

Risco de dengue em turistas durante os Jogos Olímpicos Rio 2016, utilizando modelagem matemática

Raphael Ximenes¹, Eduardo Massad^{1 2}

¹Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Brasil

²London School of Hygiene and tropical Medicine, London, UK

Introdução

A Organização Mundial da Saúde estima que 3.9 bilhões de pessoas, em 128 países, vivem atualmente em áreas de risco para contrair dengue em todo o mundo, e que anualmente, 390 (284-528) milhões de infecções ocorrem, sendo apenas 96 (67-136) milhões de casos com manifestações clínicas. Estima-se que 500.000 casos de dengue hemorrágica aconteçam por ano, muitos deles em crianças, causando milhares de mortes [1, 2].

Viagens internacionais implicam no aumento da incidência da dengue, porque o viajante ajuda a introduzir novas estirpes de diferentes partes do mundo ao chegar doente em seu destino, ou ao voltar para casa portando a doença [3].

O Brasil sediou em 2016 os Jogos Olímpicos de Verão, no Rio de Janeiro, um dos maiores eventos esportivos da atualidade, e por isso esperava receber centenas de milhares de turistas durante a competição.

Embora exista uma vacina contra a dengue, sua eficácia não é suficiente para a prevenção ampla, e a curto prazo, da população suscetível e, por estas razões, este trabalho pretende, através da modelagem matemática, estimar o risco de contágio de dengue para turistas não imunes no Brasil no período dos Jogos Olímpicos Rio 2016.

Desenvolvimento

A dinâmica da dengue é dada a seguir, por um modelo hospedeiro-vetor, em que a dinâmica epidemiológica da população humana é do tipo SIR (Suscetível - Infectado - Removido).

Neste modelo não são consideradas as formas imaturas do mosquito, isto é,

¹ximenes@usp.br

consider-se apenas mosquitos adultos:

$$\frac{dS_H(t)}{dt} = -abI_M(t)\frac{S_H(t)}{N_H(t)} - \mu_H S_H(t) + \mu_H N_H(t) + \alpha_H I_H(t) \quad (5.2)$$

$$\frac{dI_H(t)}{dt} = abI_M(t)\frac{S_H(t)}{N_H(t)} - (\mu_H + \gamma_H + \alpha_H)I_H(t) \quad (5.3)$$

$$\frac{dR_H(t)}{dt} = \gamma_H I_H(t) - \mu_H R_H(t) \quad (5.4)$$

$$\frac{dS_M(t)}{dt} = -acS_M(t)\frac{I_H(t)}{N_H(t)} + \mu_M(N_M(t) - S_M(t)) \quad (5.5)$$

$$\frac{dL_M(t)}{dt} = acS_M(t)\frac{I_H(t)}{N_H(t)} - \mu_M L_M(t) - \gamma_M L_M(t) \quad (5.6)$$

$$\frac{dI_M(t)}{dt} = \gamma_M L_M(t) - \mu_M I_M(t) \quad (5.7)$$

$$N_H(t) = S_H(t) + I_H(t) + R_H(t) \quad (5.8)$$

No modelo acima, a escala de tempo em que ocorrem mudanças epidemiológicas é tipicamente muito longa quando comparado com o curto ciclo de vida do mosquito.

Utilizou-se o modelo matemático baseado no modelo de Ross-Macdonald para reprodução do histórico de dengue no Rio de Janeiro entre os anos 2000 e 2015.

Dada a força de infecção λ calculada a partir da reprodução do histórico de dengue, utilizou-se uma aproximação estocástica para a determinação do risco individual de infecção por dengue para os turistas. Além disso, considerando que o turista permanece na cidade por um período curto, podemos simplificar o modelo SIR obendo-se um modelo SI e, a partir dele, determinar a força de infecção necessária para a obtenção do risco

individual.

Reescrevendo as duas primeiras equações do sistema, obtemos:

$$\frac{dS_H(t)}{dt} = -\lambda(t)S_H(t) - \mu_H S_H(t) + \alpha_H I_H(t) \quad (5.9)$$

$$\frac{dI_H(t)}{dt} = \lambda(t)S_H(t) - (\mu_H + \gamma_H + \alpha_H)I_H(t) \quad (5.10)$$

Então, para a determinação do risco individual de dengue, utilizou-se os

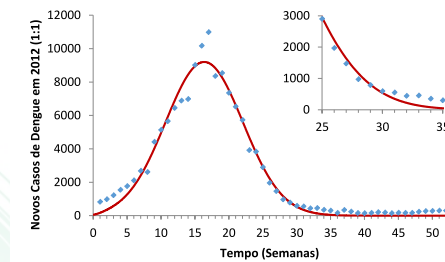


Figure 5.3: Ajuste casos sintomáticos ano 2012 - RMS = 486,41, $R^2 = 97,51\%$, AIC = 152,87

valores da força de infecção obtidos em casa reprodução do histórico de casos entre os anos 2000 e 2015 aplicando-os à equação 5.11, onde assumiu-se que os turistas chegariam na cidade no tempo ω e permanecer ali até o tempo $\omega + \Omega$.

$$\pi = \left[1 - e^{-\int_{\omega}^{\omega+\Omega} \lambda(t) dt} \right] \quad (5.11)$$

Conclusões

A reprodução da dinâmica da dengue foi obtida a partir da aproximação estocástica e permitiu o cálculo do risco individual de dengue para os turistas (equação 5.11), onde assumiu-se que o turista submete-se ao mesmo risco de infecção que um morador local. O pior risco individual de um turista não imune ser infectado por dengue durante os Jogos Olímpicos obtido foi de $5,84 \times 10^{-5}$ (IC 95%: $5,21 \times 10^{-5}$ - $6,47 \times 10^{-5}$), na proporção 1:1 (sintomático/assintomático).

Supondo que 400.000 turistas suscetíveis permaneceriam no Rio de Janeiro durante todo o período dos Jogos Olímpicos, o pior risco individual resultou, considerando apenas os casos notificados, em 23 (21-26) casos de dengue [4].

Referências

- [1] Bhatt, Samir, et al. *The global distribution and burden of dengue*. Nature 496.7446 (2013): 504-507.
- [2] Who, *Dengue and severe dengue* Online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>
- [3] Wilder-Smith, Annelies, and Eli Schwartz. *Dengue in travelers*. New England Journal of Medicine 353.9 (2005): 924-932.
- [4] Ximenes, Raphael, et al. "The risk of dengue for non-immune foreign visitors to the 2016 summer olympic games in Rio de Janeiro, Brazil." BMC infectious diseases 16.1 (2016): 186.

