

Evolução da dengue no Estado de São Paulo

The dengue evolution in São Paulo State/Brazil

Márcio Cardim

Doutor em Energia na Agricultura FCA/UNESP
e professor na FAI

Osmar Barbosa Zaia

Mestre em Saúde Pública/UNESP
e professora na FAI

Marisa Furtado Mozini

Professora na FAI

Délcio Cardim

Mestre em Energia na Agricultura/UNESP
e professor na FAI

Resumo

Este trabalho possibilitou o mapeamento do comportamento geoestatístico das principais cidades que apresentam casos de dengue notificados ao serviço de epidemiologia, utilizando o procedimento de interpolação krigagem, gerando o mapa de isolinhas de dengue do estado de São Paulo, detectando regiões com dengue semelhantes e empregando como variáveis originais os anos e a média dos casos de dengue de todas as localidades notificadas no estado de São Paulo, compreendendo um total de 305 cidades no período compreendido entre o ano de 1995 a 2002. Tais informações são úteis não somente para as ações desenvolvidas no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS, mas trazem também importantes subsídios para as políticas públicas relacionadas ao meio ambiente.

Palavras-chave: Geoestatística - Mapeamento - Dengue

Abstract

This work made possible the mapping of the geostatistical behavior of the main cities that present dengue cases notified to the epidemiology service, using the procedure of krigage interpolation, generate the primness isolines inside of the state of São Paulo waps, detecting areas with dengue fellow creatures and using as original variables the years and the average of the dengue cases of all the places notified in the São Paulo state, understanding a total of 305 cities in the period among the year from 1995 and 2002. Such information are useful not only for the developed actions in unique system of Health ambit - SUS, but they also bring important subsidies for the public politics related to the environment.



Key words: Geostatistical - Mapping - Dengue

Introdução

Modelos matemáticos e estatísticos tem contribuído para a explicação de muitos fenômenos que ocorrem na natureza, estudos recentes demonstram que estes modelos podem ser utilizados para explicar problemas ligados a área da saúde, como por exemplo mapeamento de doenças. Atualmente, com os recursos computacionais existentes, é possível através de técnicas e softwares processar um grande volume de dados em um curto espaço de tempo. A expansão urbana desordenada e as taxas de crescimento elevado dos municípios, são desde a Revolução Industrial os maiores causadores da destruição desordenada da natureza e como conseqüência disso, encontramos os diferentes cenários: urbanização não planejada, ocupação de várzeas e encostas de morros, erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água, etc. Este cenário de destruição a natureza ocasiona o surgimento de diversas doenças, como a dengue, que podem levar o homem à morte. Criar subsídios para que possamos compreender melhor como estes fatores interferem no perfil de saúde da população é o caminho que devemos seguir para a busca de um ambiente mais saudável. Conhecer a influência do meio na saúde da população é essencial para o desenvolvimento de políticas de saúde voltadas para a prevenção e o controle de fatores de risco.

Revisão de Literatura

As primeiras epidemias compatíveis com o dengue datam do final do século XVIII. Nesta época, a doença era conhecida como “febre quebra-ossos” devido às fortes dores que causava nas juntas. Já durante os séculos XIX e XX, foram registradas diversas epidemias ao redor do mundo atribuídas ao dengue: Zazibar (1823; 1870), Calcutá (1824; 1853; 1871; 1905), Antilhas(1827), Hong Kong(1901), Estados Unidos (1922), Austrália (1925-26; 1942), Grécia (1927-28), Japão (1942-45). (Ministério da Saúde, 1996).



Figura 1. O mosquito transmissor

Na década de 50, foi reconhecida e descrita pela primeira vez uma grave entidade clínica associada ao dengue, a febre ou dengue hemorrágica. Não se sabe bem porque, mas a dengue hemorrágica se comportou como uma doença relativamente rara antes da década de 50. Isso pode ter acontecido devido aos fatores de ordem social, como a intensa urbanização e maior intercâmbio entre as diferentes regiões do planeta, que podem ter contribuído para o aumento da incidência do dengue de maneira geral possibilitando o aparecimento de grandes contingentes populacionais com experiências imunológicas com o dengue, fazendo com que assim existisse o risco da dengue hemorrágica. No Brasil há referências ao dengue desde 1846, quando teria havido uma epidemia no Rio de Janeiro, (Pan American Health Organization, 1994).



Há registros de epidemias em São Paulo entre 1852 e 1853 e em 1916. Em 1923 ocorreu uma epidemia em Niterói. A primeira epidemia documentada clínica e laboratorialmente ocorreu em 1981 em Boa Vista, Roraima, causada tipos 1 e 4. Em 1986, a epidemia de dengue atinge o Rio de Janeiro, Ceará e Alagoas. Só no Rio de Janeiro ocorreram 1.000.000 de casos. No Estado de São Paulo, em 1990, começa uma grande epidemia na região de Ribeirão Preto, que se disseminou para outras regiões. Em 1995, já havia 14 municípios envolvidos com a transmissão da dengue. Atualmente, a situação é alarmante: temos o mosquito *Aedes aegypti* em 24 Estados, com aproximadamente 1.000 municípios infectados (Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, 1987). (Figura 1)

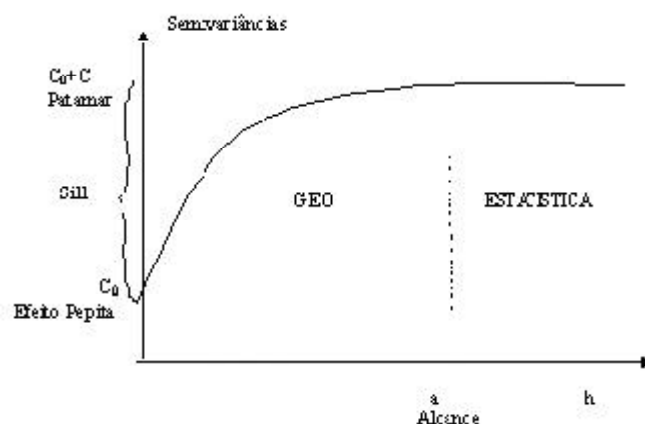
A cada ano a doença vem se repetindo no Brasil, onde o maior número de casos se concentra no período de chuvas, que é a época em que as condições ambientais são propícias para o desenvolvimento e proliferação do mosquito vetor. A partir de 1994, as epidemias têm apresentado maior vulto, espalhando-se para todas as regiões geográficas. Em 2000 foram registrados 230.910 casos da doença em todo o Brasil, sendo 51 casos de Febre Hemorrágica do Dengue nos estados de Ceará, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte e São Paulo.

Em vista do exposto, o presente trabalho teve como preocupação o estudo da dengue no Estado de São Paulo por meio da análise da dependência espacial entre as observações. A estatística clássica, que lida com parâmetros como média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação entre outros, trabalha com a suposição de independência entre as amostras para representar um fenômeno, baseando-se, principalmente na hipótese de que as variações de um local para outro são aleatórias. No entanto, quando uma determinada propriedade varia de um local para outro com uma certa continuidade, expressa através da dependência espacial entre as amostras, outra técnica, relativamente nova, a geoestatística, deve ser empregada para a realização das análises (Krige, 1951).

Para determinar qual das duas técnicas (estatística clássica ou geoestatística), deve-se utilizar, faz-se uso do semivariograma, que expressa a dependência espacial entre as amostras. Havendo dependência espacial, entra em ação, a geoestatística, por outro lado, se não for detectada a dependência espacial, então utiliza-se a estatística clássica. Verificada a dependência espacial, pode-se estimar valores do fenômeno em estudo para os locais não amostrados, dentro da área em estudo, sem tendência e com variância mínima, através do método conhecido como interpolação por krigagem. A krigagem possibilita a construção de mapas de isolinhas, ficando definidas as classes dentro da área em estudo. Em geral os procedimentos geoestatísticos são extensões dos métodos da estatística clássica, removida a pressuposição de independência entre as amostras (Vieira, 1983).

A figura 2, mostra a aplicação das duas técnicas, sendo que a geoestatística é aplicada enquanto existir dependência espacial entre as amostras e a estatística clássica é aplicada a partir do momento que essa dependência deixa de existir.

GEO: Mostra, através das semivariâncias a dependência espacial, até atingir um patamar $C_0 + C$. A distância de dependência é determinada pelo alcance a , a partir dessa distância não existe mais dependência. O valor C_0 revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras (variabilidade a uma escala menor do que aquela amostrada). Parte dessa descontinuidade pode ser também devido a erros de medição.



ESTADÍSTICA: Pressupõe independência entre as amostras, (Fisher, 1956).

Figura 2: Modelo de Semivariograma

A interpolação geoestatística é um processo usado para estimar valores de uma variável em locais onde ela não foi amostrada. Essa estimativa é dada por combinação linear dos valores mensurados nos outros locais. Pontos amostrados próximos de um local não amostrado têm mais peso na determinação que pontos amostrados distantes. Da mesma forma, pontos agrupados têm mais importância que pontos isolados (Jian, 1995). A boa utilização desses modelos na prática requer a automação das notificações compulsórias, a capacidade de disseminação destas informações através de sistemas eletrônicos e a simulação computacional de processos de disseminação da doença no estado de São Paulo associados com as disposições dos municípios referente a sua posição geográfica.

Material e Métodos

Os dados utilizados no presente trabalho para o desenvolvimento da pesquisa referem-se a um total de 305 postos (municípios localizados no estado de São Paulo) com casos da dengue notificados, georeferenciados por meio das coordenadas, latitudes e altitudes. Nota-se, na figura 3, referente aos postos amostrais, que a região sul do Estado apresenta uma pequena distribuição de localidades com casos da doença. Os dados utilizados nesta pesquisa foram levantados junto ao Centro de Vigilância Epidemiológica (CVE) do estado de São Paulo, bem como os dados com a latitude, longitude e altitude das localidades, coletados junto ao Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. O programa Geo-EAS (Geoestatistical Enviromental Assessment Software) foi utilizado no estudo da dependência espacial, enquanto que para a confecção dos mapas anuais de isolinhas foi utilizado o

software SURFER. A equação $g^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$ foi utilizado para análise a variabilidade

espacial dos casos da dengue no estado de São Paulo e a equação $Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$ possibilitou calcular as estimativas em pontos não amostrados, gerando assim os mapas de isolinhas da dengue.

Utilizou-se a série de oito anos e a média relativa ao período de 1995 a 2002, devido ser um período que se pode observar o agravamento da doença no Estado de São Paulo. O território do Estado de São Paulo encontra-se quase na sua totalidade entre os paralelos 20 e 25° S e é cortado pelo Trópico de Capricórnio, tendo, assim, um clima tropical, favorável a formação de criadores da dengue, princi-

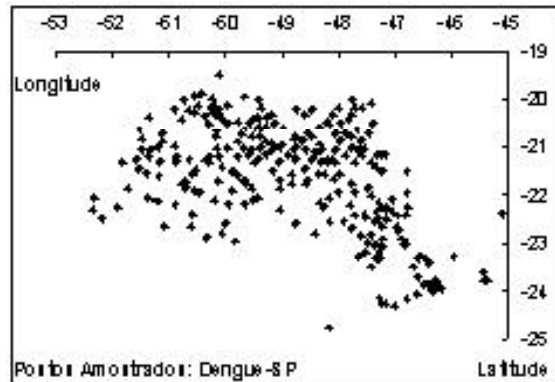


Figura 3: Distribuição dos 305 postos meteorológicos no Estado de São Paulo

palmente no período de meses chuvosos.

Resultados e Discussão

A figura 4 mostra o semivariograma experimental para os dados da dengue média de 1995 a 2002, bem como seu ajuste através do modelo exponencial $\gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-3\frac{h}{a}\right) \right]$; $0 < h < d$.

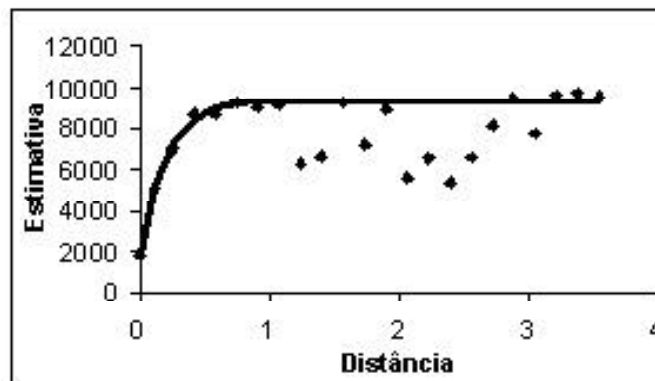


Figura 4: Semivariograma – Dengue Média (1995 a 2002)

As estimativas dos parâmetros do modelo ajustadas tiveram como efeito pepita $C_o = 1800$, variabilidade total ou patamar $C_o + C = 9350$ e alcance da dependência espacial $a = 0,6$ graus de coordenadas georreferenciadas. Por definição $\gamma(0) = 0$, como pode ser analisado pela equação

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2. \text{ Porém, devido a erros de medição e descontinuidade do}$$

semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras, o valor encontrado foi $C_o = 1800$. Observa-se ainda na figura 2, que à medida que à distância h aumenta, $\gamma(h)$ também aumenta até atingir um valor máximo, chamado patamar, cujo valor encontrado foi 9350. A distância na qual $\gamma(h)$ atinge o patamar é chamado de alcance, cujo valor encontrado foi 0,6 grau de coordenadas georreferenciadas, correspondendo a distância limite da dependência ou de correlação espacial entre amostras. As distâncias maiores, as observações têm distribuição espacial aleatória, sendo inde-



pendentes entre si. Verifica-se ainda que a relação entre o efeito pepita e o patamar $C_o / (C_o + C)$, são respectivamente 0,009, 0,024, 0,27, 0,02, 0,0008 e 0,19 para a dengue nos anos: 1996, 1999, 2000, 2001, 2002 e a média destes anos. Estes valores indicam que a dengue no ano 2000 teve uma maior variabilidade para pequenas distâncias. Por meio desta relação, pode-se também observar o grau de dependência espacial em cada índice. Detectadas e ajustadas às dependências espaciais dos dados da dengue para cada ano foi possível realizar os mapeamentos, utilizando-se valores estimados por meio da interpolação por krigagem. A aplicação da análise geostatística, utilizando o processo de interpolação por krigagem, sobre os dados da dengue, resultou na formação das classes de incidência da dengue no Estado de São Paulo. Foram estudadas as dependências espaciais por meio de semivariogramas, possibilitando ajustes de modelos matemáticos que foram utilizados para estimar valores pelo processo de interpolação krigagem. A krigagem possibilitou o mapeamento da dengue para o estado de São Paulo. Para auxiliar a discussão dos mapas, foi utilizada a divisão atual da secretária de saúde do estado de São Paulo em grupos de cidades controladas por uma única cidade sede regional, num total de 24 DIRs (Direções Regionais de Saúde do Estado de São Paulo). O mapa de isolinhas da figura 3, mostra a distribuição espacial dos valores da média da dengue entre os anos de 1995 e 2002. Optou-se pela formação de 20 classes quanto à distribuição espacial. Podemos observar neste mapa a formação de 07 focos da dengue no estado de São Paulo, determinados por

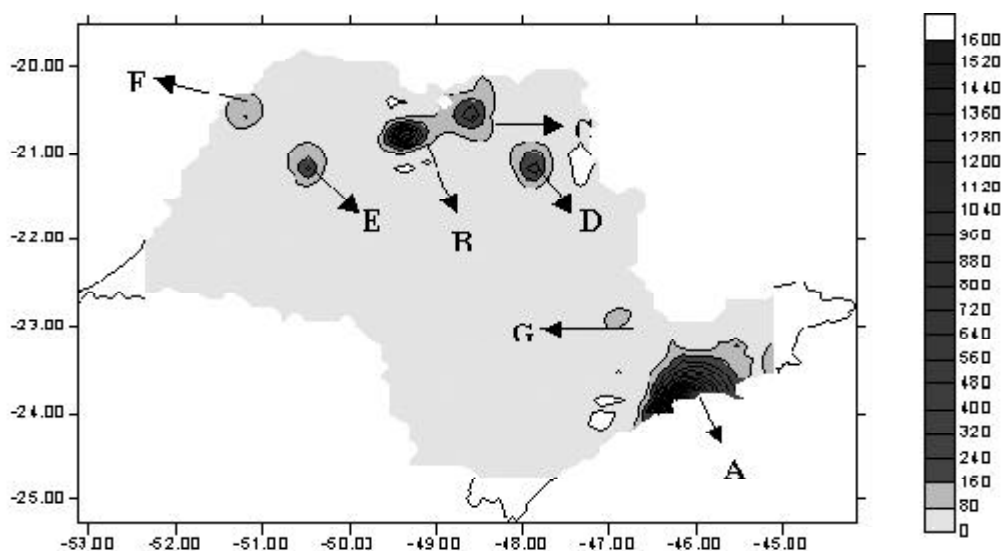


Figura 5: Distribuição espacial do índice da dengue Média (1995 à 2002)

letras de nosso alfabeto.

O foco A, que corresponde as DIRs I, II, III, IV, V e XIX, compreendendo respectivamente a região da capital, Santo André, Mogi das Cruzes, Franco da Rocha e Santos, se encontram a maior incidência da dengue no estado, nos anos aqui estudado, sendo o principal foco a cidade de Santos com uma média de 3.936 casos registrados por ano e uma média de 328 casos por mês, portanto é sem dúvida a cidade com o maior índice da dengue no estado de São Paulo, é como se fosse descoberto na cidade de Santos 10 ou mais casos da dengue todos os dias. O foco B corresponde a DIR XXII, compreendendo a região de São José do Rio Preto, também com um elevado índice da dengue, sendo o seu principal foco a cidade de São José do Rio Preto com uma média anual de 1.730 casos e uma média mensal de 144 casos. O foco C corresponde a DIR IX, compreendendo a região de Barretos, sendo o seu principal foco a cidade de Barretos com uma média anual de 578 casos e uma média mensal de 48 casos. O foco D corresponde a DIR XVIII, compreendendo a região de Ribeirão Preto, sendo o seu principal foco a



cidade de Ribeirão Preto com uma média anual de 523 casos e uma média mensal de 43 casos, um pouco abaixo da principal cidade do foco C. O foco E e F estão localizados na DIR VI, compreendendo a região de Araçatuba, sendo o seu principal foco a cidade de Araçatuba com uma média anual bem próxima de 500 casos e uma média mensal de 42 casos. Portanto estes sete focos demonstram bem as regiões onde se concentram as maiores incidências da dengue no estado de São Paulo.

Conclusões

O emprego da técnica da geoestatística possibilitou o mapeamento da dengue no Estado de São Paulo. As regiões mapeadas podem servir de suporte para profissionais da área de saúde, auxiliando na prevenção da doença.

Através da análise dos mapas da distribuição espacial do índice da dengue entre os anos de 1995 a 2002, podemos constatar que a região de Santos teve um crescimento significativo nos últimos dois anos, atingindo elevados índices, é a região do estado de São Paulo mais crítica.

No interior paulista podemos observar pelo mapa da distribuição espacial do índice da dengue média (95 a 02) que a região mais crítica é a de São José do Rio Preto, tendo uma média anual de 1724 casos registrados, perdendo apenas para a cidade de Santos na região litorânea com 3935 casos anuais.

A dengue, como um grande problema de saúde pública, merece, por parte do governo intensificação das ações de prevenção e controle da doença, principalmente nos municípios considerados prioritários. Para que isso ocorra é necessário que o governo invista em programas de coleta de dados de uma forma mais intensa do que a praticada atualmente.

Dependendo dos interesses da pesquisa, outras variáveis poderão ser incluídas na metodologia proposta neste trabalho e um adensamento maior de dados, com uma série histórica maior, certamente traria estimativas mais precisas. A metodologia possibilitou uma maior compreensão da distribuição geográfica da doença e os fatores ambientais que a determinam.

Referências

- FISHER, R.A. **Statistical methods and scientific inference**. Oliver & Boyd. Edmburg. p.175, 1956.
- JIAN, X., OLEA, R.A., YU, Y.S. **Semivariogram modeling by weighted least squares**. Computers & Geosciences, v.22, n.4, p.387-389, 1995.
- KRIGE, D.G. **A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the witwatersrand**. J. Chem. Metall. Min. Soc. S. Afri.. Johanesburg, n. 52, p. 119-39, 1951.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Manual da dengue - Vigilância Epidemiológica e Atenção ao Doente**. 2º edição - Brasília:DEOPE, 1996.
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Dengue and dengue hemorrhagic fever in the Americas**: guidelines for prevention and control. Washington, D.C, 1994.
- SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO. **Manual de Vigilância Epidemiológica da dengue**. São Paulo, 1987
- VIEIRA, S.R., HATFIELD, J.L., NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W. **Geostatistical theory and applications to variability of some agronomical properties**. *Hilgardia*. Berkeley, v.51, n.3, p.1-75, 1983.