

Multiagent Systems Simulation of Dengue in Minas Gerais (Brazil)

Katia Cristina A. Damaceno Borges, Willian Magno Pereira Reis, Alcione de Paiva Oliveira

DPI – Departamento de Informática
UFV- Universidade Federal de Viçosa
Viçosa-MG -Brazil

{katia.borges, willian.reis} @ufv.br, alcione@dpi.ufv.br

Abstract— Due to high rates of spread of Dengue fever, as well as high impact on global health and its high cost to public coffers, it is necessary a study on appropriate measures to be taken prior to installation of the epidemic. However, due to the high complexity of the variables involved, it is difficult to describe or make predictions about the advance of the epidemic. Thus, this paper proposes the modeling and simulation of a subsequent multi-agent system applied to the scenario of Dengue in Brazil. The modeling was performed using the software Netlogo and the chosen endemic region was Uberaba in Minas Gerais-Brazil. The results showed that the simulator behaved in a manner consistent with the field data.

Keywords—Disease spread, agent-based model, NetLogo®

I. INTRODUÇÃO

Dengue é uma doença infectocontagiosa causada por quatro sorotipos de vírus DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 [6]. Segundo Kumar et al. [4] a primeira evidência documentada sobre a dengue vem de uma antiga enciclopédia médica chinesa de 992. No entanto, nos séculos 18 e 19, o mosquito vetor da doença (*Aedes aegypti*) e o vírus da dengue começaram a espalhar para novas regiões geográficas devido ao aumento do volume de comércio e transporte entre os diferentes continentes. A dengue ocorre preferencialmente em regiões tropicais e subtropicais. O vetor responsável por sua transmissão se reproduz em água parada. A principal complicação da dengue é a dengue hemorrágica que tem alto potencial de mortalidade [5]. De acordo com Barreto et al. [1] a dengue se distribui ao longo da faixa do equador à 35 ° acima e abaixo desde, conforme Figura 1.



Figura 1. Distribuição da dengue em 2007 fonte: [12]

Até o momento não existe vacina eficaz ou um remédio especial contra a dengue. Assim, o controle da doença, atualmente, é realizado combatendo os mosquitos adultos e

eliminando os criadouros, de acordo com as diretrizes da OMS (Organização Mundial de Saúde) [2]. A eliminação de criadouros impede o desenvolvimento do inseto nas fases pré-adultas o que resulta na eliminação do transmissor.

É de suma importância que os gestores municipais e estaduais tracem as metas de controle da doença, impedindo que esta se transforme em uma epidemia [2]. A utilização de simulação da epidemia da Dengue pode ser de suma importância para que a tomada de decisão seja o mais eficaz e eficiente possível.

Diante deste contexto, é proposto um simulador baseado em agentes que pode auxiliar no entendimento da proliferação da doença. O modelo busca simular um ambiente real criando situações onde as características relativas à estação climática (temperatura), eliminação de focos e evolução da doença devido a diferentes contágios podem ser parametrizados. Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção II apresenta o quadro da dengue no Brasil; na seção III é descrita a proposta do simulador para a propagação da dengue; na seção IV são apresentados os resultados obtidos na simulação computacional e finalmente a seção V traz as considerações finais para este trabalho e propostas para trabalhos futuros.

II. DENGUE NO BRASIL

De acordo com estimativas realizadas pela organização mundial de saúde, anualmente ocorrem 50 milhões de infecções, sendo que destas 500.000 casos de Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) e destes vão a óbito cerca de 21.000, principalmente em crianças [7]. Ruas et al.[9] define e explica os estágios que o vetor Dengue pode assumir. São eles: Ovo, Larva, Pupa e Mosquito.

De acordo com Westaway [12], a transmissão da dengue ocorre quando um mosquito fêmea não contaminado pica uma pessoa contaminada, mantém o vírus na saliva e depois do período de incubação de 8 a 12 dias, retransmite a doença. O mosquito costuma picar nas primeiras horas da manhã ou no final da tarde, evitando as altas temperaturas. Existem suspeitas do ataque de alguns durante a noite. Após a ingestão do sangue contaminado, o vírus permanece no mosquito por toda a vida, sendo transmitido a seus descendentes.

Após o contágio, o ser humano apresenta um período de incubação da doença é de 3 a 15 dias. E então aparecem os

primeiros sintomas, que costumam durar de 5 a 6 dias. A única forma de transmissão é através da picada do mosquito contaminado.

A dengue é uma doença que desperta preocupação mundial, e mobiliza a comunidade científica para estudar formas de combate e erradicação da doença.

2.1 CENÁRIO DA DENGUE EM UBERABA

Uberaba é um município situado na região do Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais. Ela possui uma população de 295.988 habitantes, dos quais 289.376 residem em área urbana [3].

O Levantamento Rápido do Índice de Infestação por *Aedes aegypti* (LIRAA) é uma metodologia utilizada pelos municípios que faz um levantamento dos índices larvários do *Aedes aegypti*. Foi desenvolvido pelo Ministério da Saúde em 2002 para contribuir na disponibilização mais rápida de informações entomológicas geradas pelos gestores e profissionais que trabalham no controle da dengue [8].

De acordo com dados do LIRAA, entre Janeiro - Fevereiro de 2013, Uberaba foi classificada com índice 5,3%, o que a enquadra no grupo de risco. O Informe Epidemiológico divulgado pelo Ministério da Saúde em 22/02/2013 [7], Uberaba é o segundo município do estado de Minas Gerais em número de casos confirmados de Dengue com 3.348 casos. Só fica atrás de Ipatinga com 4.784 casos.

No Gráfico 1, pode-se ver a distribuição trimestral do número de casos da dengue ocorridos em 2010 no município de Uberaba, segundo o resumo informativo de 23/02/2012 divulgado pelo Secretária da Saúde [8] sobre a situação atual da dengue em Minas Gerais. Estes dados foram utilizados como comparativos para os experimentos feitos no simulador.

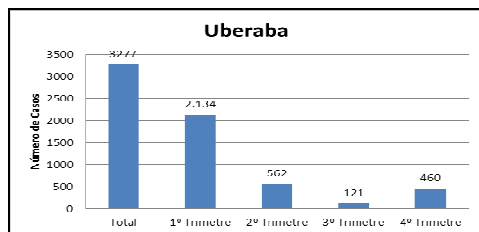


Gráfico 1: Casos de Dengue em Uberaba [11]

III. MODELAGEM PROPOSTA

Para este trabalho foi modelado um SMA (Sistema Multi-agente) reativo no framework para construção de agentes NetLogo. Originalmente, o Netlogo foi desenvolvido para solucionar problemas relacionados a fenômenos sociais e naturais com alta complexidade e no decorrer do tempo este passou a ser também utilizado para fins educacionais e de pesquisa. [10].

Na modelagem de epidemias faz-se necessário o entendimento do relacionamento das variáveis epidemiológicas da doença em questão. Para tanto, no modelo proposto são criados três agentes distintos: o mosquito, o exterminador e a pessoa. Algumas características são desconsideradas para efeito de simplificação e restrição do escopo. A seguir são descritas as características e justificativas

de sua utilização.

Os agentes mosquitos foram modelados apenas como fêmeas já fecundadas e podem assumir 2 estados: infectado, que possui o vírus da dengue, e o não-infectado. Estes agentes transitam pelo ambiente aleatoriamente e buscam as pessoas para se alimentarem. Sempre que encontram uma pessoa, eles podem picá-la dada uma probabilidade informada pelo usuário. Caso o mosquito esteja infectado e pique uma pessoa não infectada, ele contamina esta pessoa. Caso contrário, se ele não está infectado e pica uma pessoa infectada, ele passa para o estado infectado. No ambiente existem pontos que contem água. Casos os mosquitos encontrem esse pontos, e já tenham picado alguma pessoa, eles se reproduzem em proporção a estação do ano corrente, ou seja, a variação da temperatura interfere a reprodução. Os novos mosquitos herdaram as características do pai, ou seja, caso este esteja infectado, os gerados também estarão. Estes agentes tem período de vida de 33 dias, ou até serem mortos pelas armadilhas do exterminador.

Os agentes pessoas, também como os mosquitos, assumem estados infectados ou não. Caso eles sejam infectados por algum mosquito, ele passa para o estado infectado que tem duração de 15 dias. Após este período voltam ao estado não contaminado. Existe uma probabilidade deste agente morrer ao se contaminar, se resultar em dengue hemorrágica. Essa probabilidade varia de acordo com o número de vezes que o agente contraiu a doença. Na primeira vez a primeira probabilidade é de 1%. Na segunda vez, de 10%. Na terceira de 15%. E a partir da quarta 25% [1].

O agente exterminador anda pelo ambiente, a procura dos focos de mosquito. Quando ele encontra um foco, ou seja, um mosquito, deixa uma armadilha no local, que mata os mosquitos que passarem por aquele local.

O simulador permite que o usuário forneça entradas para o ambiente de simulação. Essas variáveis são o número de mosquitos infectados, o número de mosquitos não infectados, o número de pessoas infectadas, o número de pessoas sãs, o número de exterminadores, estação (primavera, verão, outono, inverno) corrente, a probabilidade de picada do mosquito e o número de pontos de água parada (criadouro) A duração da simulação, é um período de 90 dias, que foi considerado como o tamanho da estação.

IV. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

No intuito de aferir o simulador, foram utilizados dados do município de Uberaba mostrados no Gráfico 2. Como os dados estavam agrupados em trimestres, considerou-se que cada trimestre seria uma estação para a entrada (Verão, Outono, Inverno e Primavera).

Os experimentos foram divididos em quatro partes, de acordo com as estações. Para cada etapa foi utilizado como entrada 150 agentes pessoas não infectados e 1 agente exterminador. A probabilidade de um agente mosquito picar um agente pessoa, dado que estes estejam num mesmo quadro, é de 80%. As demais entradas tiveram alterações acompanhando as características da realidade.

Como a taxa de pluviosidade varia de acordo com a

estação, sendo maior no verão e menor no inverno, foi considerado que a quantidade de água parada no ambiente seguiria esta proporção. Para o verão o número de quadros de água foram 15, no outono 8, 4 no inverno e 10 na primavera.

A quantidade de mosquito varia de acordo com a temperatura e por isso foi variada nas entradas. No verão foram utilizados como entrada 70 mosquitos não contaminados e 7 contaminados. No outono 50 e 5, 40 e 4 no inverno e 60 e 6 na primavera. Conforme dito na seção 3, a temperatura influencia na reprodução dos vetores, então no verão a taxa de reprodução é a maior e decresce progressivamente até o inverno.

Na Figura 2 observa-se que o número de mosquitos é maior onde se encontra água limpa. Estes mosquitos geralmente estão no mesmo estado, dado que herdaram todas as características do pai. Onde há uma concentração de mosquitos infectados, as pessoas ao redor tendem a estarem infectadas. No centro do ambiente não ocorre infecção, pois como se vê, não há nem pessoas e nem mosquitos infectados.

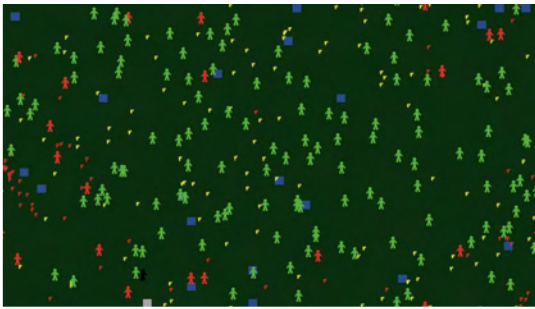


Figura 2: Tela do ambiente durante uma simulação

Para validar o simulador foi realizada uma série de experimentos com os dados acima para cada estação e a média do número de casos de dengue foi utilizado para a geração do Gráfico 2 e comparado com os dados reais ilustrados no Gráfico 3.

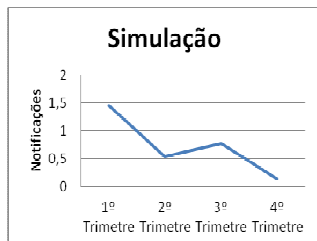


Gráfico 2: Resultado da Simulação

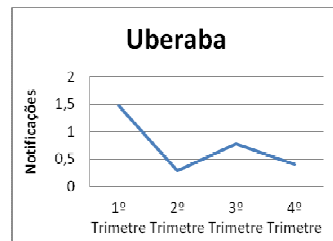


Gráfico 3: Resultados Reais

Como pode observar os resultados da simulação com as entradas acima citadas fornecidas, tiveram um comportamento muito parecido com os dados do número de casos de Uberaba. Isto demonstra que o simulador é capaz de simular a proliferação da dengue.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Simulações baseadas em SMA proporcionam a simulação de situações complexas vivenciadas no mundo real, entretanto, com o benefício de estar dentro de um ambiente controlado. O que torna as simulações úteis para análises aplicáveis a situações reais com uma boa relação custo benefício.

A dengue é uma doença de risco elevado e altamente complexa. Gerando gastos ao poder público e ocasionando eventuais mortes a população. Diante disto, faz-se necessário a compreensão do comportamento das diversas variáveis envolvidas no processo de disseminação da doença.

Neste cenário, a utilização de um simulador baseado em SMA é útil para o entendimento do processo endêmico da doença. Para isso, o simulador proposto neste trabalho teve por objetivo auxiliar a compreensão dos profissionais envolvidos no controle, prevenção e gestão da dengue.

Os resultados obtidos mostram uma alta similaridade com os dados reais, conforme demonstrado nos Gráficos 5 e 6. Embora, o modelo tenha um escopo reduzido, produziu resultados satisfatórios. Outra vantagem é que o simulador possui uma interface simples e de fácil manejo, podendo ser utilizado pelos gestores públicos no controle da dengue.

Pretende-se estender este modelo, abrangendo dados ainda mais realistas em trabalhos futuros, incluindo variáveis que simulem a variação pluviométrica e geração de água parada. Outra melhoria poderia ser realizada nos agentes exterminadores dando a estes um comportamento mais próximo ao real.

Agradecimentos

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Referencias

- [1] Barreto, Maurício L., and Maria Glória Teixeira. "Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa." *estudos avançados* 22.64 (2008): 53-72.
- [2] Dengue (2013) Disponível em: <http://www.dengue.org.br> acessado em 04/03/2013.
- [3] IBGE (2013) Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm> acessado 04/03/2013.
- [4] KUMAR, K., SINGH, P. K., TOMAR J., BAIJAL S. Dengue: epidemiology, prevention and pressing need for vaccine development. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, Volume 3, Issue 12, December 2010, Pages 997-1000.
- [5] Maciel, I. J., Siqueira Júnior, J.B., and Martelli, C.M.T. "Epidemiologia e desafios no controle do dengue." *Revista de Patologia Tropical* 37.2 (2008).
- [6] McBride W. J.H , bielefeldt-ohmann H. Dengue viral infections; pathogenesis and epidemiology. *Microbes and Infection*, Volume 2, Issue 9, July 2000, Pages 1041-1050.
- [7] Ministerio da Saúde (2013) Informe epidemiologico dengue 22_02_13.
- [8] Secretária da Saúde (2013) disponível em : <http://www.saude.mg.gov.br> Acessado em 03/03/2013.
- [9] Ruas et. al. An Agent-Based Model for the Spread of the Dengue Fever: A Swarm Platform Simulation Approach. In: *Agent-Directed Simulation Symposium of the 2010 Spring Simulation Multiconference*. Orlando; 2010.
- [10] Tissue S, Wilensky U. (2004) NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity. In: *International Conference on Complex Systems*. Boston.
- [11] Westaway EG, Brinton MA, Gaidamovich SY, Horzinek MC, Igarashi A, Kaariainen L, Lvov DK, Porterfield JE, Russell PK, Trent DW 1985. *Flaviviridae*. *Intervirology* 24: 183-192.
- [12] http://gamapserv.who.int/mapLibrary/Files/Maps/World_DengueTransmission_Extension_2007.png acessado em 13/03/2013