

# EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA DENGUE E VARIAÇÃO TERMO-PLUVIOMÉTRICA NO PARANÁ: UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA

## *Space-time evolution of dengue fever and temperature-rainfall variation in the State of Paraná: a geographical approach*

Eduardo Vedor de PAULA<sup>1</sup>

### RESUMO

No presente trabalho, elaborado no âmbito da Geografia da Saúde, a manifestação da dengue no estado do Paraná encontra-se analisada a partir da relação de sua incidência com a infestação predial de seus vetores e com as condições climáticas regionais. Foram analisados aspectos concernentes à incidência da doença em sua relação com a temperatura e a pluviosidade a partir de uma perspectiva espaço-temporal de suas manifestações. O recorte temporal de análise recobre o período que vai do ano em que foi confirmado o primeiro caso autóctone de dengue no Paraná (1993) até o ano de 2003. Dentre as sugestões para o monitoramento e controle da dengue no estado do Paraná, cita-se a utilização de previsões climáticas, bem como o desenvolvimento de um sistema de informações geográficas que integre os dados do Sinan, do Sisfad e informações socioambientais.

#### **Palavras-chave:**

Expansão da dengue, temperatura do ar, pluviosidade, estado do Paraná.

### ABSTRACT

In this work, developed in the scope of Health Geography, the manifestation of "dengue" fever in the State of Paraná is analyzed focusing on the relationship of its incidence to vector infestation in buildings and to regional climatic conditions. Aspects concerning the illness incidence and its relation to temperature and rainfall were analyzed from a space-time perspective of occurrence. The temporal cut analysis of this research comprises the year in which the first native case of "dengue" was confirmed in Paraná (1993) up to 2003. Among the suggestions for monitoring and controlling "dengue" in Paraná, the usage of climatic forecasts as well as the development of a geographical information system integrating data from Sinan, Sisfad and socio-environmental information were mentioned.

#### **Key-words:**

Expansion of dengue fever, air temperature, rainfall, State of Paraná.

<sup>1</sup> Pesquisador do Laboratório de Climatologia Geográfica da UFPR; Geógrafo do Instituto Tecnológico Simepar – eduardo@simepar.br; Professor da Pós-Graduação em Geografia Física das Faculdades Integradas Espírita. Mestre em Geografia (UFPR).

## INTRODUÇÃO

A incidência da dengue tem mostrado tendência crescente no estado do Paraná a partir da introdução do vírus em 1993, sendo que o clima encontra-se entre os fatores favorecedores desta manifestação. Assim, o entendimento das relações entre as condições climáticas, as populações de vetores e a incidência da doença poderão auxiliar na identificação de potenciais fatores preditores para esta e outras arboviroses, e talvez, como citado por Medronho (2002), de “novos padrões para uma velha doença”. Entretanto, é importante apontar que a abordagem desenvolvida no presente estudo não se apóia no determinismo ambiental-climático, apenas pretende verificar o quanto o clima influencia na dispersão dos vetores e, por consequência, na incidência da dengue.

Embora os casos de dengue notificados na região Sul do Brasil tenham representado apenas 2,4% do total registrado para o país entre 1995 e 2003, cabe destacar que nesta região identificou-se a maior taxa de crescimento de notificações ao longo dos últimos cinco anos. A taxa média anual registrada cresceu, entre 1999 e 2003, cerca de 475% para a região e de 1.605% somente para o estado do Paraná, sendo que o crescimento médio encontrado para o Brasil no mesmo período foi de 62%.

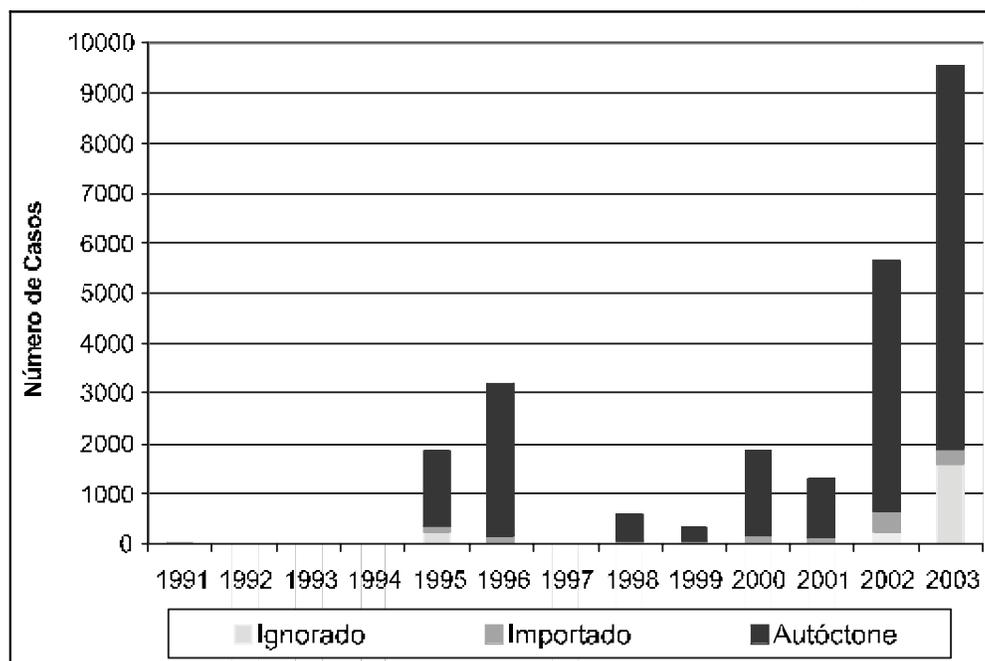
A dengue constitui, a partir de 1995, um problema de saúde pública no estado do Paraná, o que exige a criação e aplicação de políticas públicas por parte do Estado na perspectiva de controlar sua incidência. No gráfico representado na Figura 1, pode-se verificar a expansão da dengue no estado do Paraná, sendo a grande maioria dos casos autóctones (acima de 85%).

Diante dos elementos supramencionados, o objetivo central desta discussão consiste em relacionar as variações espaço-temporais da incidência da dengue com a infestação predial de seus vetores, assim como com as variações da temperatura e da pluviosidade no estado do Paraná e, numa escala de maior detalhe, nas três cidades de maior número de casos (Londrina, Foz do Iguaçu e Maringá).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Distante das abordagens determinísticas, bem como da órbita estritamente médica da antiga Geografia Médica, o campo de abordagem da, agora, Geografia da Saúde demonstra-se ampliado, cabendo aos geógrafos enormes desafios teóricos e práticos no campo da saúde, que podem ser resumidos, em duas grandes linhas de pesquisa, com finalidade descritiva, explicativa e de planificação, conforme Guimarães

FIGURA 1 - ORIGEM DOS CASOS DE DENGUE CONFIRMADOS NO ESTADO DO PARANÁ (1991-2003)



(2000, p. 33): “(1) a geografia dos padrões espaciais de morbi-mortalidade e sua difusão no tempo e no espaço, e; (2) a geografia da análise espacial dos sistemas de saúde, equipamentos, serviços e sua utilização”.

A utilização de técnicas de geoprocessamento, em ambas as linhas de pesquisa, torna-se cada vez mais importante, uma vez que “a possibilidade de sobrepor informações e do uso desagregado de dados contorna as dificuldades de trabalhar com diferentes unidades administrativas. A visualização é extremamente útil para gerar hipóteses, indagações sobre associações entre os eventos estudados e possibilidades de análises ecológicas” (CARVALHO, 2000, p. 18).

No âmbito da presente pesquisa, e considerando-se o quadro ambiental, o elemento selecionado para análise foi o clima, mais especificamente a distribuição das chuvas e da temperatura do ar, a partir do qual se busca verificar a relação existente entre esta variável e a distribuição da dengue e de seus vetores, e conseqüentemente a ocorrência de epidemias e casos isolados desta enfermidade no Paraná. Dentre as linhas de pesquisa propostas por Guimarães (2000), o presente estudo enquadra-se na primeira delas, pois se trata da compreensão do padrão espacial da dengue, empregando-se técnicas de geoprocessamento para tanto.

Seguindo a linha proposta por Mendonça (2002), a abordagem climática foi elaborada em conformidade com a concepção sistêmica, sendo a manifestação dos elementos climáticos o *output* do sistema clima e, a incidência da dengue influenciada por este sistema. Assim, o trabalho foi elaborado conforme a orientação de Besancenot (1997) apud Mendonça (2002, p. 30), para quem “a colocação em evidência das relações existentes entre estas duas séries de dados [climatológicos e clínicos] passa inevitavelmente por uma abordagem estatística”.

Elaborado no campo da climatopatologia, este trabalho não se reteve apenas à identificação da influência do clima (mais especificamente da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica) no índice de infestação predial dos vetores, bem como na própria incidência da dengue no estado do Paraná, mas buscou evidenciar e compreender relações entre estas variáveis. Entretanto, é pertinente salientar que a vida dos vetores e sua capacidade de ação estão na dependência dos elementos climáticos supramencionados, o que justifica a análise detalhada dos mesmos.

No que se refere ao levantamento dos dados, pode-se mencionar que os da doença relativos ao período de 1997 a 2002 foram extraídos pelo próprio autor do SINAN-DOS (Sistema de Informações Nacionais de Agravos Notificados – versão DOS), e os dados do

ano de 2003 foram consultados no Sinan-Windons, cuja organização dos dados se dá de modo diferenciado, o que exigiu uma adaptação de alguns dos campos trabalhados. Os dados anteriores a 1997 foram fornecidos diretamente pela Divisão de Vetores da Secretaria de Estado da Saúde, uma vez que não estejam inseridos em nenhum banco de dados e sistemas de informações.

Os índices de infestação do *Aedes aegypti* e do *Aedes albopictus* foram extraídos na forma de relatórios impressos do Sisfad (Sistema de Informações de Febre Amarela e Dengue) e re-digítadas no software *Microsoft Access*, pois o mencionado sistema não permite a exportação dos dados em meio digital. Da mesma forma que para os dados da doença, os dados dos vetores apresentam como unidade territorial os 399 municípios que compõem o Paraná. O período de análise para os dados dos vetores da dengue foi de 1997 a 2003.

Para o estudo da variação térmica no estado do Paraná, foram utilizados dados de 40 estações meteorológicas, sendo 32 pertencentes à rede do Iapar (Instituto Agrônomo do Paraná), cujos dados encontram-se armazenados no banco de dados do Instituto Tecnológico Simepar, e as outras 8 estações pertencem à rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Foram coletadas informações mensais de temperatura média, temperatura mínima média e temperatura máxima média relativas a um período médio de 30 anos.

No que concerne ao estudo da pluviosidade, foram usadas informações de 100 pluviômetros da rede da SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Para a elaboração do mapa histórico da precipitação anual e sazonal, utilizaram-se dados referentes ao período de 1974 a 2003.

Embora as primeiras confirmações de casos importados de dengue no Paraná datem de 1991, o período de análise do presente trabalho refere-se aos anos de 1995 (ano de ocorrência da primeira epidemia no estado) a 2003. Diante disto, foram analisados os dados climáticos anuais e sazonais dentro do citado período. Quanto à análise dos vetores, a abordagem compreendeu uma temporalidade diferente, uma vez que o Sisfad foi implantado somente em 1997.

A incidência da dengue foi calculada a partir de estimativas populacionais consultadas junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), sendo que estas informações foram espacializadas, tomando-se por base os polígonos dos municípios paranaenses disponibilizados pela Sema (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

Em nível estadual, o estabelecimento das relações entre variação térmica, pluviosidade, infestação vetorial e a manifestação da patologia discutida foi efetuado sazonalmente, de tal forma que a estação de verão refere-se aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro; o outono compreende março, abril e maio; no inverno estão inseridos junho, julho e agosto; enquanto que a primavera abrange os meses de setembro, outubro e novembro.

Em decorrência das generalizações estabelecidas devido à dimensão do estado do Paraná, selecionaram-se as três cidades com os mais elevados registros de casos no âmbito estadual: Londrina, Foz do Iguaçu e Maringá. Para estas se estabeleceu a relação linear entre as variáveis descritas no trabalho, tomando-se o mês como unidade temporal. Para o município de Londrina, foi possível, de modo introdutório, efetuar uma análise diária da epidemia registrada no ano de 2003. Após confrontar os resultados com o arcabouço teórico, foram apontadas sugestões para o monitoramento e controle da dengue no Paraná.

#### **ANÁLISE SAZONAL DA EVOLUÇÃO DA DENGUE E VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR E DA PLUVIOSIDADE NO PARANÁ**

A dengue vem demonstrando um rápido crescimento no número de casos e uma importante expansão espacial sobre o território paranaense, desde a confirmação dos primeiros casos autóctones em 1993. Paralelo a esta expansão da doença, observou-se na última década importantes alterações climáticas nas médias térmicas e na distribuição das precipitações, conforme também demonstraram Mendonça e Paula (2003) e Mendonça et al. (2004). Entre 1995 e 2003, confirmou-se aquecimento em todas as estações do ano, destacando-se o inverno, cuja média do período superou em  $0,6^{\circ}\text{C}$  a média histórica. No mesmo período verificaram-se totais pluviométricos mais elevados na primavera e muito mais elevados no verão, já no outono percebeu-se redução das chuvas e, no inverno, uma redução mais sensível.

Com o objetivo de se efetuar uma descrição comparativa da evolução da dengue, da infestação vetorial e da variação térmica e pluviométrica, ao longo das estações climáticas, elaborou-se a Tabela 1. É

importante salientar que o Sisfad e o Sinan foram implantados na rotina de vigilância epidemiológica a partir de 1997, fato que explica a não existência de dados de infestação dos vetores e casos da doença para os anos de 1995 e 1996.

No ano de 1995, foram confirmadas no Paraná as ocorrências de 1.519 casos autóctones de dengue, sendo que anteriormente a este ano haviam sido registradas apenas três ocorrências. Não se sabe como estava a infestação dos vetores da dengue naquela época, embora se acredite que os mesmos já estivessem instalados no estado. Desta maneira, a confirmação de 109 casos importados (no decorrer de 1995) foi suficiente para desencadear a primeira epidemia da doença no estado.

O inverno de 1995 foi o menos frio de todo o período em análise (média de  $18,1^{\circ}\text{C}$ ), demonstrando  $2,3^{\circ}\text{C}$  acima da média histórica. A não ocorrência de temperaturas muito baixas pode ter favorecido a manutenção dos vetores em alta infestação no ambiente, justificando a quantidade ainda maior de casos no ano seguinte, ou seja, em 1996 foram confirmados 3.049 casos autóctones no Paraná.

O ano de 1997 foi caracterizado pelo mais importante declínio da dengue no estado, pois naquele ano foram confirmados apenas dois casos autóctones. A imprensa da Secretaria de Estado da Saúde atribuiu o fato, na época, ao considerável trabalho de vigilância realizado. Porém, outros fatores também devem ser pontuados tais como: a redução das pessoas suscetíveis naquelas localidades onde a enfermidade havia se manifestado; a baixíssima quantidade de casos importados de outros estados (apenas oito); no âmbito climático deve-se ressaltar que no ano de 1996 observou-se, para a estação de inverno, a menor média térmica do período em análise, o que pode ter reduzido a infestação dos vetores; outro fator que pode ter contribuído na redução de tal infestação foram os altíssimos índices pluviométricos registrados no verão de 1997 (os mais elevados da última década).<sup>2</sup>

Os dados constantes da Tabela 1 permitem observar que o índice de infestação predial demonstrou-se bastante elevado para ambas as espécies no ano de 1997. No entanto, como já mencionado, acredita-se que nos dois primeiros anos de levantamento de dados para o Sisfad (1997 e 1998), tenha havido uma superestimação da infestação para o estado, já que estes

<sup>2</sup> A hipótese de que índices muito acentuados de chuva possam transbordar os recipientes nos quais os mosquitos vetores preferencialmente depositam seus ovos foi lançada após discussões com técnicos da Sesa e pesquisadores da área de entomologia da UFPR. No entanto, a identificação da relação entre a ocorrência de elevadas intensidades e a redução da infestação dos vetores da dengue carece de observações e estudos com maior grau de detalhamento.

TABELA 1- VARIAÇÃO SAZONAL DA TEMPERATURA MÉDIA, DA PRECIPITAÇÃO, DOS VETORES E DA OCORRÊNCIA DA DENGUE –1995 A 2003

	Tmed	Chuva	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes Albo.</i>	Dengue Autóc.	Dengue Import.
Verão / 1995	23,5	742,3	*	*	*	*
Outono / 1995	19,5	304,6	*	*	*	*
Inverno / 1995	16,1	228,0	*	*	*	*
Primavera / 1995	20,0	479,9	*	*	*	*
Verão / 1996	23,0	618,6	*	*	*	*
Outono / 1996	20,0	362,8	*	*	*	*
Inverno / 1996	15,4	199,2	*	*	*	*
Primavera / 1996	19,9	699,6	*	*	*	*
Verão / 1997	23,2	813,5	5,7	1,7	16	3
Outono / 1997	19,4	240,3	3,6	2,1	0	2
Inverno / 1997	16,4	413,6	1,4	1,0	0	0
Primavera / 1997	20,6	699,6	1,7	0,7	0	1
Verão / 1998	23,8	590,3	3,7	2,3	19	12
Outono / 1998	19,6	667,9	6,8	5,1	511	33
Inverno / 1998	16,2	351,2	2,1	2,5	1	4
Primavera / 1998	19,8	620,8	1,0	0,5	0	0
Verão / 1999	22,9	604,3	1,7	1,6	7	12
Outono / 1999	19,5	355,9	1,6	1,9	253	25
Inverno / 1999	15,7	271,7	0,4	0,6	3	5
Primavera / 1999	19,6	274,5	0,3	0,2	3	1
Verão / 2000	23,0	592,3	1,3	1,0	127	55
Outono / 2000	19,4	240,7	1,2	1,6	1.560	84
Inverno / 2000	15,4	340,7	0,5	0,3	9	2
Primavera / 2000	20,3	551,0	0,4	0,1	0	1
Verão / 2001	23,2	668,9	2,1	2,2	243	51
Outono / 2001	20,5	399,4	2,0	2,3	909	51
Inverno / 2001	16,5	300,0	0,5	0,6	18	8
Primavera / 2001	20,5	447,0	0,4	0,3	7	5
Verão / 2002	22,5	545,0	1,3	1,0	381	252
Outono / 2002	22,1	445,1	0,7	0,7	4.346	174
Inverno / 2002	17,3	196,9	0,3	0,3	163	13
Primavera / 2002	20,6	563,1	0,4	0,2	77	4
Verão / 2003	23,8	626,3	1,3	1,4	2.366	125
Outono / 2003	20,0	308,0	0,7	1,0	5.318	152
Inverno / 2003	16,5	229,0	0,2	0,3	17	8
Primavera / 2003	20,3	435,5	0,2	0,2	1	1

FONTE: SIMEPAR / INMET / SUDERHSA / SISFAD-SESA / SINAN-SESA

levantamentos foram efetuados em pequena quantidade, nas localidades mais infestadas e somente no período de maior infestação.

A primavera de 1997 foi caracterizada por apresentar temperaturas acima da normalidade,<sup>3</sup> assim como os meses de verão de 1998, o que favoreceu o aumento da infestação dos vetores. Frente a estas condições, a ocorrência de 12 casos importados da doença no verão trouxe por conseqüência o novo aumento de casos autóctones na estação seguinte (511 no total). Vale ressaltar que o outono apresentou valores pluviométricos muito acima do normal.

Em 1999, novamente ocorreram 12 casos importados no verão, o que justifica a ocorrência dos 253 casos autóctones no início do outono. A infestação dos vetores demonstrou-se elevada nestas duas estações, sendo que as mesmas apresentaram-se dentro da normalidade no que tange aos totais de chuva e variação térmica. Na primavera notaram-se temperaturas mais baixas que o habitual, bem como precipitações muito abaixo do esperado. Acredita-se que estes valores impediram que os vetores atingissem elevada infestação, porém não os eliminou do meio. Assim, os 55 casos de dengue importados ocorridos no Paraná no verão do ano seguinte (2000), cujos valores térmicos e pluviométricos desta estação foram normais, desencadearam uma nova epidemia na estação de outono (1.560 confirmações).

O ano de 2000 foi o mais frio do período em análise, devido às temperaturas abaixo da normalidade registradas tanto nos meses de outono quanto de inverno; também choveu bem menos que a média histórica no outono. Estas características podem estar na base da explicação para a menor quantidade de casos registrados no início de 2001, quando foram registrados 51 casos importados. É pertinente ressaltar que os vetores apresentam elevada capacidade de resistência às baixas temperaturas e ausência de chuvas na sua fase de ovo. Assim, com o retorno das chuvas e aumento da temperatura na primavera e verão de 2001, as infestações voltaram a se elevar. 2001 foi o ano mais próximo da média histórica, tanto no que se refere às quantidades de chuva quanto na variação térmica, apresentando um total de 1.184 casos autóctones.

Na estação de outono do ano de 2002, registrou-se a principal anomalia térmica do período, ou seja, a temperatura média para a estação ficou 2,3°C acima da média histórica. Além deste episódio, foram confirmados 252 casos importados da doença na estação de verão, proporcionando somente no outono o total de 4.346 casos autóctones no estado, distribuídos em 67 municípios, 18 dos quais até então se encontravam livres da ocorrência de casos autóctones.

Após esta importante epidemia registrada no outono de 2002, verificaram-se temperaturas acima do normal nas estações de inverno e primavera deste ano, assim como no verão de 2003. Apesar do número de casos importados (125) registrados nesta última estação ter sido inferior ao número registrado no mesmo período do ano anterior, observou-se o total anual de casos mais elevado já registrado no Paraná. Neste ano foram confirmados 7.663 casos autóctones, tendo início no verão as ocorrências e prolongando-se por todo o outono. Cabe apontar que a espacialidade dos casos registrados revelou a concentração dos mesmos em apenas cinco cidades, nas quais foram confirmadas 95,9% das ocorrências, destacando-se Londrina, onde foram confirmados 5.357 casos (69,9% do total).

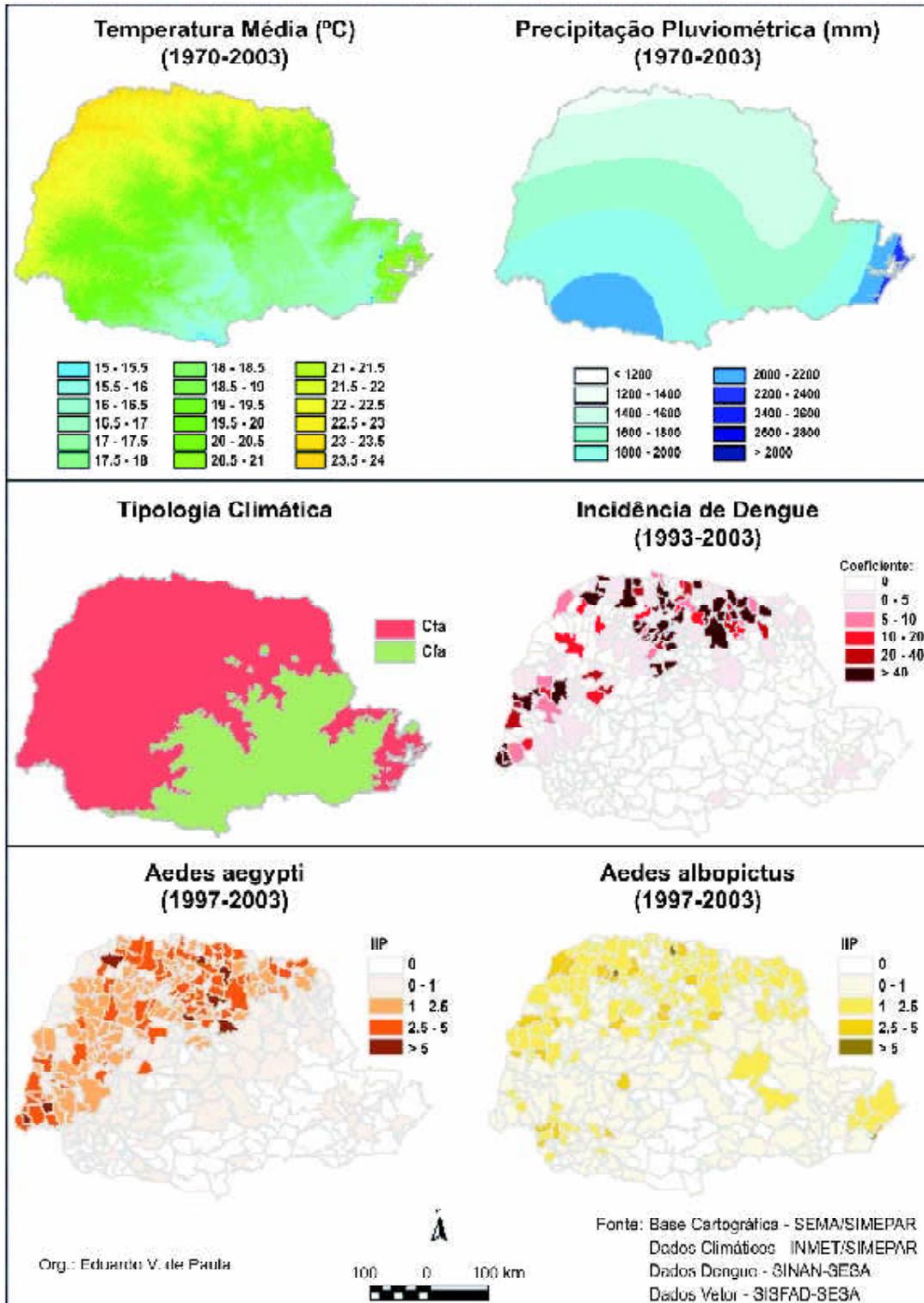
A relação espacial entre os aspectos climáticos (precipitação pluviométrica e temperatura média), com os índices de infestação dos mosquitos vetores da dengue e a própria ocorrência dos casos autóctones da doença, no estado do Paraná, ao longo do período em análise, pode ser visualizada na Figura 2, da qual depreende-se que:

- O *Aedes aegypti* encontra-se restrito à porção norte-noroeste-oeste do estado,<sup>4</sup> região na qual predomina o tipo climático Cfa, mais quente e cujas chuvas concentram-se, sobretudo no verão; ao se comparar o mapa em que a temperatura média histórica está representada com aquele da infestação deste vetor, nota-se que índices de infestação médios a muito alto, ou seja, maior que 1%, são encontrados somente em municípios nos quais os valores térmicos médios anuais são superiores a 20°C. Na região de transição

<sup>3</sup> Os valores normais de temperatura média e de precipitação pluviométrica constam na Tabela 2 em Anexo.

<sup>4</sup> Embora não se tenha espacializado os casos de dengue na escala intramunicipal, é pertinente destacar que os casos da doença são essencialmente urbanos, uma vez que o *Aedes aegypti* encontra-se adaptado a este tipo de ambiente. Sendo assim, quando a incidência da doença e a infestação do referido vetor são mapeados em municípios cuja área urbana recobre todo o município, ou pelo menos grande parte dele, não há problema de representação, mas quando a área urbana corresponde a uma pequena área do total do município, a representação fica irreal. De qualquer forma, vale ressaltar que a escala de mapeamento adotada neste trabalho não compromete a análise dos dados em função do problema mencionado.

FIGURA 2 - ESPACIALIDADE DAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS (TEMPERATURA E CHUVA) INCIDÊNCIA DE DENGUE E INFESTAÇÃO DO *AE. AEGYPTI* E DO *AE. ALBOPICTUS* NO PARANÁ



entre o tipo climático Cfa e Cfb (porção central do estado) verifica-se a existência de inúmeros municípios com infestação muito baixa (inferior a 1%). Na região mais fria do estado onde predomina o tipo climático Cfb, são várias as cidades livres da presença deste mosquito, sendo que naquelas onde ele é encontrado verifica-se, em geral, a existência de áreas urbanas de destaque, assim como de vias de acesso importantes. Apesar da porção litorânea do Paraná demonstrar características climáticas semelhantes à região de maior infestação, o vetor foi encontrado em porcentagem muito reduzida apenas em Paranaguá (0,002%); acredita-se que tal fator esteja associado aos padrões de uso e ocupação do solo, ou seja, presença de extensas áreas florestais e reduzidas áreas urbanizadas.

- O *Aedes albopictus* apresentou índice de infestação médio menor do que o *Aedes aegypti*, porém o número de municípios nos quais este vetor foi encontrado foi maior (59 a mais). Espacialmente, tal mosquito manifestou infestação alta somente em áreas do tipo climático Cfa: porção centro-norte e noroeste e, distintamente do *Aedes aegypti*, porções litorânea e sudoeste. Inexplicavelmente na região oeste, que abrange os municípios de Foz do Iguaçu, Cascavel e Toledo, o vetor revelou infestação bastante reduzida. Na área abrangida pelo tipo de clima Cfb, notou-se infestação baixa a nula, com exceção dos municípios de Tibagi e Ponta Grossa, cujos índices foram de 1,4% e 1,6% respectivamente.
- A influência positiva das altas temperaturas sobre a vida dos vetores ficou evidenciada, já que tanto as cidades que demonstraram elevada infestação para o *Aedes aegypti*, quanto para o *Aedes albopictus* apresentam médias térmicas anuais acima de 20°C. Quanto à relação entre pluviosidade e a infestação dos vetores, pode-se dizer que a mesma, aparentemente, já não é tão nítida. No entanto, o que deve ser considerado nesta relação não é o total pluviométrico anual, mas a sazonalidade das chuvas.
- A relação espacial entre a incidência da dengue no Paraná (Figura 2) e as áreas de maior infestação do *Aedes albopictus* e,

principalmente do *Aedes aegypti*, bem como com a porção mais quente do estado, onde domina o tipo climático Cfa, é bastante explícita. É válido apontar que os poucos casos autóctones confirmados em municípios cujo tipo climático é Cfb, ocorreram sob condições térmicas acima da normalidade.

#### **ANÁLISE MENSAL DA EVOLUÇÃO DA DENGUE E VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR E DA PLUVIOSIDADE EM LONDRINA, FOZ DO IGUAÇU E MARINGÁ**

A identificação da influência climática sobre a ocorrência de casos da doença pode ser melhor explicitada em uma escala espaço-temporal mais detalhada. Assim, para a elaboração de uma análise mais acurada do objeto deste estudo, foram confeccionadas pranchas semelhantes àquelas utilizadas para a análise rítmica em climatologia, todavia contendo informações mensais, para as três cidades com maior número de casos de dengue no Paraná: Londrina (Figura 3), Foz do Iguaçu (Figura 4) e Maringá (Figura 5).

Observando-se a Figura 3, é possível perceber que em Londrina a temperatura média mensal nos meses de verão pode superar os 25°C, enquanto que no inverno (somente em julho de 2000) pode atingir valor inferior a 16°C. Os valores máximos médios durante praticamente toda a estação de verão superam os 30°C; já a temperatura mínima média nos meses de inverno atinge, comumente, os 11,5°C. Embora ocorram precipitações no decorrer de todo o ano, no inverno, os totais pluviométricos são reduzidos, sendo os índices mais expressivos registrados nos meses mais quentes.

No período analisado verificou-se importante infestação de ambos os vetores nos meses mais quentes e chuvosos do ano, sendo que a infestação do *Aedes aegypti*, na maior parte do tempo, superou aquela apresentada pelo *Aedes albopictus*. Destaque de ser dado aos elevados índices levantados para os meses de verão de 1998, justamente o verão mais quente registrado no período.

A ocorrência de casos importados de dengue em Londrina ocorria em pequeno número desde 1998, todavia aumentou consideravelmente nos primeiros meses de 2002 e 2003 em decorrência da epidemia nacional. O primeiro caso autóctone de dengue foi registrado na cidade de Londrina, em janeiro de 1998, mas somente nos primeiros meses de 2001 e 2002 é que foram registradas as duas primeiras epidemias na

FIGURA 3 - VARIAÇÃO MENSAL DO CLIMA, VETORES E OCORRÊNCIAS DA DENGUE EM LONDRINA – JANEIRO DE 1997 A MAIO DE 2003

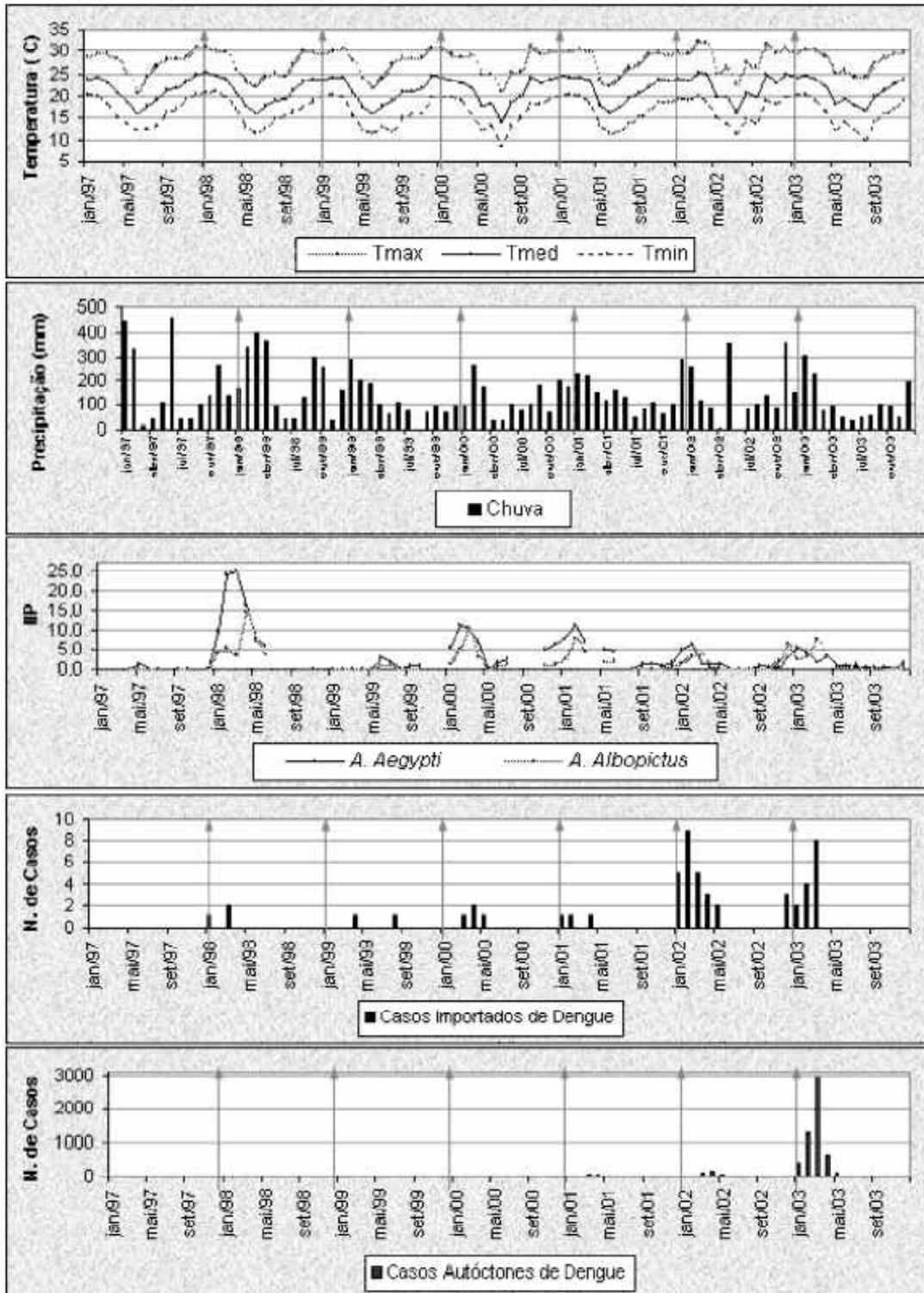


FIGURA 4 - VARIÇÃO MENSAL DO CLIMA, VETORES E OCORRÊNCIAS DA DENGUE EM FOZ DO IGUAÇU – JANEIRO DE 1997 A MAIO DE 2003

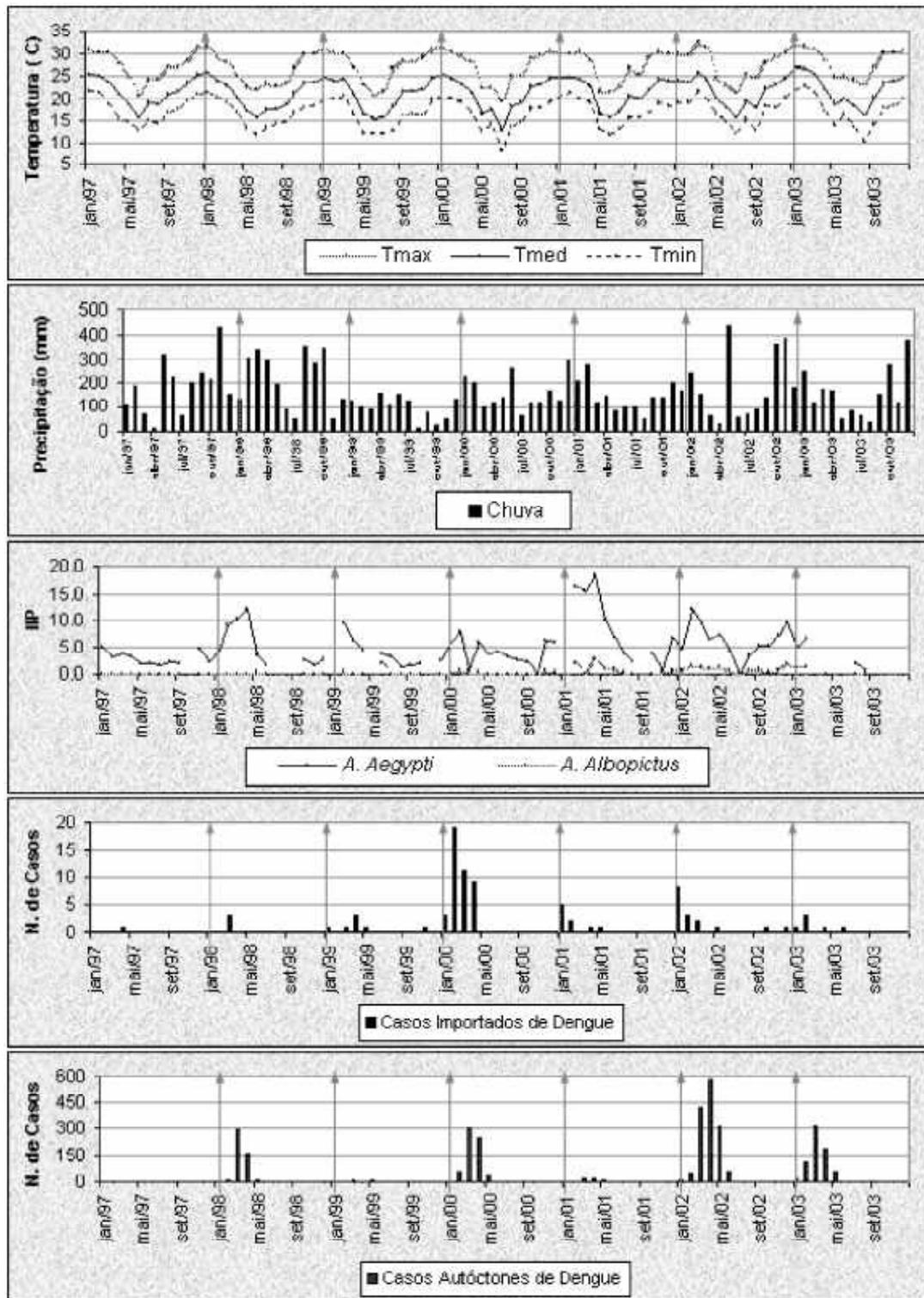
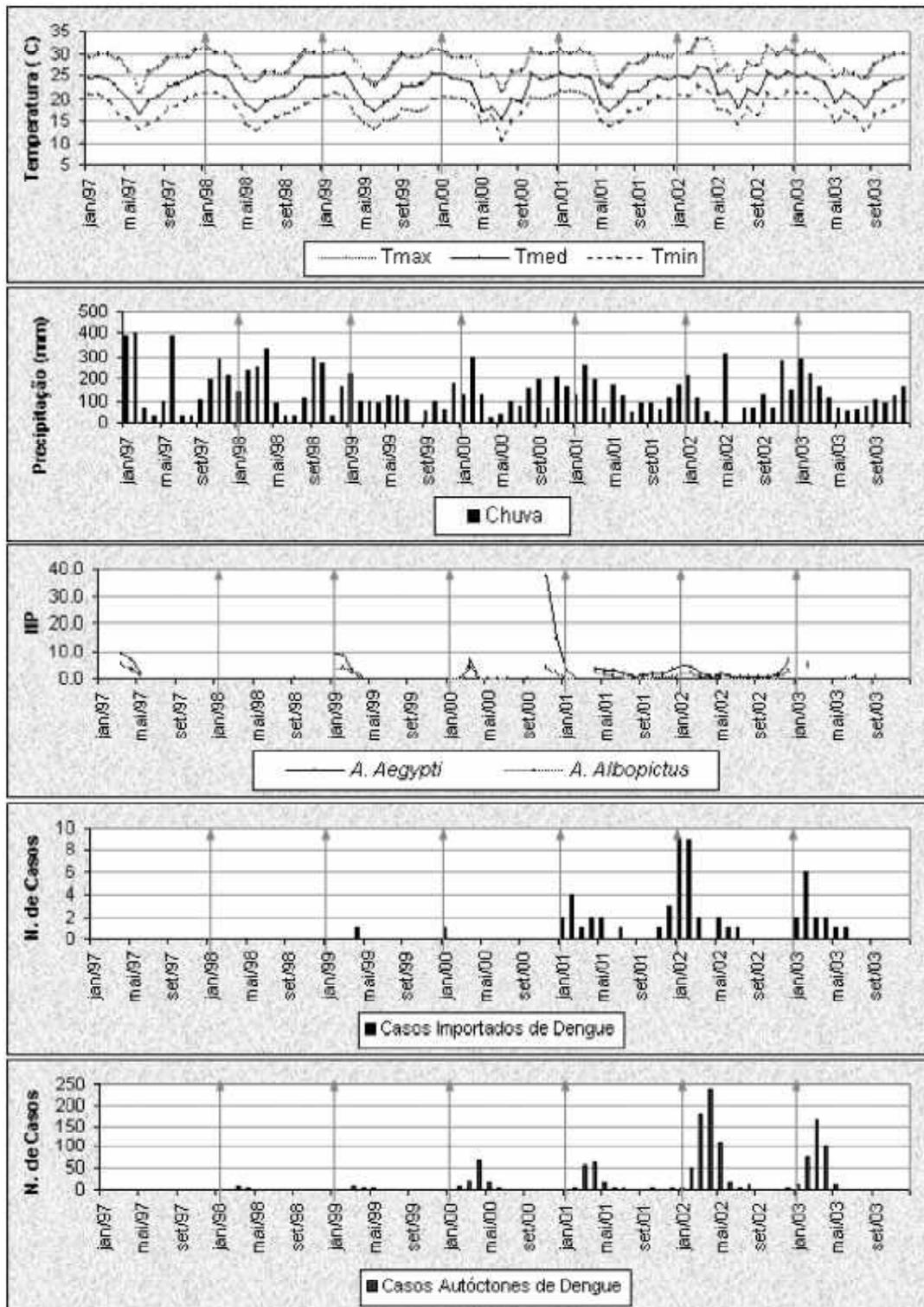


FIGURA 5 - VARIAÇÃO MENSAL DO CLIMA, VETORES E OCORRÊNCIAS DA DENGUE EM MARINGÁ – JANEIRO DE 1997 A DEZEMBRO DE 2002



cidade, quando foram confirmados 111 e 311 casos da doença respectivamente. Em 2003 Londrina registrou a maior epidemia já ocorrida na região Sul do Brasil, epidemia esta que representou 91,7% da totalidade de confirmações historicamente registradas na cidade, somando um total de 5.357 casos autóctones.

A variação térmico-pluviométrica de Foz do Iguaçu (Figura 4) é muito semelhante àquela observada em Londrina, verificando-se precipitações pouco mais elevadas. A infestação do *Aedes albopictus* é praticamente desprezível se comparada à do *Aedes aegypti*, que atingiu 18,61% em abril de 2001. Este último vetor mantém-se no ambiente em infestação acima de 1% praticamente ao longo de todo o período, tanto que em nenhum momento verificou-se infestação baixa por dois meses consecutivos.

Foz do Iguaçu é a segunda cidade com maior número de casos do Paraná, somando um total de 3.334 confirmações até 2003. Desde a confirmação dos primeiros casos autóctones da dengue em fevereiro de 1998, verificou-se a ocorrência (casos importados e autóctones) da doença nos meses de verão e outono para todos os anos observados. A frequência sazonal dos casos em determinados anos, caracterizando surtos devido à elevada quantidade de registros, confere a esta cidade uma condição de endemicidade à dengue.

No primeiro semestre de 1998 registrou-se a primeira epidemia em Foz do Iguaçu, quando foram confirmados 480 casos. Em 2000 foram registrados 42 casos importados, o que favoreceu o desenvolvimento de uma epidemia em que foram confirmados 654 casos autóctones. Após 2001, ano em que a incidência revelou-se baixa, verificaram-se as maiores epidemias com 1.430 casos em 2002 e 700 em 2003.

Embora os dados de temperatura referentes à estação de Maringá não tenham sido atualizados para o ano de 2003 (Figura 5), é possível notar a considerável semelhança com a variação térmica apresentada por Londrina, uma vez que as duas cidades localizam-se na área de abrangência do tipo climático Cfa e estão a apenas cerca de 80km de distância uma da outra. Maringá, no entanto, apresenta temperatura média anual de 21,9°C, ou seja, 1°C superior àquela registrada em Londrina. O ritmo das chuvas ali também é bastante similar a Londrina, porém a quantidade de precipitação que cai ao longo do ano revelou-se menor.

A avaliação dos índices de infestação dos mosquitos vetores ficou comprometida, devido à grande

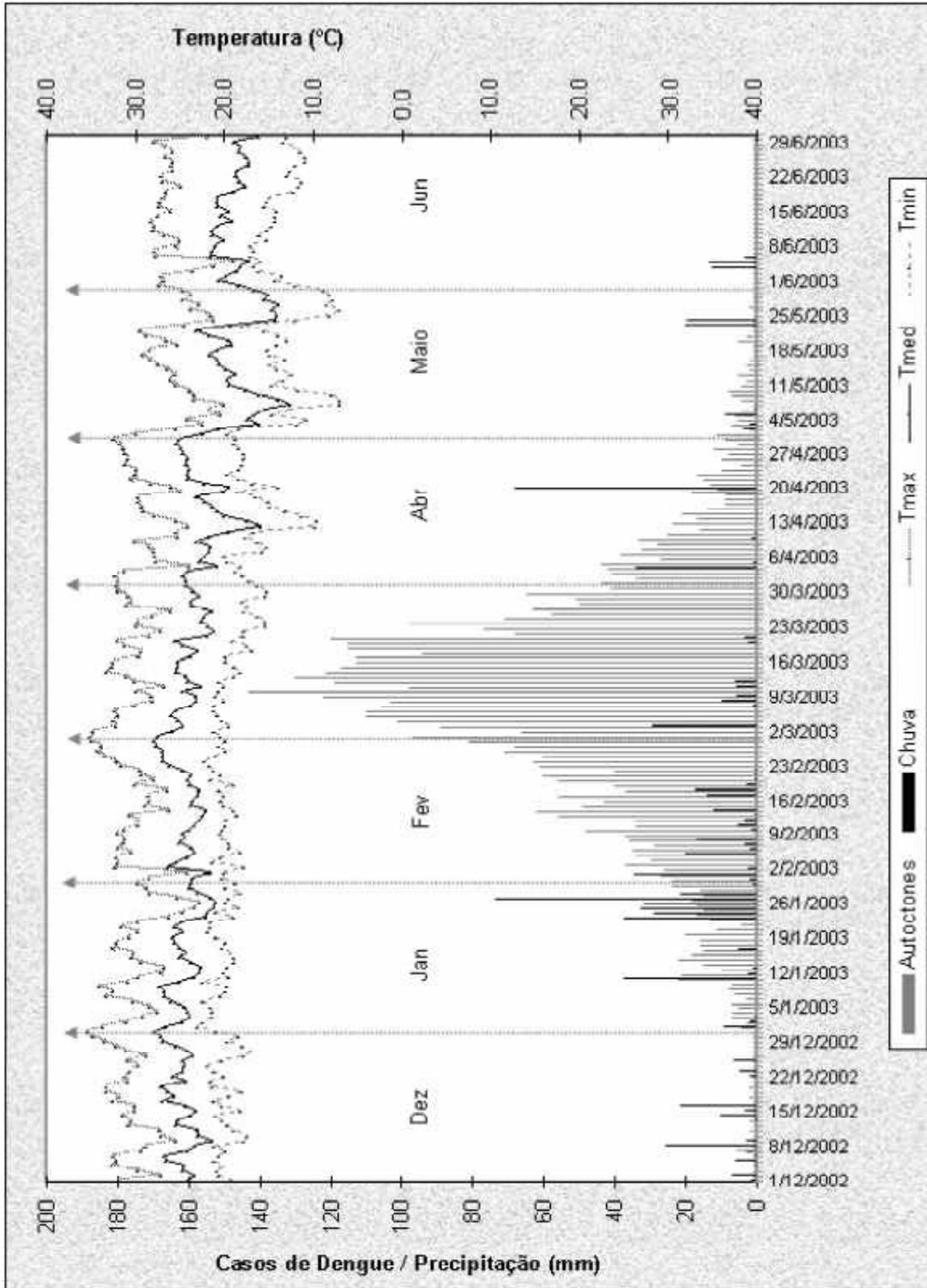
quantidade de períodos nos quais o levantamento não foi efetuado pelas equipes de vigilância da prefeitura. De qualquer forma, para aqueles meses nos quais o levantamento foi realizado, notou-se infestação do *Aedes aegypti* superior à do *Aedes albopictus*. Nos meses de novembro e dezembro de 2000, verificou-se infestação altíssima para o *Aedes aegypti* (36,8% e 14,8%), o que leva a crer que tais valores não correspondam à realidade, podendo ser consequência de algum equívoco no levantamento, pois além destes valores demonstrarem-se elevados para o ano de 2000 (que foi o mais frio do período em análise), em nenhum outro ano registraram-se valores de tamanha magnitude.

O primeiro caso autóctone de dengue confirmado em Maringá ocorreu em dezembro de 1997. Uma pequena quantidade de casos foi registrada em 1998 (11 casos) e em 1999 (9 casos). A partir do ano 2000 verificou-se a ocorrência de epidemias nos meses quentes e chuvosos, sendo que neste ano foram confirmadas 110 ocorrências; no ano seguinte 142; em 2002 foi de 614; e em 2003 somaram-se 364 registros, caracterizando a cidade como endêmica pela dengue.

Analisando-se comparativamente estas três cidades, pode-se afirmar que em Londrina, apesar de somar o maior número de casos, a concentração destes se deu praticamente no ano de 2003, o que leva a crer que tenha havido uma considerável suscetibilidade da população ao vírus, o que resultou numa epidemia de dimensão elevada. Foz do Iguaçu, tanto por situar-se na fronteira com o Paraguai, sofrendo pressão das epidemias ocorridas naquele país,<sup>5</sup> quanto por corresponder a um importante pólo turístico, também é influenciada pelas epidemias que se desenvolvem nas mais diversas localidades do território brasileiro. Estes fatores auxiliam na compreensão da epidemia registrada naquela cidade no ano de 1998, por exemplo, que somou mais de 90% das ocorrências registradas no Paraná. Quanto a Maringá, cabe destacar o aumento de casos importados a partir de 2001, fato este que pode ser justificado pela localização da cidade na rota de escoamento da produção de cereais da região Centro-Oeste do Brasil. A partir deste ano verifica-se a presença constante do vírus em Maringá, sendo comum inclusive o registro de casos nos meses de inverno, quando o vetor encontra-se em baixa infestação. No inverno de 2001, por exemplo, verificou-se a ocorrência de sete casos, enquanto que em 2002 foram confirmados 29 casos no mesmo período.

<sup>5</sup> Cabe aqui apontar que Foz do Iguaçu foi a cidade que apresentou o número mais acentuado de casos importados sem origem identificada e acredita-se que isto seja decorrente da limitação do sistema de notificação em inserir a origem de casos importados de outro país.

FIGURA 6 - EVOLUÇÃO DIÁRIA DA EPIDEMIA DE DENGUE OCORRIDA NO PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO DE 2003 EM LONDRINA



Nas três cidades percebeu-se que os vetores aparecem em infestações diferentes, em momentos distintos, mesmo antes do registro dos casos autóctones e importados, o que indica a presença deles no ambiente. Desta forma, nota-se a confirmação de que o vetor encontra nas três localidades condições ambientais e/ou climáticas ótimas para sua vida. Todavia, fica confirmado que o início da ocorrência da dengue nas três cidades está diretamente relacionado a um processo de fluxo populacional, pois foi somente a partir de epidemias nacionais que os primeiros casos (importados) foram registrados no Paraná.

### **ANÁLISE DIÁRIA DA DENGUE EM LONDRINA**

Mesmo aumentando a resolução temporal da análise climática para a escala mensal, ainda assim não foi possível identificar a influência dos diferentes tipos de tempo no comportamento do vetor e, por consequência, não foi possível definir ou mesmo prever o desenvolvimento da doença. Para avançar neste tipo de abordagem foi elaborada, na perspectiva experimental e de maneira bastante introdutória, a análise temporal de um período menor, referente à epidemia ocorrida em Londrina no ano de 2003. No entanto, uma ressalva importante deve ser feita: a inexistência de informações diárias, ou ao menos semanais, relativas à infestação dos vetores limita consideravelmente a análise da influência da temperatura do ar e da pluviosidade no comportamento do vetor e, por consequência, no desenvolvimento da epidemia.

A Figura 6 revela, em linhas gerais, que no mês de dezembro de 2002, aquele que antecede a epidemia, têm-se: temperaturas médias elevadas, variando de 22°C a 28°C; amplitude térmica em torno de 10°C, ou seja, não muito alta; além de chuvas moderadas e consecutivas. Situação ótima para o desenvolvimento dos vetores da dengue, uma vez que as temperaturas elevadas aliadas à alta umidade do ar, proporcionada por chuvas consecutivas, são favoráveis ao desenvolvimento do ovo à fase adulta do mosquito, diminuindo o período de crescimento do mesmo, e por consequência aumentando a sua infestação no ambiente.

Londrina encontrava-se numa situação de risco elevado, por apresentar a segunda maior população do estado e suscetível aos quatro sorotipos, já que em anos

anteriores a incidência da doença tenha sido baixa. Cabe citar também que esta cidade configura um centro regional, no qual transitam pessoas de outras localidades onde a ocorrência da doença nos meses mais quentes é alta.

Devido aos fatores supramencionados, na primeira semana de janeiro de 2003 iniciou-se a epidemia de dengue de maiores proporções já registrada em território paranaense. Apesar de terem sido registrados 225 mm de chuva em apenas seis dias<sup>6</sup> no final deste mês, o número de casos continuou a aumentar consideravelmente até a primeira semana de março. Levando-se em consideração o período de incubação da doença e o elevado número de casos assintomáticos, aspecto comum à dengue, mesmo que aquelas chuvas tenham reduzido a infestação dos vetores, naquele momento uma infestação baixa já garantiria a expansão da epidemia.

A incidência máxima foi alcançada no dia 10 de março, com 143 casos, e a partir de então se verificou um rápido declínio da epidemia até meados do mês de abril. Este declínio pode ser resultado da elevada taxa de imunização, o que reduziu o número de suscetíveis. Sendo assim, neste estágio da epidemia, por mais que o índice de infestação estivesse elevado, ela seria naturalmente controlada. Desta maneira, embora tenham sido registradas temperaturas inferiores a 10°C neste período, pode-se dizer que as mesmas nada influenciaram na queda no número dos casos da doença.

Apesar do acompanhamento diário da evolução dos casos de dengue no decorrer da epidemia apresentada na Figura 6, para uma melhor compreensão desta parece ser fundamental o desenvolvimento de um estudo detalhado de caráter espacial. O monitoramento da dinâmica espacial dos casos na escala local permitirá a melhor compreensão da evolução da dengue, assim como a identificação das localidades intra-urbanas de maior risco à doença.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A posição geográfica do estado do Paraná confere-lhe uma condição de região de transição em relação à incidência de dengue, pois os estados situados ao sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) são considerados pela Funasa como áreas indenes aos casos autóctones da doença, enquanto que os demais

<sup>6</sup> Especula-se que uma quantidade muito elevada de precipitação num intervalo pequeno de tempo corrobore num fator natural de controle, ou pelo menos de redução da infestação dos vetores da dengue, pois os recipientes onde estas espécies costumam depositar seus ovos certamente transbordam e eliminam os ovos, bem como as larvas em desenvolvimento.

estados brasileiros apresentam áreas de transmissão. A distribuição dos casos autóctones não se dá de forma homogênea, nota-se uma concentração na porção norte-noroeste-oeste do estado, fato este que pode ser atribuído ao tipo climático de domínio sobre esta região: Cfa - quente e úmido.

Assim, ao se observar a espacialidade da incidência da dengue no Paraná, fica evidenciada sua estreita relação com as áreas de maior infestação dos mosquitos *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti*, particularmente deste último. A relação entre a área de maior incidência da doença e a porção mais quente do estado, onde domina o tipo climático Cfa, também apareceram de maneira bastante explícita na abordagem aqui desenvolvida. Os poucos casos autóctones de dengue confirmados em municípios cujo tipo climático é Cfb, é necessário afirmar, ocorreram sob condições térmicas acima da normalidade.

No outono de 2002, por exemplo, registraram-se valores térmicos médios muito acima do normal (2,3° C acima da média histórica), conferindo ao outono características similares à estação de verão. A alta quantidade de casos importados registrados no final do verão (252 casos), somada à mencionada anomalia, proporcionaram, somente no outono, o total de 4.346 casos autóctones no estado, distribuídos em 67 municípios, 18 dos quais até então livres da ocorrência de casos autóctones.

Ao se traçar o perfil da transmissão da dengue no Paraná, percebe-se que ocorre a ampliação das infestações de ambos os vetores com o aumento da temperatura do ar e das precipitações pluviométricas. A inserção do vírus no ciclo de reprodução dos mosquitos, a partir da ocorrência de casos importados, se dá conforme o desenvolvimento de epidemias nas demais regiões brasileiras, e no caso do oeste do estado, das epidemias que se desenvolvem também no Paraguai.

Na estação de outono foi confirmado o maior número de casos autóctones (12.897) de dengue no estado do Paraná, seguido do verão, com 3.159 registros - 211 no inverno e apenas 88 na primavera. Esta sazonalidade pode ser explicada pelo fato de que na primavera a infestação dos vetores ainda é baixa, aumentando na estação seguinte devido às condições climáticas favoráveis. Assim, os casos importados que ocorrem, sobretudo a partir de meados da estação de verão, apenas propiciarão a ocorrência de casos autóctones no final desta estação e no início da estação seguinte. Este período entre o registro dos primeiros casos da doença (geralmente importados) e o pico das epidemias deve-se principalmente à combinação dos seguintes fatores:

- 1) tempo para o mosquito se infectar com o vírus da dengue (este se deve à casualidade de um ou mais mosquitos picarem os doentes no período de viremia);
- 2) período de incubação extrínseca (oito a doze dias);
- 3) tempo para que o mosquito transmita o vírus (casualidade de o mosquito infectado picar o homem suscetível); e
- 4) período de incubação da doença no homem (cerca de seis dias).

A relação entre o clima e a doença pôde ser mais bem avaliada num nível espaço-temporal mais detalhado, quando se efetuou a análise mensal para as três cidades com os mais elevados registros de casos no âmbito estadual: Londrina, Foz do Iguaçu e Maringá. De modo introdutório para o município de Londrina, foi possível efetuar uma análise diária da epidemia registrada no ano de 2003. No entanto, a inexistência de informações diárias, ou ao menos semanais, relativas à infestação dos vetores limitou consideravelmente a análise da influência da temperatura do ar e da pluviosidade no comportamento do vetor e, por consequência, no desenvolvimento da epidemia.

Na abordagem climatológica deste trabalho percebeu-se que, além do estudo da relação temperatura média e precipitação pluviométrica com a dispersão dos vetores e com a própria incidência da dengue, outros elementos e fenômenos do clima também devem ser avaliados. Dentre estes se destacam a umidade relativa do ar, os valores extremos absolutos de temperatura (máximas e mínimas) e a ocorrência de geadas, já que os mesmos podem atuar diretamente no processo de diapausa dos ovos do mosquito. Outro aspecto interessante a ser abordado refere-se à ocorrência de eventos de elevada precipitação ocorrida num curto intervalo de tempo, sendo que tais eventos podem provocar a lavagem dos ovos das paredes dos recipientes nos quais foram postados. A ação dos ventos também deve ser avaliada já que os mosquitos não voam em qualquer condição de vento.

Uma vez identificada a influência do clima sobre a dengue, fica evidenciada a necessidade de uma atuação integrada entre os órgãos responsáveis pela meteorologia do Estado e os serviços de vigilância epidemiológica da dengue. Assim, a tomada de decisões no combate desta e de outras enfermidades poderá ter resultados muito mais profícuos.

Com o intuito de instrumentalizar o serviço de vigilância epidemiológica da Sesa, no monitoramento e controle da dengue, sugere-se o desenvolvimento de um

Sistema de Informações Geográficas. Este sistema permitirá que se efetue a espacialização de modo semi-automático dos dados presentes no banco de dados em desenvolvimento. Permitirá também a realização da sobreposição da incidência da doença e da infestação dos seus vetores, com informações ambientais (tais como dados climáticos, imagens de uso e cobertura do solo, relevo) e dados socioeconômicos no banco, a partir dos quais poderão ser desenvolvidas análises estatístico-espaciais, bem como a aplicação de modelos preditivos.

Uma vez que ainda não tenha sido produzida uma vacina contra a dengue, e considerando-se a elevação de sua incidência nos últimos anos e em áreas até recentemente indenes, parece ser necessário identificar outras formas de controle da doença. O detalhado conhecimento de sua manifestação espaço-temporal visa subsidiar ações que apostam no seu controle e na redução do sofrimento da população. É nesta perspectiva que a Geografia da Saúde e este trabalho se colocam.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, M. S. et al. *Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde*. Brasília: Organização Pan-americana de Saúde / Ministério da Saúde, 2000.

GUIMARÃES, R. B. *Saúde pública e política urbana: memória e imaginário social*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

MEDRONHO, R. A. et al. *Epidemiologia*. São Paulo: Ateneu, 2002.

MENDONÇA, F. A. *Clima e criminalidade: Ensaio analítico da correlação entre a criminalidade urbana e a temperatura do ar*. Curitiba: UFPR, 2002.

\_\_\_\_\_.; PAULA, E. V. L'Incidence de la Dengue Dans le Paraná et à Curitiba/Brésil: Approche Climatologique de la Période 1995-2002. *Dokumentacja Geograficzna*, Varsóvia, v. 29, p. 253-256, 2003.

\_\_\_\_\_.; PAULA, E. V.; OLIVEIRA, M. M.; JORGE, F. V.; PINTO, L. R.; KRUGER, G. H. B. Clima e dengue: abordagem introdutória da evolução da dengue na região Sul do Brasil. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6., 2004. Aracaju. 1 CD-ROM.

PAULA, E. V. *Dengue: uma análise climato-geográfica de sua manifestação no estado do Paraná (1993-2003)*. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

## ANEXO

TABELA 2 - VARIAÇÃO SAZONAL DA TEMPERATURA MÉDIA HISTÓRICA E DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA HISTÓRICA NO ESTADO DO PARANÁ (1974-2003)

	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
<b>Temperatura</b>	23,0	19,8	15,8	19,9	19,6
<b>Precipitação</b>	565,9	413,2	291,7	471,5	1.742,0

FONTE: SIMEPAR / INMET / SUDERHSA