial capture-recapture models." *Ecology* 90.11 (2009): 3233-3244.

Royle, J. Andrew, et al. *Spatial capture-recapture*. Academic Press, 2013.

# Modelo de Grafos de Dinâmicos para Acompanhamento da Evolução da Dengue: Dynagraph

Marcos Negreiros<sup>1</sup>, Anderson Calixto<sup>2</sup>, Bruno Chaves<sup>1</sup>, Airton Xavier<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Ceará (UECE) – Fortaleza (CE), Brasil

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) – Fortaleza (CE), Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza (CE), Brasil

negreiro@graphvs.com.br, andersonbr@gmail.com,  
[brunobezerrachaves@gmail.com](mailto:brunobezerrachaves@gmail.com), axavier@secrel.com.br

## RESUMO

Uma importante operação no processo de análise de decisões para o controle epidêmico da dengue é o mapeamento e visualização espaço-temporal das ocorrências de Aedes e casos humanos da doença nas diversas áreas controladas pelo sistema de saúde. Este trabalho apresenta um editor de grafos dinâmicos, DYNAGRAPH, capaz de representar esta evolução temporal de casos e focos de dengue em regiões controladas, utilizando como base de mapas o Google Earth™. Detalharemos a funcionalidade e o imbricado modelo matemático baseado em grafos. Apresentaremos um processo de evolução de focos e casos para detecção de agrupamentos que se movimentam ao longo do tempo na região espacial investigada. Os resultados de monitoramento apresentados são referentes a SER II da cidade de Fortaleza.

## REFERÊNCIAS

- Bastian, M.; Heymann, S.; Jacomy, M. Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. São José, Califórnia, Estados Unidos, 2009.
- Calixto, A.; Negreiros, M. Dynagraph: Um Modelo de Edição e Representação de Grafos Dinâmicos. 1. ed. CLAIO/SBPO, 8 p., 2012
- Calixto, A. Dynagraph: Um Modelo De Edição E Representação de Grafos Dinâmicos – Dissertação MSc – MPCOMP-UECE/IFCE, Fortaleza, 2013.
- Jain, A.K.; Murty, M.N.; Flynn, P.J. Data Clustering: A Review, ACM Computing Surveys, Vol. 31, No. 3, 264-323, September 1999
- Theodoridis, S., Koutroumbas, K. Pattern Recognition; 2nd Edition - Elsevier Academic Press, Amsterdam, 710p, 2003
- Pereira, Alfredo T. “Encontrando Similaridades entre Indivíduos Através de Métodos de Agrupamento Natural”, Monografia – CBCC-UECE, Fortaleza/2009
- Viana, J. F. R. Análise Multivariada de Agrupamentos de Dados Utilizando Técnicas Rígidas e Difusas. Dissertação MSc MPCOMP – UECE/CEFETCE, Fortaleza, 2008.

# **Aquisição, Tratamento e Análise de Dados sobre Dengue Relativos a Cascavel-PR: da modelagem à sua disponibilização num ambiente multicamadas**

**Claudia Brandelero Rizzi<sup>1</sup>, Rogério Luis Rizzi<sup>1</sup>, Claudia Torres Codeço<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Cascavel (PR), Brasil

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

{claudia\_rizzi, rogeriorizzi}@hotmail.com, claudia.codeço@gmail.com

## **RESUMO**

Nesta comunicação é apresentado o atual estágio de um projeto de trabalho de pós-doutorado que envolve a aquisição, tratamento e análise de dados sobre dengue relativos a Cascavel-PR no período de 2007 a 2014. Envolve também a seleção de uma região específica da cidade com aproximadamente 75.000m<sup>2</sup>, contendo 1252 lotes com distintas ocupações e atividades funcionais e que apresentam diferentes tipos de dados que serão mapeados através de modelagem com sistema de informação geográfica e onde serão realizados experimentos de simulação computacional para estudar certas dinâmicas espaço-temporais relativas à dengue. O modelo computacional em desenvolvimento é baseado em agentes computacionais e utiliza dados ambientais, climáticos, demográficos, os específicos da dengue, dentre outros.

## **REFERÊNCIAS**

- Ministério da Saúde (2009) “Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue”. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília. Disponível em <[http://www.combateadengue.pr.gov.br/arquivos/File/profissionais/diretrizes\\_dengue.pdf](http://www.combateadengue.pr.gov.br/arquivos/File/profissionais/diretrizes_dengue.pdf)>. Acesso em 30 mai. 2014.
- Ministério da Saúde e Fundação Nacional de Saúde (2002) “Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD)”. Brasília. Disponível em <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pncd\\_2002.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pncd_2002.pdf)>. Acesso em 30 mai. 2014.
- World Health Organization (2014). “Dengue and severe dengue”. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>>. Acesso em 10 jun. 2014.

# **DengueME - A FRAMEWORK FOR MODELING AND SIMULATING *Aedes aegypti* AND DENGUE FEVER DYNAMICS**

**Tiago F. M. Lima<sup>1</sup>, Tiago G. S. Carneiro<sup>1</sup>, Raquel M. Lana<sup>2</sup>, Cláudia T. Codeço<sup>2</sup>, Raian V. Maretto<sup>3</sup>, Liliam C. C. Medeiros<sup>4</sup>, Gabriel S. Machado<sup>1</sup>, Leonardo B. L. Santos<sup>5</sup>, Izabel C. Reis<sup>2</sup>, Flávio C. Coelho<sup>6</sup>, Antônio M. V. Monteiro<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – São José dos Campos (SP), Brasil

<sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) – São José dos Campos (SP), Brasil

<sup>5</sup>Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) – Cachoeira Paulista (SP), Brasil

<sup>6</sup>Fundação Oswaldo Cruz (FGV) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

tiagolima@decsi.ufop.br, tiago@iceb.ufop.br, raquelmlana@gmail.com, codeco@fiocruz.br, rvmaretto@gmail.com, liliam.medeiros@ict.unesp.br, gabrielmchdo@gmail.com, santoslbl@gmail.com, izabio2005@gmail.com, fccoelho@fgv.br, miguel@dpi.inpe.br

## **RESUMO**

Dengue fever represents a great challenge for many countries, and methodologies to prevent and/or control its transmission have been largely discussed by the research community. Modeling is a powerful tool to understand epidemic dynamics and to evaluate costs, benefits and effectiveness of control strategies. In order to assist decision-makers and researchers in the evaluation of different methodologies, we developed DengueME, a collaborative open source platform to simulate dengue disease and its vector's dynamics. DengueME provides a series of compartmental and individual-based models, implemented over a GIS database, that represents the *Aedes aegypti*'s life cycle, human demography, human mobility, urban landscape and dengue transmission. The platform is designed to allow easy simulation of intervention scenarios. A GUI was developed to facilitate model configuration and data input.

# O Projeto Alerta Dengue: Rio de Janeiro

**Flávio Codeço Coelho<sup>1</sup>, Cláudia Codeço<sup>2</sup>, Oswaldo Gonçalves<sup>2</sup> Cruz, Luiz Max de Carvalho<sup>1,2</sup>, Sabrina Camargo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escola de Matemática Aplicada, FGV, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Programa de Computação Científica (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

[fc Coelho@fgv.br](mailto:fc Coelho@fgv.br), [codeco@fiocruz.br](mailto:codeco@fiocruz.br), [oswaldo@fiocruz.br](mailto:oswaldo@fiocruz.br),  
[luizepidemiologia@gmail.com](mailto:luizepidemiologia@gmail.com), [sabrinamga@gmail.com](mailto:sabrinamga@gmail.com)

## RESUMO

O objeto do projeto consiste no desenvolvimento um sistema integrado de captação-organização-visualização de alertas semanais de dengue nas cidades de Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba. A captação dos dados será feita de forma automática a partir de acordos com os responsáveis pela coletas dos dados, a ver, as Prefeituras, o Observatório da Dengue (UFMG) e sites que disponibilizam dados climáticos. Esses dados serão integrados em um pipeline de modelagem em R. Os modelos de geração de alerta serão atualizados semanalmente e serão disponibilizados na forma de um relatório semanal de predição de situação epidemiológica (baixa transmissão, transmissão sustentada, epidemia). Nas cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, os modelos serão aplicados a nível de Área Programática de Saúde (APS) e alertas de cores (verde, amarelo e vermelho) utilizados para indicação de alerta. Em Curitiba, onde não há transmissão sustentada, o alerta será calibrado para detectar surtos localizados e riscos desses surtos com base em monitoramento vetorial e climático.

Como objeto secundário do projeto, tem-se a definição de um sistema otimizado de monitoramento de *Aedes aegypti* em área de baixa infestação, a ser testado em Curitiba, onde o esforço de amostragem será focado em pontos estratégicos da cidade. O delineamento do monitoramento será testado com diferentes distribuições de armadilhas e a melhor estratégia em custo-benefício, indicada.

O objetivo geral é resolver o desafio de gerar análises de dados epidemiológicos, mais especificamente a dengue, em tempo real, de forma que os gestores e tomadores de decisão tenham em mãos os dados mais atualizados possíveis. O desafio para isso encontra-se nas diferentes fontes de dados relevantes para a dengue, as características dos dados que dificultam a integração de forma automática e fácil, e a necessidade de produzir modelos estatísticos de predição que sejam facilmente atualizados em tempo real e que tenham as características estatísticas desejadas, como precisão e acurácia.

Para isso, o projeto tem como objetivo específico a criação de um sistema de alerta web a ser testado em três Prefeituras (do Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba), com relatórios semanais de situação. Além disso, mapas de alerta serão disponibilizados para a população via web e atualizados semanalmente.



## **Avaliação do feno e esgoto como substratos para oviposição de fêmeas de *Aedes (Stegomyia) aegypti***

Rodrigo Faitta Chitolina, Thais Santana de Lima, Filipe Apolinário dos Anjos, Magda Clara Vieira da Costa-Ribeiro

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba (PR), Brasil.

rfchitolina@gmail.com, thais.tsl.lima@gmail.com, filipeanjos1993@gmail.com, magdaribeiro@ufpr.br

### Resumo

A escolha de locais para a oviposição pelas fêmeas de *Aedes (Stegomyia) aegypti* é um fator importante para o seu desenvolvimento, distribuição e dispersão. Além disso, tem relação direta na implementação das ações de controle. O objetivo deste estudo foi avaliar a taxa de oviposição de fêmeas de *Ae. aegypti* e aspectos da sua fisiologia em esgoto e solução de feno. Fêmeas de *Ae. aegypti* (cepa Rockefeller) com a mesma idade fisiológica e após o repasto sanguíneo em camundongos, foram submetidas à duas metodologias para o esgoto e feno: a) com escolha, onde na mesma gaiola foram ofertados três substratos para oviposição: tratamento (esgoto bruto), controle positivo (água destilada) e controle negativo (hipoclorito de sódio 1%) e b) sem escolha, um substrato por gaiola. Para ambas as metodologias e para cada substrato (esgoto ou feno), foram feitas três repetições. A cada 24h as soluções eram trocadas e rotacionadas em sentido horário. Após 72 horas, os ovos ovipositados e retidos foram contabilizados e as fêmeas dissecadas para confirmação fisiológica do repasto sanguíneo pela técnica de Detinova. Em esgoto, a técnica de Detinova evidenciou 100% de repasto sanguíneo para esgoto e feno. Para ambas as metodologias, não houve diferença significativa entre esgoto e controle positivo, assim como em relação à retenção de ovos nos ovários ( $P>0,05$ ). As análises físico-químicas do esgoto revelaram condições propícias à oviposição e desenvolvimento desta espécie. Pelo Índice de Atratividade de Oviposição (OAI) o esgoto foi considerado como não atrativo, mas os valores positivos encontrados (+0,1246/com escolha) e (+0,1048/sem escolha) são indicativos de que fêmeas de *Ae. aegypti* podem utilizar esse substrato para oviposição. Para a solução de feno, na metodologia com escolha, a maior taxa de oviposição ocorreu na água destilada ( $P<0,05$ ). Em relação à retenção dos ovos, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos água destilada e feno 30% ( $P>0,05$ ). O OAI = -0,708, caracteriza atividade repelente da solução de feno 30%. As fêmeas submetidas apenas ao substrato com feno 30% retiveram mais ovos que na água destilada. Adequar às metodologias de coleta na rotina das secretarias de saúde é de suma importância, porque minimiza o seu tempo de execução, otimiza os resultados e possibilita respostas mais efetivas no controle deste importante vetor.

# Trap based surveillance of *Aedes aegypti*: a multicentric study with four different traps

**Cláudia Codeço<sup>1</sup>, José Bento P Lima<sup>2</sup>, Rafael Maciel-de-Freitas<sup>2</sup>, Arthur Lima<sup>3</sup>, Simone Costa Araújo<sup>2</sup>, Nildimar Honório<sup>2</sup>, Allan Kardec Ribeiro Galardo<sup>4</sup>, Ima Aparecida Braga<sup>5</sup>, Giovanini Evelim Coelho<sup>5</sup>, Denise Valle<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Computação Científica (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>4</sup>Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – Macapá (AP), Brasil

Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde – Brasília (DF), Brasil

codeco@fiocruz.br, {jbento, freitas, honorio, dvalle}@ioc.fiocruz.br, simonecostaaraujo@hotmail.com, tutucaweiss@yahoo.com.br, allangallardo@iepa.ap.gov.br, {ima.braga, giovannini.coelho}@saude.gov.br

## RESUMO

Dengue vector surveillance programs use household surveys to estimate *Ae. aegypti* infestation indices which are then used to guide control actions and to issue alerts. However, these indices are costly, biased due to variation in searching effort, and imprecise due to the cryptic nature of the mosquito egg laying behavior. In recent years, many devices for trapping mosquitoes were developed. One problem when deciding which trap to choose for surveillance is the lack of a gold standard to compare trap-based indices with. In this scenario, choice relies on the behavior of the trap indices, that is, how well they inform about mosquito population growth, decline, or spread. Here I describe the results of a 2-year study that compared infestation indices produced by four different trap schemes and the immature survey. We observed that any trap is more sensitive in detecting the mosquito presence than the immature survey, and they are better in capturing the temporal variation in mosquito abundance as well. However, traps are very different in terms of cost, easy-of-use and sensitivity and trap choice should further consider these factors.

# **Planejamento amostral ótimo e amostragem preferencial: Oportunidades em estudos de infestação do mosquito *Aedes aegypti***

**Gustavo da Silva Ferreira**

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

`gustavo.ferreira@ibge.gov.br`

## **RESUMO**

Este trabalho descreve uma aplicação da metodologia para obtenção do planejamento amostral temporal ótimo em estudos de infestação do mosquito *Aedes aegypti*. Seguindo a abordagem de Müller (1999), desenvolve-se um critério de decisão baseado na maximização da utilidade esperada permitindo-se penalizar ou bonificar os candidatos a ponto amostral de acordo com o seu poder preditivo e com o risco de surto de infestações associado. O procedimento de inferência é aplicado aos dados de infestação resultantes do LIRAA no período de 2005 e 2009 na cidade do Rio de Janeiro. Adicionalmente, são avaliados os impactos e as oportunidades advindas de modelos geoestatísticos apropriados para correção e eliminação do problema de subestimação ou superestimação dos níveis de infestação efetivamente observados, como o modelo desenvolvido por Diggle *et al.* (2010).

## **REFERÊNCIAS**

- Diggle, P., Menezes, R. and Su, T. (2010). "Geostatistical inference under preferential sampling", *Applied Statistics*, 59(2), pages 1–20.
- Müller, P. (1999). "Simulation-Based Optimal Design". Em *Bayesian Statistics 6* (eds J.M. Bernardo, J.O. Berger, A.P. Dawid e A.F.M. Smith), pages 459–474. Oxford: Oxford University Press.

PÔSTERES

## MODELO SIR

Aurélio de Aquino Araújo<sup>a</sup> Mehran Sabeti<sup>b</sup>  
aurelio.aquino94@gmail.com<sup>a</sup> mehran@ufv.br<sup>b</sup>  
*Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal*

Este trabalho propõe a aplicação das equações de diferenças finitas na resolução de modelos matemáticos determinísticos em tempo contínuo. Associado ao processo epidêmico que refere-se a uma população  $T$  dividida em classes disjuntas. Por exemplo usaremos dois compartimentos que refletem o estado em que os indivíduos se encontram no desenvolvimento da doença. Sendo eles: Suscetíveis: pessoas que não têm imunidade contra o agente infeccioso, assim podem ser infectados com facilidade, se forem expostas. Infecciosas: as pessoas que estão infectadas e podem transmitir a infecção para indivíduos suscetíveis. Recuperados: indivíduos que são imunes à infecção, consequentemente, não afetam de nenhuma forma a dinâmica de transmissão.

No qual consideramos:

- Todos os indivíduos suscetíveis
- Tamanho da população constante
- Infectados que se recuperam ganham imunidade
- Consideramos a interação entre os componentes na forma homogênea
- A doença se espalha em um ambiente fechado, sem emigração e imigração

Usaremos  $S$ (suscetíveis),  $I$ (infectados) e  $R$ (Recuperados) para denotar o número de indivíduos em cada um desses compartimentos. Essa proposta acontece por considerar a importâncias de tais modelos no entendimento das relações epidemiológicas, especialmente nas interações entre indivíduos infecciosos e suscetíveis.

### Referências

- [1] Monteiro, L. H. A., *Sistemas Dinâmicos L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*, São Paulo : Editora da Física, 2002.
- [2] Brauer, F. ; CASTILLO-CHTÁVEZ, *Mathematical Model in Population Biology e Epidemiology*, New York : New York: Springer-Verlang, 2001.

# Explorando o desenvolvimento de modelos epidemiológicos usando três diferentes abordagens e ferramentas

Carlos R. Niquini<sup>1</sup>, Gabriel S. Machado<sup>1</sup>, Tiago F. M. Lima<sup>1</sup>, Raquel M. Lana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

[gabrielmchdo@gmail.com](mailto:gabrielmchdo@gmail.com), [carlosniquini93@gmail.com](mailto:carlosniquini93@gmail.com),  
[tiagolima@decsi.ufop.br](mailto:tiagolima@decsi.ufop.br), [raquelmlana@gmail.com](mailto:raquelmlana@gmail.com)

## RESUMO

A dinâmica de transmissão da dengue é complexa e afetada por diversos fatores, como o clima, aspectos ambientais e sociodemográficos (urbanização não planejada, baixas condições de infraestrutura, alta densidade populacional, facilidades no transporte, disponibilidade de reprodução do vetor) e outros que ainda não são bem compreendidos. O estudo de fenômenos complexos como esse podem ser muitos úteis para apoio a tomada de decisão em políticas públicas por meio da criação de cenários hipotéticos, utilizando ferramentas computacionais de simulação. Neste trabalho, apresentamos algumas idéias preliminares do projeto que tem como objetivo analisar diferentes abordagens e ferramentas para modelagem de epidemias. Modelos adaptados a partir do modelo de transmissão proposto por Nishiura (2006) foram implementados em três ferramentas com diferentes abordagens.

A primeira abordagem foi implementar o modelo proposto por Nishiura, utilizando uma ferramenta com suporte à modelagem de sistemas dinâmicos. Nesta etapa, foi utilizado o Vensim (Ventana System, 2009), uma plataforma de modelagem que permite construir modelos graficamente, como diagramas, usando compartimentos e fluxos. A segunda etapa foi implementar um modelo baseado naquele proposto por Nishiura e no paradigma de modelagem baseada em agentes. Essa abordagem permite representar explicitamente o espaço e aspectos como mobilidade e interação entre agentes (humanos e mosquitos por exemplo). Nesta etapa, foi utilizado o NetLogo (Wilensky, 1999), um ambiente para modelagem e simulação de fenômenos naturais e sociais através de modelos baseados em agentes. Além da dinâmica temporal, é essencial considerar o espaço geográfico para representar aspectos ambientais e sociodemográficos e melhor compreender a relação destas características com o processo de transmissão da dengue no espaço geográfico. Assim, a terceira abordagem envolveu utilizar dinâmica de sistemas e representação explícita do espaço geográfico. Nesta etapa foi utilizado o TerraME (Carneiro et al., 2013), uma plataforma de software para modelar interações ambiente-sociedade.

## REFERÊNCIAS

- Carneiro, T. G. d. S., P. R. d. Andrade, G. Câmara, A. M. V. Monteiro, and R. R. Pereira. 2013. "An extensible toolbox for modeling nature–society interactions". *Environmental Modelling & Software* 46:104–117.
- Nishiura, H. 2006. "Mathematical and statistical analyses of the spread of dengue". *Dengue Bulletin* 30:51.
- System, V. 2009. "Vensim PLE Users Guide". Technical report, Ventana Software Inc., USA.
- Wilensky, U. 1999. "{NetLogo}".

# Abundância temporal de *Ae. aegypti* em Manaus, monitorado por armadilhas MosquiTRAP e BG-Sentinel

Carolin M. Degener<sup>1</sup>, Tatiana M. F. de Ázara<sup>1</sup>, Rosemary A. Roque<sup>2</sup>, Aline A. Nobre<sup>3</sup>, Cláudia T. Codeço<sup>3</sup>, Jörg J. Ohly<sup>4</sup>, Martin Geier<sup>5</sup>, Álvaro E. Eiras<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil

<sup>2</sup>Universidade Nilton Lins (UFMG) – Manaus (AM), Brasil

<sup>3</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>4</sup>Universidade do Estado do Amazonas (UEA) – Manaus (AM), Brasil

<sup>5</sup>Biogents AG – Regensburg, Alemanha

carolindegener@hotmail.de, tatimingote@hotmail.com,  
rosebio1996@yahoo.com.br, aline@fiocruz.br, claudia.codeco@gmail.com,  
joergohly@yahoo.com, martin.geier@biogents.com, alvaro@icb.ufmg.br

## RESUMO

Um estudo longitudinal foi realizado em seis conglomerados de um bairro urbano em Manaus, Brasil, para monitorar a abundância de adultos de *Aedes aegypti* (L.). Os objetivos do estudo foram comparar as capturas de mosquitos de dois tipos de armadilhas, caracterizar as alterações temporais da população de mosquitos, investigar a influência de variáveis meteorológicas sobre estas e avaliar a associação entre a incidência de casos de dengue e capturas de mosquitos adultos. O monitoramento foi realizado quinzenalmente usando armadilhas MosquiTRAP (MQT) e BG-Sentinel (BGS) entre dezembro de 2008 e junho de 2010, abrangendo duas estações de chuva e uma estação seca. Os dois tipos de armadilhas revelaram diferentes padrões temporais de infestação, com maiores capturas na MQT durante a estação seca, e maiores capturas na BGS durante a primeira estação chuvosa. Ambas as armadilhas foram sensíveis para detectar a presença de *Ae. aegypti* em todas as semanas de monitoramento. Diversas variáveis meteorológicas foram preditores significativos das coletas de mosquitos na BGS. O melhor preditor foi a umidade relativa (defasagem: 2 semanas), em relação positiva. Para a MQT, apenas o número de dias chuvosos na semana anterior foi significativo, em relação negativa. A correlação entre a média mensal de capturas de *Ae. aegypti* e a incidência mensal de dengue foi moderadamente negativa e moderadamente positiva para MQT e BGS, respectivamente. Os resultados ajudam a compreender os efeitos das variáveis meteorológicas sobre os índices de infestação de mosquitos de duas armadilhas diferentes para vetores da dengue adultos nas condições climáticas de Manaus.

# Desenvolvimento de uma interface gráfica para a modelagem e simulação da dengue

Gabriel S. Machado<sup>1</sup>, Tiago F. M. Lima<sup>1</sup>, Raquel M. Lana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

gabrielmchdo@gmail.com, tiagolima@decsi.ufop.br, raquelmlana@gmail.com

## RESUMO

A utilização de modelagem e simulação da dinâmica da dengue tem sido tema em diversos estudos com o intuito de apoiar a tomada de decisão e planejar intervenções visando a redução do número de casos da doença abaixo de limiares epidêmicos. A disponibilização de métodos matemáticos e ferramentas computacionais na forma de aplicativos com interface gráfica se torna essencial nesse contexto. Tais iniciativas tem como um dos principais objetivos reduzir o esforço e complexidade inerente à utilização de linguagens e técnicas avançadas de programação para a construção de modelos e simulação computacional. Este resultado pode ser obtido pela disponibilização de elementos de interface gráfica (*widgets*) que a tornam mais amigável e facilitam a interação. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação com interface gráfica para o DengueME (*Dengue Modeling Environment*), um framework que permite modelar e simular a dinâmica populacional do mosquito vetor da dengue (*Aedes aegypti*) e transmissão da doença. Os modelos tem como base a plataforma de modelagem e simulação TerraME. Inicialmente foram desenvolvidos protótipos de interface para cada um dos modelos, tendo sido possível identificar os dados de entrada e saída de cada um dos modelos do framework. Atualmente, encontra-se em fase de desenvolvimento a aplicação que permitirá utilizar os modelos por meio de um conjunto de interfaces gráficas. Esta aplicação e as interfaces estão sendo implementadas utilizando a biblioteca Qt e a ferramenta Qt Creator. Uma avaliação preliminar já permitiu identificar alguns benefícios como facilitar a construção e simulação de modelos por não exigir contato direto com linguagens de programação. As próximas atividades incluem implementar melhorias de usabilidade, incluir novas funcionalidades para apoiar a construção dos modelos e disponibilizar uma versão estável da aplicação.



# AVALIAÇÃO DE PADRÕES CLÍNICOS DE CASOS DE DENGUE UTILIZANDO REDES NEURAIS NÃO-SUPERVISIONADAS (SOM)

**G. A. Macedo\***, **P. Brasil\*\***, e **F.F. Nobre\***

\*Laboratório de Engenharia de Sistemas de Saúde, PEB/ COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

\*\*Laboratório de Doenças Febris Agudas, Instituto Nacional de Infectologia-  
INI/FIOCRUZ, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

e-mail: [gleicy.amorim@gmail.com](mailto:gleicy.amorim@gmail.com)

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar os perfis clínicos de 908 pacientes com suspeita de dengue por meio de mapas auto-organizáveis (SOM do inglês *Self-Organizing Map*) e algoritmo de análise de aglomerados K-médias para a identificação de grupos de pacientes com padrões similares. Três grupos naturais foram identificados, sendo um grupo com características intermediárias e casos descartados, um com casos com maior frequência de pacientes graves e com sinais de alarme e outro com características de dengue sem sinais de alarme. Não houve concordância entre a classificação baseada no guia proposto pela OMS (2009) e o SOM ( $Kappa < 0$ ), pois o SOM foi capaz de agrupar todos os casos inclusive os casos que não foram classificados por falta de dados ou casos descartados.

## REFERÊNCIAS

WHO | Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control [Internet].

WHO. [http://www.who.int/csr/resources/publications/dengue\\_9789241547871/en/](http://www.who.int/csr/resources/publications/dengue_9789241547871/en/)

Faisal T, Taib MN, Ibrahim F. Reexamination of risk criteria in dengue patients using the self-organizing map. *Med Biol Eng Comput.* 2010 Mar;48(3):293–301.

Kohonen T. The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE.* 1990; 78(9):1464–80.

## **X- Dengue: concepção de um jogo pedagógico para conscientização sobre a dinâmica da dengue**

**Tiago F. M. Lima<sup>1</sup>, João M. D. Nogueira<sup>1</sup>, Tainara C. Zacarias<sup>1</sup>, Carlos R. Niquini<sup>1</sup>, Camila C. Araújo<sup>1</sup>, Raquel M. Lana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

tiagolima@decsi.ufop.br, johnmarcus015@gmail.com,  
tainara.camila@gmail.com, carlosniquini93@gmail.com,  
kmilazd@gmail.com, raquelmlana@gmail.com

### **RESUMO**

O desenvolvimento de jogos para fins educativos tem sido amplamente utilizado, abordando variados temas de diferentes áreas do conhecimento (ex. alfabetização, leis da física, hábitos saudáveis) e direcionados para diversos públicos-alvo (ex. crianças, adultos). Neste trabalho apresentamos a concepção do jogo X-Dengue, que de forma interativa e lúdica, tem como objetivo educar e conscientizar os usuários sobre a dinâmica da transmissão da dengue, e sobre os hábitos que podem ajudar na prevenção e no controle da doença. O jogo, ainda em fase de concepção, está sendo projetado para dispositivos móveis.

Ele será organizado em quatro módulos. O jogador irá controlar um personagem com o intuito de combater a dengue, e o nível de abrangência e impacto das ações do jogador aumentará com a conclusão de cada módulo. No primeiro módulo, o jogador irá combater diretamente o mosquito, vetor da dengue, em sua fase adulta, utilizando recursos como suas mãos, raquetes, inseticidas, etc. No segundo módulo, o jogador irá ampliar a sua forma de atuação no combate ao vetor, eliminando também os focos do mosquito. No terceiro módulo, será possível ao jogador compreender que suas ações isoladamente não são efetivas, e deverá ampliar sua atuação para a sua vizinhança. No quarto módulo, o jogador, agora mais experiente, poderá ampliar sua atuação por meio da realização de ações de políticas públicas, que irão impactar em toda a sua cidade.

Um aspecto inovador que o jogo propõe é a interação entre o mundo virtual (o jogo propriamente dito) e o mundo real. Em cada um dos módulos, informações do mundo real serão utilizadas para definir o comportamento do jogo. Por exemplo a ocorrência e intensidade de chuva na região em que o jogador se encontra fisicamente poderia levar ao aumento do número de mosquitos no jogo.

Como resultados preliminares, foram desenvolvidos dois protótipos para obtenção de feedback junto à possíveis usuários e especialistas no estudo da dinâmica da Dengue.

# Coexistência e deslocamento de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) pela introdução de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) no município de Letícia (Amazonas-Colômbia)

**José Joaquín Carvajal<sup>1</sup>, Claudia Torres Codeço<sup>2</sup>, Luis Antonio Alvarado Cabrera<sup>3</sup>, Lucas Frois Dos Santos<sup>4</sup>, Mauricio Humberto Rodriguez Panduro<sup>5</sup>, Luz Mila Murcia<sup>3</sup>, Cidalia Falla<sup>3</sup>, Nildimar Alves Honório<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fundação Oswaldo Cruz (LATHEMA/FIOCRUZ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (PROCC/FIOCRUZ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>3</sup>Direção Estadual de Saúde Pública (LDSP/DESP) – Letícia (AM), Colômbia

<sup>4</sup>Universidade Estadual do Rio de Janeiro (IME/UERJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>5</sup>Governança do Estado do Amazonas (DCTI) – Letícia (AM), Colômbia

jose.carvajal@ioc.fiocruz.br, claudia.codeco@gmail.com,  
antonioalvaradoc@gmail.com, lucasfrois@hotmail.com,  
mauriciohumberto@hotmail.com, murcialuzmila@yahoo.com.co,  
lspamazonas@yahoo.es, nahonorio1@gmail.com

## RESUMO

O vírus do Dengue é transmitido naturalmente pelo mosquito *Ae. aegypti*, seu vetor principal no mundo, e em algumas regiões, também pelo mosquito *Ae. albopictus*. O primeiro registro de *Ae. albopictus* na Colômbia foi no município de Letícia (Amazonas) em 1998, quando estava livre de *Ae. aegypti*. Em 2009, uma década depois, foi encontrado *Ae. aegypti* em Letícia, na fronteira com o município de Tabatinga (Amazonas, Brasil). O objetivo deste trabalho foi avaliar a existência de deslocamento espacial entre *Ae. albopictus* e *Ae. aegypti* na área urbana de Letícia. Foram analisados dados dos inquéritos entomológicos de *Ae. albopictus* (2000-2012) e de *Ae. aegypti* (2009-2012) em Letícia, utilizando métodos descritivos e inferências, modelos de séries temporais, bem como mapas temáticos utilizando funções de base radial. *Ae. albopictus* apresentou preferência por recipientes descartáveis (513/790; 64,9%), pneus inservíveis (185/790; 23,4%) e tanques baixos (62/790; 7,9%), enquanto que *Ae. aegypti* foi mais frequentemente encontrado em tanques baixos (268/389; 68,9%) e recipientes descartáveis (109/389; 28,0%). Após a introdução do *Ae. aegypti* em 2009, *Ae. albopictus* mostrou um comportamento menos sazonal do que *Ae. aegypti*, observou-se uma importante redução dos criadouros positivos e os índices de infestação, e suas populações foram reduzidas e deslocadas geograficamente para a periferia da área urbana de Letícia (OR = 2,51; IC95% [0,904 - 7,709], p <0,05). A maioria dos estudos têm demonstrado diminuição das populações de *Ae. aegypti* em presença de *Ae. albopictus*, contrário ao observado neste estudo. O difícil controle e a vigilância nessa fronteira continuará mantendo a transmissão da doença, pelas re-infestações, pelos serviços de saneamento precários, entre outros fatores. Demonstrou-se a coexistência de *Ae. albopictus* e *Ae. aegypti* na área urbana de Letícia, e o deslocamento espacial de *Ae. albopictus* por *Ae. aegypti* após sua introdução em 2009.

# **Desenvolvimento de um sistema de baixo custo para contagem automática de ovos de *Aedes aegypti* utilizando técnicas de processamento de imagem**

**Leon Diniz<sup>1</sup>, João Gomes<sup>2</sup>, Thais Riback<sup>2</sup> e Flávio Codeço Coelho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escola de Matemática Aplicada, FGV, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Programa de Computação Científica (Fiocruz) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

[leonalves@fgvmail.br](mailto:leonalves@fgvmail.br), [thaisriback@hotmail.com](mailto:thaisriback@hotmail.com), [fccoelho@fgv.br](mailto:fccoelho@fgv.br)

## **RESUMO**

A contagem de ovos de *Aedes aegypti* em ovitrampas é um trabalho manual intensivo que gera atrasos críticos nos levantamentos de dados de ovitrampas, o que prejudica posteriormente as políticas públicas de controle de doenças relacionadas ao mosquito em questão. Neste trabalho, é proposto um protocolo para uma contagem automática de baixo custo e de alta acessibilidade, mantendo o foco em sua viabilização, reduzindo o atraso no levantamento de dados por meio de análises de fotografias das palhetas com ovos, produzindo contagens com alto grau de acurácia e rapidez.

# O modelo SIR Para Dinâmicas de Epidemias Com Campanhas de Vacinação

Mehran Sabeti<sup>1</sup>, Priscila Roque de Almeida<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa Campus Florestal (UFV) – Florestal (MG), Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Viçosa (MG), Brasil

mehran@ufv.br, Priscila.almeida@ufv.br

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é estudar os modelos epidêmicos SIR (Suscetíveis-Infetados-Recuperados) desenvolvido por McKendrick e Kermack em 1927, [?]. Além do modelo simples com dinâmica vital, apresentaremos duas estratégias de vacinação como método de controle epidêmico, a vacinação constante e em pulsos. Mostraremos os modelos em tempo contínuo e faremos um estudo sobre sua estabilidade, utilizando a Teoria de Floquet para a análise do modelo com vacinação em pulsos. Utilizaremos o método de aproximação de diferenças finitas para frente, para discretizar os sistemas contínuos, e faremos a análise sobre a estabilidade dos novos sistemas encontrados. Os resultados teóricos serão confirmados por simulações numéricas.

## References

- [1] KEELING, M. J.; ROHANI, P., Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals. Princeton: Princeton University Press, 2011.
- [2] SHULGIN, B.; STONE, L; AGUR, Z., Pulse Vaccination Strategy en the SIR Epidemic Model, in Bulletin Mathematical Biology (1998) 60, 1123-1148.
- [3] ANDERSON, R. M.; MAY, R. M., Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- [4] MONTEIRO, L. H. A., Sistemas Dinâmicos. São Paulo: Editora da Física, 2002.
- [5] YANG, H. M., Epidemiologia Matemática, Estudo dos efeitos da vacinação em doenças de transmissão direta. Campinas: UNICAMP, 2001.
- [6] MURRAY, J. D., Mathematical Biology, in Biomathematicas Texts, Vol. 19. Berlin: Springer-Verlang, 1977.
- [7] BRAUER, F.; CASTILLO-CHT'AVEZ, C., Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology. New York: Springer-Verlang, 2001.

# Modelo Matemático com dois sorotipos para epidemias de dengue

Rejane Cristina Dorn<sup>1</sup>, Suani Tavares Rubim de Pinho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador (BA), Brasil

rejane.dorn@gmail.com, suanipinho@gmail.com

## RESUMO

Os modelos matemáticos e computacionais podem auxiliar a descrever a dinâmica de transmissão da dengue. Um parâmetro importante nesses modelos é o número básico de reprodução, representado por  $R_0$ , que descreve o número médio de casos secundários causados em uma população inteiramente suscetível por um único caso. Se  $R_0 < 1$ , não há epidemia, ou seja, a infecção não consegue se estabelecer na população hospedeira. Ou seja, o valor de  $R_0$  é um bom indicador do risco de uma epidemia e a estimativa de seu valor é importante para o controle da infecção. Nesse trabalho propomos um modelo para dois sorotipos, baseado no trabalho de Esteva et. al, usando dados reais para 2007 e 2008 da cidade do Rio de Janeiro onde houve a coexistência dos sorotipos DENV2 e DENV3 para calcular o valor de  $R_0$  para cada sorotipo. Esteva et. al. considerou um modelo de equações diferenciais para dois sorotipos em que analisa teoricamente regiões de equilíbrio para diferentes valores de  $\sigma$ . No nosso modelo proposto para dois sorotipos, a população de mosquitos é dividida em dois compartimentos:  $V_2$  (mosquitos infectados com o sorotipo 2) e  $V_3$  (mosquitos infectados com o sorotipo 3). A população humana é dividida em:  $S$  (humanos suscetíveis),  $I_2$  (humanos infectados com o sorotipo 2),  $I_3$  (humanos infectados com o sorotipo 3),  $Z_2$  (humanos imunes ao sorotipo 2, mas suscetíveis ao sorotipo 3) e  $Z_3$  (humanos imunes ao sorotipo 3, mas suscetíveis ao sorotipo 2). Obtemos valores de  $R_0$  e  $\sigma$  para 2007 e 2008 dentro da faixa em que a infecção primária confere total ou parcial imunidade para a infecção secundária. Os valores de  $R_0$  para o modelo de dois sorotipos foi distinto do obtido considerando somente um sorotipo, que pode ser resultado da coexistência dos sorotipos.

## REFERÊNCIAS

Esteva, L., Vargas, C.: Coexistence of different serotypes of dengue virus. *Math. Biosci.* **46**, 31-47 (2003).

# The dynamics of dengue temperature- and rainfall-dependent and incidence on tropical regions from Brazil

M.Margon Rossi<sup>1</sup>, Eduardo Massad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Informática Agropecuária – Campinas (SP), Brasil

<sup>2</sup>LIM01-HCFMUSP, Faculdade de Medicina (USP) – São Paulo (SP), Brasil

{mrossi@dim.fm.usp.br, edmassad@usp.br}

## RESUMO

A dengue representa um sério problema de saúde pública e a predição de epidemias é muito importante para orientar ações de controle da proliferação do vírus e manter a infecção sob controle. Os modelos matemáticos que empregam informações climáticas, associadas às variáveis de cunho social, são cruciais para prever epidemias em cidades onde é possível o risco de surto de dengue. Construiu-se um modelo matemático tempo-dependente de transmissão do vírus da dengue, baseado no trabalho de Burattini et al. (2008), onde são considerados as populações de humanos e do vetor mosquito *Aedes aegypti*. Além disso, incorpora-se as variáveis climáticas Temperatura e Chuva como funções explícitas dos parâmetros entomológicos do *A. aegypti* (MM Rossi, L Óliver, E Massad; 2014; Rossi, Massad, *submitted*) para prever o risco de instalação da doença em mais de uma localização. As cidades de Salvador e Corumbá foram escolhidas por suas características geográficas e endemia de dengue. Como resultado, na cidade de Salvador, encontrou-se uma taxa de ocorrência de dengue estimada em 1,5 %, um índice muito alto de risco, indicando uma circulação elevada do vírus da dengue entre a população humana. A cidade de Corumbá possui uma taxa de ocorrência de dengue de 0,45 %, um alto risco de proliferação de doenças com um índice de infestação de *A. aegypti* estimado em 2 %. Além disso, é possível verificar o efeito da chuva na história do número de casos de dengue durante o verão e outono. Conclui-se que este modelo é capaz de prever as epidemias de dengue em cidades com diferentes aspectos geográficos e mostrar a aplicabilidade em regiões temperadas e subtropicais de todo o mundo.

## REFERÊNCIAS

- Burattini, M. N.; Chen, M. ; Chow, A. ; Coutinho F. A. B; Goh, K.T. ; Lopez, L. F. ; Massad, E. (2008) Modelling the control strategies against dengue in Singapore. *Epidemiology and Infection*, v. 136, p. 309-319.
- M. Margon Rossi, Leuda Óliver, Eduardo Massad. (2014) Modeling the implications of the temperature on the life cycle of *Aedes aegypti* mosquitoes. In: *Ecological Modeling Applied to Entomology*, Eds. Wesley Godoy, Claudia Ferreira. Springer-Verlag.
- Rossi M M, Massad E. The dynamics of dengue temperature- and rainfall-dependent and incidence of tropical regions from Brazil. Submitted to *Intern J Environ Res Pub Health*.

## **Avaliação do comportamento de oviposição por populações de mosquitos em quatro regiões brasileiras.**

Thais I. S. Riback<sup>1</sup>; Danielle N. Castro<sup>2</sup>; Ezequiel B. Silva<sup>2</sup>; Gladison C. Ribeiro<sup>2</sup>; Paula M. Costa<sup>2</sup>; Antônio W. O. Silva<sup>2</sup>; Rita C. O. Santos<sup>2</sup>; Amanda P. Silva<sup>3</sup>; Natália L. Alves<sup>3</sup>; Paulo F. R. Silva<sup>3</sup>; Wendel C. Sousa<sup>3</sup>; Douglas H. B. Maccagnan<sup>3</sup>; Filipe A. Anjos<sup>4</sup>; Rodrigo F. Chitolina<sup>4</sup>; Thais S. Lima<sup>4</sup>; Magda C. V. Costa-Ribeiro<sup>4</sup>; Nildimar A. Honório<sup>5</sup>; Cláudia T. Codeço

<sup>1</sup>Programa de Computação Científica – FIOCRUZ, Av. Brasil 4365, Manguinhos, CEP: 21.045-900, Rio de Janeiro, RJ, riback@fiocruz.br, codeco@fiocruz.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará – Campus Bragança

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Goiás – Campus Iporá

<sup>4</sup>Universidade Federal do Paraná – Campus Curitiba

<sup>5</sup>Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Lab. Transmissores de Hematozoários, Av. Brasil 4365, Manguinhos, CEP: 21.045-900, Rio de Janeiro, RJ, honorio@ioc.fiocruz.br

A teoria de controle populacional de vetores indica que o controle é maximizado quando aplicado à redução da taxa de sobrevivência da forma alada e à redução da densidade populacional abaixo de um valor crítico. Essa teoria é baseada no pressuposto de que o recrutamento de novos mosquitos ocorre de forma proporcional à população adulta presente. No caso de populações os quais apresentam nos ovos um estágio com características de latência e resistência, como em *Aedes aegypti*, o efeito teórico do controle é desafiado pela capacidade da população rapidamente repor sua densidade populacional, independente da população presente. O presente estudo foi desenvolvido simultaneamente em quatro cidades, sendo elas Bragança/PA, Iporá/GO, Rio de Janeiro/RJ e Curitiba/PR, onde foram realizados experimentos para avaliar a escolha de locais para oviposição de acordo com a oferta de reservatórios contendo diferentes volumes de água, tendo como hipóteses a serem testadas que o volume de água dentro de um reservatório afeta a escolha para locais de oviposição; que a taxa de oviposição pode variar em função da oviposição previamente ocorrida; que há interação entre volume de água dentro de um reservatório e o número de ovos depositados; e que eclosão de ovos depende da relação com a linha água.