

DINÂMICA ESPACIAL E REGIONALIZAÇÃO DA LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Ana Isabel Pasztor MORETTI¹

Marcos César FERREIRA²

Resumo

A Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) é uma doença infecto-parasitária em expansão em relação ao número de casos e à distribuição geográfica em diversos estados brasileiros. A fim de compreender a dinâmica espacial dos casos da LTA no estado de São Paulo, foi realizado um mapeamento da evolução espaço-temporal da doença entre 1998 e 2006. Dois corredores geográficos de difusão da LTA foram identificados: um, localizado no Vale do Ribeira paulista e, outro, na área que compreende o Litoral Norte e a Serra do Mar. Foi também proposta uma regionalização da epidemia a partir da probabilidade de ocorrência da LTA, tendo sido definidas cinco regiões epidemiológicas. A Região Sudeste, que apresentou a maior probabilidade de ocorrência de LTA, foi caracterizada de acordo com o método geográfico de análise da paisagem, com base nos geossistemas terrestres.

Palavras-chave: Leishmaniose Tegumentar Americana. Análise Espacial. Sistemas de Informação Geográfica.

Abstract

Spatial dynamics and regionalization of american tegumentary leishmaniasis in the State of São Paulo

The American Tegumentary Leishmaniasis (ATL) is an infectious-parasitic disease with growth in the number of outbreaks and geographical expansion in several Brazilian states. To understand the spatial dynamics of ATL outbreaks in the state of São Paulo, a spatial-temporal evolution mapping of the disease, from 1998 until 2006, was carried out. Two geographical ATL diffusion corridors were identified: one, located in the Ribeira Valley and the other, in the area that comprises the North Coast and the Serra do Mar. A regionalization of the epidemics, based on probability of ATL occurrence, was also proposed, and five epidemiological regions were defined. The Southeast region, which showed the highest probability of ATL, was characterized according to the geographical method of landscape analysis, based on land geosystems.

Key words: American Tegumentary Leishmaniasis. Spatial Analysis. Geographic Information Systems.

¹ Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - Aluna de Mestrado - Endereço para correspondência: Pós-Graduação do Instituto de Geociências. Caixa Postal: 6152. CEP: 13083-970. Campinas-São Paulo. Fone: (19) 3521-4653. Fax: (19) 3289-1562 - E-mail: aipmoretti@gmail.com

² Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - Professor Associado - Endereço para correspondência: Pós-Graduação do Instituto de Geociências. Caixa Postal: 6152. CEP: 13083-970. Campinas-São Paulo. Fone: (19) 3521-4653. Fax: (19) 3289-1562 - E-mail: macferre@uol.com.br

INTRODUÇÃO

A Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) ocorre, de acordo com estimativas da Organização Mundial da Saúde, em 88 países, com 90% dos casos concentrados em apenas seis deles: Afeganistão, Arábia Saudita, Brasil, Irã, Peru e Síria (GONTIJO; CARVALHO, 2003). Entre as seis doenças infecto-parasitárias de maior importância no mundo, a LTA ocupa o segundo lugar, sendo superada apenas pela malária (APARÍCIO, 2001). Popularmente denominada ferida brava ou úlcera de Bauru, é causada por diversos parasitas do gênero *Leishmania* e transmitida ao homem pelos flebotomíneos, insetos também conhecidos como palha ou birigui (SUCEN, 2008).

A LTA pode assumir dois padrões epidemiológicos distintos. O primeiro, padrão clássico da doença, possui mamíferos silvestres como reservatórios do parasita e está associado às atividades que levam indivíduos ao contato direto com a mata, como derrubadas de árvores, ações extrativistas e construções de estradas (VALE; FURTADO, 2005). A transmissão pode ocorrer também em habitações próximas a ambientes florestais e, portanto, ao alcance dos flebotomíneos, cuja capacidade de voo pode variar de 250 a 500 metros (FORATTINI, 1973).

Com a diminuição e fragmentação das florestas e com o avanço urbano sobre os focos naturais da doença, o processo de domiciliação dos vetores foi favorecido e a condição de exposição do homem ao parasita foi alterada, pois os agentes causais passaram a circular fora dos limites geográficos dos focos naturais. Esta situação, aparentemente sem relação com a floresta, configura-se como o segundo padrão da LTA, o qual é observado na periferia de centros urbanos, em áreas de colonização antiga, e possui animais domésticos como novos reservatórios (VALE; FURTADO, 2005).

No Brasil, alguns fatores contribuíram fortemente para a rápida expansão da LTA, como a construção de estradas entre 1960 e 1970, a mineração de ouro entre 1970 e 1980, e a exploração da madeira entre 1980 e 1990. Estes fatores implicaram em mobilidades sociais em direção ao sul da Amazônia e, com o retorno dos trabalhadores, surgiram surtos epidêmicos que favoreceram o reaparecimento da doença em vários estados das regiões centro-oeste e sudeste e também o início da LTA na região sul (VALE; FURTADO, 2005).

Uma análise da evolução da LTA no estado de São Paulo entre 1979 e 1993, realizada por Galimberti e Katz (1995), revelou que houve aumento de casos no final dos anos 1970 em áreas endêmicas e surgimento de novos focos de transmissão em áreas sem registros anteriores. Neste período, a região sul do estado (Vale do Ribeira paulista até a fronteira com o Paraná) passou a ser a mais importante na transmissão da doença. As regiões oeste e noroeste do estado paulista começaram a perder importância, pois a transmissão restringiu-se apenas a alguns municípios. Entre 1990 e 1993, estes focos estenderam-se até o Litoral Norte e a região metropolitana de São Paulo. Tanto em focos isolados do interior, como em extensas áreas do litoral, a constatação de endemia ativa de LTA no estado de São Paulo indica um problema epidemiológico e revela a necessidade de novos estudos que contribuam para o controle da doença.

Habitualmente, os focos naturais de parasitoses estão relacionados às unidades de paisagem, as quais pressupõem a combinação de fatores naturais e antrópicos integrados em uma entidade harmoniosa e que se repetem em uma extensão geográfica (REY, 2001). As contribuições do estudo da paisagem encontram aplicações em pesquisas epidemiológicas e de saúde pública (FORATTINI, 1992) e colaboram com as medidas de controle de epidemias.

Segundo a Epidemiologia Paisagística, criada durante a década de 1930 pela escola do parasitologista Pavlovsky, as doenças possíveis de ocorrer em cada tipo de paisagem podem ser previstas a partir do conhecimento dos vetores e dos hospedeiros (ARAGÃO, 1988). Além da LTA, existem muitas enfermidades que apresentam relações com a paisagem, principalmente devido ao ciclo de vida dos vetores na natureza e à presença humana (APARÍCIO, 2001).

A paisagem pode ser definida como um sistema espacial dinâmico composto por fenômenos naturais e sócio-econômicos, ou seja, como uma realidade dependente da presença do homem, o qual introduz modificações e desequilíbrios. Desta maneira, a paisagem se constitui no espelho do geossistema, o qual compreende as interrelações horizontais e considera a distribuição dos componentes naturais, modificados ou não pela ação do homem (TROPMAIR, 1983).

Em estudos de epidemias que possuem um reservatório e um vetor e que necessitam de um ambiente favorável à sua proliferação, a geografia médica é de grande auxílio (LACAZ, 1972), pois procura compreender as doenças a partir das características da superfície terrestre e da relação do homem com o ambiente (LEMOS; LIMA, 2002). As epidemias têm sido abordadas em geografia médica principalmente sob um paradigma corológico que busca explicar a incidência dos casos como produto das características ecológicas dos lugares onde eles se manifestam, entretanto, este paradigma restringe, em parte, a cartografia da epidemia, já que a imagem gráfica das doenças é pouco explorada e maior ênfase é dedicada à exploração estatística dos dados.

Os sistemas de informação geográfica (SIG) e a análise espacial são ferramentas úteis para o estudo geográfico de doenças epidêmicas, as quais possuem propriedades espaciais complexas, responsáveis pela difusão espacial dos casos de uma doença para outras unidades geográficas ou pela impedância espacial, que torna algumas doenças circunscritas a espaços menores e de forma endêmica (FERREIRA, 2003). Neste contexto, alguns trabalhos envolvendo o uso dos SIG no estudo das leishmanioses têm sido realizados em diferentes municípios e regiões brasileiras (APARÍCIO, 2001; NASSER, 2007; RANGEL, 2004; APARÍCIO; BITENCOURT, 2003; LIMA et al., 2002).

O fato de a LTA persistir nos dias atuais em todo o país revela a necessidade de novos estudos geográficos sobre a doença que possam contribuir para melhor elucidar o papel dos fatores ecológicos envolvidos no processo de expansão da doença para localidades novas, em escala regional.

Para tanto, são propostos dois objetivos principais: 1) analisar a série temporal de cartogramas de incidência anual de casos e do total anual de casos notificados por município entre 1998 e 2006 e identificar os principais corredores de difusão da doença neste período; 2) mapear as regiões epidemiológicas homogêneas da LTA no estado de São Paulo, delimitadas segundo a associação geográfica entre a probabilidade de ocorrência de casos da doença e os elementos dos geossistemas terrestres, tais como, clima, relevo, vegetação original e uso da terra.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de análise espaço-temporal e cartografia regional de epidemias utilizada foi a desenvolvida por Ferreira (2003) para o estudo da difusão espacial da dengue na região noroeste do estado de São Paulo. Esta metodologia associa a análise espacial e a cartografia temática em um contexto de SIG, com o objetivo de elucidar, a partir de cartogramas, a dependência espacial e a evolução espaço-temporal de uma doença, em base de dados municipal.

Organização da base de dados espaciais

A base de dados espaciais utilizada compõe-se de duas categorias de dados geográficos: a base cartográfica digital municipal e os atributos geográficos municipais. A base

cartográfica, que armazena os dados topológicos-vetoriais, estruturados no formato poligonal, correspondente aos limites dos 645 municípios do estado de São Paulo, foi obtida no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) na escala 1:500.000 e georreferenciada no sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), zona 23S, datum SAD 69, no *software* ArcGIS 9.2, também utilizado para elaborar os cartogramas.

Os atributos geográficos municipais foram subdivididos em dois grupos: demográficos e epidemiológicos. Os atributos demográficos, obtidos na Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (FUNDAÇÃO SEADE, 2008), correspondem à população total residente em cada município no respectivo ano de registro dos casos. Os atributos epidemiológicos correspondem ao total anual de casos de LTA por município, obtidos no Centro de Vigilância Epidemiológica do Estado de São Paulo (CVE-SP, 2007), e ao coeficiente de incidência anual, padronizado em relação à população total de cada município, em casos por 100.000 habitantes.

Sequenciamentos cartográficos temporais

a) Sequenciamento carto-temporal binário de LTA

Mostra a dinâmica espaço-tempo do surgimento ou desaparecimento de ao menos um caso, por município. Os cartogramas binários que compõem este sequenciamento foram gerados com a utilização da técnica de classificação baseada em intervalos variáveis, sendo fixadas apenas duas classes: ocorrência e não-ocorrência de caso da doença no respectivo ano.

b) Sequenciamento carto-temporal evolutivo de LTA

Representa a dinâmica entre municípios com casos extintos, com casos mantidos (incluindo aqueles onde a não-ocorrência de casos foi mantida) e com casos novos entre dois ou mais anos consecutivos. A partir deste sequenciamento, foram avaliadas as possibilidades evolutivas de difusão dos casos e calculada a taxa de contágio espacial por biênio, para todo o período estudado. As taxas de contágio espacial entre anos consecutivos foram calculadas a partir da seguinte relação:

$$TCE = (N_t / N_{t-1}) * 100$$

onde *TCE* é a taxa de contágio espacial; N_t é o número de municípios com casos novos contíguos a municípios nos quais foram registrados casos no ano anterior, e N_{t-1} é o número de municípios nos quais foram registrados casos no ano anterior.

c) Sequenciamento carto-temporal coroplético da incidência de LTA

Destaca as anomalias regionais em relação à média e ao desvio padrão dos casos, por ano e por município. Os cartogramas que compõem este sequenciamento possuem de três a quatro classes: abaixo de 0,5 DP; 0,5 a 1,5 DP; 1,5 a 2,5 DP e acima de 2,5 DP, onde DP é o desvio padrão dos valores de incidência de casos de LTA por 100.000 habitantes.

d) Sequenciamento carto-temporal isoplético da incidência de LTA

Também destaca as anomalias regionais, porém, neste sequenciamento, a epidemia é explorada a partir de cartogramas isopléticos obtidos por interpolação linear. Para o processamento geoestatístico, realizado a partir dos dados de incidência anual de casos de LTA, foi utilizado o módulo *Geoestatistical Analyst*, do ArcGIS 9.2. Os valores de incidência anual de LTA foram assumidos como valores pontuais georreferenciados nas coordenadas geográficas das sedes dos 645 municípios paulistas. Para a interpolação destes dados relativos ao período de 1998 a 2006, e da respectiva média da série, foi utilizada a técnica da krigagem ordinária, a partir do modelo Gaussiano. Os cartogramas que compõem este

sequenciamento possuem de cinco a seis classes: abaixo de - 0,5 DP; - 0,25 a 0,25 DP; 0,25 a 0,75 DP; 0,75 a 1,8 DP; 1,8 a 2,3 DP e acima de 2,3 DP.

O processo de classificação mais comum utilizado no mapeamento de epidemias é o de intervalos iguais. Porém, nota-se grande variação na série de dados de incidência de notificação de LTA (os valores da incidência de cada um dos 645 municípios variam de 0 a 237,483 casos por 100.000 habitantes) e, assim, esta classificação resultaria em uma distribuição desigual no que se refere ao número de municípios atribuídos a cada classe de mapeamento, podendo existir classes às quais não seria atribuído qualquer município (FERREIRA, 2003).

A técnica de classificação em relação à média e ao desvio padrão, escolhida para os dois sequenciamentos da incidência de LTA é, portanto, a mais adequada. Segundo esta técnica, os intervalos de classe são fixados anteriormente e a média é utilizada como referência para a identificação dos municípios cujos valores de incidência estejam acima ou abaixo dela. Por isto, a média não é mapeada e nenhum valor de incidência será idêntico a ela. Esta é a classificação menos subjetiva em relação às demais técnicas de classificação, pois se baseia na combinação entre parâmetros estatísticos de posição e dispersão dos dados da série regional de observações da epidemia.

Regiões epidemiológicas da LTA

A partir de cada cartograma isoplético anual, gerado a partir da interpolação do total de casos notificados por município, foi elaborado um cartograma de frequência relativa de casos em relação ao total ocorrido nos nove anos da série. Os dados de frequência relativa foram agrupados em quatro classes, utilizadas para a delimitação de cinco regiões epidemiológicas: 0 a 5,75% (Região Noroeste); 5,76 a 19,6% (Região Centro-Oeste e Região da Mantiqueira Oriental); 19,61 a 43,18% (Região Centro-Leste) e 43,19 a 100% (Região Sudeste).

O cartograma de frequência relativa de casos foi sobreposto ao mapa dos geossistemas terrestres do estado de São Paulo elaborado por Troppmair (2000) para a visualização cartográfica da associação entre a distribuição espacial da LTA e as unidades de paisagem.

Posteriormente, a Região Sudeste, na qual a probabilidade de ocorrência de LTA é maior, foi caracterizada segundo o método geográfico da paisagem fundamentado nos geossistemas terrestres. Este método considera uma associação espacial entre clima, relevo, uso da terra e vegetação original como unidade homogênea, onde processos naturais e antrópicos se interagem segundo a teoria geral dos sistemas em uma escala regional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sequenciamentos cartográficos temporais

a) Sequenciamento carto-temporal binário de LTA

O sequenciamento carto-temporal composto por cartogramas anuais binários (Figura 1) revela as dimensões territoriais da ocorrência e da não-ocorrência de casos e o preenchimento de vazios territoriais em um determinado tempo (municípios ainda não infectados em um ano que passam a ter ao menos um caso no ano seguinte). A partir desta evolução, é possível visualizar uma pulsação espacial orientada de acordo com as direções preferenciais da epidemia em relação a posições anteriores na linha do tempo.

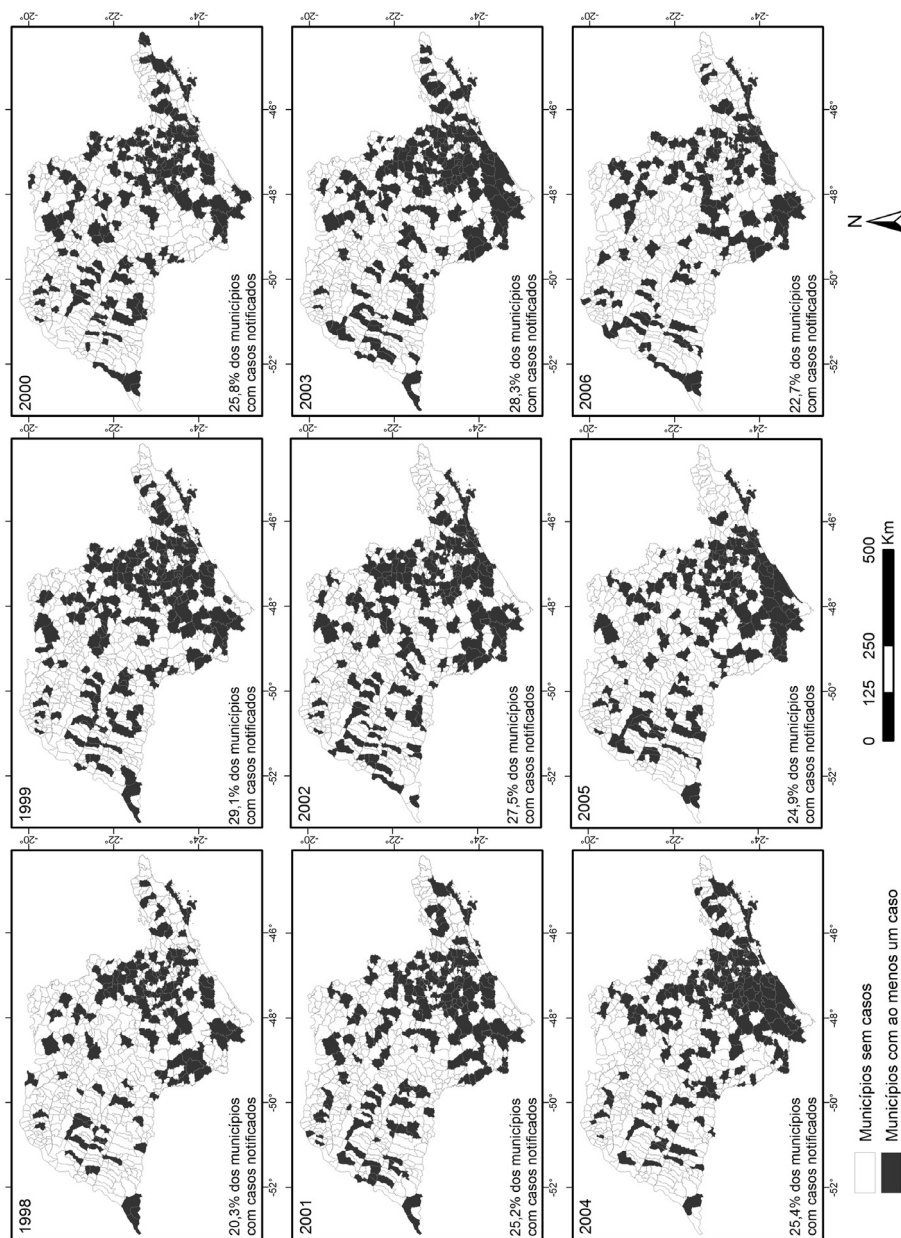


Figura 1 - Sequenciamento carto-temporal binário de LTA com base na ocorrência e na não-ocorrência de casos por município

Nos nove anos estudados para o estado de São Paulo, a LTA atingiu elevado número de municípios e muitos deles apresentaram relação de contigüidade espacial. Foram notificados 6.449 casos da epidemia em 401 municípios (62%), com média anual de 1,8 notificações por unidade municipal

Nos cartogramas apresentados, destacam-se aglomerados de municípios com ao menos um caso de LTA em torno de municípios onde foram notificados casos em todos os anos, tais como Eldorado, Itariri e Miracatu - na região do Vale do Ribeira paulista, a sul do estado -, Caraguatatuba - no Litoral Norte - e São Paulo, Campinas e Sorocaba - a sudeste, em direção ao interior.

No ano de 2004, como exemplo, dos 164 municípios com pelo menos um caso de LTA, 22 (13,4%) estavam espacialmente isolados, 23 (14%) em contato com um município com casos e o restante, 119 municípios (72,6%), contíguos a mais de dois outros municípios com casos da doença.

O cartograma de 2006 permite a visualização de um enfraquecimento da contigüidade espacial. Neste ano, os 505 casos notificados ocorreram em 147 dos 645 municípios, sendo que 21 (14,3%) estavam espacialmente isolados, 38 (25,8%) em contato com um município com casos e 88 (59,9%) contíguos a mais de dois outros municípios com casos e concentrados em torno do município de Iporanga, na região do Vale do Ribeira paulista.

b) Sequenciamento carto-temporal evolutivo de LTA

O seqüenciamento carto-temporal evolutivo de LTA (Figura 2) revela as possibilidades evolutivas de difusão dos casos entre dois anos consecutivos e permite a visualização da dinâmica de contágio espacial e dos agrupamentos espaço-tempo.

Na passagem de 1998 para 1999, surgiram 151 municípios com casos novos, sendo 132 (87,4%) deles contíguos a municípios com casos já notificados no ano anterior, com destaque para a aglomeração de municípios com casos novos em torno de Capão Bonito e Itapetininga. De 1999 para 2000, foram registrados 118 municípios com casos de LTA, sendo 98 deles (83,1%) contíguos a municípios que já possuíam casos registrados anteriormente, o que indica pequena diminuição da taxa de contágio espacial em relação ao biênio anterior. De 2000 para 2001, a taxa de contágio espacial foi de 81,1%, ou seja, 122 municípios com casos novos e 99 deles contíguos a municípios com casos no ano anterior, com destaque para a aglomeração de municípios contíguos com casos novos em torno de Salto de Pirapora e Ibiúna.

Nas evoluções entre 2001 e 2002 e entre 2002 e 2003, as taxas de contágio espacial continuaram a diminuir, sendo elas de 74,4% (116 municípios contíguos a municípios com casos no ano anterior dentre os 156 com casos novos) e de 69,2% (101 municípios contíguos a municípios com casos no ano anterior dentre os 146 com casos novos), respectivamente. Podem ser visualizadas duas aglomerações significativas na evolução de 2001 para 2002: uma situada a sul do estado, em torno do município de Iporanga, no Vale do Ribeira paulista, e outra a leste do estado, na fronteira com Minas Gerais, nas proximidades de Aguai. Na evolução de 2002 para 2003, uma aglomeração de municípios com casos novos se destaca na região do Litoral Sul paulista, em torno de Itariri, e se estende na direção nordeste, até Jundiá.

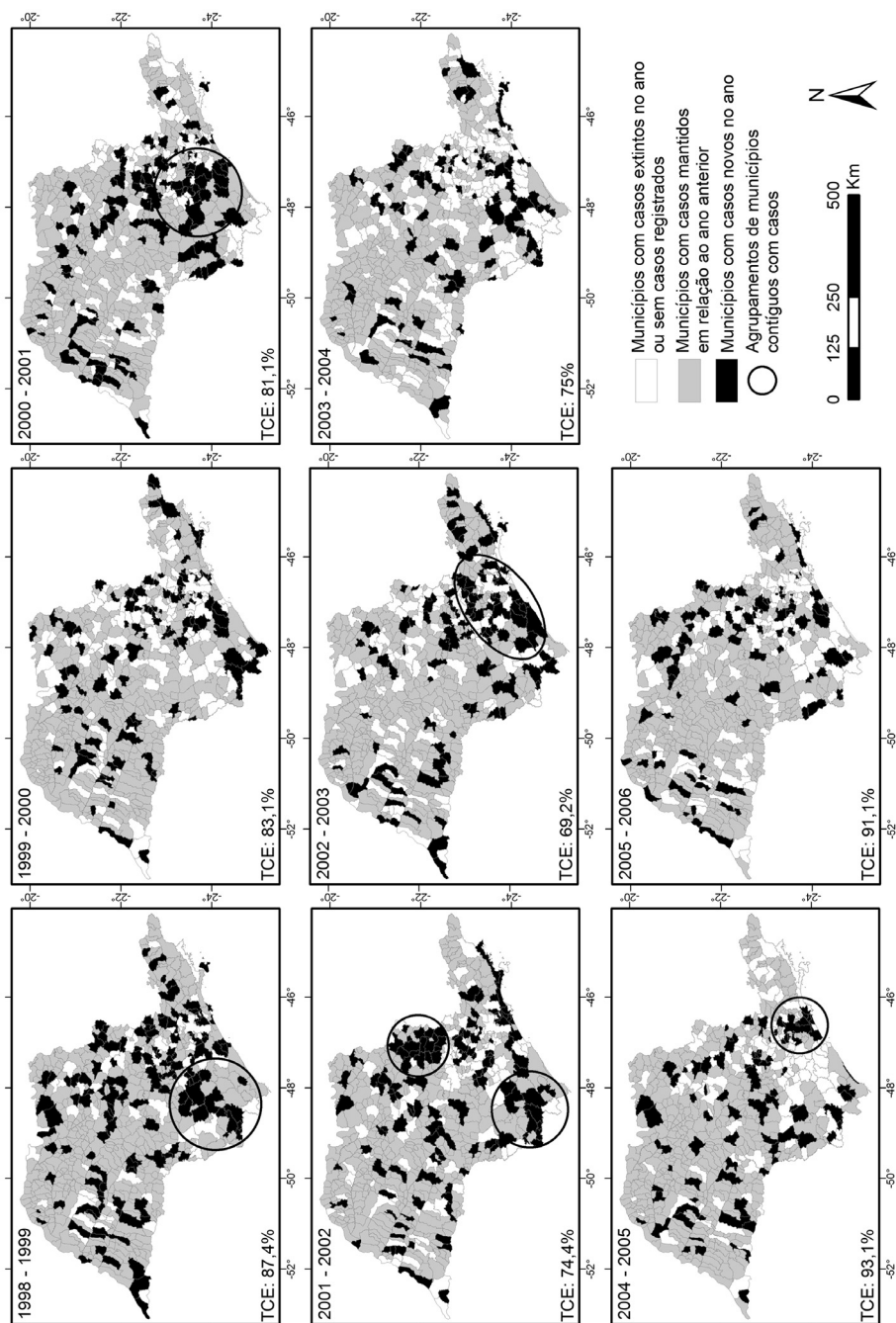


Figura 2 - Sequenciamento carto-temporal evolutivo de LTA com base na dinâmica entre casos extintos, casos mantidos e casos novos por município

A taxa de contigüidade espacial cresceu nas duas evoluções seguintes. Na passagem de 2003 para 2004, ela era de 75% (81 municípios contíguos a municípios com casos no ano anterior dentre 108 com casos novos) e, na de 2004 a 2005, de 93,1% (81 municípios contíguos a municípios com casos no ano anterior dentre 87 com casos novos), com a presença de uma aglomeração a leste do estado, em torno da capital. Na evolução de 2005 para 2006 a taxa se manteve acima dos 90% (82 municípios contíguos a municípios com casos no ano anterior dentre os 90 com casos novos). Nestas três últimas evoluções, apesar do número de municípios com casos novos ser menor em relação às outras cinco evoluções, quase a totalidade deles está em contato com municípios que possuem notificações de LTA no ano anterior. Assim sendo, as taxas de contigüidade espacial são maiores, posicionando-se muito próximas a 100%.

c) Sequenciamento carto-temporal coroplético da incidência de LTA

A espacialização dos dados de incidência de LTA apresentados nos cartogramas coropléticos revela as anomalias regionais em relação à média dos casos, evidenciando municípios onde a incidência da LTA se afasta da tendência central dos dados. Esta sequência carto-temporal (Figura 3) é mais adequada para a localização de focos epidêmicos do que para a visualização ponderada dos dados (FERREIRA, 2003).

A primeira classe, atribuída aos municípios com a variação interanual da incidência situada abaixo de 0,5 DP, aglutina, em todos os anos, mais de 90% (de 601 a 623) do total de 645 municípios. Os municípios restantes se distribuem nas outras três possíveis classes, com o desvio padrão igual ou maior que 0,5 em relação à média. A maioria dos municípios com desvio padrão entre 0,5 e 1,5, entre 1,5 e 2,5 e, principalmente, com desvio padrão maior que 2,5 (64,3%) situam-se a sul do estado de São Paulo. Por esta razão, foi destacado um agrupamento em torno do Vale do Ribeira paulista, com municípios que apresentam elevada contigüidade e altos valores de incidência em relação à média anual.

Dos 15 municípios que apresentam, em pelo menos um ano, desvio padrão maior que 2,5, nove se encontram no Vale do Ribeira paulista: Barra do Turvo, Eldorado, Itariri, Miracatu, Pedro de Toledo, Iporanga, Itaóca, Itapirapuã Paulista e Ribeira. Os municípios de Silveiras, Ilhabela, Pilar do Sul, Timburi, Porangaba e São João de Iracema não se encontram dentro deste agrupamento, embora apresentem desvio padrão maior que 2,5 em pelo menos um ano da série estudada. Dentre os municípios citados, em Barra do Turvo, Eldorado, Miracatu, Pedro de Toledo, Itariri e Ilhabela, foram notificados casos de LTA nos nove anos. Os municípios de Barra do Turvo, Iporanga, Itariri, Pedro de Toledo e Ribeira, todos pertencentes à região do Vale do Ribeira paulista, foram os que registraram, em pelo menos um ano, as maiores incidências da epidemia, indicando que tal espaço do estado se configura como de alta endemicidade de LTA.

d) Sequenciamento carto-temporal isoplético da incidência de LTA

Nos três sequenciamentos apresentados anteriormente, os polígonos municipais foram utilizados como base geográfica para a espacialização dos dados. Entretanto, há categorias de dados geográficos que possuem distribuição espacial contínua e probabilística, com variações multidirecionais que se assemelham à superfícies e que, por isto, podem ser representados em cartogramas isopléticos (FERREIRA, 2003). Neste quarto sequenciamento (Figura 4), a epidemia foi abordada como uma mancha móvel no espaço geográfico e os cartogramas interpretados de forma relativa nas suas tendências gerais de concentração ou dispersão com base, principalmente, nas diferenças de distância entre as isolinhas.

Este sequenciamento cartográfico isoplético revela, em todos os anos, que as manchas correspondentes aos maiores valores de incidência de LTA, classificadas em relação à média e ao desvio padrão, encontram-se a sul e a sudeste do estado de São Paulo.

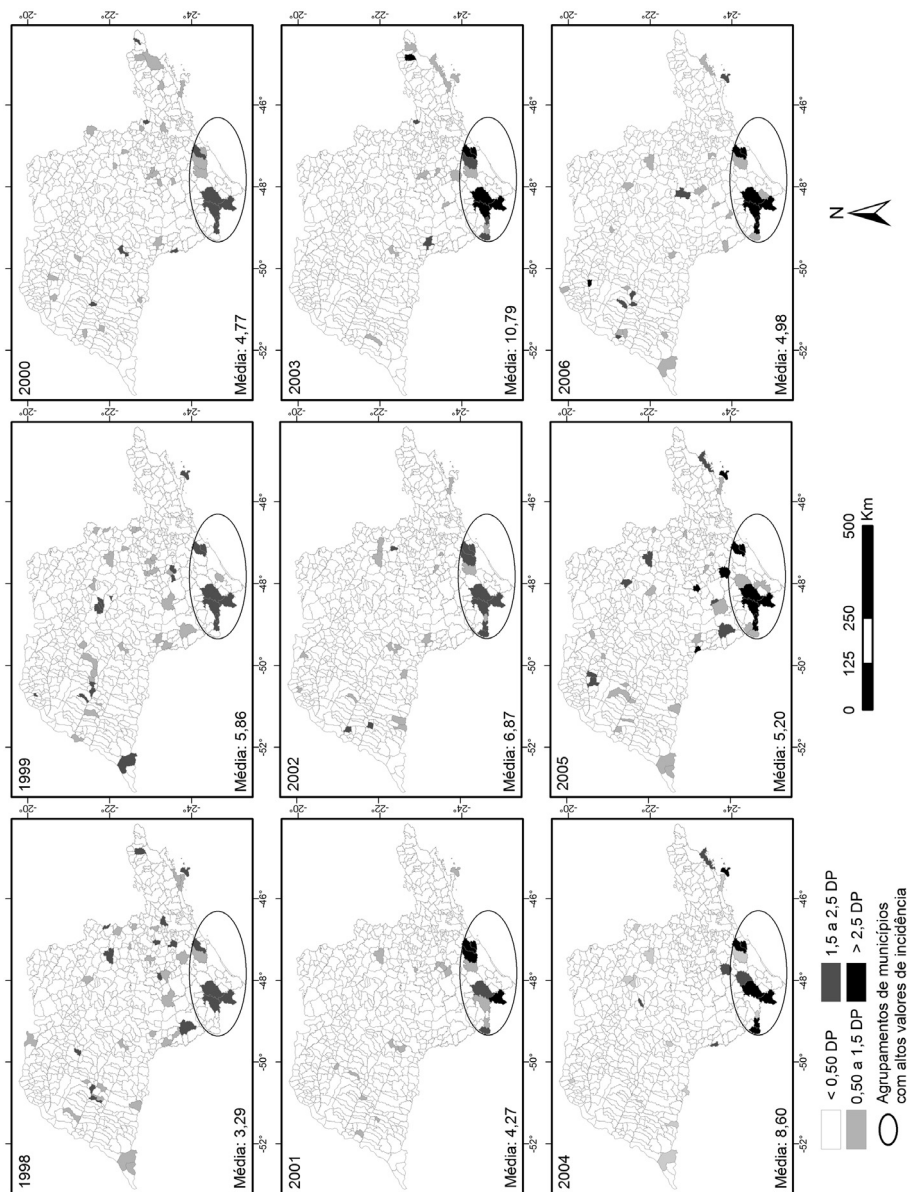


Figura 3 - Sequenciamento carto-temporal coroplético da incidência de LTA por 100.000 habitantes, por município, classificado em relação à média e ao desvio padrão

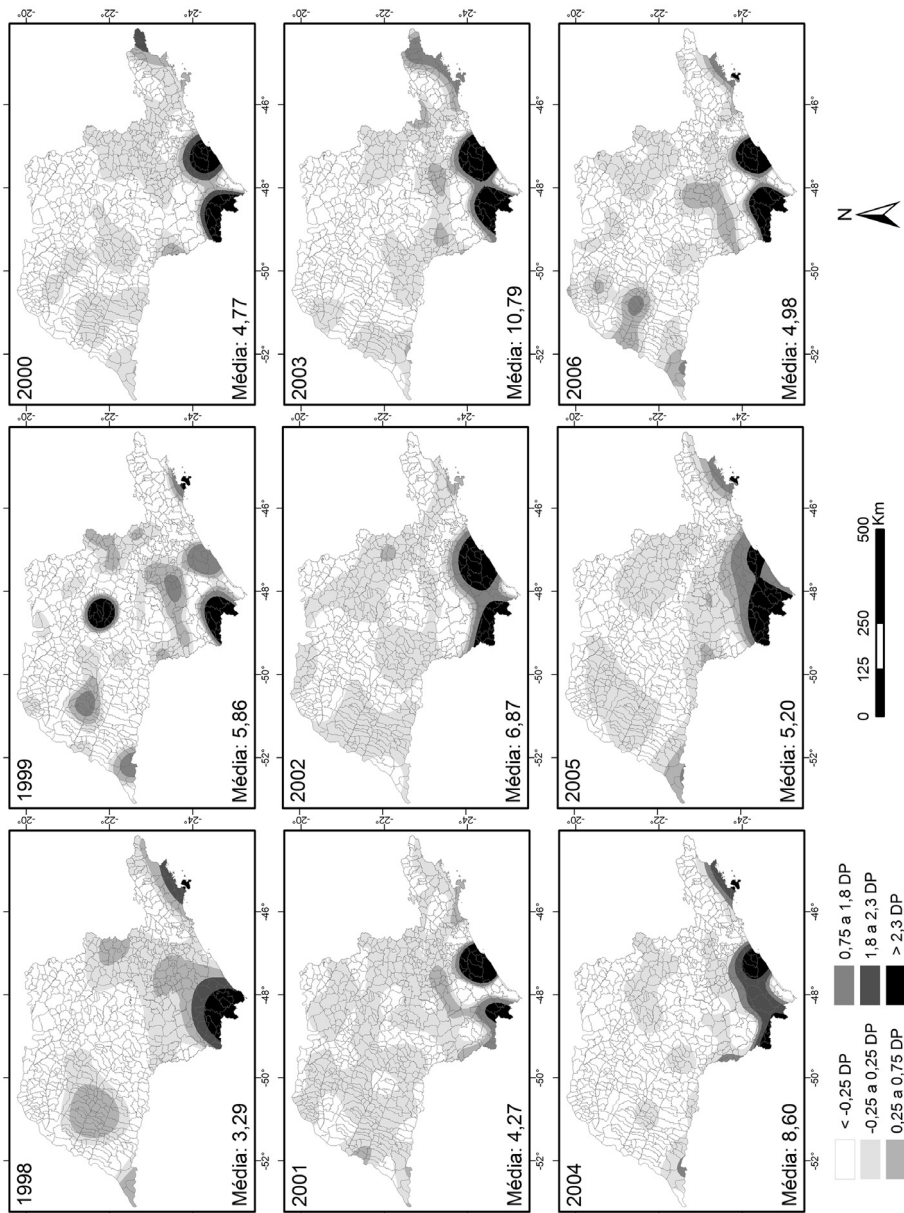


Figura 4 - Sequenciamento carto-temporal isoplético da incidência de LTA por 100.000 habitantes, por município, classificado em relação à média e ao desvio padrão

No ano de 1998, ocorreram dois picos de maior incidência (valores superiores a 2,3 DP): um, em torno Barra do Turvo, Cajati, Eldorado e Iporanga, na região do Vale do Ribeira paulista, e outro em torno de Ilhabela, na região do Vale do Paraíba paulista. Estas manchas observadas no cartograma do ano de 1998 se mantêm no ano seguinte. O cartograma de 1999 se distingue de todos os outros por possuir também uma mancha de valores de alta incidência em torno do município de Nova Europa, no interior do estado, que apresentou, somente neste ano, a incidência de 254,2 casos por 100.000 habitantes, isto é, 18 casos notificados em um município de apenas 7.081 habitantes no qual é notificado, em média, um caso ao ano.

Em 2000, a mancha de alta incidência situada em torno de Barra do Turvo, Cajati, Eldorado e Iporanga se manteve e outra surgiu em torno dos municípios de Itariri, Miracatu e Pedro de Toledo, todos na região do Vale do Ribeira paulista. Estes dois conjuntos geográficos são envolvidos pela mancha de incidência entre 1,8 e 2,3 e unidas pela mancha entre 0,75 e 1,8 DP, as quais atuam como de transição para regiões com valores inferiores de incidência.

Entre os anos de 2000 e 2003, a localidade em torno de Ilhabela não se inseriu na classe de maiores valores e, em 2004, em razão de a incidência deste município subir para 143,85 - maior valor de incidência registrado no município - esta região voltou a apresentar valores de incidência superiores a 2,3 DP.

As duas manchas que representam incidências acima de 2,3 DP, localizadas no Vale do Ribeira paulista, se retraem e se expandem entre os anos de 2000 e 2006, sob influência dos casos novos, criando uma pulsação espacial e evidenciando esta região como um corredor de difusão da epidemia de LTA, no qual se alinham, de oeste a leste, os municípios de Iporanga, Eldorado, Sete Barras, Juquiá, Miracatu e Pedro de Toledo. Outro corredor evidenciado por este sequenciamento carto-temporal se encontra na região do Litoral Norte e da Serra do Mar, no qual se alinham, de oeste a leste, os municípios de Bertioga, São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba, Ubatuba e Cunha. Em razão da localidade de Ilhabela, que se destaca isoladamente com elevada incidência de casos, a concentração das altas incidências diminui mais bruscamente em direção a norte do que a sudeste.

Regiões epidemiológicas da LTA

Cinco regiões epidemiológicas homogêneas foram definidas em relação à dinâmica espacial da LTA no estado de São Paulo e associadas às probabilidades mínima e máxima de surgir um caso de LTA em cada uma delas (Figura 5). O cartograma resultante revela que o número de casos no estado de São Paulo, assim como a probabilidade de ocorrência de LTA no período estudado, diminui gradativamente em direção a norte, ou seja, em direção às zonas agrícolas e pecuárias do interior paulista.

A sobreposição ao mapa dos 15 geossistemas do estado de São Paulo (TROPMAIR, 2000) permite avaliar a associação espacial entre a probabilidade de ocorrência de casos de LTA e a distribuição dos geossistemas e, assim, traçar regiões epidemiológicas para a doença.

Foram denominadas duas regiões epidemiológicas com probabilidade de ocorrência de LTA entre 5,76 e 19,6%: Centro-Oeste e da Mantiqueira Oriental, apesar de esta última estar espacialmente mais próxima da região epidemiológica Centro-Leste, que possui probabilidade de ocorrência entre 19,61 e 43,18%. Na região epidemiológica da Mantiqueira Oriental predomina o relevo montanhoso, encontrado nos geossistemas das Serras da Bocaina e da Mantiqueira, e o clima tropical de altitude, com baixas temperaturas que, em média, estão entre 16 e 18°C. Estes elementos caracterizam esta região como um extremo climático do estado paulista e, por isto, menos propícia à proliferação dos vetores transmissores, que requerem temperaturas mais elevadas, entre 20 e 30°C.

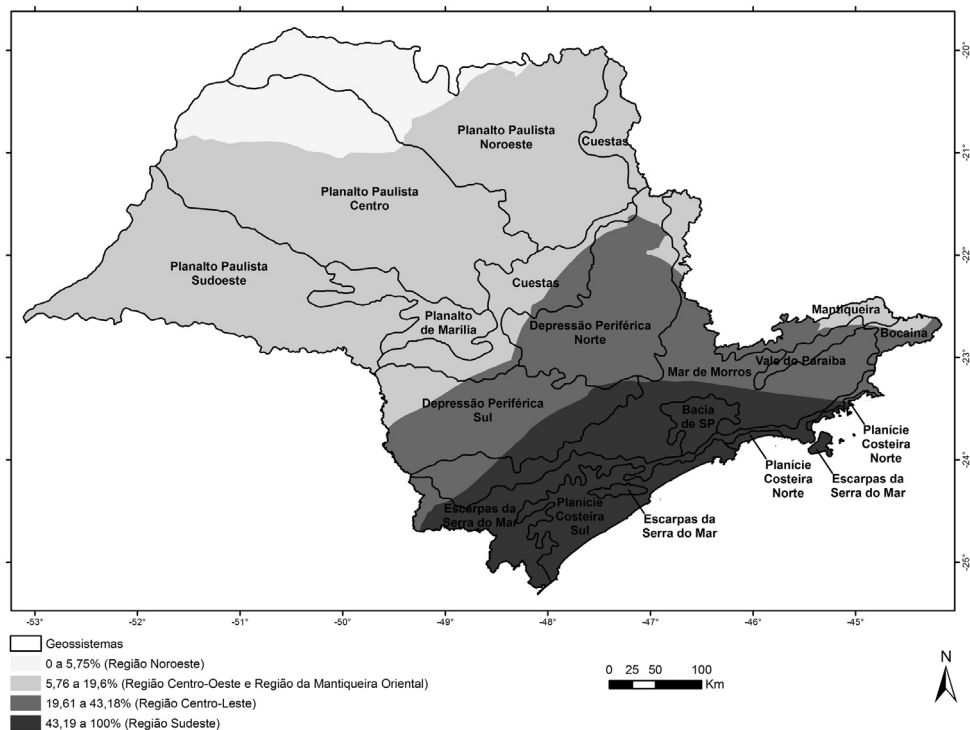


Figura 5 - Cartograma das regiões epidemiológicas homogêneas sobreposto ao mapa dos geossistemas do estado de São Paulo

(TROPPMAIR, 2000)

O geossistema das Cuestas Basálticas representa uma divisão do estado de São Paulo em áreas com menores probabilidades de ocorrência de LTA a norte e maiores a sul.

A sul e a leste do estado de São Paulo foi definida a região epidemiológica Sudeste, que apresenta maior probabilidade de ocorrência de casos de LTA (43,19 a 100%). Nesta região de maior risco se encontram dois corredores geográficos de difusão da LTA: um localizado no Vale do Ribeira paulista e outro na área do Litoral Norte do estado e da Serra do Mar próxima. Estes corredores de tráfego viral e de difusão da epidemia estão associados à presença de duas importantes rodovias que conectam importantes centros urbanos do estado: a BR-116 (Régis Bittencourt), no Vale do Ribeira paulista, e a BR-101 (Rio-Santos), no Litoral Norte. Estes corredores geográficos de difusão da LTA são estruturados segundo a orientação do fluxo de mercadorias e de pessoas e não envolvem somente os municípios conectados pelas rodovias BR-101 e BR-116, mas também municípios próximos a estes, uma vez que se conectam por outras rodovias menores e compartilham características paisagísticas semelhantes.

No Vale do Ribeira paulista, onde predominam os geossistemas da Planície Costeira Sul e das Escarpas da Serra do Mar, se concentram os maiores remanescentes de Mata Atlântica do estado de São Paulo, embora se configurem espacialmente de forma reduzida e fragmentada. Nesta região, se encontram os Parques Estaduais de Jacupiranga, do Alto Ribeira, de Intervales, da Ilha do Cardoso, a APA de Ilha Comprida e parte da área tombada

da Serra do Mar, responsáveis pela manutenção da fauna e da flora originais (TROPMAIR, 2000). Na área do Litoral Norte do estado e da Serra do Mar, onde predominam os geossistemas da Planície Costeira Norte e das Escarpas da Serra do Mar, encontram-se os Parques Estaduais de Ilhabela e da Serra do Mar (TROPMAIR, 2000).

Devido ao forte declive do terreno e à legislação ambiental, a ocupação antrópica na Serra do Mar é restrita, devendo o uso da terra, portando, ser prioritariamente destinado à preservação da vida silvestre. Apesar de não haver grandes centros urbanos, algumas áreas situadas nas encostas estão indevidamente ocupadas, fato que coloca a população em contato com o ambiente da manutenção do ciclo de vida dos flebotomíneos que têm na mata o seu habitat primitivo. Nas encostas da Serra do Mar e dos morros do Vale do Ribeira paulista merecem destaque os cultivos da banana e do chá que ocorrem contínuos à Mata Atlântica original, aproximando o homem ao habitat do vetor transmissor.

Somado a isto, nesta região são registrados os maiores índices pluviométricos do estado, com importância para as chuvas orográficas, inexistindo estação seca bem definida. Desta maneira, a região se encontra permanentemente úmida, assegurando o desenvolvimento da Mata Atlântica e da biodiversidade e favorecendo o desenvolvimento dos vetores transmissores da LTA, que vivem próximos ao solo e à vegetação e requerem umidade superior a 80% e matéria orgânica para seu desenvolvimento (SUCEN, 2008).

O alto número de casos de LTA registrado não ocorre somente nestes dois corredores de dispersão da epidemia. São Paulo é, entre todos os municípios do estado, o que mais teve notificações, tendo sido registrados 739 casos entre 1998 e 2006 em uma população de aproximadamente 11 milhões de habitantes. Neste município, pode-se dizer que houve domiciliação dos vetores, pois estes circulam em ambientes fora dos limites geográficos dos focos naturais. Outro fator determinante da exposição do homem é a expansão demográfica e do processo de urbanização próximos aos limites dos focos naturais, assim como em enclaves florestais mantidos dentro das cidades como, por exemplo, o Horto Florestal da cidade de São Paulo (GOMES; NEVES, 1998).

Em razão do elevado grau de devastação da vegetação original e do desenvolvimento de monoculturas variadas, a transmissão da LTA no estado de São Paulo deveria se reduzir a ocorrências esporádicas de casos humanos em áreas de colonização antiga. Entretanto, nos últimos 20 anos, foi observado crescimento vertiginoso e espalhamento dos casos autóctones, resultando na formação de inúmeros microfocos da doença (GOMES; NEVES, 1998).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de análise regional de epidemias em SIG utilizada permitiu a compreensão da expressão geográfica e do comportamento espaço-temporal da LTA no estado de São Paulo no período de 1998 a 2006.

A análise da evolução da epidemia no espaço e no tempo mostrou que a LTA se distribui por todo o estado de São Paulo, mantendo relações de contigüidade entre municípios com pelo menos um caso registrado, e que a incidência da epidemia de LTA, o total dos casos e a probabilidade de ocorrência diminuem gradativamente para norte, ou seja, que a epidemia possui direção de caimento de sul para norte.

Foram identificados dois corredores geográficos de difusão da LTA no estado, considerados vetores preferenciais de difusão da LTA, os quais estão associados a importantes rodovias e, sobretudo, aos remanescentes da Mata Atlântica. Um deles localiza-se a sul do estado, no Vale do Ribeira paulista - conectando os municípios de Iporanga, Eldorado, Sete

Barras, Juquiá, Miracatu e Pedro de Toledo - e, o outro, no Litoral Norte e na região da Serra do Mar contígua ao litoral - conectando os municípios de Bertioga, São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba, Ubatuba e Cunha.

A partir da análise das regiões epidemiológicas homogêneas, reafirma-se a importante contribuição oferecida pelo estudo da paisagem às pesquisas epidemiológicas e de saúde pública, como já exposto por diversos autores (APARÍCIO, 2001; REY, 2001; FORATTINI, 1992; ARAGÃO, 1988; BARCELLOS et al., 1998), uma vez que os focos naturais de parasitoses habitualmente se relacionam à ela. A categoria *espaço* é essencial na análise das relações entre saúde e ambiente, permitindo o planejamento de ações de controle, a alocação de recursos e a preparação de ações de emergência (BARCELLOS; BASTOS, 1996).

Ainda são poucos os estudos que adotam o olhar da epidemiologia da paisagem associado à análise espaço-temporal para compreender as causas da persistência locacional das doenças tropicais em determinados territórios. Por isto, o SIG e a análise espacial, que são ferramentas essenciais para o estudo geográfico das doenças epidêmicas, devem ser difundidos e amplamente utilizados em geografia médica, sempre fundamentados em base teórica e tecnológica.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo financiamento da pesquisa, e ao Laboratório de Análise Espacial e Geoprocessamento do Instituto de Geociências da UNICAMP, pela disponibilidade de equipamentos e *softwares*.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, M. B. A Epidemiologia Paisagística no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 106-109, 1988.

APARÍCIO, C. **Utilização de geoprocessamento e sensoriamento remoto orbital para análise espacial de paisagem com incidência de Leishmaniose Tegumentar Americana**. 2001. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

APARÍCIO, C.; BITENCOURT, M. D. Análise Espacial de leishmaniose tegumentar americana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., Belo Horizonte, 2003. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1247-1254.

BARCELLOS, C.; BASTOS, F. I. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível?. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 389-397, 1996.

BARCELLOS, C.; COUTINHO, K.; PINA, M. F.; MAGALHÃES, M. M. A. F.; PAOLA, J. C. M. D.; SANTOS, S. M. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 597-605, 1998.

CVE-SP (Estado). Centro de Vigilância Epidemiológica do Estado de São Paulo. <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/cve_lta.html>, 2007.

FERREIRA, M. C. **Procedimento metodológico para modelagem cartográfica e análise regional de epidemias de dengue em sistema de informação geográfica**. 2003. 231f. Tese (Livre-docência) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

FORATTINI, O. P. **Entomologia médica: Psychodidae**. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1973. 180p.

FORATTINI, O. P. **Ecologia, Epidemiologia e Sociedade**. São Paulo: Artes Médicas/EDUSP, 1992. 529p.

FUNDAÇÃO SEADE (Estado). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. <<http://www.seade.gov.br/>>, 2008.

GALIMBERTTI, M. Z.; KATZ, G. A evolução da leishmaniose tegumentar americana. **Boletim informativo CVE**, São Paulo, n. 45, p. 3-5, 1995.

GOMES, A. C.; NEVES, V. L. F. C. Estratégia e perspectivas de controle da leishmaniose tegumentar no Estado de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 31, n. 6, p. 553-558, 1998.

GONTIJO, B.; CARVALHO MLR. Leishmaniose tegumentar americana. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 36, n. 1, p. 71-80, 2003.

LACAZ, C. S. Conceituação, atualidade e interesse do tema. Súmula histórica. In: LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUEIRA JR, W. (Ed.). **Introdução à geografia médica do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1972. 1, p. 1-21.

LEMO, J. C.; LIMA, S. C. A geografia médica e as doenças infecto-parasitárias. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n. 6, p. 74-86, 2002.

LIMA, A. P.; MINELLI, L.; TEODORO, U.; COMUNELLO, É. Distribuição da leishmaniose tegumentar por imagens de sensoriamento remoto orbital, no Estado do Paraná, Brasil. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 7, p. 681-692, 2002.

IBGE (Brasil). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<http://www.ibge.gov.br/>>, 2008.

NASSER, J. T. **A leishmaniose tegumentar americana em Campinas**: contribuições da análise espacial e do sensoriamento remoto orbital. 2007. 189f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

RANGEL, O. **Estudo da expansão das áreas geográficas de transmissão de leishmaniose tegumentar americana (LTA) na região de Campinas - Estado de São Paulo - Brasil**. 2004. 200f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) - Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

REY, L. **Parasitologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 856p.

SUCEN (Estado). Superintendência de Controle de Endemias. <<http://www.sucen.sp.gov.br/atuac/tegume.html>>, 2008.

TROPPEMAIR, H. Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 13, n. 25, p. 27-36, 1983.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Edição do autor, 2000. 107p.

VALE, E. C. S.; FURTADO, T. Leishmaniose tegumentar no Brasil: revisão histórica da origem, expansão e etiologia. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 80, n. 4, p. 421-428, 2005.

Recebido em fevereiro de 2011

Aceito em maio de 2011