

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Aline Faverani de Carvalho

ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE A VARIAÇÃO CLIMÁTICA
E OS CASOS DE DENGUE EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE
SÃO PAULO.

Santo André – SP

2018

Aline Faverani de Carvalho

ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE A VARIAÇÃO CLIMÁTICA
E OS CASOS DE DENGUE EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE
SÃO PAULO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da UFABC - Universidade Federal do ABC, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Diana Sarita Hamburger
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Andrea de Oliveira Cardoso

Santo André – SP
2018

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Carvalho, Aline Faverani de
ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE A VARIAÇÃO CLIMÁTICA E OS CASOS DE DENGUE EM
MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO / Aline Faverani de Carvalho. — 2018.

98 fls. : il.

Orientadora: Diana Sarita Hamburger
Coorientadora: Andrea de Oliveira Cardoso

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santo André, 2018.

1. Dengue. 2. *Aedes Aegypti*. 3. clima. 4. temperatura. 5. precipitação. I.
Hamburger, Diana Sarita. II. Cardoso, Andrea de Oliveira. III. Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2018. IV. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em reação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

Santo André, 30 de JULHO de 2018.

Assinatura do autor: 

Assinatura do orientador: 



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Fundação Universidade Federal do ABC

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental

Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP

CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017

pgcta@ufabc.edu.br

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Aline Faverani de Carvalho, realizada em 4 de junho de 2018:

Prof.(a) Dr.(a) **Diana Sarita Hamburger** (Universidade Federal do ABC) – Presidente

Prof.(a) Dr.(a) **Gabriel Zorillo Laporta** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Marcia Aparecida Speranca** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Helena França** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Simone Rodrigues de Freitas** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente



Universidade Federal do ABC

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado foi possível devido ao apoio de varias pessoas.

Em primeiro lugar, eu gostaria de agradecer as minhas orientadoras Prof.^a Diana Sarita Hamburger e Prof.^a Andrea de Oliveira Cardoso. Muito obrigada pelo tempo dedicado, apoio, paciência, orientação e motivação.

Agradeço também ao meu companheiro de aventuras, Bruno, por ter sempre ficado ao meu lado, me motivando. Seu companheirismo, paciência e apoio foram muito importantes para mim.

Agradeço aos técnicos dos Laboratórios Didáticos Úmidos de São Bernardo do Campo: Bárbara, Priscila, Talita, Felipe, Luciene, e em especial a Márcia, por todos os conselhos e ajuda neste período.

Agradeço aos professores Flavia da Fonseca Feitosa, Leonardo Freire de Mello e Carolina Moutinho Duque de Pinho pela orientação indispensável no começo de minha jornada.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Gabriel Zorello Laporta e Prof.^a Dr.^a Márcia Aparecida Sperança, por aceitarem o convite e contribuírem com este trabalho.

Por fim, agradeço ao Dr. Gerson Laurindo Barbosa (SUCEN) pela ajuda e este projeto.

RESUMO

A dengue aumentou em 30 vezes sua incidência nos últimos 50 anos, com a expansão geográfica para novos países e de áreas urbanas para as rurais, além do surgimento de surtos mais graves. A relação entre a dengue e variáveis meteorológicas tem sido amplamente estudada em todo o mundo com o intuito de identificar os fatores que podem ser usados para prever epidemias. Este trabalho busca verificar qual o papel do clima, dentre os fatores que contribuem para a ocorrência de casos de dengue nos municípios do Estado de São Paulo, especificamente precipitação e temperatura. Para tanto, foram realizadas análises de correlação simples, defasadas em até 3 meses, entre os dados de anomalias mensais padronizadas de taxa de incidência de dengue e das variáveis de temperatura máxima absoluta, temperatura mínima absoluta, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação, para o período entre janeiro de 2004 e dezembro de 2016. O teste de hipótese t de Student foi utilizado para verificar se a correlação é significativa. Além disso, foi analisada a distribuição espacial e temporal dos casos de dengue e taxa de incidência, além de dados sobre a Infestação Predial do mosquito transmissor em municípios do Estado de São Paulo. Através da análise da distribuição espacial dos casos de dengue foi possível identificar que houve aumento na intensidade das epidemias e nas áreas afetadas. A faixa transversal ao formato do Estado, de oeste para leste concentra um grande número de casos de dengue. A distribuição da taxa de incidência de dengue demonstrou que houve aumento no impacto das epidemias de dengue nos municípios, principalmente nas regiões norte, noroeste e litoral do Estado, inclusive em anos interepidêmicos, a partir de 2010. Foi possível identificar que a infestação pelo mosquito da dengue ocorreu no sentido interior – litoral e não esteve diretamente associada à presença de casos da doença nos municípios. De um modo geral, as variáveis de temperatura apresentam maior influência na faixa leste do Estado, com correlações positivas, enquanto que a precipitação acumulada influencia mais fortemente nas faixas oeste, e central do Estado.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*, dengue, temperatura, precipitação, clima.

ABSTRACT

Dengue fever has increased by 30 times its incidence in the last 50 years, with geographical expansion to new countries and from urban to rural areas, in addition to the emergence of more severe outbreaks. The relationship between dengue and meteorological variables has been widely studied worldwide in order to identify the factors that can be used to predict epidemics. This work seeks to verify the role of climate, among the factors that contribute to the occurrence of dengue cases in the municipalities of the State of São Paulo, specifically precipitation and temperature. For this purpose, simple correlation analyzes were performed between the data of standard monthly anomalies of the dengue incidence rate and the variables of absolute maximum temperature, absolute minimum temperature, maximum temperature, minimum temperature and precipitation. the period between January 2004 and December 2016. The Student's hypothesis test was used to verify if the correlation is significant. In addition, we analyzed the spatial and temporal distribution of dengue cases and incidence rates, as well as data on the Predial Infestation of the transmitting mosquito in municipalities of the State of São Paulo. Through the analysis of the spatial distribution of dengue cases, it was possible to identify that there was an increase in the intensity of the epidemics and in the affected areas. The cross-border range of the state, from west to east, concentrates a large number of cases of dengue. The distribution of the dengue incidence rate showed that there was an increase in the impact of dengue epidemics in the municipalities, especially in the north, northwest and coastal regions of the State, including in interepidemic years, from 2010. It was possible to identify that mosquito infestation of dengue occurred in the interior - coastal direction and was not directly associated with the presence of cases of the disease in the municipalities. In general, the temperature variables present a greater influence in the eastern range of the State, with positive correlations, while the accumulated precipitation influences more strongly in the west and central bands of the State.

Key words: Dengue, *Aedes Aegypti*, temperature, rainfall, climate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Número médio de casos suspeitos ou confirmados de dengue notificados à OMS entre 2010 e 2016.....	20
Figura 2 - Casos de dengue no Brasil (1990 a 2016).	20
Figura 3 - Casos de dengue na Região Sudeste (1990 a 2016).	21
Figura 4 - Relevo do Estado de São Paulo.....	25
Figura 5 - Classificação climática para o Estado de São Paulo.....	26
Figura 6 - Transmissão da dengue, períodos de incubação e variáveis climáticas....	29
Figura 7 - Localização dos municípios do Estado de São Paulo selecionados.....	34
Figura 8 - Municípios selecionados a partir da disponibilidade e qualidade dos dados.	35
Figura 9 - Representações visuais que expressam os valores de correlação para as variáveis de temperatura.....	42
Figura 10 - Representações visuais que expressam os valores de correlação para a variável de precipitação.....	43
Figura 11 - Mapa de orientação quanto à localização de áreas do Estado.....	44
Figura 12 - Casos de dengue no período entre 2000 e 2016, no Estado.....	46
Figura 13 - Distribuição espacial e evolução do número de casos de dengue no Estado (2000 – 2016).	48
Figura 14 - Rodovias do Estado e áreas urbanas.	51
Figura 15 - Taxa de incidência de dengue e população, nos municípios analisados (dados referentes ao ano de 2010).	52
Figura 16 - Distribuição espacial e evolução da taxa de incidência de dengue no Estado (2000 – 2016).	54
Figura 17 - Índice de Infestação Predial em municípios do Estado de São Paulo.....	59
Figura 18 - Relação entre municípios com casos de dengue e municípios infestados.	61
Figura 19 - Localização dos municípios com casos e municípios infestados.	62
Figura 20 - Sazonalidade dos casos de dengue no Estado (2000 a 2016).....	64
Figura 21 - Climatologia trimestral do Estado de São Paulo.	65
Figura 22 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura máxima absoluta.....	66
Figura 23 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura mínima absoluta.	68

Figura 24 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura máxima (média).....	69
Figura 25 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura mínima (média).....	71
Figura 26 - Distribuição dos valores de correlação para a variável precipitação (acumulada mensal).....	73
Figura 27 - Distribuição da chuva no Estado, considerando o número de dias com chuva de intensidade maior ou igual a 1mm.	74

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	JUSTIFICATIVA.....	19
1.2	OBJETIVOS.....	22
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
1.3.1	A DENGUE E O AEDES AEGYPTI.....	22
1.3.2	CLIMA NO ESTADO DE SÃO PAULO	24
1.3.3	CLIMA E SAÚDE.....	27
1.3.4	ANÁLISE ESPACIAL E SAÚDE.....	30
2.	FONTE DOS DADOS E MÉTODOS	33
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	33
2.2	CASOS DE DENGUE.....	36
2.3	POPULAÇÃO E TAXA DE INCIDÊNCIA.....	36
2.4	ÍNDICE DE INFESTAÇÃO PREDIAL.....	37
2.5	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	37
2.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	39
2.7	ANÁLISES ESPACIAIS	43
2.8	MAPA DE ORIENTAÇÃO.....	44
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1	ANÁLISES PRELIMINARES.....	45
3.2	ANÁLISE ESPACIAL DO ÍNDICE DE INFESTAÇÃO PREDIAL.....	57
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	64
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
5.	REFERÊNCIAS.....	81
	ANEXO 1.....	91

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Doenças como malária, dengue, esquistossomose, leishmaniose, doença de chagas e febre amarela são transmitidas por vetores e são responsáveis, por ano no mundo, por mais de 1 bilhão de pessoas infectadas. Mais de 1 milhão de pessoas morrem anualmente de doenças deste tipo. A maioria destes vetores são insetos hematófagos que transmitem a doença durante sua alimentação. Os mosquitos são os mais conhecidos, mas também podemos incluir os carrapatos, moscas, pulgas, etc. (WHO, 2014).

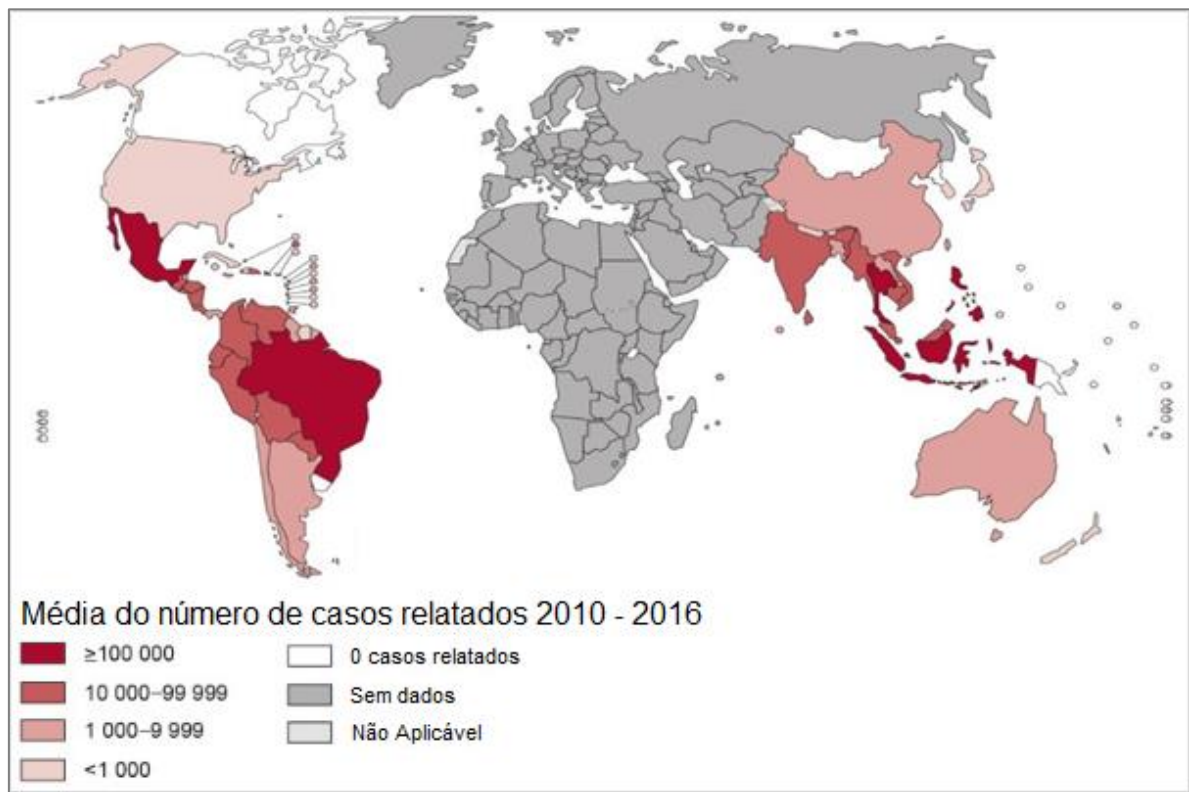
A dengue, doença viral transmitida principalmente pelas fêmeas infectadas do mosquito *Aedes Aegypti*, aumentou em 30 vezes sua incidência nos últimos 50 anos, com a expansão geográfica para novos países e de áreas urbanas para as rurais, além do surgimento de surtos mais graves, como mostra a Figura 1 (WHO, 2014). Nas Américas, em 2016, ocorreram mais de 2 milhões de infecções, com a ocorrência de mais de mil óbitos, principalmente na América do Sul (PAHO e WHO, 2016).

No Brasil, a dengue é uma doença de notificação compulsória desde o Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961, que regulamentou as normas gerais sobre defesa e proteção da saúde. Porém, foi somente em 1969 que se iniciou a notificação sistemática de algumas doenças transmissíveis (TEIXEIRA, PENNA, *et al.*, 1998; BRASIL, 1961).

As informações atualizadas dessas doenças e os fatores que as condicionam, em uma área geográfica ou população definida, são importantes instrumentos para o planejamento, a organização e a operacionalização dos serviços de saúde, porém, o número real de casos de dengue apresentam limitações em função do processo de coleta (TORRES, ORDUNA, *et al.*, 2017; CARMO, SUZUKI, *et al.*, 2016; BRASIL, MS, *et al.*, 2009).

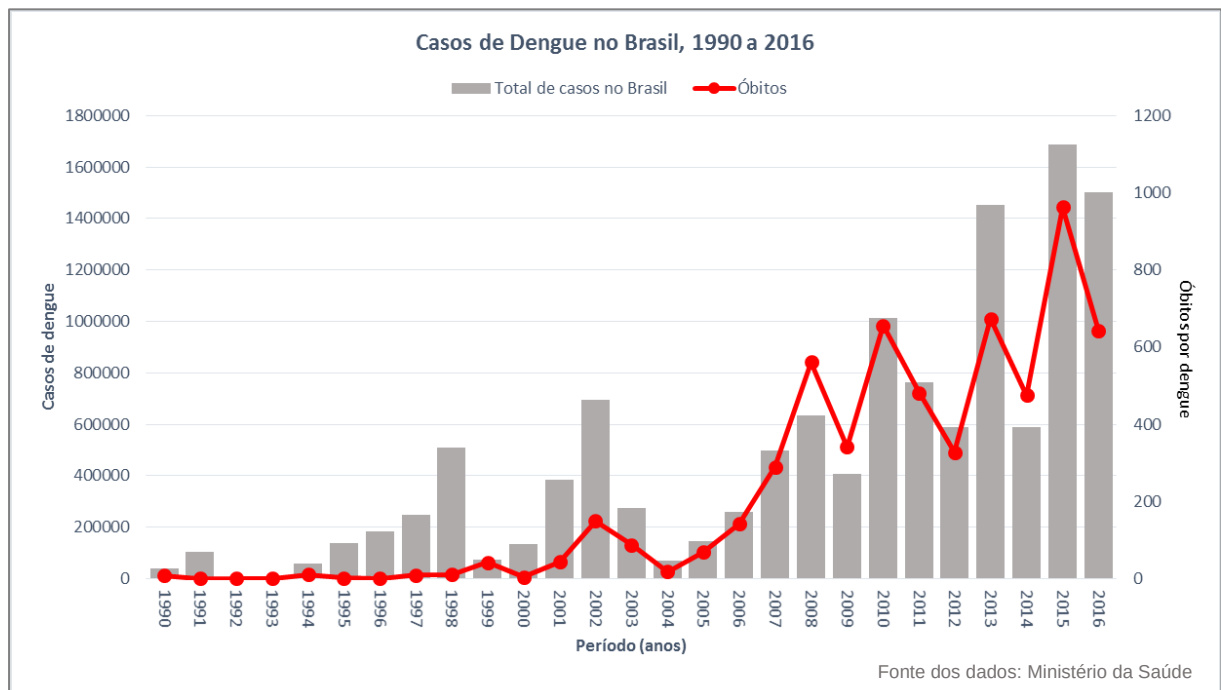
A Figura 2 mostra o grande aumento no número de casos em todo o Brasil, principalmente a partir de 2010 (BRASIL e MS, 2016). O maior número de casos ocorreu em 2015, com 1.688.688 casos e 986 óbitos em decorrência da doença. O padrão epidemiológico da doença tem se apresentado com períodos de baixa transmissão, intercalada com ocorrência de epidemias.

Figura 1 - Número médio de casos suspeitos ou confirmados de dengue notificados à OMS entre 2010 e 2016.



Fonte: (WHO, 2016)

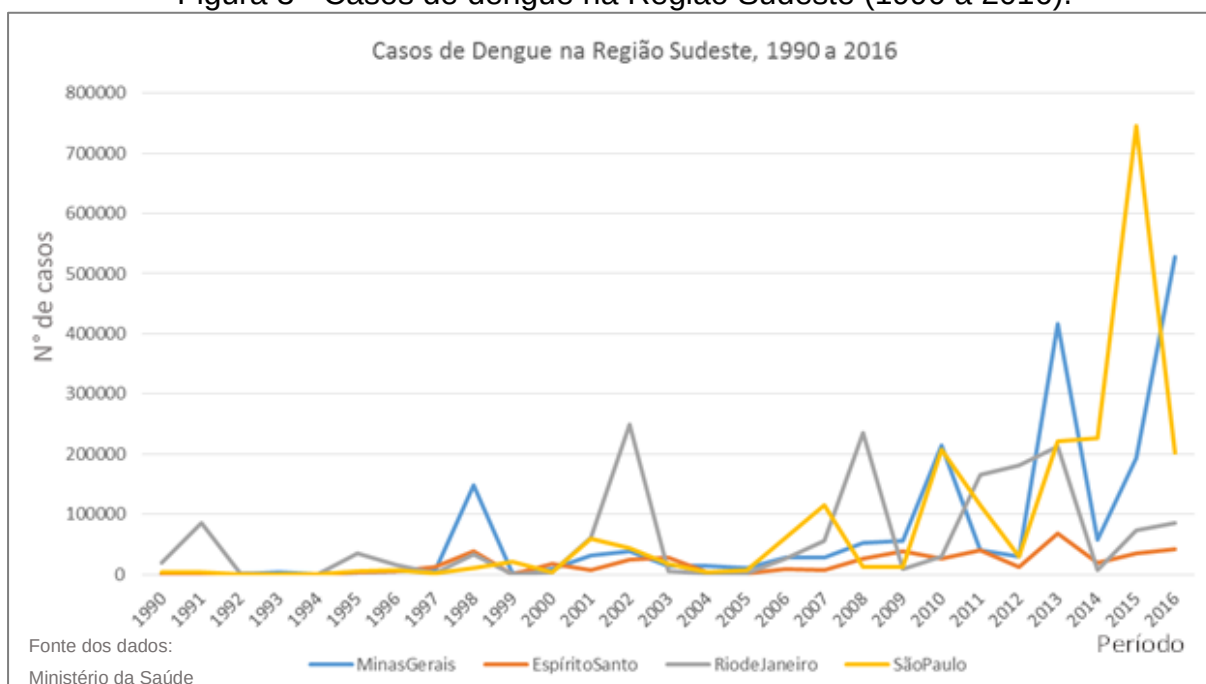
Figura 2 - Casos de dengue no Brasil (1990 a 2016).



Fonte: Autoria própria

A Figura 3 mostra a evolução no número de casos para a Região Sudeste, que se destacou como a região com mais casos de dengue entre 1990 e 2016. Em 2015, a região apresentou 1.047.279 casos. A região Nordeste teve 327.212 casos, Centro-Oeste com 231.105, Sul com 51.681 e o Norte com 31.411 casos. Em 2014 e 2015, o Estado de São Paulo apresentou o maior número de casos, com 226.866 e 745.622 respectivamente. Em 2016 o Estado de Minas Gerais teve o maior número de casos: 528.441 pessoas foram afetadas.

Figura 3 - Casos de dengue na Região Sudeste (1990 a 2016).



Fonte: Autoria própria

A relação entre a dengue e variáveis meteorológicas tem sido amplamente estudadas em todo o mundo com o intuito de identificar os fatores que podem ser usados para prever epidemias. Muitos estudos discutem a distribuição da dengue dentro de um município, destacando a infestação pelo mosquito e as relações com clima e variáveis socioeconômicas (EBI e NEALON, 2016).

Neste contexto, embora muitos fatores estejam envolvidos nas epidemias de dengue, este estudo pretende analisar as relações temporais entre as variáveis climáticas de temperatura e precipitação, com os casos de dengue em municípios do Estado de São Paulo, buscando identificar relações entre as condições climáticas e

a ocorrência de epidemias, usando para isto ferramentas de cartografia temática e análise estatística dos dados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho busca verificar, dentre os fatores que contribuem para a ocorrência de casos de dengue nos municípios do Estado de São Paulo, qual o papel do clima, especificamente precipitação e temperatura.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento bibliográfico sobre o tema, visando fundamentar o estudo e estabelecer o entendimento dos processos envolvidos já conhecidos, no que se refere à relação entre a dengue e as variáveis climáticas.
- Analisar a distribuição espacial e temporal das variáveis envolvidas.
- Avaliar a relação entre os casos de dengue e as variáveis climáticas de temperatura e precipitação.

1.3 REVISÃO DE LITERATURA

1.3.1 A DENGUE E O Aedes Aegypti

O *Aedes Aegypti* é capaz de transmitir Zika, Dengue, *Chikungunya* e Febre amarela. Os vírus da dengue, agente causador da dengue e febre hemorrágica da dengue, é um arbovírus da família *Flaviviridae* e do gênero *Flavivirus*, que possui quatro sorotipos antigênicamente distintos (deflagram a produção de anticorpos específicos) DENV1-4 (ENDY, CHUNSUTTIWAT, *et al.*, 2002).

A doença normalmente se apresenta clinicamente inespecífica, com sintomas de uma síndrome viral que tem uma variedade de nomes locais, o que pode dificultar a notificação da doença. Este quadro pode evoluir a uma ampla gama de manifestações clínicas, desde febre leve até febre hemorrágica de dengue, que pode ser fatal (BHATT, GETHING, *et al.*, 2013; GUBLER, 1998).

Até 2013, a classificação dos casos no Brasil se dividia em: dengue clássica, febre hemorrágica da dengue (FHD), síndrome do choque da dengue (SCD) e dengue com complicações (DCC). A partir de janeiro de 2014, o Brasil passou a adotar a nova classificação de casos de dengue da Organização Mundial da Saúde (OMS): dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave (BRASIL, MS, *et al.*, 2016).

O *Aedes Aegypti* se adaptou às áreas urbanas, que fornecem condições ideais para sua reprodução e alimentação. Nos ambientes fechados das habitações, com sombra, os mosquitos adultos podem descansar durante o dia se protegendo do calor, além de possibilitar que estes se alimentem durante todo o dia, apesar da frequência de picadas ocorrerem predominantemente nos períodos da manhã, 2 a 3 horas após o amanhecer, e a tarde, várias horas antes do anoitecer (GUBLER, 1998).

Geralmente, a epidemiologia da dengue é influenciada por uma interação complexa de fatores que incluem a rápida urbanização e o aumento da densidade populacional, a capacidade dos sistemas de saúde, a eficácia dos sistemas de controle de vetores, os sorotipos circulantes predominantes da dengue, a imunidade da população e o comportamento social da população (COSTA, DONALISIO e SILVEIRA, 2013; HII, ZHU, *et al.*, 2012).

O lixo descartado de forma irregular, incluindo pneus e materiais não biodegradáveis, além da deficiência no serviço de coleta de lixo criam locais capazes de acumular água de chuva, proporcionando criadouros para o mosquito. A falta ou irregularidade no abastecimento de água estimula a população a armazenar água de forma inadequada. O *Aedes Aegypti* se reproduz mais frequentemente em reservatórios artificiais com água limpa, embora já tenha se adaptado a outros tipos de criadouros, como por exemplo, bromélias e esgotos a céu aberto encontrados em vários centros urbanos (BARCELLOS e LOWE, 2014; BESERRA, FREITAS, *et al.*, 2009; GUBLER, 1998; MANEERAT e DAUDÉ, 2016; VAREJÃO, SANTOS, *et al.*, 2005).

O aumento do comércio internacional e nacional e do movimento populacional, viagens aéreas e marítimas aumentam a distribuição geográfica e a densidade populacional de *Aedes Aegypti*, além do vírus da dengue (GUBLER, 1998; HII, ZHU, *et al.*, 2012).

No Brasil, ações de prevenção e controle de doenças estão presentes desde o século XVII. Porém a criação de um sistema de vigilância epidemiológica no país somente ocorreu em 1975, com a criação do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SNVE) que, a princípio, tratava exclusivamente de doenças transmissíveis. A partir do final de 1990, foram incorporados à vigilância fatores de risco de doenças e agravos não transmissíveis com a inclusão do Sistema Único de Saúde (SUS). Em 2003 foi criada a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). (BRASIL e CONASS, 2007).

O monitoramento da situação de saúde da população é um importante instrumento na elaboração de ações destinadas a controlar riscos e danos à saúde de populações que vivem em territórios específicos. A epidemiologia estuda a frequência, distribuição e os determinantes dos eventos relacionados à saúde em populações específicas. Uma das principais aplicações da epidemiologia é fornecer recursos para o planejamento e implantação de políticas e ações voltadas à prevenção e controle de doenças (WALDMAN e ROSA, 1998).

No intuito de comparar informações sobre casos de doenças entre regiões de diferentes tamanhos populacionais, são usadas medidas relativas (taxas) que relacionam o número de casos da doença com a população e o grupo de origem. A forma mais comum de medir e comparar a frequência das doenças é através do cálculo de incidência, ou taxa de incidência (WALDMAN e ROSA, 1998). O Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) caracteriza as áreas do país de acordo com os seguintes extratos (BRASIL e SVS, 2006):

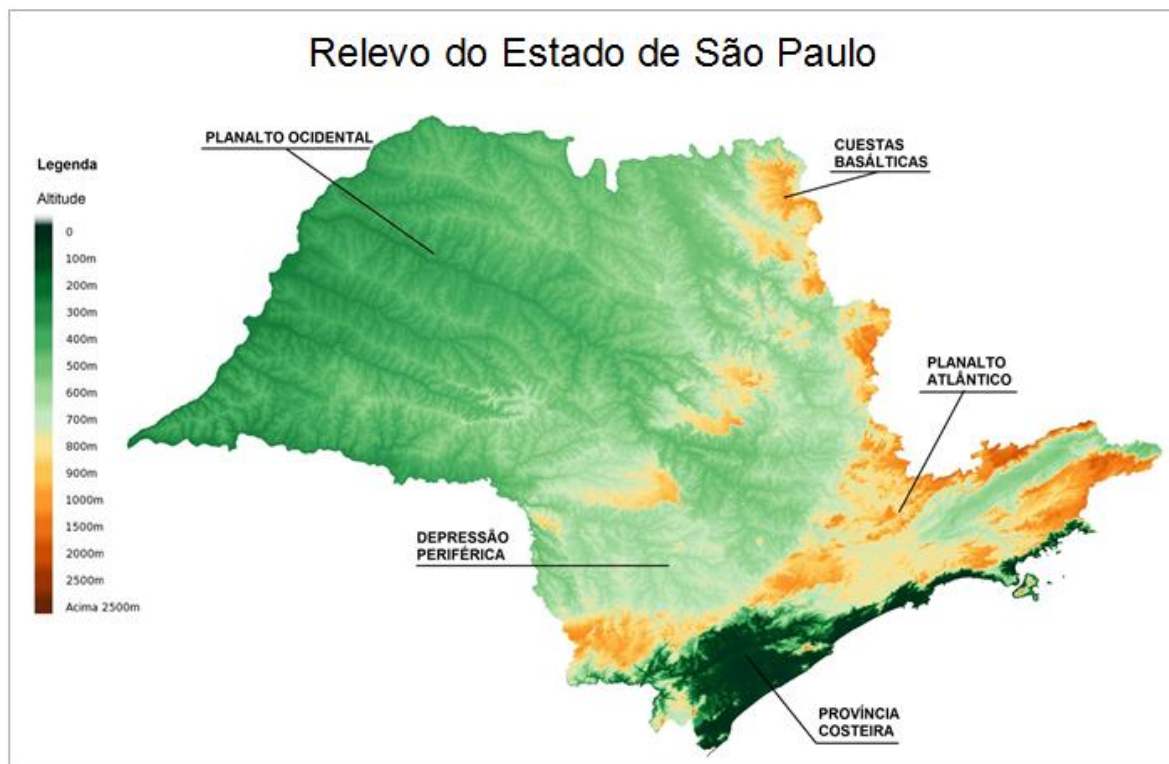
- Áreas de baixa incidência: menor do que 100 casos por 100.000 habitantes
- Áreas de média incidência: que possuem de 100 a 300 casos por 100.000 habitantes.
- Áreas de alta incidência: que possuem mais de 300 casos por 100.000 habitantes

1.3.2 CLIMA NO ESTADO DE SÃO PAULO

O Estado possui grande diversidade climática, devido à sua posição latitudinal e proximidade do oceano. A topografia e configuração do relevo são de grande importância na diversidade climática da região (Figura 4). A distribuição da

pluviosidade é controlada pelos efeitos locais, relevo, atuação de sistemas transientes, como por exemplo, massas de ar e frentes frias e a continentalidade (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014; CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

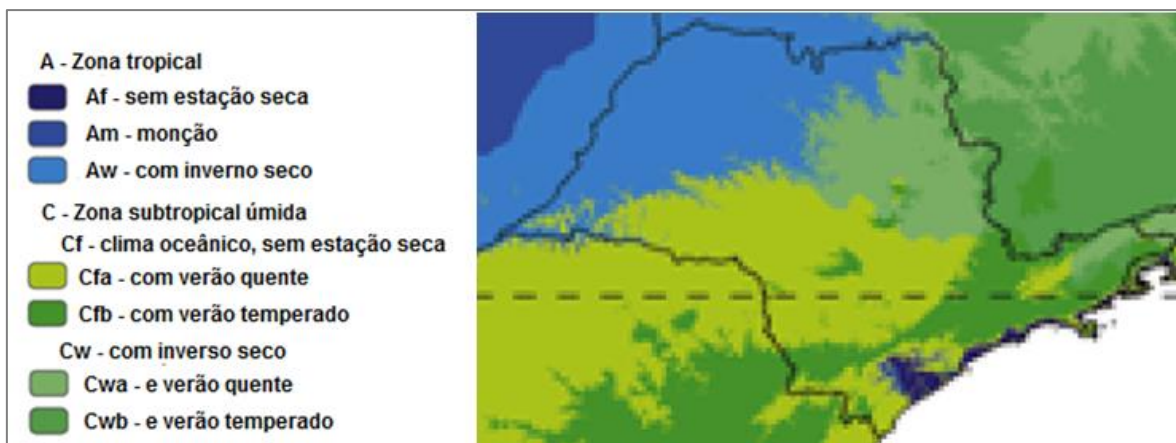
Figura 4 - Relevo do Estado de São Paulo.



Fonte: (SMA/CPLA/DIA, 2013)

De acordo com a Classificação Climática de Köppen (Figura 5), o Estado de São Paulo apresenta sete zonas climáticas, sendo elas: Af (Clima tropical sem estação seca), Am (Clima tropical de monção), Aw (Clima tropical com inverso seco), Cfa (Clima subtropical úmido, oceânico, sem estação seca e com verão quente), Cfb (Clima subtropical úmido, oceânico, sem estação seca e com verão temperado), Cwa (Clima subtropical úmido, com inverno seco e verão quente) e Cwb (Clima subtropical úmido, com inverno seco com verão temperado) (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014).

Figura 5 - Classificação climática para o Estado de São Paulo.



Fonte: (KÖPPEN e GEIGER, 1936 apud ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014)

No litoral, a maritimidade (fator climático relacionado à proximidade de mares e oceanos) diminui gradientes térmicos, fazendo com que a temperatura apresente pequena variação em função da latitude. A faixa litorânea apresenta temperaturas médias superiores a 22°C e temperatura do mês mais frio acima de 18°C. Quase toda a costa do Estado de São Paulo com menos de 150 m de altitude, de Ubatuba até Ilha Comprida, é classificada como **Af**. No litoral também se encontra a zona **Am**, ocorrendo em pequenas áreas. A proximidade ao oceano Atlântico (água para evaporação) e intenso fluxo de energia solar favorecem precipitações (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014; CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

Nas regiões oeste e noroeste do Estado, atravessando o Planalto Ocidental em paisagens abaixo de 400 a 450m, ocorre **Aw**, com precipitação anual entre 1100 e 1300mm e temperaturas médias superiores a 22°C. A região sofre a influência do fator continentalidade (fator climático relacionado à distância do oceano), aumentando as amplitudes térmicas do ciclo diurno sazonal. A região do planalto ocidental paulista apresenta pluviosidade reduzida (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014; CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

O clima **Cfa** ocorre em uma área contínua do sudoeste de São Paulo. A temperatura do mês mais frio ocorre entre -3 e 18°C e temperatura do mês mais quente acima de 22°C (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014; CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

A uma distância de 300km do Oceano Atlântico ocorre o clima **Cfb**, atravessando o Estado de São Paulo. A área possui médias anuais entre 19°C e

21°C. Isto está relacionado à presença de altimetrias um pouco mais elevadas, que provocam decréscimo das temperaturas. Regiões mais montanhosas (próxima à cidade de Campos do Jordão) possuem médias entre 14°C e 18°C, onde as elevadas altitudes sobrepõem-se à influência da latitude, reduzindo os valores de temperatura, tornando verões amenos e invernos rigorosos (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014; CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

A Depressão periférica é classificada como **Cwa**. Possui temperatura média anual de 21°C, sendo janeiro o mais quente, com temperaturas acima de 22°C, e julho o mês mais frio. O clima **Cwb** é encontrado nas Cuestas Basálticas nos municípios de Itirapina, Analândia, Batatais e Franca (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014; CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

O Estado de São Paulo possui alta densidade demográfica e responde por uma parcela expressiva das atividades econômicas do país. As mudanças no uso da terra devido a atividades industriais e ocupação irregular causam desmatamento, emissão de gases e materiais particulados na atmosfera que mudam o balanço energético, criando ilhas de calor urbano. Entre outros aspectos, estas ilhas causam aumento nas temperaturas mínimas (noites mais quentes), diminuição da umidade relativa e alteram a distribuição espacial das precipitações, tornando-as menos uniformes (CAVALCANTI, FERREIRA, *et al.*, 2009).

A localização aproximada das regiões citadas pode ser vista na Figura 11.

1.3.3 CLIMA E SAÚDE

O clima pode impactar a saúde humana de forma direta, como no caso de ondas de calor (associadas a elevadas taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares) e as tempestades de poeira (que transportam material particulado, poluentes e componentes biológicos alérgenos que podem causar distúrbios respiratórios, cardiovasculares, conjuntivite, irritações cutâneas, meningite meningocócica, febre do vale, doenças associadas à floração de algas tóxicas e mortalidade e lesões relacionadas a acidentes de transporte), ou de forma indireta, alterando ciclos biológicos e químicos, variando a incidência, intensidade de surtos e favorecendo a expansão geográfica de doenças infecciosas, como a malária e a febre amarela. O clima também pode afetar a produção agrícola prejudicando

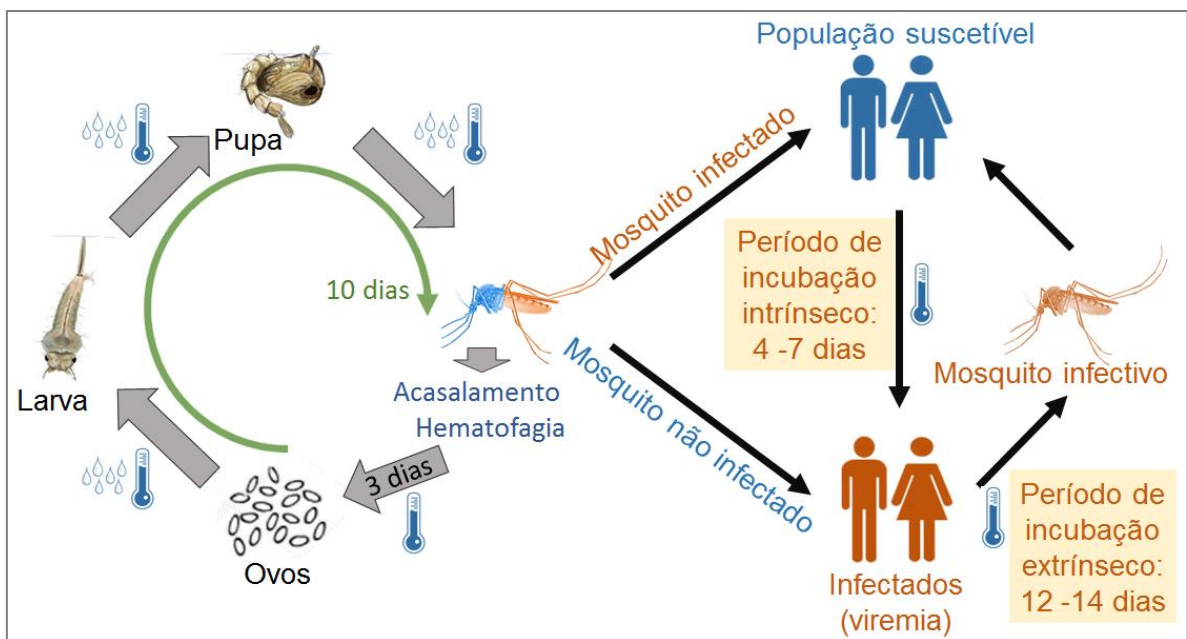
abastecimento e segurança dos alimentos, e a variação no regime de chuvas pode aumentar a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, como doenças diarreicas e outras doenças de veiculação hídrica, como as hepatites A e E. O impacto destas interações é maior em populações mais pobres e pessoas vulneráveis, como idosos, crianças, portadores de doenças crônicas, portadores de doenças respiratórias (BASU, 2009; EBI e NEALON, 2016; FENNER, SILVA e GURGEL, 2009; GOUDIE, 2014; HAJAT, ARMSTRONG, *et al.*, 2006; KUHN, CAMPBELL-LENDRUM, *et al.*, 2005; MICHELOZZI, ACCETTA, *et al.*, 2009; SEMENZA, RUBIN, *et al.*, 1996; WU, TIAN, *et al.*, 2014; YE, WOLFF, *et al.*, 2012).

A incidência de dengue pode ser afetada pelo clima, pois o vetor necessita de condições climáticas e ecológicas adequadas para o seu estabelecimento em uma região (LIU-HELMERSSON, QUAM, *et al.*, 2016).

A Figura 6 mostra como variáveis climáticas podem afetar o ciclo de vida do mosquito e a transmissão do vírus. Alguns dias após atingirem sua fase adulta, as fêmeas do mosquito já estão aptas a procriar. Após o acasalamento, necessitam de refeições com sangue para o desenvolvimento completo dos ovos e sua maturação nos ovários. Uma fêmea pode dar origem a 1.500 mosquitos durante a sua vida. A postura dos ovos ocorre após estes se tornarem fecundados (cerca de 3 dias após o acasalamento). A temperatura pode alterar as taxas de alimentação e período de fecundação. Os ovos podem resistir a longos períodos de dessecação (até 450 dias). Isto permite o seu transporte e resistência a longos períodos sem água e sem condições climáticas adequadas ao desenvolvimento. Sob condições adequadas de temperatura e disponibilidade de água, os ovos eclodem, desenvolvem-se através dos seus estágios larvais e pupal, e depois emergem como mosquitos adultos. Este processo dura cerca de 10 dias, mas este período pode ser reduzido, dependendo da temperatura (BESERRA, FERNANDES, *et al.*, 2009). Caso a água não esteja disponível os ovos ficam dormentes até que a presença de água inicie a eclosão. A temperatura da água, diferentemente da temperatura do ambiente, é importante neste estágio, pois a temperatura da água permanece mais constante do que a temperatura do ar. A quantidade de larvas dentro de um mesmo recipiente pode causar escassez de alimento e causar a morte destes, e por este motivo, a fêmea do mosquito deposita seus ovos em diferentes locais (IOC e FIOCRUZ, 2011; MORIN, MONAGHAN, *et al.*, 2015).

Uma das formas de transmissão do vírus ocorre quando a fêmea não contaminada do mosquito *Aedes Aegypti* se alimenta do sangue de uma pessoa contaminada. O período de incubação intrínseco (do vírus em humanos) é de 4 - 7 dias. Após a incubação, a pessoa está no período de viremia, quando a quantidade de vírus no organismo é grande. Para transmitir o vírus, os mosquitos devem picar uma pessoa neste momento. O período de viremia começa um dia antes do aparecimento da febre e vai até o 6º dia da doença. O período de incubação extrínseco (do vírus no vetor) é de 12-14 dias. Após este período os vetores tornam-se infecciosos e podem transmitir o vírus (BURKE, D.S., 2008). As fêmeas do mosquito possuem o vírus da dengue em suas glândulas salivares e se alimentam de várias pessoas durante uma única refeição de sangue pois podem interromper o processo ao menor movimento, retornando em seguida na mesma pessoa ou uma pessoa diferente. Se esta fêmea estiver infecciosa, pode transmitir o vírus a várias pessoas (GUBLER, 1998). O vírus pode ser transmitido de forma hereditária, do mosquito para seus filhotes, e neste caso, a transmissão da doença ocorre diretamente, sem necessitar de alimentação prévia de sangue contaminado e incubação extrínseca (IOC e FIOCRUZ, 2011).

Figura 6 - Transmissão da dengue, períodos de incubação e variáveis climáticas.



Fonte: Autoria própria

O modo como as variáveis climáticas afetam as epidemias de dengue ainda não foi completamente elucidado e varia regionalmente dependendo das características climáticas.

1.3.4 ANÁLISE ESPACIAL E SAÚDE

De acordo com BATISTELLA, BARCELLOS, *et al.* (2007), a doença é uma manifestação do indivíduo e a situação de saúde dos indivíduos de uma determinada região é uma manifestação da localização destes indivíduos no território, pois estes locais são resultantes de situações históricas, ambientais e sociais, capazes de criar condições para a incidência de doenças. Há ainda características comuns que afetam a maioria das pessoas em um estado ou região, por exemplo, o clima, e que também condicionam as condições de vida e saúde.

A vigilância em saúde busca compreender onde as doenças estão e como estas podem se espalhar no território, com a finalidade de prevenir situações de emergência. Estudos realizados com o objetivo de planejar ações de saúde devem considerar a abordagem local e também regional. Identificar e explorar as causas raiz da vulnerabilidade é de grande importância em ações de saúde, porém, análises a nível local devem levar em conta as condições regionais de saúde, mesmo que a doença não tenha se manifestado no município. Se as causas não são identificadas e ações não forem realizadas de forma articulada, a doença pode surgir ou ressurgir no futuro, pois a transmissão ocorre através de uma combinação de vários fatores inerentes à região. A análise regional também possibilita a comparação entre regiões, bem como a identificação de padrões em outros níveis de agregação. A disseminação de doenças não respeita os limites dos territórios, apesar dos estudos serem realizados utilizando como base limites territoriais definidos (setores censitários, bairros, cidades, estados, etc.) (BATISTELLA, BARCELLOS, *et al.*, 2007; HAGENLOCHER, KIENBERGER, *et al.*, 2014).

Compreender a distribuição espacial de fenômenos pode contribuir na elucidação de questões em diversas áreas de conhecimento (DRUCK, CARVALHO, *et al.*, 2004).

A Análise Espacial compreende técnicas utilizadas para analisar eventos geográficos, onde o resultado da análise depende do arranjo espacial dos eventos.

Por eventos entendem-se objetos de ponto, linha ou área, localizados em um espaço geográfico e relacionados a um ou mais valores de atributos. Isto permite a descrição dos eventos no espaço geográfico, a identificação de padrões, a associação entre eventos no espaço, obtendo uma melhor compreensão dos processos responsáveis pela distribuição dos eventos. Na área da saúde, a análise espacial busca padrões que possibilitem a formulação hipóteses sobre as causas e origens das doenças (CUÉLLAR, 2001).

Dentre os recursos que possibilitam a análise espacial e sua representação cartográfica está os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados georreferenciados. Com a criação de um mapa colorido é possível à visualização do padrão espacial de um fenômeno em uma determinada região e a identificação dos relacionamentos espaciais presentes. A visualização dos dados ajuda a escolher o melhor modelo para representar o relacionamento espacial do fenômeno, descrevendo a distribuição das variáveis de estudo, identificando comportamentos atípicos e buscando a existência de padrões (DRUCK, CARVALHO, *et al.*, 2004).

2. FONTE DOS DADOS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

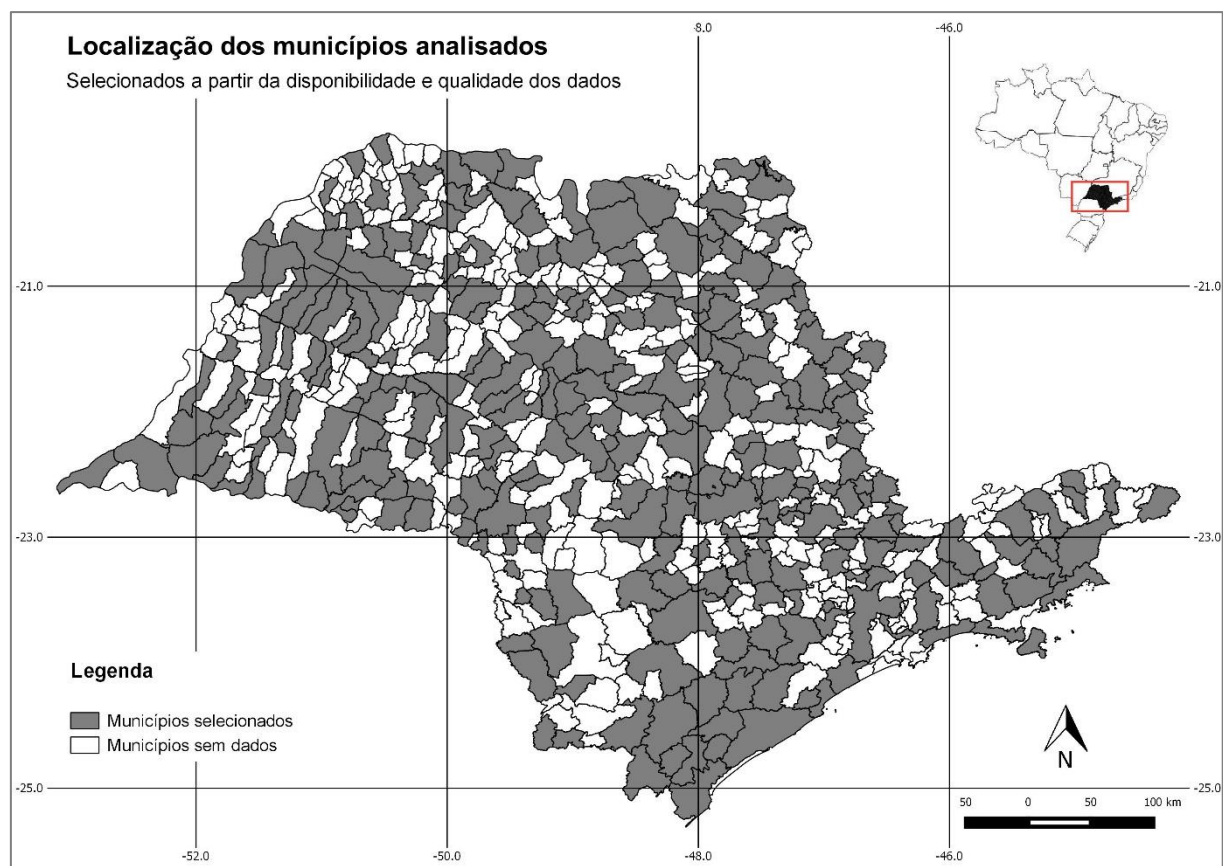
Por sua variedade climática e populacional, disponibilidade e qualidade de dados climáticos e epidemiológicos, a área de estudo escolhida é o Estado de São Paulo, com 645 municípios e população de 41.262.199 habitantes em 2010 (população estimada em 2016 de 44.749.699 habitantes). Possui área de 248.221,996 km² (2015) e densidade demográfica de 166,23 hab/km² (2010). A população que vive em áreas urbanas chega a 95,94%, sendo 58,5% nas regiões metropolitanas de São Paulo, Santos e Campinas (IBGE, 2011).

O Estado de São Paulo possui clima que varia entre o tropical, na região oeste e litoral, e subtropical úmido, na maior parte do Estado (de acordo com a Classificação Köppen). Os aspectos de clima e relevo foram mais detalhadamente expostos na introdução deste documento. Utilizamos como unidade de análise, os municípios.

Os municípios (Figura 7) foram selecionados para a análise estatística de acordo com a disponibilidade de estações meteorológicas, período de registro e qualidade de seus dados climáticos (quantidade de dados faltantes). A relação dos municípios encontra-se na Figura 8.

Para a análise espacial das variáveis de número de casos e taxa de incidência de dengue (análises preliminares) foram utilizados todos os municípios do Estado.

Figura 7 - Localização dos municípios do Estado de São Paulo selecionados.



Fonte: Autoria própria

Figura 8 - Municípios selecionados a partir da disponibilidade e qualidade dos dados.

Municípios selecionados para análise estatística				
Adamantina	Catanduva	Itapetininga	Orlândia	Sandovalina
Aguai	Catiguá	Itapevi	Oscar Bressane	Santa Albertina
Águas de Santa Bárbara	Charqueada	Itapira	Ourinhos	Santa Bárbara d'Oeste
Altinópolis	Chavantes	Itapirapuã Paulista	Ouro Verde	Santa Cruz da Esperança
Álvares Florence	Clementina	Itápolis	Pacaembu	Santa Cruz das Palmeiras
Américo de Campos	Colina	Itapui	Palestina	Santa Cruz do Rio Pardo
Amparo	Colômbia	Itapura	Palmeira d'Oeste	Santa Fé do Sul
Andradina	Corumbatai	Itararé	Palmital	Santa Isabel
Angatuba	Cosmópolis	Itariri	Paraguaçu Paulista	Santa Maria da Serra
Anhembi	Cotia	Itatiba	Paraibuna	Santa Rita do Passa Quatro
Aparecida d'Oeste	Cravinhos	Itu	Pariquera-Açu	Santo Anastácio
Araçatuba	Cruzália	Ituverava	Paulínia	Santo André
Araraquara	Cruzeiro	Jaboticabal	Paulistânia	Santo Antônio da Alegria
Araras	Cunha	Jacarei	Paulo de Faria	Santo Antônio de Posse
Arco-Íris	Descalvado	Jacupiranga	Pederneiras	Santo Antônio do Aracanguá
Arealva	Dobrada	Jales	Pedra Bela	São Carlos
Areias	Dumont	Jambeiro	Pedregulho	São João da Boa Vista
Artur Nogueira	Eldorado	Jardinópolis	Pedrinhas Paulista	São Joaquim da Barra
Assis	Emilianópolis	Jaú	Penápolis	São José do Rio Pardo
Atibaia	Espírito Santo do Pinhal	José Bonifácio	Pereira Barreto	São José do Rio Preto
Auriflama	Estiva Gerbi	Jundiaí	Pereiras	São José dos Campos
Bananal	Fernando Prestes	Junqueirópolis	Peruipe	São Luís do Paraitinga
Bariri	Fernandópolis	Juquió	Piçatu	São Manuel
Barra do Turvo	Franca	Lagoinha	Piedade	São Paulo
Barretos	Franco da Rocha	Lavinia	Pilar do Sul	São Pedro
Bastos	Gália	Limeira	Pindamonhangaba	São Pedro do Turvo
Batatais	Garça	Lins	Pindorama	São Sebastião
Bauru	Gastão Vidigal	Lucélia	Piquerobi	São Sebastião da Gramma
Bebedouro	Gavião Peixoto	Luís Antônio	Piracaia	São Simão
Bernardino de Campos	General Salgado	Macatuba	Piracicaba	Sarutaiá
Bertioga	Getulina	Macaubal	Pirajuí	Serra Negra
Boa Esperança do Sul	Guaíçara	Macedônia	Pirangi	Sertãozinho
Bofete	Guaira	Magda	Pirapozinho	Sete Barras
Boituva	Guapiaçu	Mairinque	Pirassununga	Socorro
Borá	Guará	Mairiporã	Pitangueiras	Sorocaba
Borborema	Guaraçai	Manduri	Planalto	Sud Mennucci
Borebi	Guaraci	Marabá Paulista	Platina	Sumaré
Botucatu	Guarantã	Maracai	Pompéia	Tabatinga
Bragança Paulista	Guararapes	Marília	Populina	Taguai
Brotas	Guaratinguetá	Miracatu	Porto Feliz	Tapiraí
Buritama	Guareí	Mirandópolis	Potirendaba	Taquarituba
Cabralia Paulista	Guataporá	Mirante do Paranapanema	Presidente Prudente	Tatui
Cachoeira Paulista	Iacanga	Mococa	Quatá	Taubaté
Caconde	Iacri	Mogi das Cruzes	Queiroz	Teodoro Sampaio
Cafelândia	Ibirá	Monte Alegre do Sul	Rancharia	Tietê
Caiabu	Ibitinga	Monte Alto	Regente Feijó	Tupã
Caiuá	Ibiúna	Monte Aprazível	Reginópolis	Ubarana
Cajati	Iepê	Morro Agudo	Registro	Ubatuba
Campinas	Igarapava	Motuca	Ribeira	Ubirajara
Cananéia	Iguape	Nantes	Ribeirão Bonito	Urupês
Cândido Mota	Ilhabela	Narandiba	Ribeirão do Sul	Valparaíso
Capão Bonito	Inúbia Paulista	Natividade da Serra	Ribeirão Preto	Vargem
Capela do Alto	Iporanga	Nova Campina	Rifaina	Vargem Grande do Sul
Capivari	Iracemópolis	Nova Granada	Rio Claro	Vinhedo
Cardoso	Irapuã	Nova Odessa	Riolândia	Votuporanga
Casa Branca	Itaberá	Novo Horizonte	Riversul	
Cássia dos Coqueiros	Itai	Nuporanga	Rosana	
Castilho	Itanhaém	Olimpia	Rubiácea	

Fonte: Autoria própria

2.2 CASOS DE DENGUE

Os dados de casos de dengue para os municípios do Estado de São Paulo, referentes ao período de 2000 a 2016, por semana epidemiológica, foram fornecidos pelo Ministério da Saúde, através de consulta no Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão e-SIC (disponível no site: <https://esic.cgu.gov.br>).

Valores mensais e anuais de casos de dengue foram calculados a partir da soma dos valores semanais correspondentes a cada mês ou correspondentes a cada ano.

As doenças infecciosas sazonais com sintomas semelhantes ocorrendo no mesmo período podem levar ao diagnóstico incorreto da doença, impedindo que esta seja notificada. A subnotificação (quando os casos não são notificados ou este ocorre fora do prazo), a baixa qualidade da informação coletada e os casos assintomáticos dificultam o registro do real impacto da doença na população, e é uma das principais dificuldades para o desenvolvimento de pesquisas com esta abordagem (TORRES, ORDUNA, *et al.*, 2017; CARMO, SUZUKI, *et al.*, 2016; BRASIL, MS, *et al.*, 2009).

2.3 POPULAÇÃO E TAXA DE INCIDÊNCIA

A Taxa de Incidência foi utilizada para comparar a ocorrência de dengue nas diferentes populações dos municípios do Estado. É expressa como o número de casos de dengue em um período definido, em relação à população total sob o risco de desenvolver a doença.

Para cada ano estudado foi utilizado o valor populacional correspondente, disponibilizado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sendo estes: Contagem Populacional (2007), Estimativas Populacionais (para os anos de 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011 e 2012) e do Censo Demográfico (2000 e 2010). Com base nestes valores, calculou-se a Taxa de Incidência mensal ou anual por 100 mil habitantes, conforme Equação (1). A Taxa de Incidência foi calculada em escala mensal e anual.

$$\text{Taxa de Incidência} = \frac{\text{nº de casos da doença no município}}{\text{população do município}} \times 100.000 \quad (1)$$

2.4 ÍNDICE DE INFESTAÇÃO PREDIAL

O Índice de Infestação Predial (IIP) é a porcentagem de imóveis positivos para *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em relação ao total de imóveis pesquisados. Este índice é utilizado para identificar a densidade e distribuição do vetor em uma região e avaliar os resultados de medidas de controle do vetor. O Índice de Infestação Predial não considera o número de recipientes positivos por imóvel, nem o potencial produtivo de cada recipiente (BRASIL, 2013).

A análise espacial com os valores de Índice de Infestação Predial (IIP) foi realizada a partir de dados fornecidos pela SUCEN - Superintendência de Controle de Endemias, através de consulta no Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão e-SIC (disponível no site: <https://esic.cgu.gov.br>), para o período de 2000 a 2017. As conclusões decorrentes do uso destas informações, expostas neste estudo, não são de responsabilidade da SUCEN e podem não refletir a posição da fonte sobre o assunto.

A quantidade de municípios onde foi realizado o inquérito larvário varia de um ano para outro e não é realizada em todos os municípios do Estado. Cada município possui frequência anual própria de pesquisa.

Por este motivo, buscando melhor representar o espalhamento da infestação no Estado, foram classificados os municípios anualmente conforme: “não infestado” caso este apresentasse valores de IIP iguais à zero em todos os meses do ano analisado e “infestado” para municípios com valores acima de zero em pelo menos um dos meses do ano analisado. Se o município fosse classificado como “infestado” em determinado ano, era considerado “infestado” para os demais anos subsequentes.

2.5 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Para a caracterização da climatologia de um local são necessárias longas séries de dados de grandezas climáticas, sendo recomendado um período de 30 anos para o estabelecimento de normais climatológicas, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial - WMO (WMO, 1983). Porém, neste estudo, foi utilizada uma série temporal menor, devido às limitações de disponibilidade de

dados meteorológicos e de casos de dengue, buscado o maior período possível com dados disponíveis visando a melhor representatividade espaço-temporal.

Condições climáticas prolongadas podem estabelecer condições favoráveis ao desenvolvimento de determinados tipos de vida vegetal e animal (MARTINELLI, 2010). Neste contexto, no presente estudo foram consideradas condições climáticas, notadamente precipitação e temperatura, para associá-las com as ocorrências de casos de dengue.

Para todos os municípios do Estado, buscaram-se dados diários (temperatura máxima diária, temperatura mínima diária e precipitação diária) ou mensais (média mensal da temperatura máxima, média mensal da temperatura mínima, temperatura máxima absoluta mensal, temperatura mínima absoluta mensal e precipitação acumulada mensal) para o período entre janeiro de 2000 a dezembro de 2016. No entanto, um número maior de municípios possuía dados a partir de janeiro de 2004 e foi definido como o período de estudo, o período de janeiro de 2004 à dezembro de 2016.

Os dados utilizados foram coletados nos sites da AgriTempo - Sistema de Monitoramento, INMET - Instituto Nacional de Meteorologia e CIIAGRO - Portal Agrometeorológico, Hidrológico do Estado de São Paulo e ANA - Agência Nacional de Águas (ANA, 2017; AGRITEMPO, 2017; CIIAGRO, 2017; INMET, 2017).

Foi realizado um tratamento de dados, para a identificação de dados duvidosos (dados discrepantes ou outliers) nas séries históricas, a partir da técnica gráfica de box-plot. Os valores discrepantes foram comparados com valores correspondentes de 3 estações próximas limítrofes, com perfil climático semelhante, sendo removido este valor da série, caso apresentasse discrepância com os dados das estações vizinhas.

Além disso, algumas séries de dados possuíam valores faltantes. Para o caso de dados diários, a World Meteorological Organization - WMO (1989) recomenda que sejam preenchidos somente dados faltantes até 3 valores diários consecutivos ou mais de 5 valores diários não consecutivos em um mês. Esta recomendação foi considerada neste trabalho.

Para os dados mensais de temperatura, limitamos a sete meses faltantes em todo o período estudado, desde que tais falhas fossem em meses não coincidentes, não sequenciais e em anos diferentes (CZERMAINSKI e ZAT, 2011). Caso contrário,

a série de dados era descartada. A série de dados mensais de precipitação não possuía dados faltantes.

Foi aplicado um método para preenchimento dos dados faltantes diários e mensais, assim como falhas causadas pelos dados duvidosos retirados. Este método é baseado em regressão linear múltipla, considerando informações de 3 estações vizinhas, com registros no período faltante, localizadas em municípios limítrofes e com perfil climático semelhante, conforme o método aplicado por YAGUCHI, MASSIGNAM, et al., 2016.

A regressão linear múltipla fornece a relação entre uma determinada variável, variável dependente, e outras variáveis independentes, pelo método de mínimos quadrados e pode ser expressa pela equação (2) (LARSON e FARBER, 2004):

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \varepsilon \quad (2)$$

Onde: y é a variável dependente; x_n são as variáveis independentes; β_0 é a intersecção da reta com o eixo de y ; β_n são os coeficientes angulares; k é o número de variáveis independentes.

Considerando as séries completas de dados diários de temperatura e precipitação, calculou-se as variáveis:

- média mensal das temperaturas máximas (a média da leitura de temperaturas máximas verificadas no período de um mês);
- média mensal das temperaturas mínimas (a média da leitura de temperaturas mínimas verificadas no período de um mês);
- temperatura máxima absoluta mensal (a mais alta das temperaturas máximas mensais observadas, em um dado mês);
- temperatura mínima absoluta mensal (a mais baixa das temperaturas mínimas mensais observadas em um mês dado);
- precipitação acumulada mensal (soma das precipitações diárias em um dado mês);

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para avaliar a relação entre as variáveis climáticas e casos de dengue, foram realizadas análises de correlação simples, defasadas em até 3 meses, entre os dados de anomalias mensais padronizadas de taxa de incidência de dengue com as anomalias mensais das demais variáveis, para todo o período. O teste de hipótese t de Student foi utilizado para verificar se a correlação é significativa. A seguir são detalhados os procedimentos considerados:

- **Cálculo de anomalias**

Visando representar a variabilidade dos dados, desconsiderando a sua sazonalidade (ou seja, evidenciando o que se distancia da normalidade) e também colocá-los em escalas comparáveis, foram calculadas anomalias mensais padronizadas para todas as variáveis meteorológicas e taxas de incidência mensal de dengue, removendo a média e dividindo pelo desvio padrão mensais, conforme equação (5):

$$z = \frac{X_i - X_m}{\sigma} \quad (5)$$

Onde: X_i corresponde ao valor da variável mensal, X_m é a média mensal e σ é o desvio padrão mensal.

Em alguns municípios estudados, a taxa de incidência é igual a zero para os mesmos meses do ano, em todos os anos do período estudado. Para estes meses o desvio padrão é igual a zero, impossibilitando o cálculo de anomalia, portanto, estes meses foram excluídos dos cálculos de correlação. Foram desconsiderados da análise os municípios em que esta condição ocorreu em mais de 6 casos (meses).

- **Cálculo de correlação simples**

A análise correlação é obtida através do cálculo do coeficiente de correlação (r) que mede o grau de relação entre duas variáveis x e y , conforme equação (6):

$$r = \frac{n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \sqrt{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}} \quad (6)$$

Onde n é o número de pares de dados. A amplitude deste coeficiente varia de -1 a 1, sendo que uma correlação forte apresenta valores de r próximo de |1| e uma

correlação nula valores igual a zero. Deste modo, se x e y tem uma correlação linear negativa (positiva) forte, r está próximo de -1 (1); se não há uma correlação linear ou há uma correlação fraca, r está próximo de zero, o que não significa que não há correlação entre as variáveis, significa somente que não há relação linear.

Devido ao período de incubação da doença e de registro da mesma foram analisadas, além de correlações sem defasagens (mesmo período), correlações defasadas com até três meses, entre os valores de temperatura e precipitação precedendo o número de casos de dengue.

- **Teste de hipótese**

Um teste de hipótese é um processo que utiliza estatísticas amostrais para testar uma afirmação sobre o valor de um parâmetro populacional. Para tanto, é elaborada uma hipótese estatística – a hipótese nula ($H_0 = 0$), onde não há correlação significativa e a hipótese alternativa ($H_a \neq 0$), onde há correlação significativa – e seu nível de significância ($\alpha = 0,1$). A equação (7) permite o cálculo dos valores críticos para o teste de significância da correlação, utilizado para tomar a decisão de rejeitar ou não a hipótese nula. Rejeita-se H_0 se $t > |t \text{ tabelado}|$, caso contrário, não se rejeita H_0 (LARSON e FARBER, 2004):

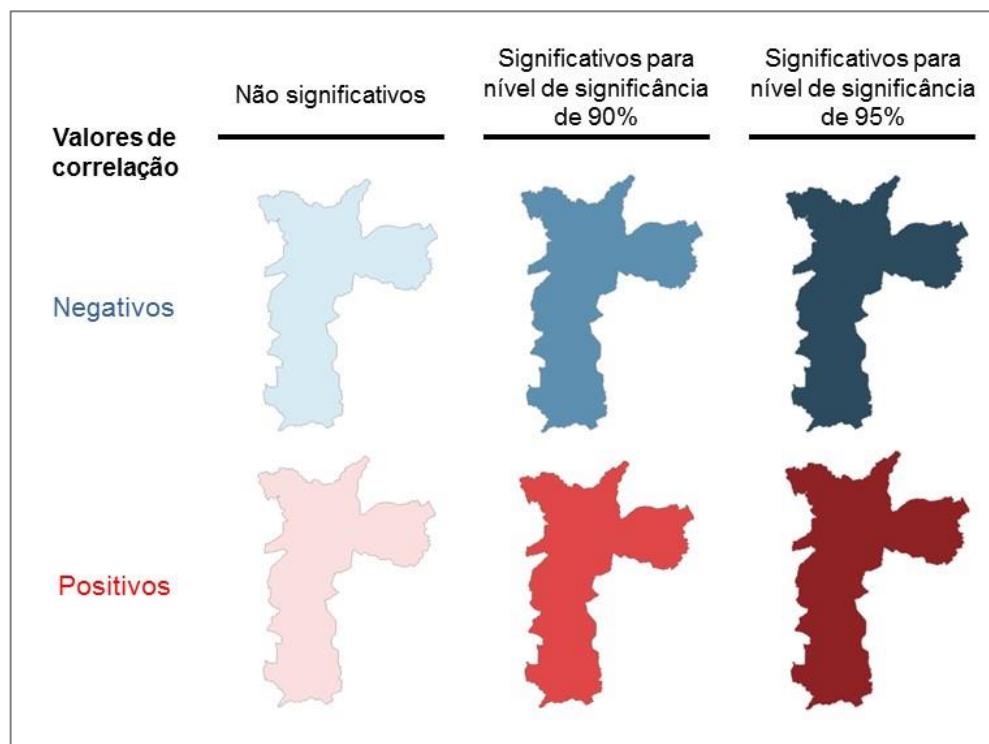
$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad (7)$$

Onde n é o número de pares de dados, r é o coeficiente de correlação. Através deste teste, obtém-se o valor a partir do qual módulo da correlação é significativa.

- **Mapas de correlação**

Esta análise foi realizada para identificar padrões espaciais de correlação. As cores utilizadas na representação dos valores de correlação para as variáveis tem relação com a natureza dos dados. Para as variáveis de temperatura, tons de azul foram utilizados para valores negativos (cor fria) e tons de vermelho para valores positivos (cor quente), conforme esquema na Figura 9 (OLIVEIRA e NASCIMENTO, 2011).

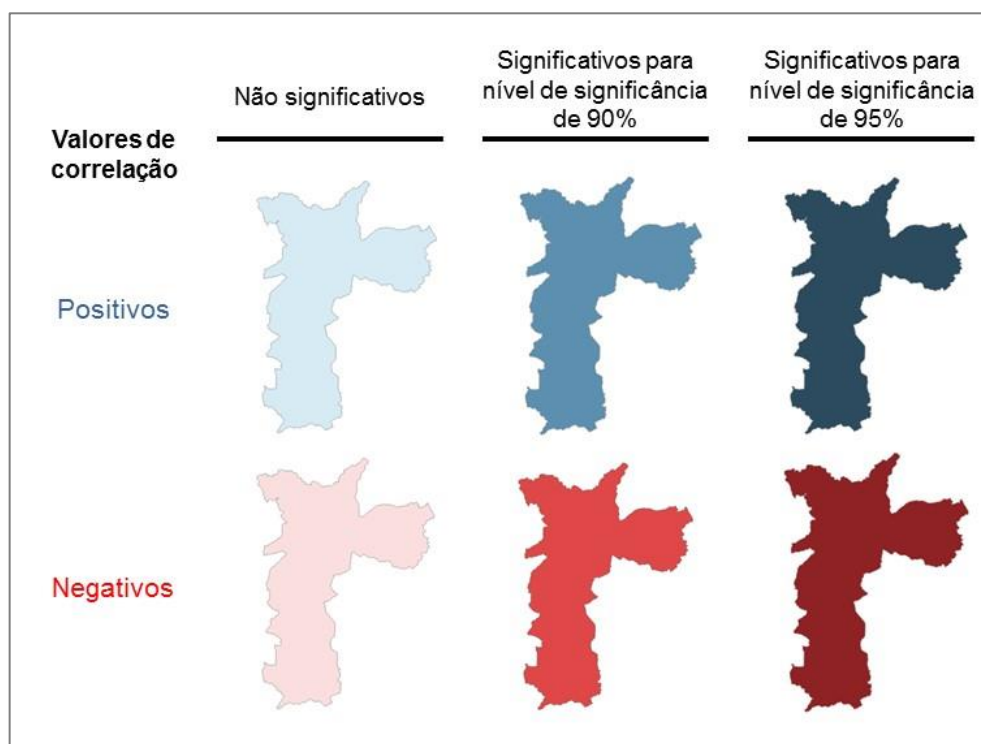
Figura 9 - Representações visuais que expressam os valores de correlação para as variáveis de temperatura.



Fonte: Autoria própria

Para a variável de precipitação, seguindo as convenções existentes pela tradição cartográfica, utilizamos tons na cor azul para valores positivos (representando presença de água e pluviosidade) e tons na cor vermelha para valores negativos (representando seca), conforme Figura 10. Para cada variável foram elaborados 4 mapas, representando as 4 defasagens calculadas (OLIVEIRA e NASCIMENTO, 2011).

Figura 10 - Representações visuais que expressam os valores de correlação para a variável de precipitação.



Fonte: Autoria própria

2.7 ANÁLISES ESPACIAIS

Utilizamos a cartografia temática e análise espacial como método de análise preliminar dos dados brutos e análise dos resultados da análise de correlação, utilizando para isto o software QGIS versão 2.8 Wien. A malha digital de arquivos vetoriais com a divisão dos municípios de Estado foi adquirida no site do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em shapefile (.shp), formato de armazenamento de dados vetoriais de posição, forma e atributos de feições geográficas. Utilizamos os municípios como unidade mínima de análise (ESRI, 1998).

CASOS DE DENGUE: Utilizamos o Método das Figuras Geométricas Proporcionais para a representação cartográfica que contribuiu nas análises preliminares desta variável, por ser o mais adequado a abordagens quantitativas. Este método evidencia a relação de proporcionalidade entre objetos, onde as áreas das figuras são proporcionais às quantidades a serem representadas. Para esta

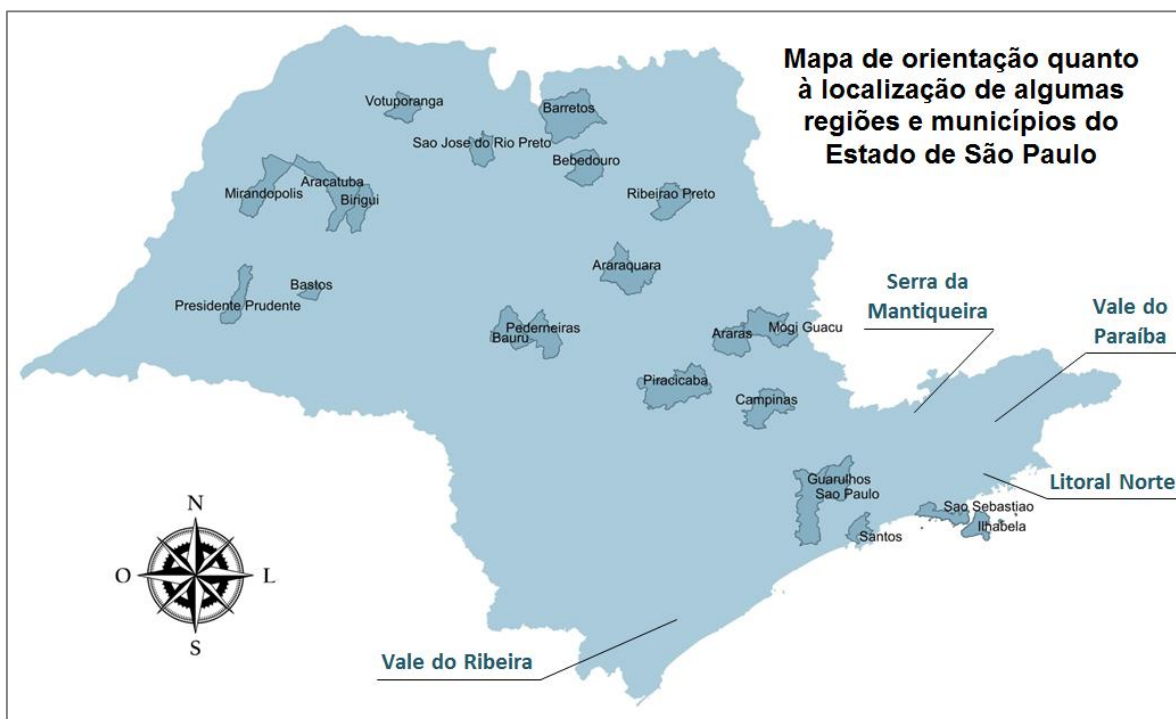
análise utilizamos dados anuais de casos de dengue para todos os municípios do Estado (MARTINELLI, 2003)

TAXA DE INCIDÊNCIA DE DENGUE: Utilizamos valores anuais para realizar análises preliminares nesta variável. Buscando proporcionar a visualização da evolução temporal da doença e a identificação de sua intensidade nos municípios do Estado no período estudado, usamos como base para a legenda critérios do Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD). Áreas com baixa e média incidência de dengue possuem gradientes de cor crescente variando de branco à azul escuro e áreas com alta incidência aparecem em destaque, apresentando gradientes de cor crescente vermelha.

2.8 MAPA DE ORIENTAÇÃO

Para facilitar a orientação dos leitores, algumas localidades citadas ao longo do texto foram destacadas em um mapa de orientação (Figura 11).

Figura 11 - Mapa de orientação quanto à localização de áreas do Estado.



Fonte: Autoria própria

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar a visualização, as figuras contidas nesta sessão podem ser consultadas no Anexo 1.

3.1 ANÁLISES PRELIMINARES

- **Casos de dengue**

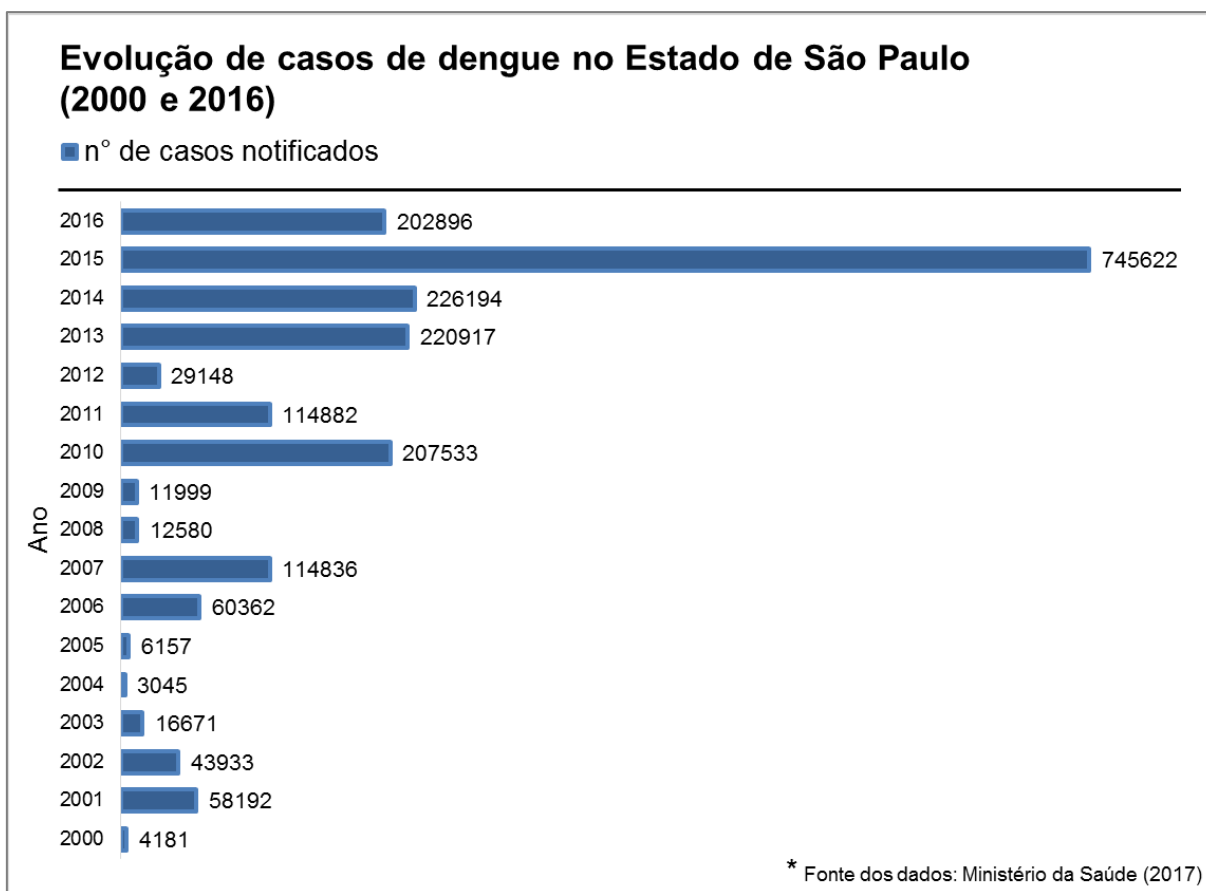
O Estado de São Paulo apresentou, no período estudado, 2.079.148 casos de dengue, correspondendo a 18,74% do total do país. A Figura 12 mostra o aumento no número de casos no Estado no período estudado e suas variabilidades interanuais.

Há uma tendência positiva no número de casos de dengue a partir de 2005, com períodos interepidêmicos (período entre duas epidemias, ou seja, entre dois anos cuja incidência foi elevada) em uma escala temporal em torno de três anos. Este padrão se altera a partir de 2010, com epidemias mais intensas, com períodos interepidêmicos menores e aumento na área afetada. Pode-se observar que em 2015 o número de casos foi significativamente alto (745622 casos em todo o Estado).

A coleção de mapas elaborados (Figura 13) nos permite visualizar a distribuição espacial e evolução dos casos de dengue por município do Estado, entre os anos de 2000 e 2016.

Entre os anos de 2000 e 2006, o número de casos foi o menor para o período, com leve aumento em 2001, 2002 e 2006 (com 58.192, 43.933 e 60.362 casos por ano em todo Estado, respectivamente). Em 2007 houve uma epidemia, com 114.836 casos, afetando principalmente as regiões noroeste, norte e leste do Estado, seguido por 2 anos com baixa no número de casos, configurando um período interepidêmico. Apesar disso, algumas cidades foram afetadas, com destaque para os municípios de São José do Rio Preto, Ribeirão Preto, Araraquara, Campinas, São Paulo e Mogi Guaçu.

Figura 12 - Casos de dengue no período entre 2000 e 2016, no Estado.



Fonte: Autoria própria.

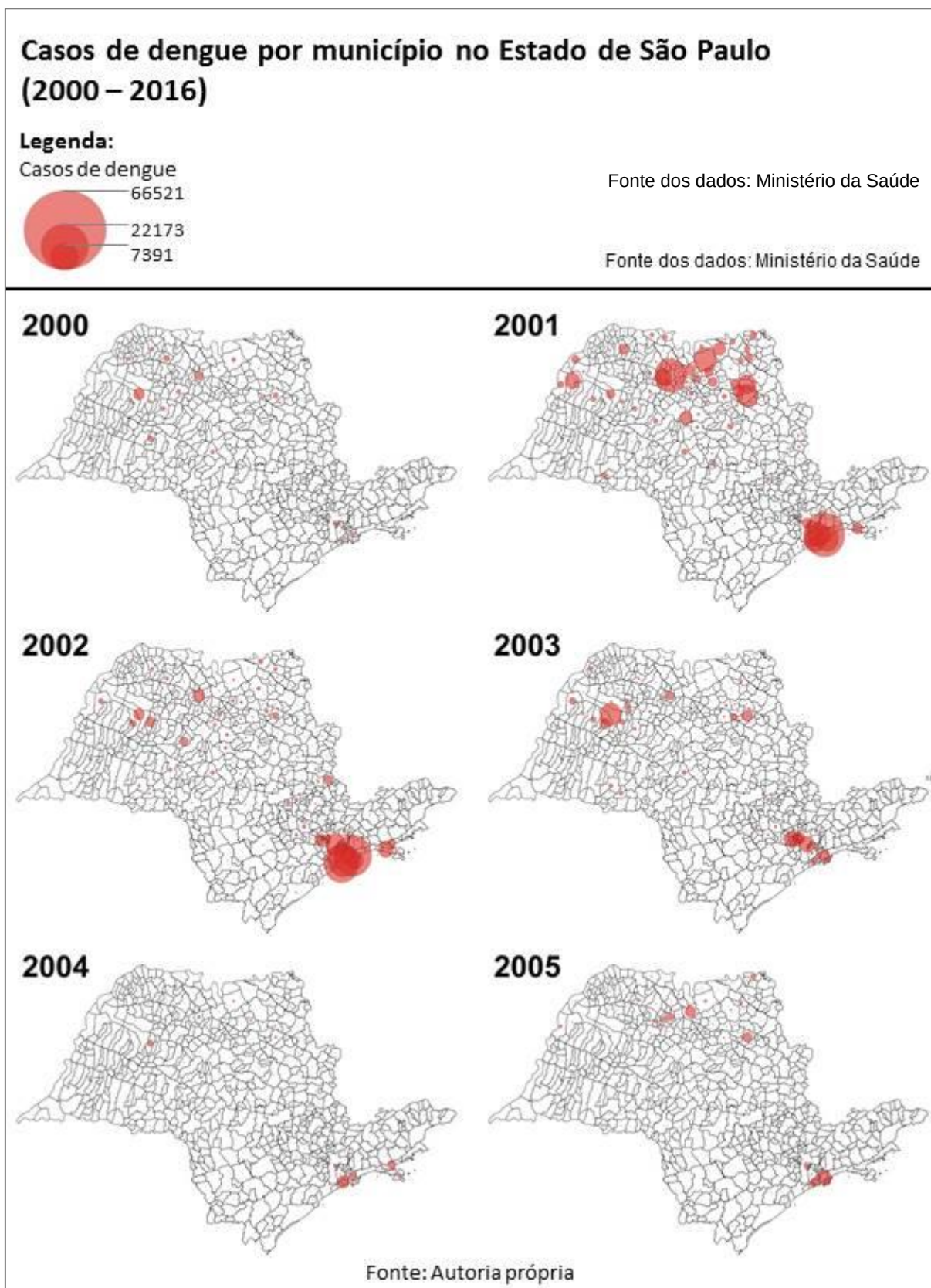
Uma nova epidemia ocorreu no ano de 2010, mais intensa, com 207.533 casos em todo Estado. A distribuição foi semelhante ao ano de 2007, com destaque para o aumento de casos no Vale do Ribeira, se comparado aos anos anteriores. O ano de 2011 também apresentou epidemia, de intensidade semelhante à ocorrida em 2007, afetando principalmente as regiões norte e leste do Estado, com destaque para o aumento do número de casos no Vale do Paraíba. O período interepidêmico foi mais curto se comparado com os anos anteriores, com decréscimo no número de casos no ano de 2012. As regiões próximas aos municípios de Santos, São Paulo, Campinas, Piracicaba e alguns municípios no Vale do Paraíba foram as mais afetadas. Em seguida houve dois anos epidêmicos de intensidade semelhante à 2010 (2013 e 2014). No ano de 2014, a região Leste do Estado foi a mais atingida.

O pico epidêmico do Estado ocorreu no ano de 2015, com 745.622 casos e expansão da área afetada pela doença. A epidemia do ano de 2016 ocorreu de forma menos intensa em comparação a 2015, e o número de casos foi semelhante

ao ano epidêmico de 2010, e apresentou um maior número de casos na faixa sudoeste.

Embora a ocorrência de casos em 2015 atinja todo o Estado, as regiões noroeste, norte e leste (criando uma faixa transversal ao formato do Estado) concentraram um grande número de casos. Esta concentração pode ser associada a regiões urbanizadas, cidades de médio e grande porte e alta intensidade de fluxo intermunicipal de pessoas em período em viremia, principalmente entre grandes centros urbanos e regiões de importância econômica do Estado, como ocorre em outras regiões do país (Figura 14) (MACHADO, OLIVEIRA e SOUZA-SANTOS, 2009; STODDARD, FORSHEY, *et al.*, 2013; MARIA SUELY SILVA MELO, MORATO e TEIXEIRA, 2010; SOUZA, SILVA e SILVA, 2010; DUQUE, SILVA, *et al.*, 2010; WU, LAY, *et al.*, 2009).

Figura 13 - Distribuição espacial e evolução do número de casos de dengue no Estado (2000 – 2016).



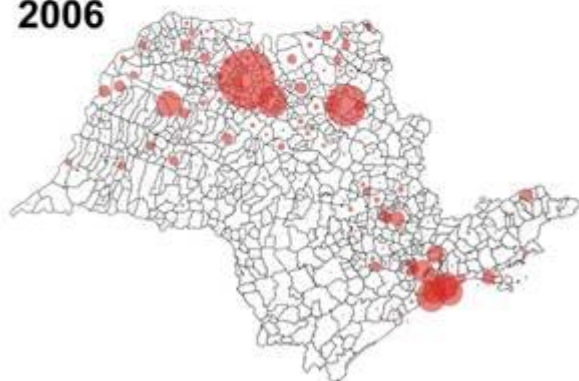
Casos de dengue por município no Estado de São Paulo (2000 – 2016) – continuação.

Legenda:



Fonte dos dados: Ministério da Saúde

2006



2007



2008



2009



2010



2011



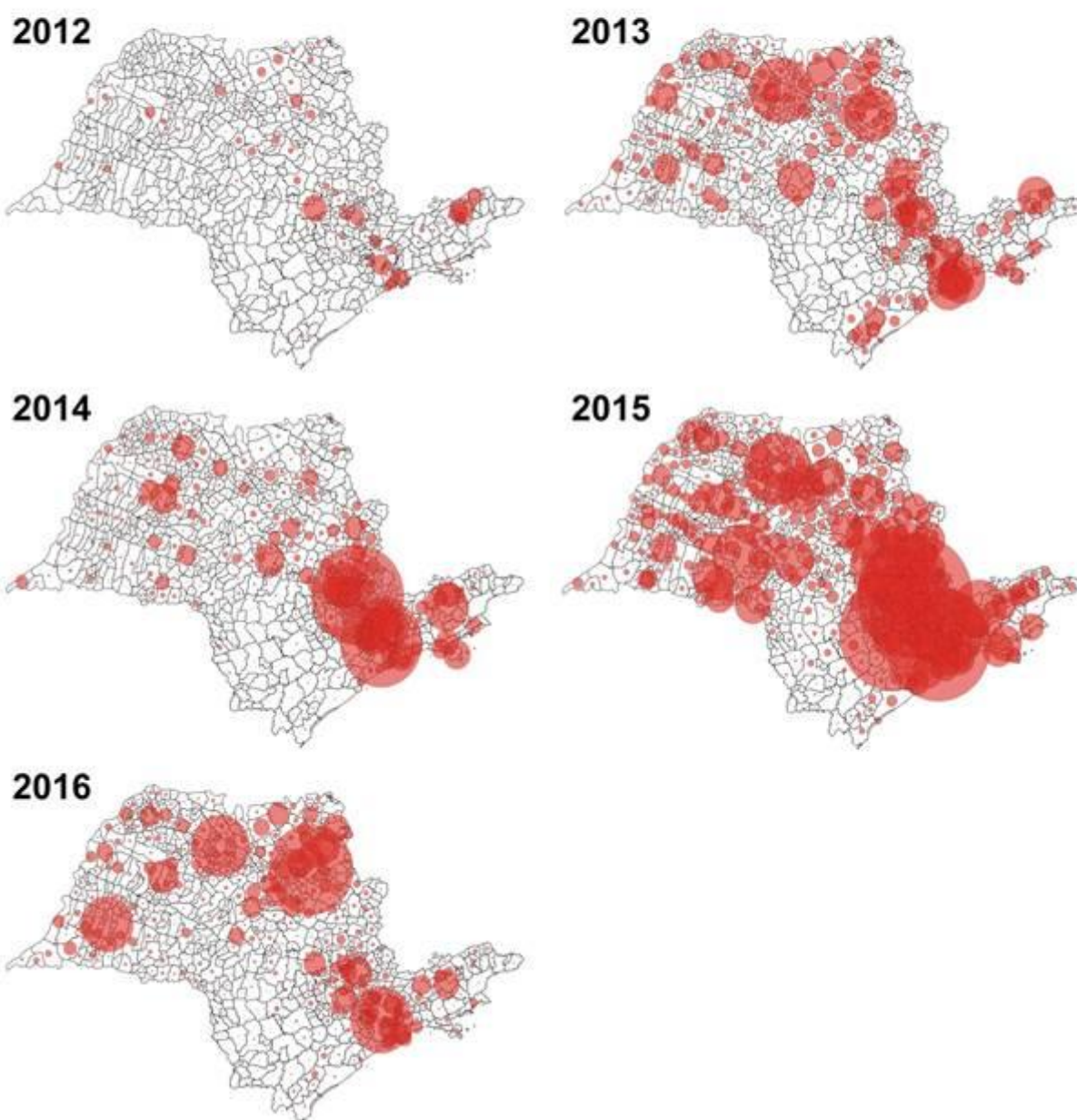
Fonte: Autoria própria

Casos de dengue por município no Estado de São Paulo (2000 – 2016) – continuação.

Legenda:

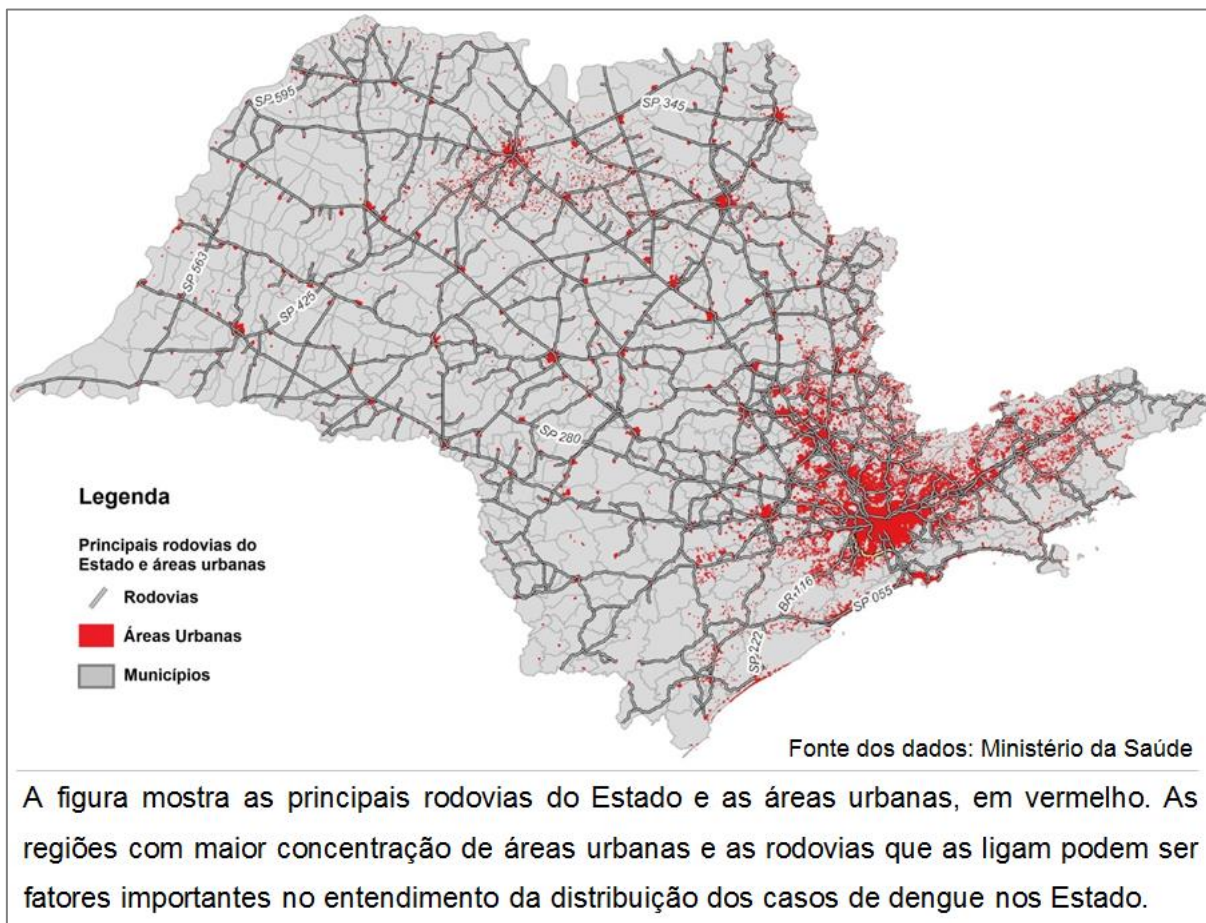


Fonte dos dados: Ministério da Saúde



Fonte: Autoria própria

Figura 14 - Rodovias do Estado e áreas urbanas.

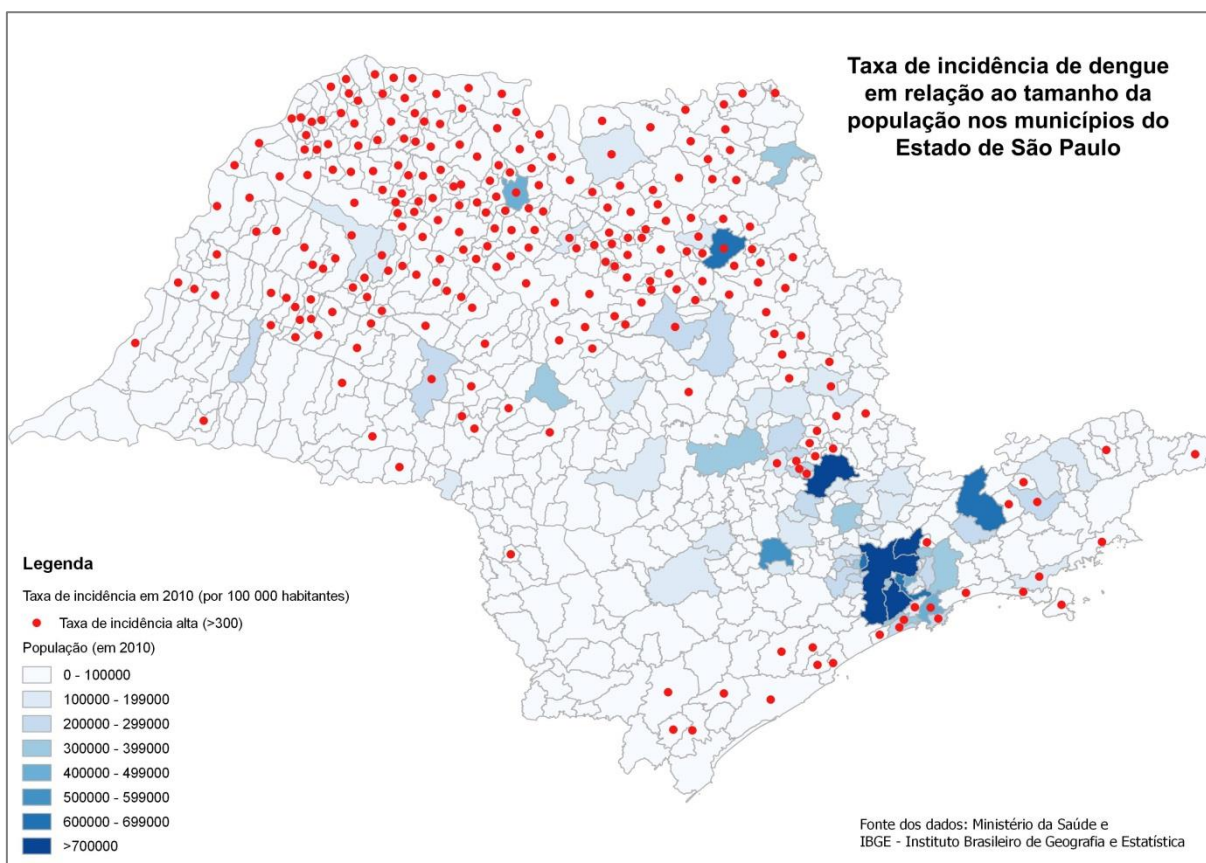


Fonte: Áreas urbanas: Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA). Malha rodoviária: Departamento de Estrada de Rodagem - (DER/SP) (disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br>)

- **Taxa de incidência de dengue**

Dentre os municípios selecionados para a análise estatística (de acordo com a disponibilidade de estações meteorológicas, período de registro e qualidade de seus dados climáticos), 85,7% são considerados de pequeno porte, com até 100 mil habitantes (BRASIL, 2014). A Figura 15 utiliza dados do ano de 2010 para avaliar a existência de dependência entre o tamanho da população e a Taxa de Incidência de dengue. Verifica-se que não há relação entre as duas variáveis.

Figura 15 - Taxa de incidência de dengue e população, nos municípios analisados (dados referentes ao ano de 2010).

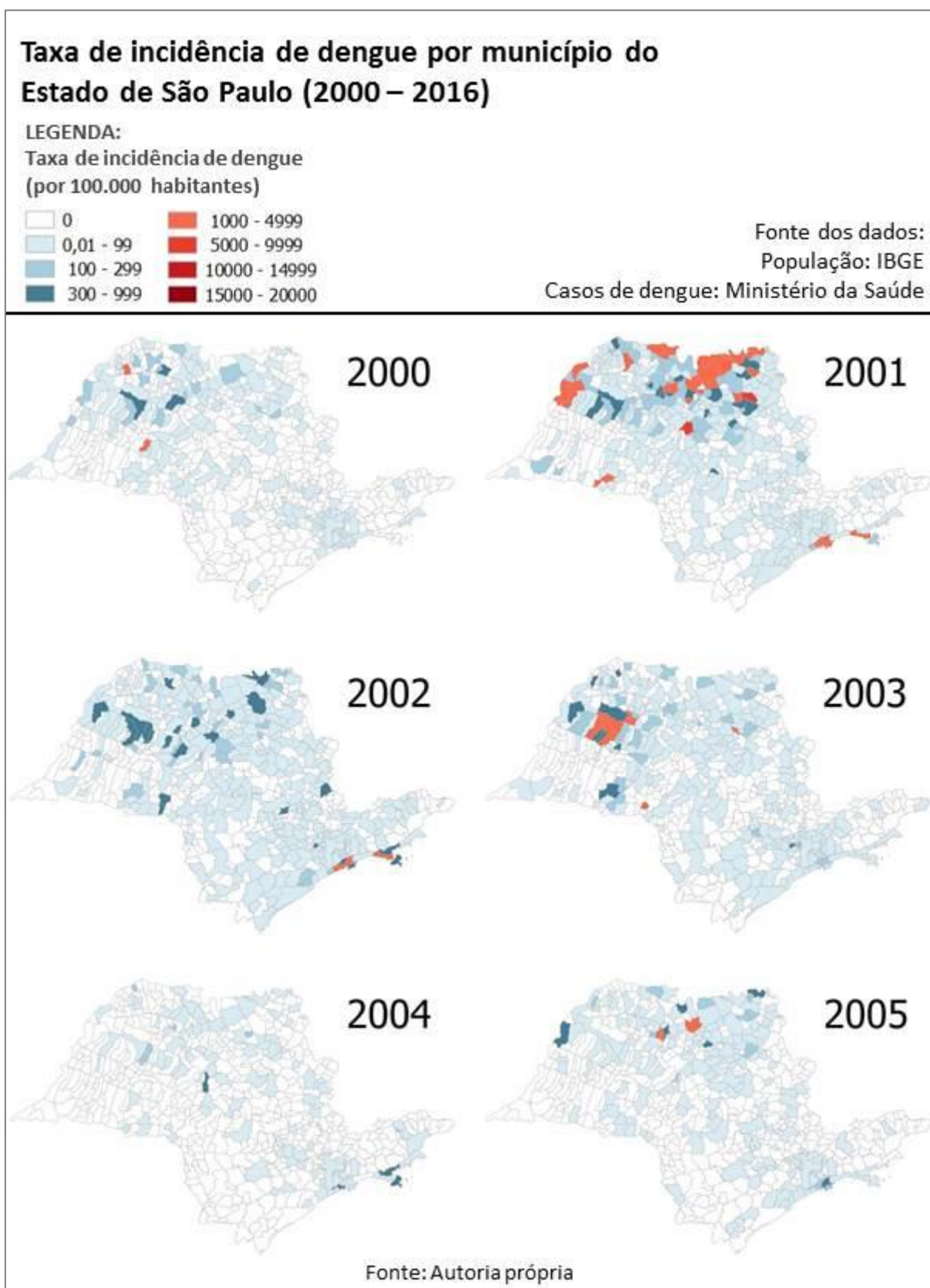


Fonte: Autoria própria

A Taxa de Incidência possibilita identificar o impacto das epidemias de dengue em relação à população do município. Entre os anos de 2000 e 2005, houve incidência baixa de dengue (valores inferiores a 100) em cerca de 45% dos municípios do Estado. Neste mesmo período, menos de 10% dos municípios apresentaram taxas de incidência altas (superiores a 300). Estes municípios se

concentravam ao norte, noroeste e litoral do Estado. Entre os anos de 2006 e 2010, o número de municípios com incidência alta subiu para até 38% dos municípios (em 2010) e entre 2011 e 2016, o valor chegou a 85% dos municípios (em 2015). Verifica-se o aumento no impacto das epidemias nos municípios, principalmente após o ano de 2010 (Figura 16). A análise evidenciou que as regiões norte, noroeste e litoral do Estado são as mais afetadas pelas epidemias de dengue, apresentando taxas de incidência superiores as demais regiões, mesmo em anos interepidêmicos. Esta região apresenta clima tropical com inverno seco, e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C, além de temperaturas médias anuais entre 22 e 24°C (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014). O estudo de WU, LAY, *et al.* (2019) mostra que houve um maior número de casos de dengue em regiões que possuíam temperaturas médias superiores a 18°C e níveis mais elevados de urbanização.

Figura 16 - Distribuição espacial e evolução da taxa de incidência de dengue no Estado (2000 – 2016).



Taxa de incidência de dengue por município do Estado de São Paulo (2000 – 2016) – continuação.

LEGENDA:

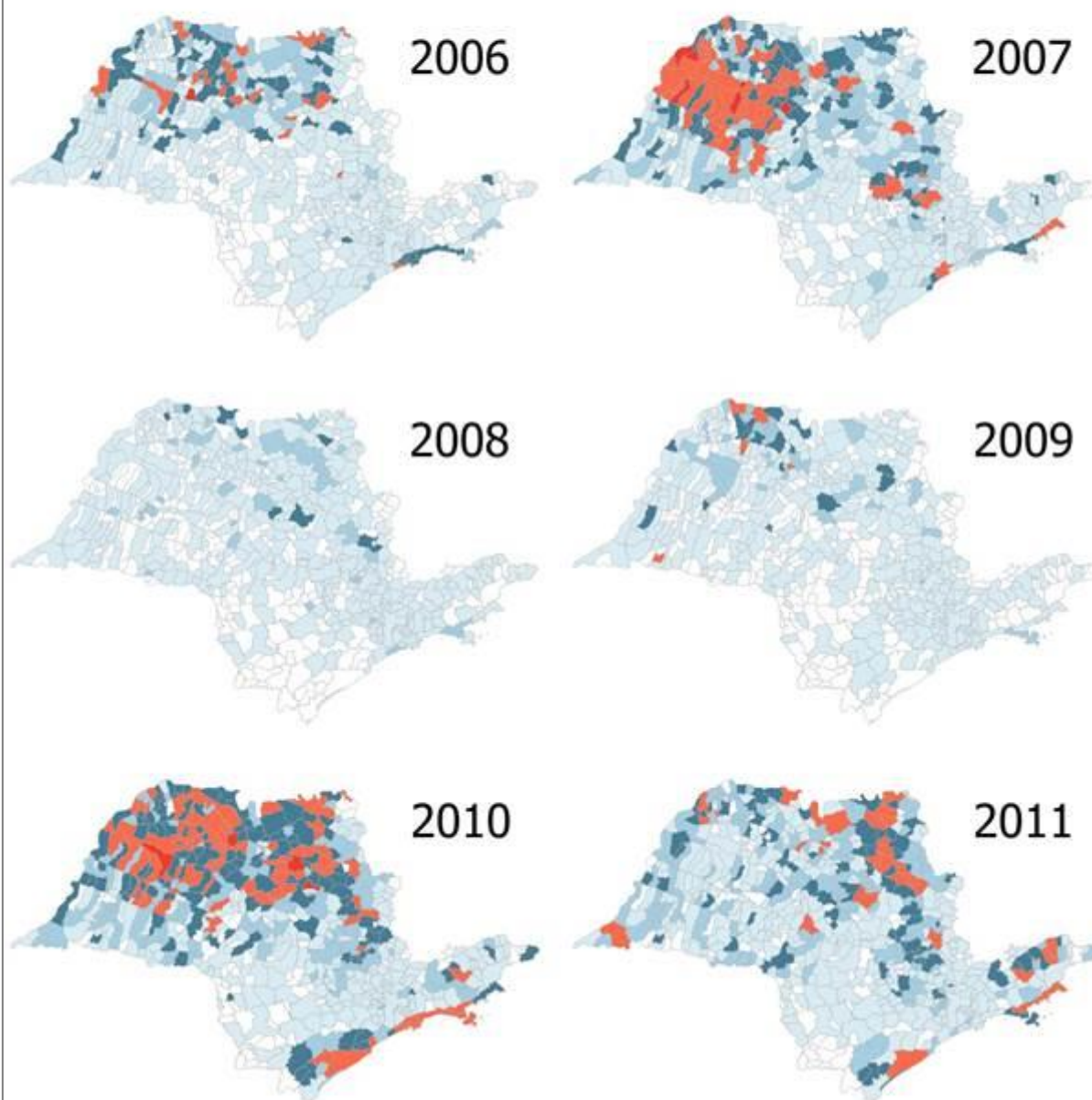
Taxa de incidência de dengue
(por 100.000 habitantes)

0	1000 - 4999
0,01 - 99	5000 - 9999
100 - 299	10000 - 14999
300 - 999	15000 - 20000

Fonte dos dados:

População: IBGE

Casos de dengue: Ministério da Saúde



Fonte: Autoria própria

Taxa de incidência de dengue por município do Estado de São Paulo (2000 – 2016) – continuação.

LEGENDA:

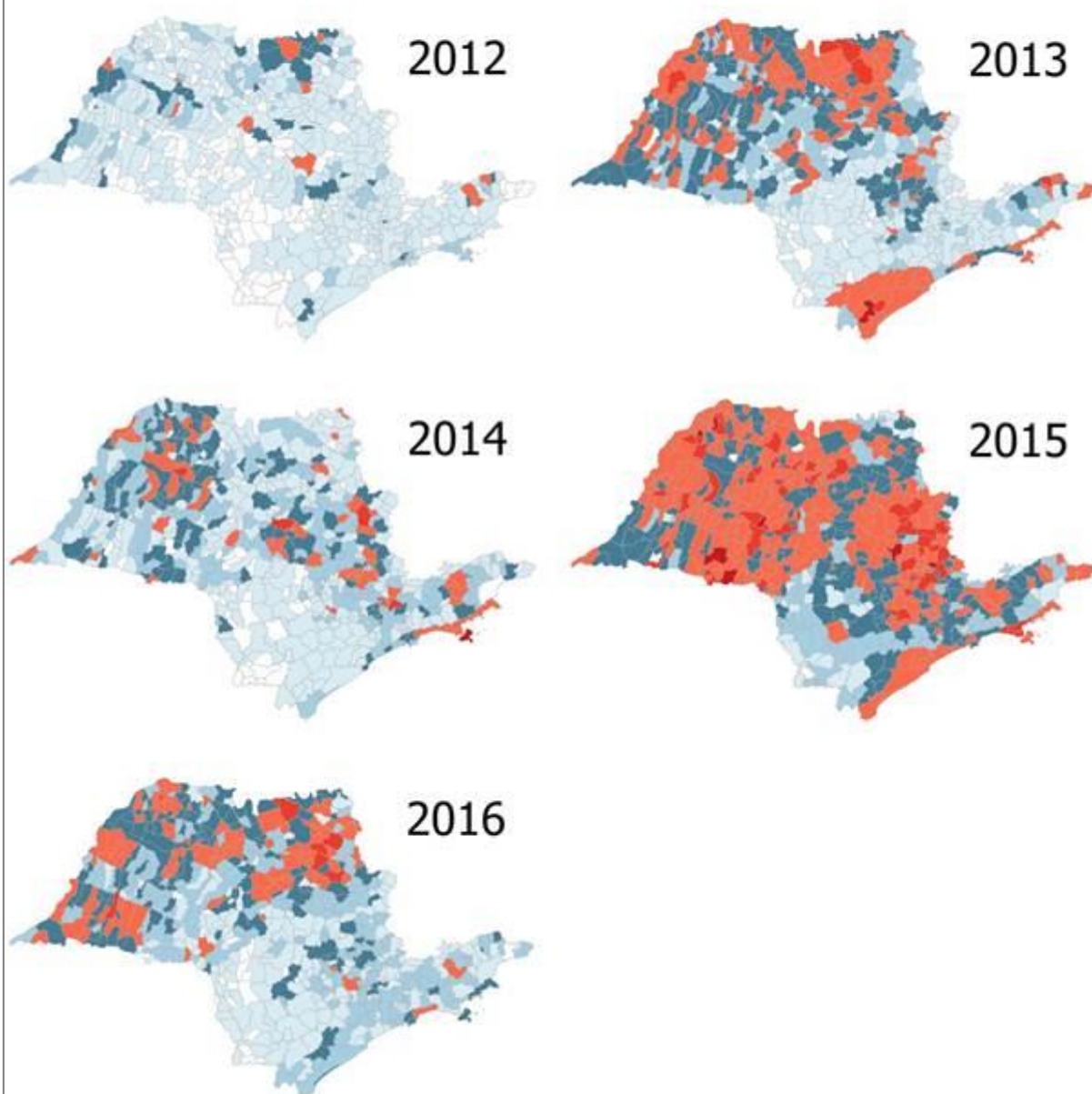
Taxa de incidência de dengue
(por 100.000 habitantes)

0	1000 - 4999
0,01 - 99	5000 - 9999
100 - 299	10000 - 14999
300 - 999	15000 - 20000

Fonte dos dados:

População: IBGE

Casos de dengue: Ministério da Saúde



Fonte: Autoria própria

3.2 ANÁLISE ESPACIAL DO ÍNDICE DE INFESTAÇÃO PREDIAL

A análise desta variável contempla 33 mapas, que ilustram a dinâmica de espalhamento da infestação pelo mosquito transmissor da dengue nos municípios do Estado entre 1985 e 2017. Contudo, foram selecionados 8 anos do total, com igual intervalo entre eles, visando facilitar a visualização da evolução temporal do fenômeno (Figura 17).

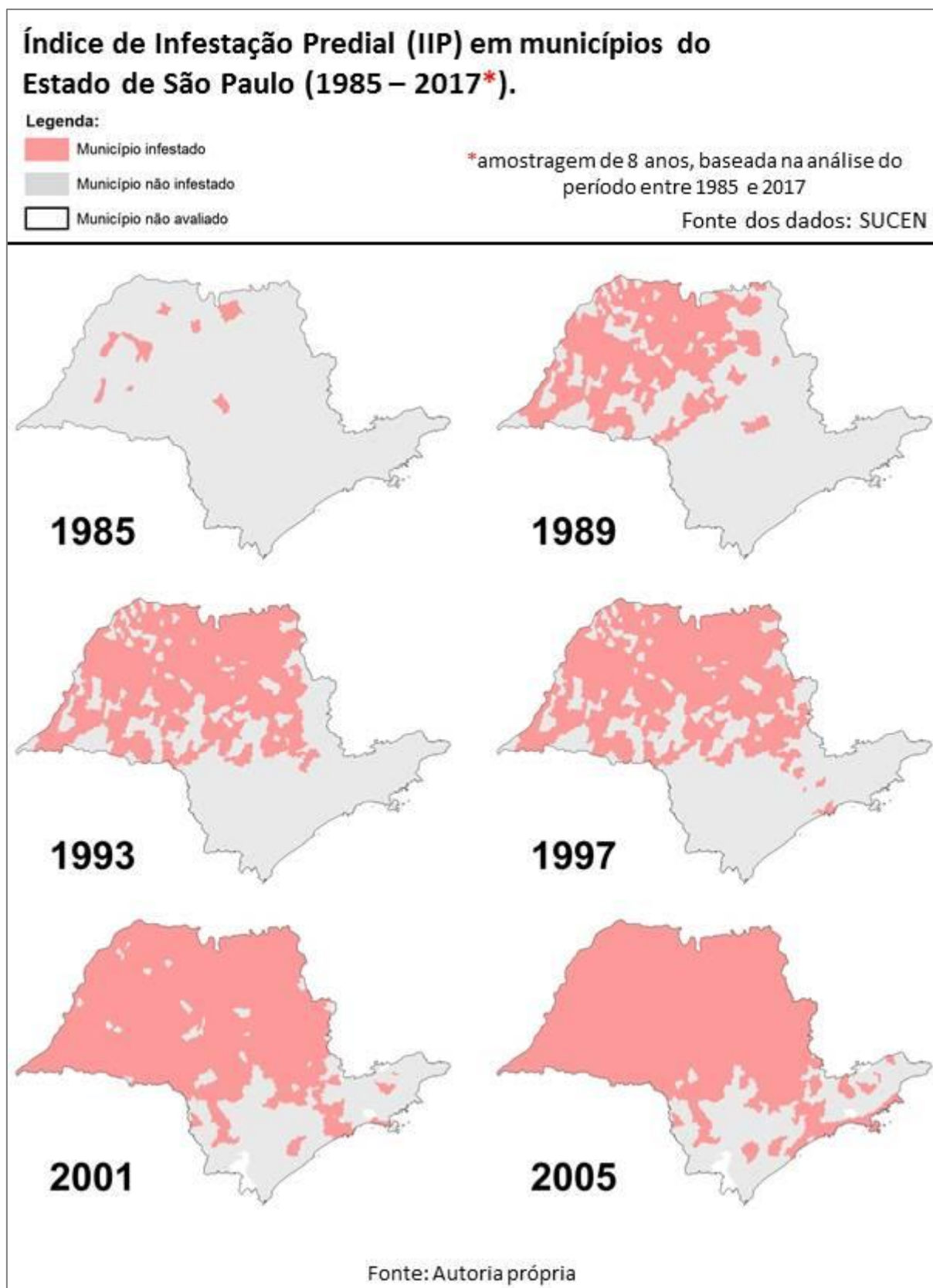
Em 1985, somente 9 municípios no norte e noroeste do Estado apresentavam infestação pelo mosquito (Araçatuba, Barretos, Bastos, Birigui, Mirandópolis, Pederneiras, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Votuporanga). Em 1989 verifica-se aumento no número de municípios afetados, ainda na mesma região do Estado. O número de municípios infestados aumenta, e em 1993 alguns municípios localizados no centro do Estado também são afetados, principalmente os localizados próximos a rodovias que ligam os municípios de importância econômica, como São Paulo, Santos, Campinas e Guarulhos ao interior do Estado.

O espalhamento da infestação aumenta com o aumento da área afetada ao redor dos municípios de Campinas, São Paulo e Santos, 1997. Em 2001 verifica-se que a quase totalidade dos municípios das regiões noroeste, norte e centro do Estado foram afetadas, além do aumento no número de municípios na região de Campinas, São Paulo, Santos e sul do Estado. Os municípios do Litoral Norte, Vale do Ribeira e Serra da Mantiqueira, já estão infestados em 2005, além de aumento no número de municípios afetados no noroeste, norte e centro do Estado. Há expansão na área atingida em 2009, no litoral, Serra da Mantiqueira, sul do Estado e no Vale do Ribeira. Em 2013 o Estado está quase totalmente infestado pelo mosquito. Somente alguns municípios a leste e sul do Estado não apresentam infestação. Poucos municípios ainda não foram afetados em 2017, segundo dados disponíveis.

No ano de 2000, 28% dos municípios do Estado apresentaram casos de dengue. Neste mesmo ano, 67,7% dos municípios constavam como infestados pelo mosquito. Conforme dados e procedimentos utilizados, a infestação do mosquito teve crescimento constante no número de municípios afetados (Figura 18), enquanto que os municípios com casos de dengue apresentaram variações anuais, em alguns anos superando o número de municípios infestados, mas em sua maioria, afetando um número menor de municípios. No entanto, a Figura 19 mostra que,

principalmente nas regiões recentemente infestadas do leste e sul do Estado, há municípios que apresentaram incidência baixa de dengue mesmo quando ainda não constavam como infestados pelo mosquito. Assim como demonstrado em estudo no município de São Sebastião, verificou-se que nem sempre a infestação do mosquito está relacionada à incidência de dengue (RIBEIRO, MARQUES, *et al.*, 2006).

Figura 17 - Índice de Infestação Predial em municípios do Estado de São Paulo.



Índice de Infestação Predial (IIP) em municípios do Estado de São Paulo (1985 – 2017*).

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado

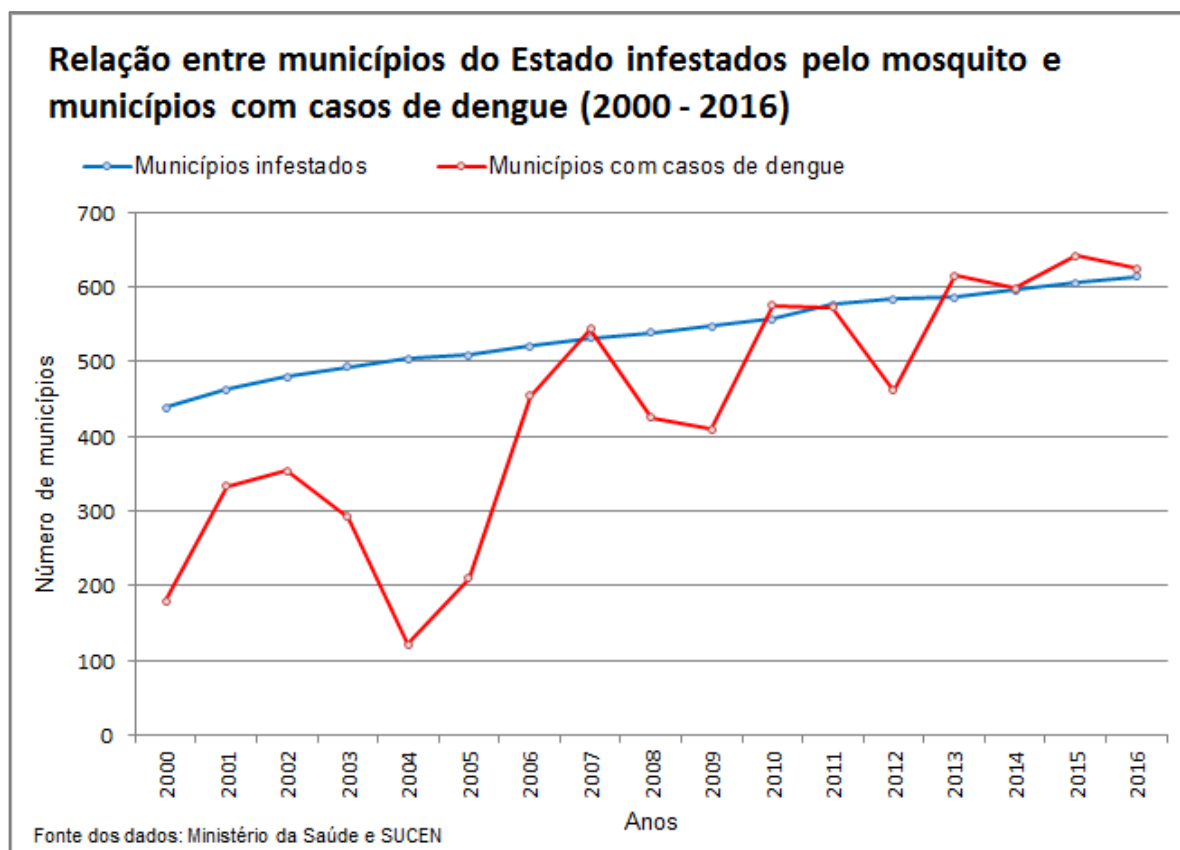
*amostragem de 8 anos, baseada na análise do período entre 1985 e 2017

Fonte dos dados: SUCEN



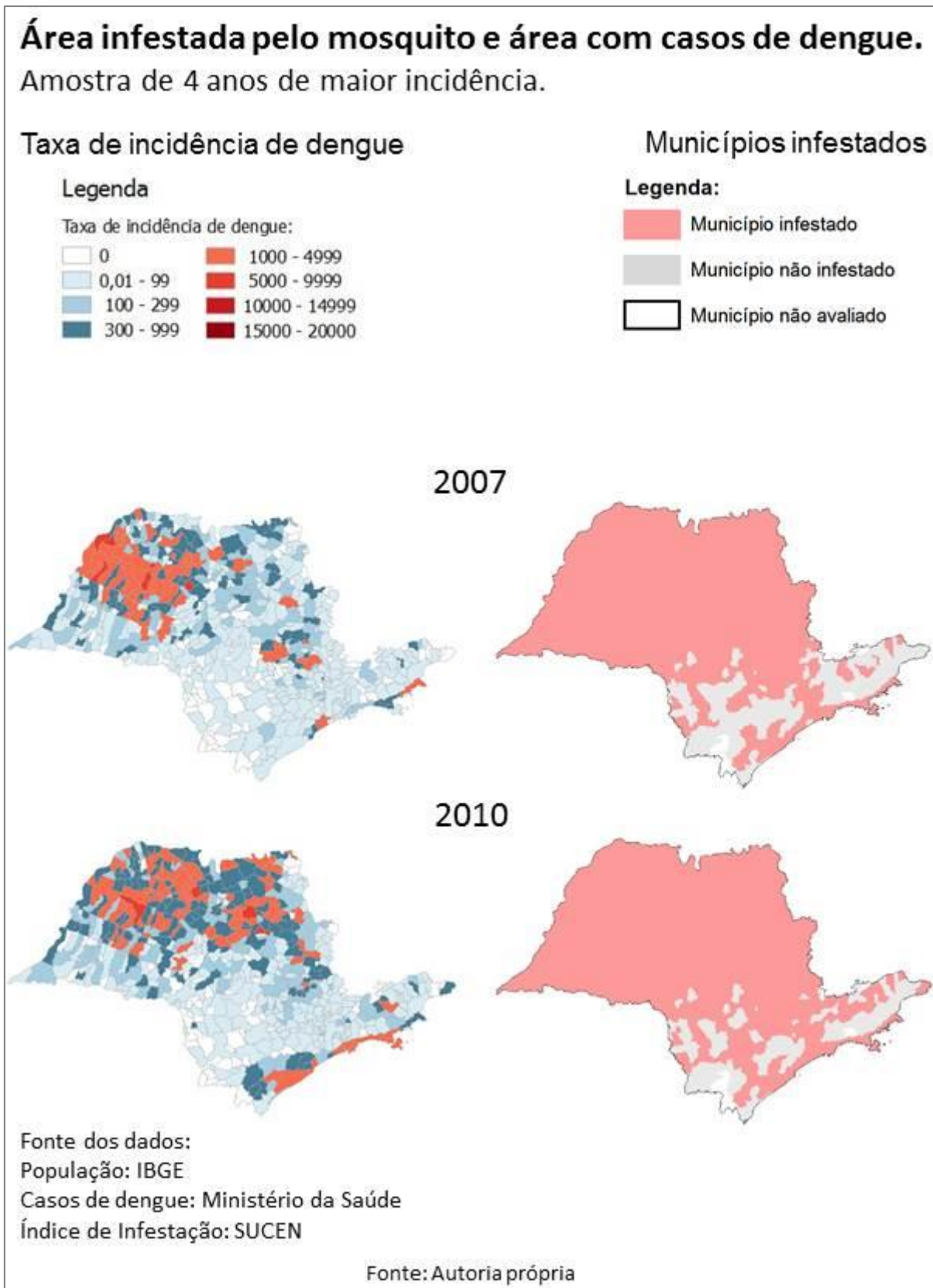
Fonte: Autoria própria

Figura 18 - Relação entre municípios com casos de dengue e municípios infestados.



Fonte: Autoria própria

Figura 19 - Localização dos municípios com casos e municípios infestados.



Área infestada pelo mosquito e área com casos de dengue. Amostra de 4 anos de maior incidência (continuação).

Taxa de incidência de dengue

Legenda

Taxa de incidência de dengue:

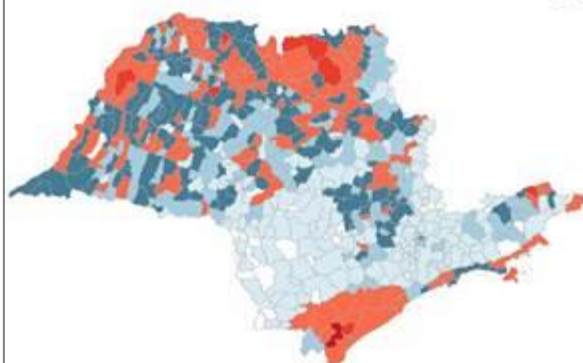
0	1000 - 4999
0,01 - 99	5000 - 9999
100 - 299	10000 - 14999
300 - 999	15000 - 20000

Municípios infestados

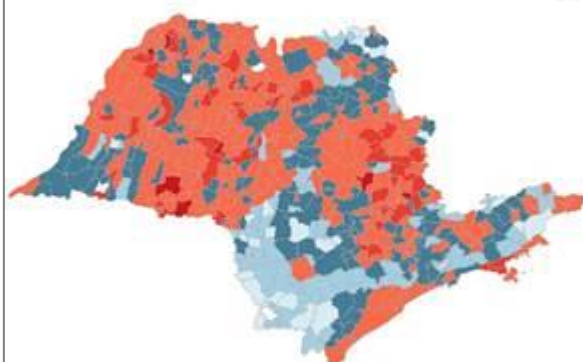
Legenda:

 Município infestado
 Município não infestado
 Município não avaliado

2013



2015



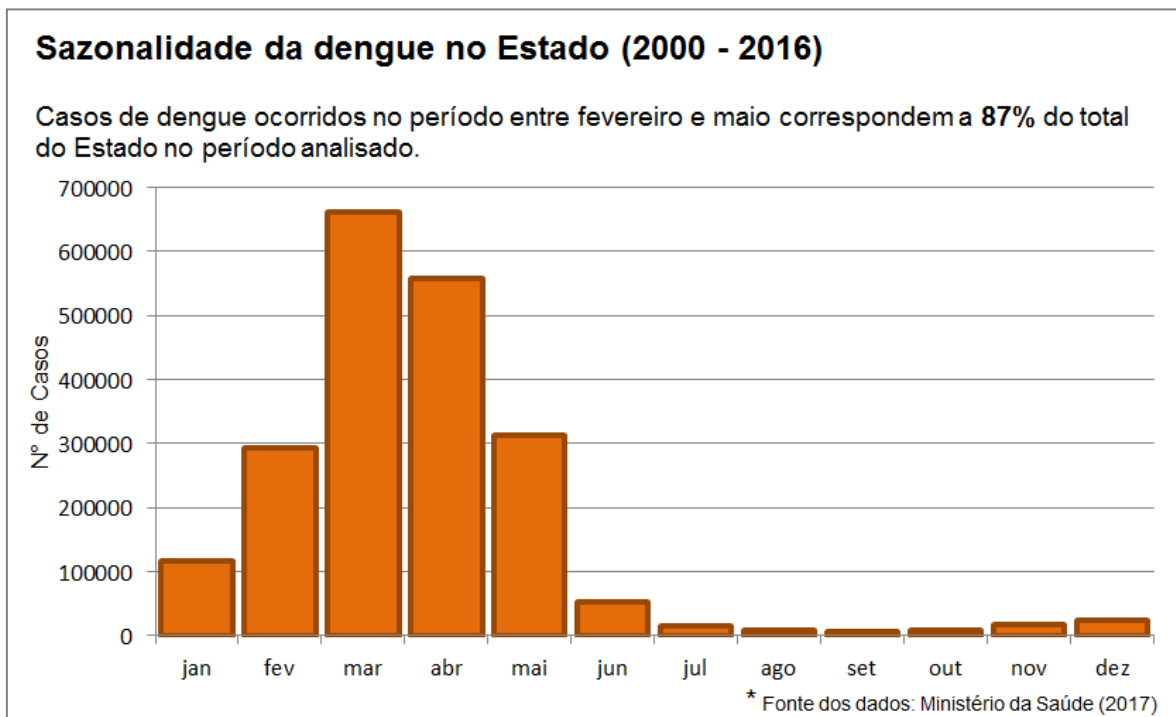
Fonte dos dados:
População: IBGE
Casos de dengue: Ministério da Saúde
Índice de Infestação: SUCEN

Fonte: Autoria própria

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

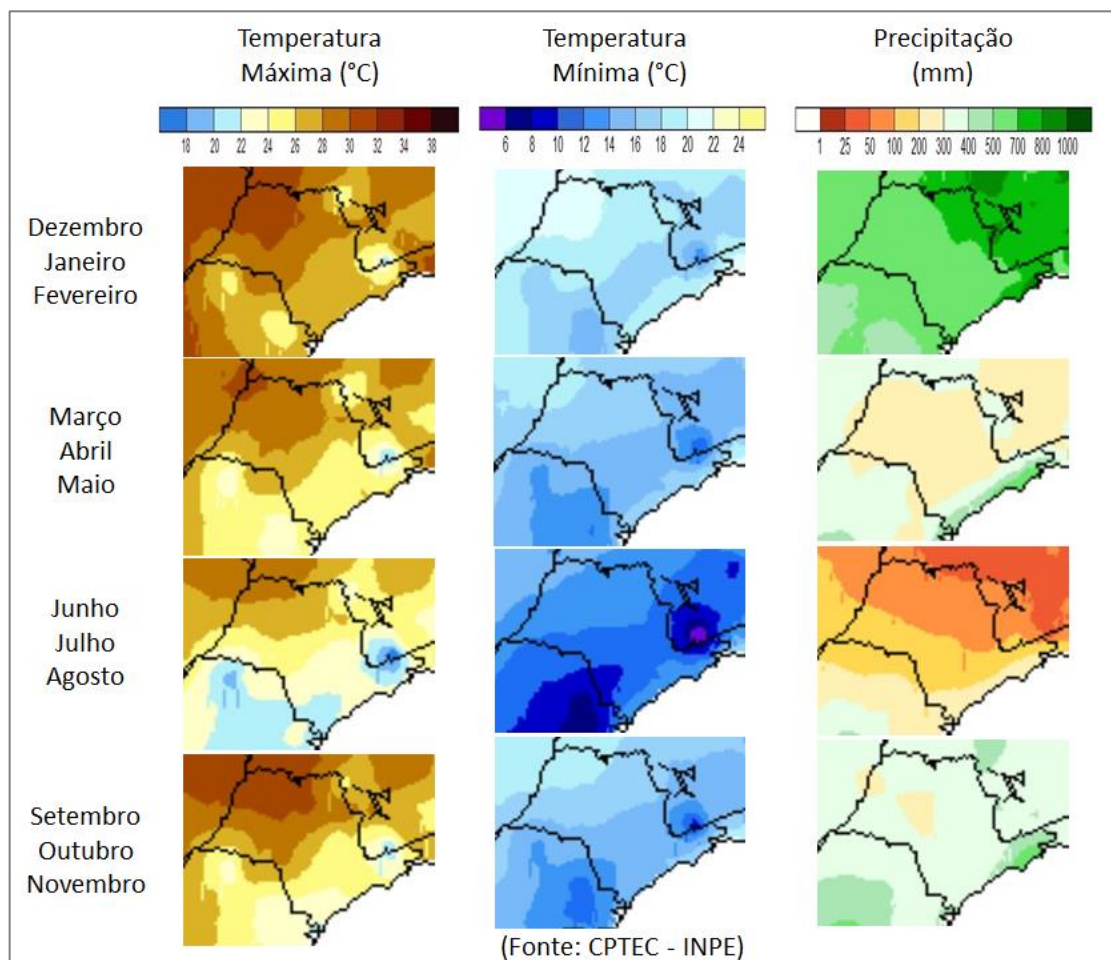
A Figura 20 mostra a sazonalidade da dengue. Há maior incidência de dengue entre os meses de janeiro a maio, onde as médias de temperatura máxima estão acima de 24°C e as médias de temperaturas mínimas acima dos 16°C. Este período, além de apresentar maiores temperaturas, coincide com o final da estação chuvosa do Estado, que é o verão. A Figura 21 mostra a variação na temperatura máxima, mínima e precipitação trimestralmente. Observam-se temperaturas mais elevadas no noroeste do Estado, apresentando menor amplitude térmica na primavera e no verão. Conforme verificado nas séries temporais, entre os anos de 2000 e 2012, as epidemias de dengue no Estado se concentram entre os meses de janeiro e maio. Porém, a partir do ano de 2013, o número de meses por ano com casos de dengue aumentou, atingindo os meses de dezembro e junho. Um estudo no município de Araraquara também mostrou este aumento no período anual afetado pelos casos de dengue ao longo dos anos (FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018)

Figura 20 - Sazonalidade dos casos de dengue no Estado (2000 a 2016).



Fonte: Autoria própria

Figura 21 - Climatologia trimestral do Estado de São Paulo.

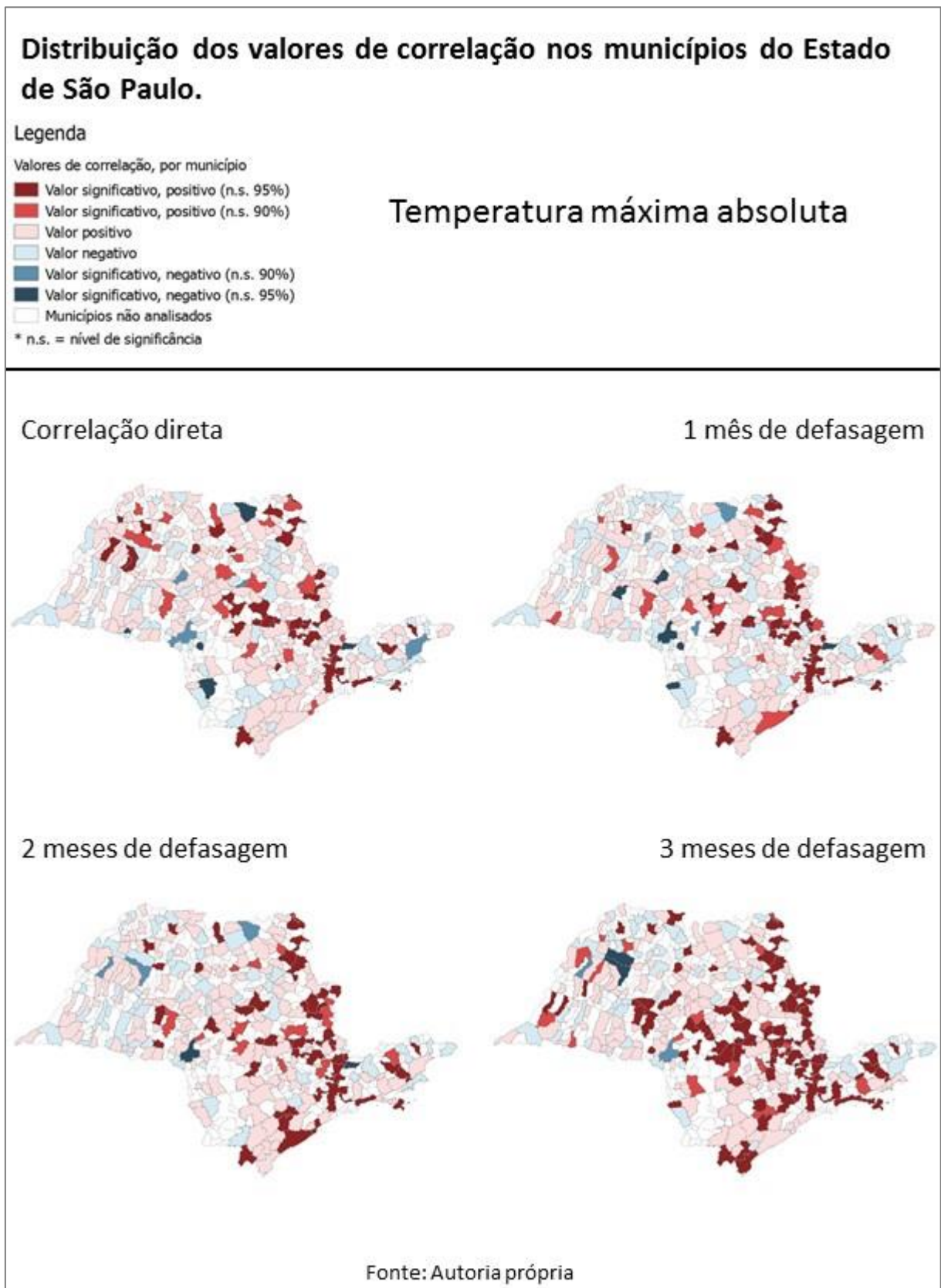


Fonte: Autoria própria

Os mapas com a distribuição espacial dos resultados da análise de correlação entre as anomalias das variáveis de casos de dengue, temperaturas e precipitação encontram-se nas Figuras 22 – 26.

A análise de correlação entre as anomalias da variável de **temperatura máxima absoluta** e taxa de incidência de dengue (Figura 22) mostram valores positivos na maior parte dos municípios analisados. A quantidade de municípios com correlação significativa positiva (para nível de significância de 90%) aumenta com a defasagem, sendo que o maior número ocorre quando são considerados os valores de temperatura de um determinado mês com a incidência de dengue ocorrida após 3 meses.

Figura 22 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura máxima absoluta.



Os municípios com correlação significativa negativa diminuem com a defasagem, e o maior número ocorre quando consideramos correlação direta (10 municípios). Os municípios significativos positivos se concentram na região leste do Estado. Não foi possível identificar região que concentre os municípios com correlação negativa. As correlações positivas defasadas verificadas sugerem que um maior número de casos está relacionado com temperaturas máximas absolutas mais elevadas no verão, dado que o maior número de casos ocorre no início do outono.

Foi observada correlação positiva entre as anomalias da variável de **temperatura mínima absoluta** e taxa de incidência de dengue (Figura 23). Há maior número de municípios com correlação significativa positiva (para nível de significância de 90%) quando são considerados os valores de temperatura de um determinado mês com a incidência de dengue ocorrida após 2 meses. A região do estado que concentra maior número de municípios com valores significativos positivos são próximos à Região Metropolitana de São Paulo, na direção do Vale do Paraíba e Baixada Santista. Os municípios com correlação significativa negativa diminuem com a defasagem, e o maior número ocorre quando consideramos correlação direta, ou seja, quando são considerados os valores de temperatura de um determinado mês com a incidência de dengue ocorrida neste mesmo mês (13 municípios). A região oeste do Estado apresenta maior número de municípios com esta característica.

A maior parte dos municípios analisados apresenta correlação positiva entre as anomalias de **temperatura máxima (média mensal)** e taxa de incidência de dengue, sendo que o maior número de municípios com valores significativos positivos (para nível de significância de 90%) ocorre com defasagem de 3 meses, ou seja, quando são considerados os valores de temperatura de um determinado mês com a incidência de dengue ocorrida após 3 meses (Figura 24). Os municípios com correlação significativa positiva se concentram nas regiões leste, centro e litoral sul do Estado. O maior número de municípios com correlação significativa negativa ocorre quando consideramos correlação com 1 mês de defasagem (16 municípios). Não é possível identificar região com maior número de municípios. O padrão verificado se aproxima daquele encontrado nas temperaturas máximas absolutas, reforçando a relação positiva com temperaturas elevadas no verão.

Figura 23 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura mínima absoluta.

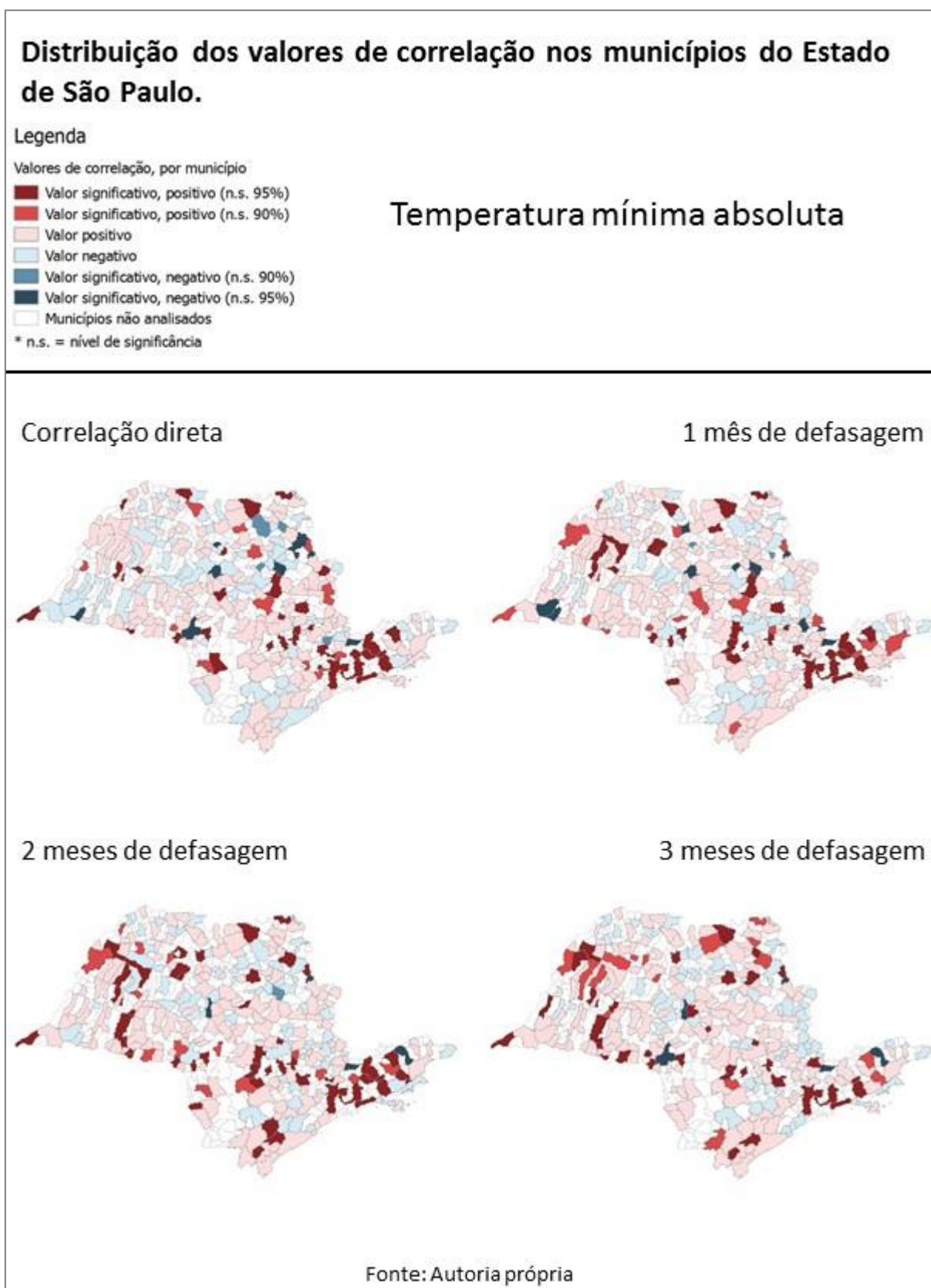
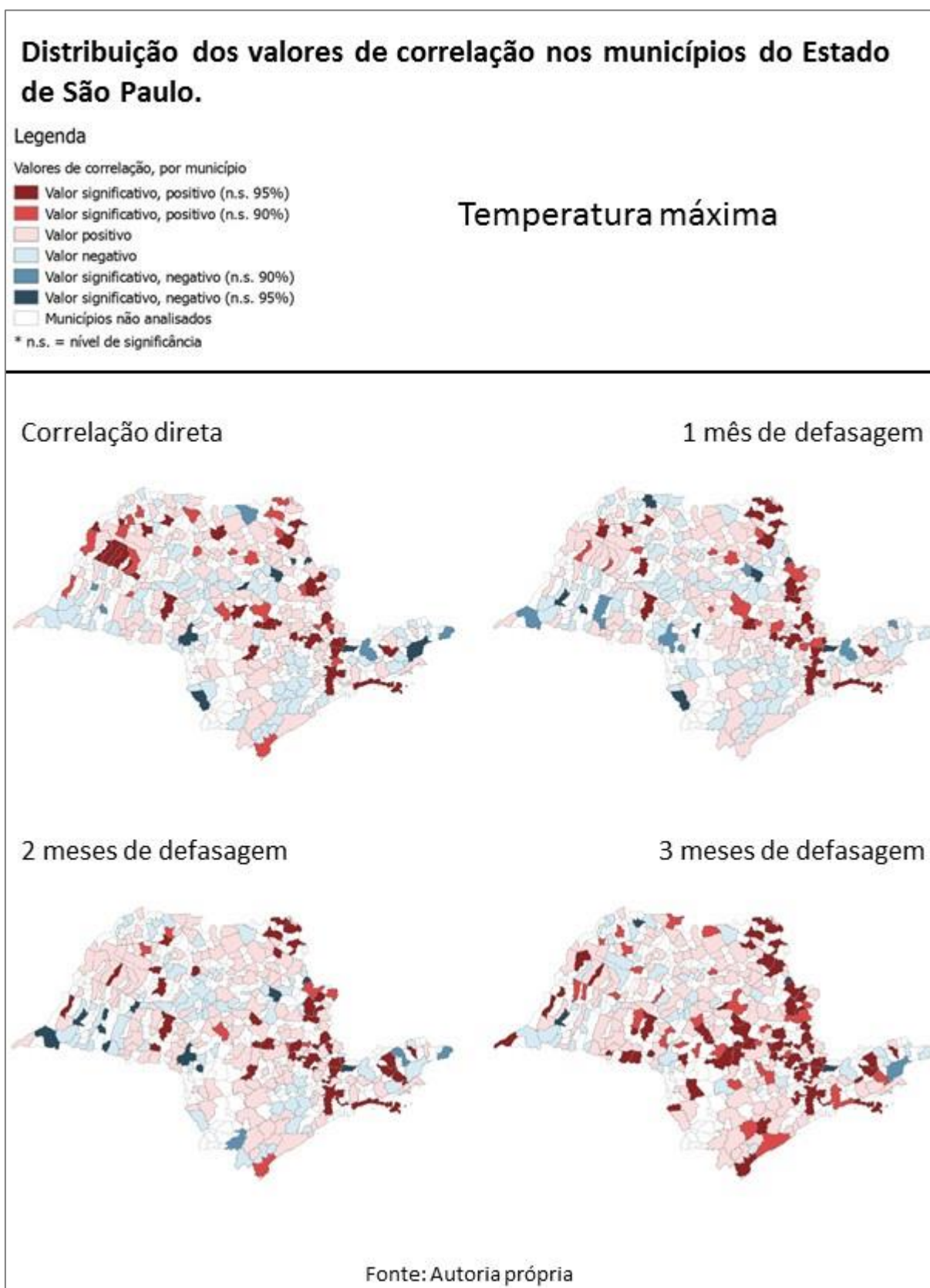


Figura 24 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura máxima (média).



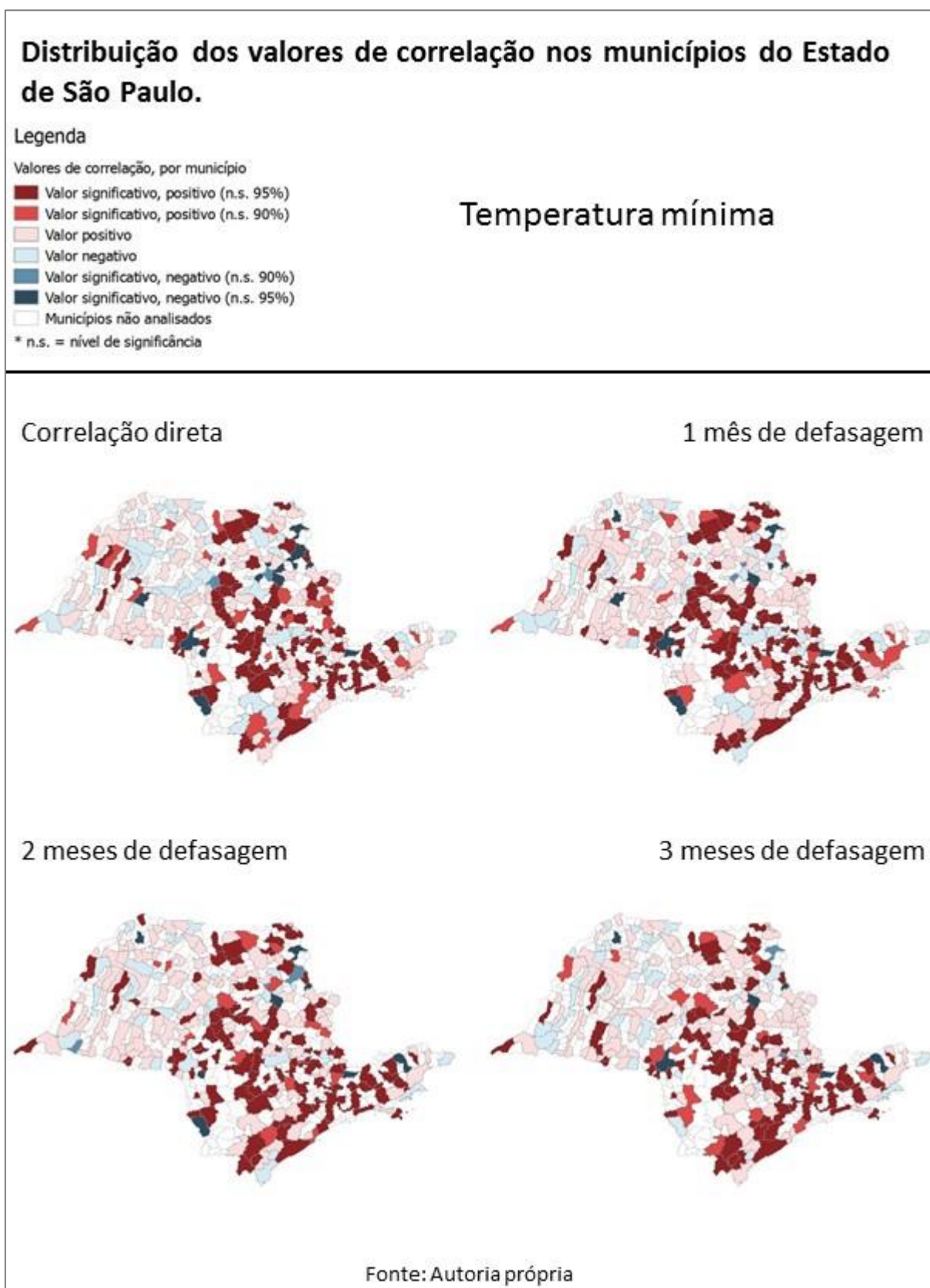
Vários estudos verificaram associação entre esta variável e casos de dengue. O efeito da temperatura máxima (média mensal) com defasagem pode ser explicado pela ação desta no ciclo de vida do mosquito e na transmissão da doença. BICALHO, SÁFADI e CHARRET (2014) identificou correlação negativa para a variável no município de Cuiabá - MT, com uma defasagem de 4 meses, e correlação positiva para Larvas - MG, com atraso de 4 meses. Esta diferença foi associada à grande variabilidade climática entre as duas cidades. A associação positiva entre casos de dengue e temperatura máxima também foi identificada por PHUNG, CUNRUIHUANG, *et al.*, (2015) em Can Tho, Vietnã e XU, STIGE, *et al.*, (2016), em Guangzhou, no sul da China. BANU, HU, *et al.*, (2013) identificou esta variável como um dos principais determinantes da transmissão de dengue, junto com umidade, com defasagem de 2 meses. POLWIANG (2016) também encontra associação entre temperatura máxima e casos de dengue em Cingapura, com defasagem de 4 meses, porém ressalta que o fator clima não é obviamente visto na região pois a temperatura é quase a mesma para todos os meses.

Foram identificados valores de correlação positivos entre as anomalias das variáveis de **temperatura mínima (média mensal)** e taxa de incidência de dengue na maior parte dos municípios analisados (Figura 25), sendo que, para a defasagem de 2 meses, o número de municípios significativos foi maior (para nível de significância de 90%). A faixa leste do Estado possui maior número de municípios com esta característica. Apesar do destaque da defasagem de 2 meses, nota-se que a correlação é forte em todo período analisado. O que sugere que a queda da temperatura mínima pode se associar a redução do número de casos de dengue.

O maior número de municípios com correlação significativa negativa ocorre quando consideramos correlação direta (15 municípios). Não é possível identificar região com maior número de municípios.

A correlação positiva com a temperatura mínima também foi verificada no Caribe (para o período de defasagem de 5 a 18 semanas) e em Taiwan (com defasagem de 5 semanas) (CHIEN e YU, 2014; GHARBI, QUENEL, *et al.*, 2011). No México o efeito desta variável não foi identificado para temperaturas abaixo de 5°C, porém, houve correlação positiva para valores acima de 18°C (COLÓN-GONZÁLEZ, FEZZI, *et al.*, 2013).

Figura 25 - Distribuição dos valores de correlação para a variável temperatura mínima (média).

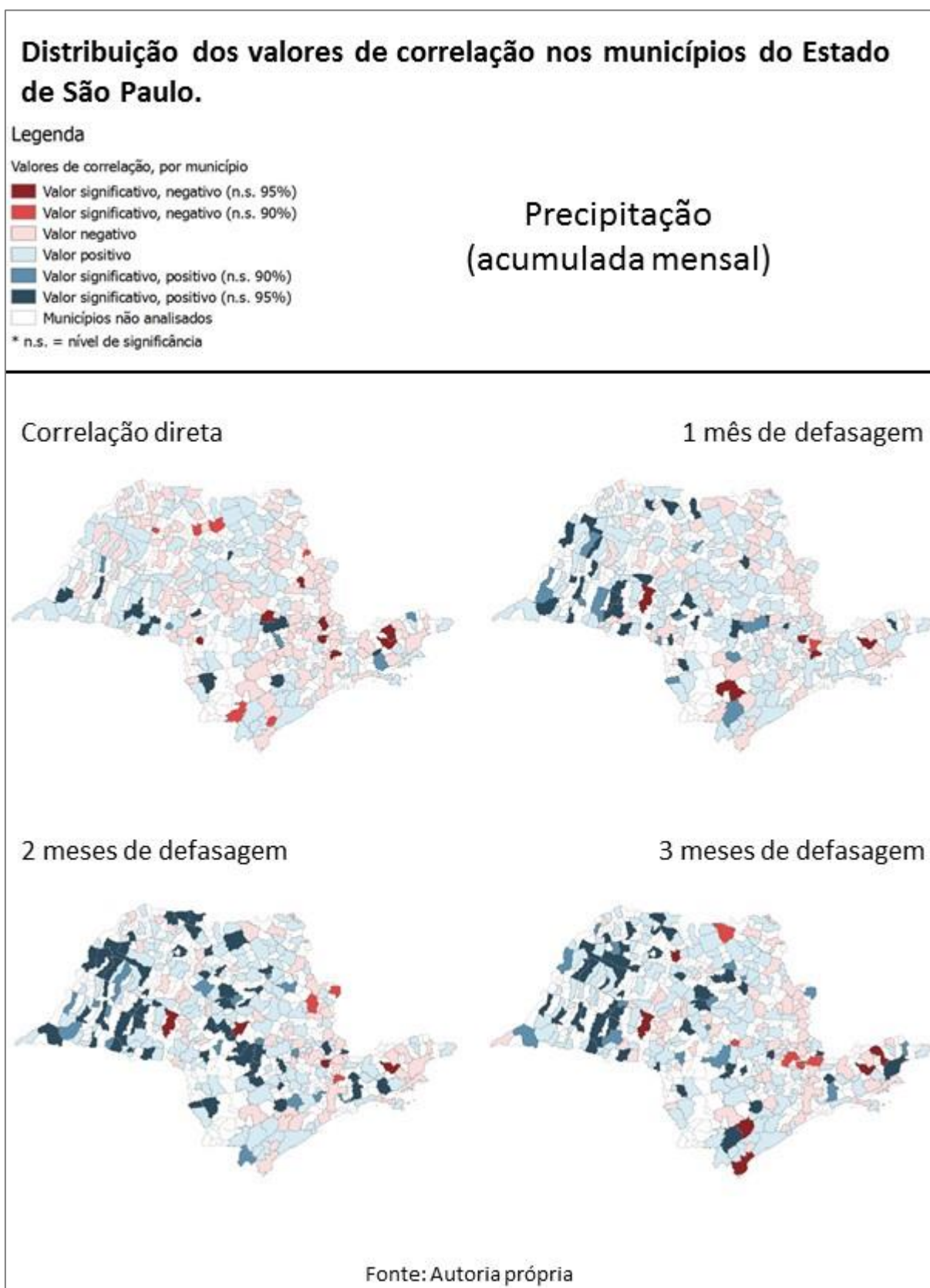


As incidências de dengue correlacionaram-se positivamente com a temperatura mínima média, com defasagem de 1 mês em Guangzhou na China (WANG, JIANG, *et al.*, 2014). Em um estudo realizado por CHOI, TANG, *et al.* (2016) em 3 províncias do Camboja, verificou-se que a temperatura mínima foi significativamente correlacionada com o número de casos de dengue, porém a defasagem variou entre as províncias.

Valores positivos de correlação foram identificados na análise de correlação entre as anomalias das variáveis de **precipitação (acumulada mensal)** e casos de dengue, na maioria dos municípios analisados (Figura 26, onde os maiores valores são indicados pela cor azul). O maior número de municípios com valores significativos, considerando o nível de significância de 90%, ocorre com 2 meses de defasagem e se concentra principalmente na região oeste, norte, nordeste, e central do Estado. Dentre estes municípios verificam-se alguns centros urbanos de importância econômica. Anualmente, esta região apresenta valores de precipitação baixos, se comparado a outras regiões do Estado de São Paulo. Além disso, a chuva não se distribui da mesma forma que na faixa leste do Estado. Maior número de municípios com correlação significativa negativa ocorre na correlação direta (13 municípios). Não há região que concentre maior número de municípios negativos em nenhuma das defasagens (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014).

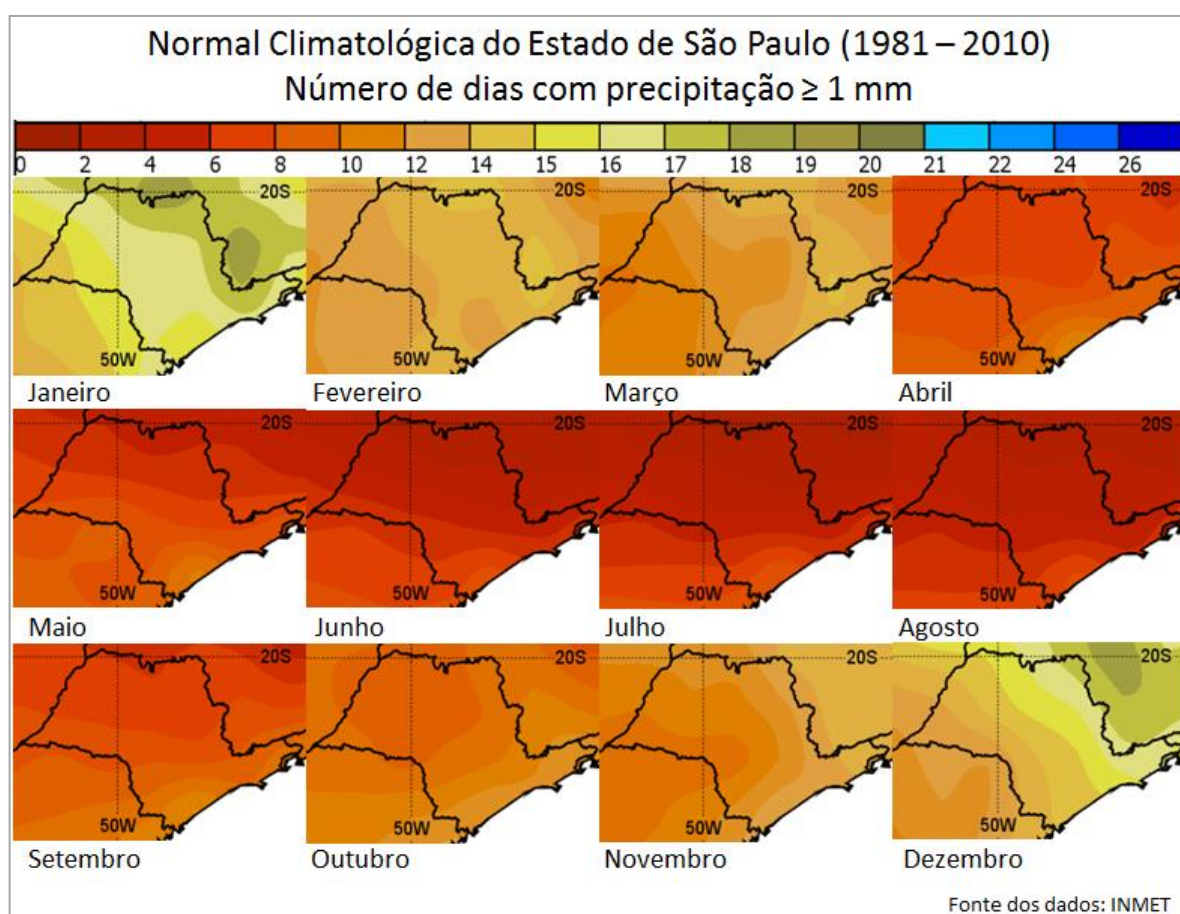
Áreas urbanas, em sua maioria, apresentam água disponível ao longo do ano, independente de chuvas, através da rede de abastecimento de água. A água disponível possibilita a criação de habitats de larvas do mosquito, abundantes na área urbana, como vasos ou jarros. Por outro lado, se há ineficiência no abastecimento de água a população pode sentir necessidade de armazená-la em suas residências, muitas vezes de maneira inadequada, também fornecendo meios de reprodução do mosquito (NETO, MONTEIRO, *et al.*, 2006; POLWIANG, 2016).

Figura 26 - Distribuição dos valores de correlação para a variável precipitação (acumulada mensal).



A correlação com a precipitação não foi tão forte como no caso das variáveis de temperatura. Isto pode ser parcialmente explicado pela forma como os dados de precipitação foram tratados (acumulado). Apesar de apresentar uma mesma sazonalidade de precipitação, o total de precipitação anual varia em algumas sub-regiões do Estado. Além disso, a forma como a precipitação se distribui é diferente. Isto pode contribuir de forma diferente no desenvolvimento da doença. O litoral do Estado apresenta faixa de alta precipitação pluviométrica e na região oeste o ar é mais seco, e a distribuição de precipitação é mais constante, variando de 1000 a 2000 mm (WOLFF, DUARTE e MINGOTI, 2014). Esta diferença na distribuição da chuva pode ser observada pela média do número de dias com chuva, para o período entre 1981 e 2010, disponibilizadas pelo INMET (Figura 27).

Figura 27 - Distribuição da chuva no Estado, considerando o número de dias com chuva de intensidade maior ou igual a 1mm.



Fonte: (INMET, 2017)

Eventos intensos de chuva podem transbordar recipientes, retirando larvas e pupas das condições necessárias para seu desenvolvimento e impedindo que formas imaturas se tornem adultas, afetando assim a transmissão da dengue (POLWIANG, 2016). Isto também foi estudado por COLÓN-GONZÁLEZ, FEZZI, *et al.* (2013), que verificou que a incidência de dengue crescia com o aumento da precipitação, porém este efeito diminuía para precipitação média mensal acima de 550mm.

PHUNG, CUNRUIHUANG, *et al.* (2015), XU, STIGE, *et al.* (2016) e CHOI, TANG, *et al.* (2016) observaram associação positiva significativa entre os casos de dengue e a precipitação. A precariedade nos serviços de coleta de lixo e descarte inadequado de materiais não biodegradáveis capazes de acumular água de chuva, favorecem o desenvolvimento e proliferação do mosquito transmissor (NETO, MONTEIRO, *et al.*, 2006).

Estudos que identificaram correlação positiva entre precipitação e a incidência de dengue apresentam diferentes defasagens. Em João Pessoa, SILVA, SILVA, *et al.* (2015) observou correlação direta entre casos de dengue e precipitação. Buscando criar um sistema de alerta precoce para epidemias de dengue no Brasil, LOWE, BAILEY, *et al.* (2011) identificou correlação positiva entre as variáveis de precipitação e incidência de dengue, com defasagem de 1 mês.

Um padrão semelhante ao encontrado em nosso trabalho foi demonstrado em estudos realizados no sul da China, no Rio de Janeiro (Brasil), em Bangkok na Tailândia e Singapura (GOMES, NOBRE e CRUZ, 2012; GU, LEUNG, *et al.*, 2016; POLWIANG, 2016). Correlações com defasagem de 3 e 4 meses foram observadas no sul de Taiwan e em João Pessoa, Paraíba, respectivamente (CHEN, LIAO, *et al.*, 2010; SILVA, SANTOS, *et al.*, 2016). GHARBI, QUENEL, *et al.*, (2011) não encontrou associação significativa em Guadalupe (Caribe).

A precipitação é muito sensível a características locais, como o relevo, vegetação, continentalidade e sistemas atmosféricos transientes, o que pode explicar a variabilidade dos resultados verificados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dengue é um sério problema de saúde pública, especialmente em países tropicais, onde as condições ambientais favorecem o desenvolvimento do principal mosquito vetor, o *Aedes aegypti* (BRASIL, 2002).

Através da análise da distribuição espacial dos casos de dengue foi possível identificar um processo crescente no número de casos até o ano de 2007 e um novo padrão que começa em 2010 e que tem auge em 2015. Os anos mais afetados (2007, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016) demonstram que houve aumento na intensidade das epidemias e nas áreas afetadas. As regiões oeste e leste (criando uma faixa transversal ao formato do Estado) concentram um grande número de casos de dengue. A distribuição da taxa de incidência de dengue demonstrou que houve aumento no impacto das epidemias de dengue nos municípios, principalmente nas regiões norte, noroeste e litoral do Estado, inclusive em anos interepidêmicos.

Foi possível identificar, analisando a distribuição espacial dos dados tratados de Infestação Predial cedidos pela SUCEN, que a infestação pelo mosquito da dengue ocorreu no sentido interior – litoral e não esteve diretamente associada a presença de casos da doença nos municípios.

Com a finalidade de investigar o grau de relação entre as variáveis climáticas e as taxas de incidência de dengue, foi realizada análise de correlação simples, entre as anomalias mensais padronizadas destas variáveis, considerando até 3 meses de defasagem.

De um modo geral, as variáveis de temperatura apresentam maior influência na faixa leste do Estado, com valores de correlação positivos. Em relação a defasagem, as variáveis de temperatura máxima absoluta e temperatura máxima (média mensal), apresentam maior número de municípios com valores significativos com 3 meses de defasagem. Para temperatura mínima absoluta e temperatura mínima (média mensal) a defasagem de 2 meses apresenta maior número de municípios significativos, sendo que a temperatura mínima (média mensal) apresentou o maior número de municípios com valores de correlação positiva significativa dentre todas as variáveis climáticas analisadas. Não foi possível identificar região mais afetada.

Os resultados da análise de correlação para a variável de precipitação acumulada mostram que nas faixas oeste, norte e central do Estado sofrem maior influência. Os valores de correlação são positivos e a defasagem de 2 meses apresenta maior número de municípios significativos.

A análise de correlação só consegue detectar sinal significativo caso haja variabilidade. Regiões com pouca variabilidade de temperatura e precipitação anual podem necessitar de outra metodologia para identificar esta relação. Municípios localizados na região litorânea do Estado possuem pouca variabilidade de temperatura, porém, grande variabilidade em relação à precipitação.

Apesar de fatores climáticos influenciarem na ocorrência de epidemias nos municípios do Estado analisados, este fator fornece apenas uma explicação parcial para a distribuição da doença.

As variáveis de temperatura máxima absoluta (que ocorre no momento mais quente do dia, normalmente próximo ao meio dia) e a temperatura mínima absoluta (que ocorre no momento mais frio do dia, normalmente de madrugada), por representar somente o valor de um dia extremo no mês, pode não ser suficiente para afetar de forma significativa a ocorrência de dengue, pois depende da duração e intensidade, o que não foi abordado neste estudo. Neste sentido. As médias mensais podem ser mais bem representadas através das variáveis de temperatura média máxima e mínima, já que a estabilidade em certa temperatura pode afetar mais o ciclo de vida do mosquito e transmissão do vírus do que eventos isolados.

Salienta-se que a análise de correlação simples é capaz de identificar relação entre séries de dados que possuam variabilidade. O método estatístico adotado apresenta limitações, pois caso os dados possuam baixa variabilidade, a relação não será detectada.

Além disso, o mosquito vetor da dengue é adaptado a áreas urbanas e os dados utilizados foram coletados de estações meteorológicas que não necessariamente se encontram nesta área. Como há diferença entre valores de variáveis meteorológicas de áreas urbanas e rurais, uma maior exatidão nos valores meteorológicos relacionados a casos de dengue podem ser obtidos utilizando estações localizadas em áreas urbanas.

Os resultados confirmam que, apesar de diversos fatores afetarem o número de casos de dengue, como apresentado na bibliografia, as variáveis climáticas

também exercem importante influência. Outros estudos podem contribuir para compreender a interação entre as variáveis considerando o município como unidade de análise.

Para futuras pesquisas, sugerimos ainda o estudo da relação entre as epidemias de dengue e a variável de precipitação considerando o número de dias com chuva.

5. REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO, S. D. M. A. Estações meteorológicas para o estado de SP. **Pesquisa**, 2017. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=SP>>. Acesso em: jan - dez 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Piracicaba, v. 22, n. 6, p. 711–728, January 2014. ISSN 0941-2948.
- ANA, A. N. D. Á. Hidroweb. **Séries Históricas de Estações**, 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: fev - dez 2017.
- BANU, S. et al. Dengue transmission in the Asia-Pacific region: impact of climate change and socio-environmental factors. **Tropical Medicine and International Health**, Brisbane, v. 16, n. 5, p. 598–607, may 2011. ISSN 1365-3156.
- BANU, S. et al. Projecting the impact of climate change on dengue transmission in Dhaka, Bangladesh. **Environment International**, Brisbane, v. 63, p. 137–142, november 2013. ISSN 1873-6750.
- BARCELLOS, C.; LOWE, R. Expansion of the dengue transmission area in Brazil: the role of climate and cities. **Tropical Medicine and International Health**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 159–168, february 2014. ISSN 1365-3156.
- BASU, R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. **Environmental Health**, California, v. 8, n. 40, p. 1 -13, set 2009.
- BATISTELLA, C. et al. **O território e o processo saúde-doença**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2007.
- BESERRA, E. B. et al. Ciclo de vida de Aedes (Stegomyia) aegypti (Diptera, Culicidae) em águas com diferentes características. **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 99, n. 3, p. 281-285, setembro 2009. ISSN 0073-4721.
- BESERRA, E. B. et al. Efeitos da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e estimativas do número de gerações anuais de Aedes aegypti (Diptera, Culicidae). **Iheringia. Série Zoologia**, Campina Grande, v. 99, n. 2, p. 142-148, junho 2009. ISSN 1678-4766.
- BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, Oxford, v. 496, p. 504 - 507, abril 2013. ISSN 1754-2189.

BICALHO, C. C.; SÁFADI, T.; CHARRET, I. D. C. The influence of climatic factors on dengue epidemics in the cities Cuiabá (Mato Grosso State) and Lavras (Minas Gerais State), Brazil, using statistical methods. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 308-322, 2014. ISSN 1980-4245.

BRASIL. Decreto nº 49.974-A de 21 de janeiro de 1961. **Departamento de Imprensa/Diário Oficial da União**, 1961.

BRASIL et al. **Guia de vigilância epidemiológica**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância. Brasília, p. 17 - 18. 2009. (978-85-334-1632-1).

BRASIL et al. Dengue : diagnóstico e manejo clínico : adulto e criança. **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**, Brasília, 2016. 1 - 58.

BRASIL, I. I. B. D. G. E. E. **Nota Técnica - Estimativas da População dos Municípios Brasileiros com Data de Referência em 1º de Julho de 2014**. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, p. 18. 2014.

BRASIL, M. D. S. **Dengue: aspectos epidemiológicos, diagnóstico e tratamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília, p. 1 - 26. 2002.

BRASIL, M. D. S. **Levantamento Rápido de Índices para Aedes Aegypti (LIRAa) para vigilância entomológica do Aedes**. Secretaria de Vigilância em Saúde e Departamento de Vigilância das Doenças. Brasília, p. 84 p. 2013. (978-85-334-1999-5).

BRASIL, M. D. S.; CONASS, C. N. D. S. D. S. **Vigilância em Saúde**. Conselho Nacional de Secretários de Saúde, CONASS. Brasília, p. 18. 2007. (978-85-89545-16-3).

BRASIL, M. D. S.; SVS, S. D. V. E. S. **Boletim - Situação Epidemiológica da Dengue até Dezembro de 2006**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, p. 1 - 17. 2006.

BRASIL; MS, M. D. S. **Casos de Dengue. Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federadas. 1990 a 2016**. Ministério da Saúde. Brasília, p. 1-3. 2016.

BRASIL; MS, M. D. S. **Óbitos por Dengue. Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federadas 1990 a 2016**. Ministério da Saúde. Brasília, p. 1-6. 2016.

BURKE, D.S. Impacts of global climate change on infectious diseases. In: RELMAN, D. A.; HAMBURG, M. A.; R., E. **Global Climate Change and Extreme Weather Events. Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence:**

Workshop Summary. 1a. ed. Washington: National Academies Press, 2008. Cap. 1, p. 90-99.

CARMO, A. M. D. S. et al. Maintenance of demographic and hematological profiles in a long-lasting dengue fever outbreak: implications for management. **Infectious Diseases of Poverty**, São Bernardo Do Campo, v. 5, n. 84, p. 11, September 2016. ISSN 2049-9957.

CATÃO, R. D. C. **Dengue no Brasil**: abordagem geográfica na escala nacional. São Paulo: Cultura Acadêmica - UNESP, v. 1, 2012.

CAVALCANTI, I. F. D. A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CHEN, S.-C. et al. Lagged temperature effect with mosquito transmission potential explains dengue variability in southern Taiwan: Insights from a statistical analysis. **Science of the Total Environment**, Taichung, v. 408, p. 4069–4075, June 2010. ISSN 0048-9697.

CHIEN, L.-C.; YU, H.-L. Impact of meteorological factors on the spatiotemporal patterns of dengue fever incidence. **Environment International**, Taipei, v. 73, p. 46–56, July 2014. ISSN 1873-6750.

CHOI, Y. et al. Effects of weather factors on dengue fever incidence and implications for interventions in Cambodia. **BioMed Central Public Health**, Phnom Penh, v. 16, p. 1 - 7, 2016. ISSN 1471-2458.

CIIAGRO, C. I. D. I. A. CIIAGRO, 2017. Disponível em: <<http://www.ciiagro.org.br/>>. Acesso em: JAN-DEZ 2017.

COLÓN-GONZÁLEZ, F. J. et al. The Effects of Weather and Climate Change on Dengue. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, Norwich, v. 7, n. 11, p. 1 - 9, November 2013. ISSN 1935-2735.

COSTA, J. V.; DONALISIO, M. R.; SILVEIRA, L. V. D. A. Spatial distribution of dengue incidence and socio-environmental conditions in Campinas, São Paulo State, Brazil, 2007. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 8, p. 1522-1532, ago 2013. ISSN 1678-4464.

CUÉLLAR, A. C. **SPATIAL ANALYSIS APPLIED TO EPIDEMIOLOGY**. Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich”. Córdoba, p. 1 - 30. 2001.

CZERMAINSKI, A. B. C.; ZAT, D. A. **Comunicado Técnico 113 - 50 Anos de Informações Meteorológicas de Bento Gonçalves, RS – Análise Descritiva**. Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, p. 1 - 16. 2011. (1808-6802).

DRUCK, S. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.

DUQUE, J. E. et al. Dengue no Estado do Paraná, Brasil: distribuição temporal e espacial no período 1995-2007. **Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 113-122, agosto 2010. ISSN 0121-0807.

EBI, K. L.; NEALON, J. Dengue in a changing climate. **Environmental Research**, Seattle, v. 151, p. 115 - 123, July 2016. ISSN 0013-9351.

ENDY, T. P. et al. Epidemiology of Inapparent and Symptomatic Acute Dengue Virus Infection: A Prospective Study of Primary School Children in Kamphaeng Phet, Thailand. **American Journal of Epidemiology**, Bangkok, v. 156, n. 1, p. 40-51, July 2002. ISSN 0002-9262.

ESRI, E. S. R. I. I. **ESRI Shapefile Technical Description**. ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc. New York, p. 1 - 34. 1998.

FENNER, A.; SILVA, E. L. E.; GURGEL, H. D. C. **Mudança Climática e Saúde: um perfil do Brasil**. OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde ; Brasil, Ministério da Saúde. Brasília, p. 1 -48. 2009. (978-85-7967-007-7).

FERREIRA, A. C.; NETO, F. C.; MONDINI, A. Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. **Rev Saude Publica**, São José do Rio Preto, v. 52, n. 18, p. 1-10, março 2018. ISSN 1518-8787.

GHARBI, M. et al. Time series analysis of dengue incidence in Guadeloupe, French West Indies: Forecasting models using climate variables as predictors. **BMC Infectious Diseases**, Paris, v. 11, n. 166, p. 1 - 13, 2011. ISSN 1471-2334.

GOMES, A. F.; NOBRE, A. A.; CRUZ, O. G. Temporal analysis of the relationship between dengue and meteorological variables in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2009. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, p. 2189-2197, november 2012. ISSN 1678-4464.

GOUDIE, A. S. Desert dust and human health disorders. **Environment International**, Oxford, v. 63, p. 101-113, February 2014. ISSN 1873-6750.

GU, H. et al. Meteorological Factors for Dengue Fever Control and Prevention in South China. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, Guangzhou, v. 13, p. 1 - 12, August 2016. ISSN 1660-4601.

GUBLER, D. J. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. **Clinical Microbiology Reviews**, Fort Collins, v. 11, n. 3, p. 480 – 496, July 1998. ISSN 1098-6618.

HAGENLOCHER, M. et al. Implications of Spatial Scales and Reporting Units for the Spatial Modelling of Vulnerability to Vector-Borne Diseases. **Geospatial Innovation for Society**, Berlin, p. 197 - 206, July 2014. ISSN 978-3-7001-7652-7.

HAJAT, S. et al. Impact of High Temperatures on Mortality: Is There an Added Heat Wave Effect?. **Epidemiology**, v. 17, n. 6, p. 632-638, nov 2006. ISSN 1531-5487.

HUI, Y. L. et al. Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, Umea, v. 06, n. 11, p. 9, November 2012. ISSN 1935-2727.

IBGE, I. B. D. G. E. E. **Censo Demográfico, 2010 - Características da População e dos Domicílios**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. Rio de Janeiro, p. 1-270. 2011.

IBGE, I. B. D. G. E. E. IBGE Estados. **IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp>>. Acesso em: 20 maio 2017.

INMET, I. N. D. M. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: JAN - DEZ 2017.

IOC, I. O. C.; FIOCRUZ, F. O. C. Instituto Oswaldo Cruz. **FIOCRUZ**, 2011. ISSN 1981-7746. Disponível em: <<http://www.ioc.fiocruz.br/dengue/textos/oportunista.html>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Das geographische System der Klimate. **Handbuch der Klimatologie**., Berlin, v. 1, p. 1 - 44, 1936.

KUHN, K. et al. **Using climate to predict infectious disease epidemics**. WHO World Health Organization. Geneva, p. 1 -56. 2005. (92 4 159386 5).

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 2a. ed. São Paulo: Pearson - Prentice Hall, 2004.

LEFÈVRE, A. M. C. et al. Representações sobre dengue, seu vetor e ações de controle por moradores do Município de São Sebastião, Litoral Norte do Estado de

São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 7, p. 1696-1706, jul 2007. ISSN 1678-4464.

LIU-HELMERSSON, J. et al. Climate Change and Aedes Vectors: 21st Century Projections for Dengue Transmission in Europe. **EBioMedicine**, Umeå, 2 April 2016. 267–277.

LOWE, R. et al. Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: Towards an early warning system for dengue in Brazil. **Computers & Geosciences**, Rio de Janeiro, v. 37, p. 371–381, May 2011. ISSN 0098-3004.

MACHADO, J. P.; OLIVEIRA, R. M. D.; SOUZA-SANTOS, R. Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.. **Cad. Saúde Pública [online]**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 5, p. 1025-1034, mai 2009. ISSN 1678-4464.

MANEERAT, S.; DAUDÉ, E. A spatial agent-based simulation model of the dengue vector *Aedes aegypti* to explore its population dynamics in urban areas. **Ecological Modelling**, Mont Saint Aignan, 18 April 2016. 66 - 78.

MARIA SUELY SILVA MELO, F. R. B. M. D. C. N. C.; MORATO, V. C.; TEIXEIRA, M. G. Progressão da circulação do vírus do dengue no Estado da Bahia, 1994-2000. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Salvador, v. 43, n. 2, p. 139-144, mar-abr 2010. ISSN 1678-9849.

MARTINELLI, M. **Cartografia Temática: Caderno de Mapas**. 1. ed. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2003.

MARTINELLI, M. Clima do Estado de São Paulo. **Revista Franco Brasileira de Geografia - Confins [Online]**, São Paulo, 14 março 2010. 1 - 8.

MICHELOZZI, P. et al. High Temperature and Hospitalizations for Cardiovascular and Respiratory Causes in 12 European Cities. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, Rome, v. 179, n. 5, p. 1 - 7, mar 2009. ISSN 1073-449X.

MORIN, C. W. et al. Meteorologically Driven Simulations of Dengue Epidemics in San Juan, PR. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, Huntsville, v. 9, n. 8, p. 1 - 24, August 2015. ISSN 1935-2727.

NETO, F. C. et al. *Aedes albopictus* (S) na região de São José do Rio Preto, SP: estudo da sua infestação em área já ocupada pelo *Aedes aegypti* e discussão de seu papel como possível vetor de dengue e febre amarela. **Revista da Sociedade**

Brasileira de Medicina Tropical, São José do Rio Preto, v. 35, n. 4, p. 351-357, jul-ago 2002. ISSN 1678-9849.

NETO, V. S. G. et al. Conhecimentos e atitudes da população sobre dengue no Município de São Luís, Maranhão, Brasil, 2004. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 2191-2200, out 2006. ISSN 1678-4464.

OLIVEIRA, I. J. D.; NASCIMENTO, D. T. F. Mapas da Climatologia: bases teórico-metodológicas. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 7, p. 127 - 141, jan/jul 2011. ISSN 1679-768X.

PAHO, P. A. H. O.; WHO, W. H. O. **Number of Reported Cases of Dengue and Severe Dengue (SD) in the Americas, by Country: Figures for 2016 (to week noted by each country)**. Pan American Health Organization and World Health Organization. [S.l.], p. 1-3. 2016.

PASSOS, R. A. et al. Dominância de *Aedes aegypti* sobre *Aedes albopictus* no litoral sudeste do Brasil. **Rev Saúde Pública**, Taubaté, v. 37, n. 6, p. 729 - 734, Junho 2003. ISSN 1518-8787.

PHUNG, D. et al. Identification of the prediction model for dengue incidence in Can Tho city, a Mekong Delta area in Vietnam. **Acta Tropica**, Brisbane, v. 14, n. 1, p. 88–96, October 2015. ISSN 0001-706X.

POLWIANG, S. The correlation of climate factors on dengue transmission in urban area: Bangkok and Singapore cases. **PeerJ Preprints**, v. 2322, n. 1, p. 1 -8, july 2016.

RIBEIRO, A. F. et al. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Rev Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 671-6, Março 2006. ISSN 1518-8787.

ROHANI, A. et al. The effect of extrinsic incubation temperature on development of dengue serotype 2 and 4 viruses in *Aedes aegypti* (L.). **The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health**, Kuala Lumpur, v. 4, n. 5, p. 942 - 950, September 2009. ISSN 0125-1562.

SCANDAR, S. A. S. et al. Dengue em São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, Brasil, 1990 a 2005: fatores entomológicos, ambientais e socioeconômicos. **Boletim Epidemiológico Paulista - Bepa**, São Paulo, v. 7, n. 81, p. 4 -16, 2010.

SEMENZA, J. C. et al. Heat-Related Deaths during the July 1995 Heat Wave in Chicago. **The New England Journal of Medicine**, Atlanta, p. 84 - 90, july 1996.

SILVA, A. M. et al. Modelagem geoestatística dos casos de dengue e da variação termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. **Soc. & Natureza**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 157-169, março 2015. ISSN 0103 - 1570.

SILVA, F. D. et al. Relação temporal entre pluviosidade, temperatura e ocorrência de casos de dengue em São Luís, Maranhão, Brasil. **Relação temporal entre pluviosidade, temperatura e ocorrência de casos de dengue em São Luís, Maranhão, Brasil**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 641 - 646, Fevereiro 2016. ISSN 1678-4561.

SILVA, F. D. et al. Temporal relationship between rainfall, temperature and occurrence of dengue cases in São Luís, Maranhão, Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Luís, v. 21, n. 2, p. 641-646, 2016. ISSN 1678-4561.

SKABA, D. A. et al. Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 6, p. 1753-1756, nov-dez 2004. ISSN 1678-4464.

SMA/CPLA/DIA. Sistema Ambiental Paulista. **Modelo Digital de Elevação do Estado de São Paulo**, 2013. Disponível em: <http://s.ambiente.sp.gov.br/cpla/MDE_ESP_v2.rar>. Acesso em: 10 mar 2018.

SOUZA, S. S. D.; SILVA, I. G. D.; SILVA, H. H. G. D. Associação entre incidência de dengue, pluviosidade e densidade larvária de *Aedes aegypti*, no Estado de Goiás. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 152-155, mar-abr 2010. ISSN 1678-9849.

STODDARD, S. T. et al. House-to-house human movement drives dengue virus transmission. **Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS**, Princeton, v. 110, n. 3, p. 994–999, January 2013. ISSN 1091-6490.

TEIXEIRA, M. D. G. et al. Seleção da Doenças de Notificação Compulsória: Critérios e Recomendações para as Três Esferas do Governo. **Informe Epidemiológico do SUS**, Salvador, Mar 1998. 28.

TORRES, J. R. et al. Epidemiological Characteristics of Dengue Disease in Latin America and in the Caribbean: A Systematic Review of the Literature. **Journal of Tropical Medicine**, Coyoacán, 14 March 2017. 1 -18.

TRAN, H. P. et al. Low Entomological Impact of New Water Supply Infrastructure in Southern Vietnam, with Reference to Dengue Vectors. **Am J Trop Med Hyg.**, Queensland, v. 87, n. 4, p. 631–639, Oct 2012. ISSN 0002-9637.

VAREJÃO, J. B. M. et al. Criadouros de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) em bromélias nativas na Cidade de Vitória, ES. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Vitória, v. 38, n. 3, p. 238-240, mai-jun 2005. ISSN 1678-9849.

VIEIRA, G. S. D. S.; LIMA, S. D. C. Distribuição geográfica da dengue e índice de infestação de *Aedes Aegypti* em Uberlândia (MG) 2000 à 2002. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA [on line]**, Uberlândia, v. 11, n. 17, p. 107-122, fev 2006. ISSN 1678-6343.

WAGNER, M. B. Medindo a ocorrência da doença: prevalência ou incidência? **Jornal de Pediatria**, Porto Alegre, v. 74, p. 157 - 162, 1998. ISSN 1678-4782.

WALDMAN, E. A.; ROSA, T. E. D. C. **Vigilância em Saúde Pública**. INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA SAÚDE – IDS. São Paulo, p. 21-25. 1998. (98–4445).

WANG, C. et al. A Study of the Dengue Epidemic and Meteorological Factors in Guangzhou, China, by Using a Zero-Inflated Poisson Regression Model. **Asia-Pacific Journal of Public Health**, Shandong, v. 26, n. 1, p. 48 - 57, 2014. ISSN 1010-5395.

WHO, W. H. O. **A global brief on vector-borne diseases**. World Health Organization. Geneva, p. 9. 2014. (WHO/DCO/WHO/2014.1).

WHO, W. H. O. WHO Epidemiology. **World Health Organization**, 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/denguecontrol/epidemiology/en/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

WMO, W. M. O. Guide to Climatological Practices. 2a. ed. Genev - Switzerland: [s.n.], v. 100, 1983. p. 117.

WMO, W. M. O. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Washington, p. 6 - 8. 1989.

WOLFF, W.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R. Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 21-33, Out/Dez 2014. ISSN 2318-0331.

WU, P.-C. et al. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. **Science of the Total Environment**

- **Journal - Elsevier**, Tainan, v. 407, n. 7, p. 2224 – 2233, January 2009. ISSN 1879-1026.

WU, X. et al. Impact of global change on transmission of human infectious diseases. **Science China Earth Sciences**, Beijing , v. 57, n. 2, p. 189–203, February 2014. ISSN 18691897.

XU, L. et al. Climate variation drives dengue dynamics. **Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS**, Beijing, v. 14, n. 1, p. 113–118, September 2016. ISSN 1091-6490.

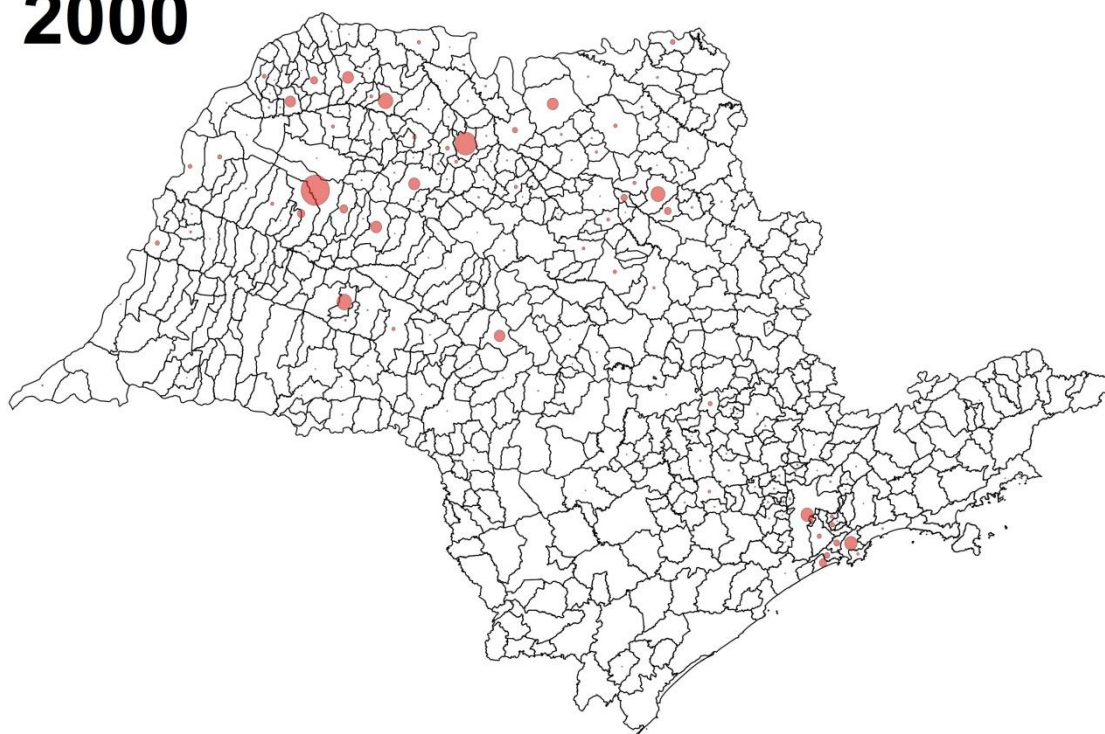
YAGUCHI, S. M. et al. Preenchimento de Falhas dos Dados Diários de Temperatura Máxima e Mínima do Ar. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1419 - 1425, set - dez 2016. ISSN 2179-460X.

YE, X. et al. Ambient Temperature and Morbidity: A Review of Epidemiological Evidence. **Environmental Health Perspectives**, Queensland, v. 120, n. 1, p. 19 - 28, January 2012. ISSN 1552-9924.

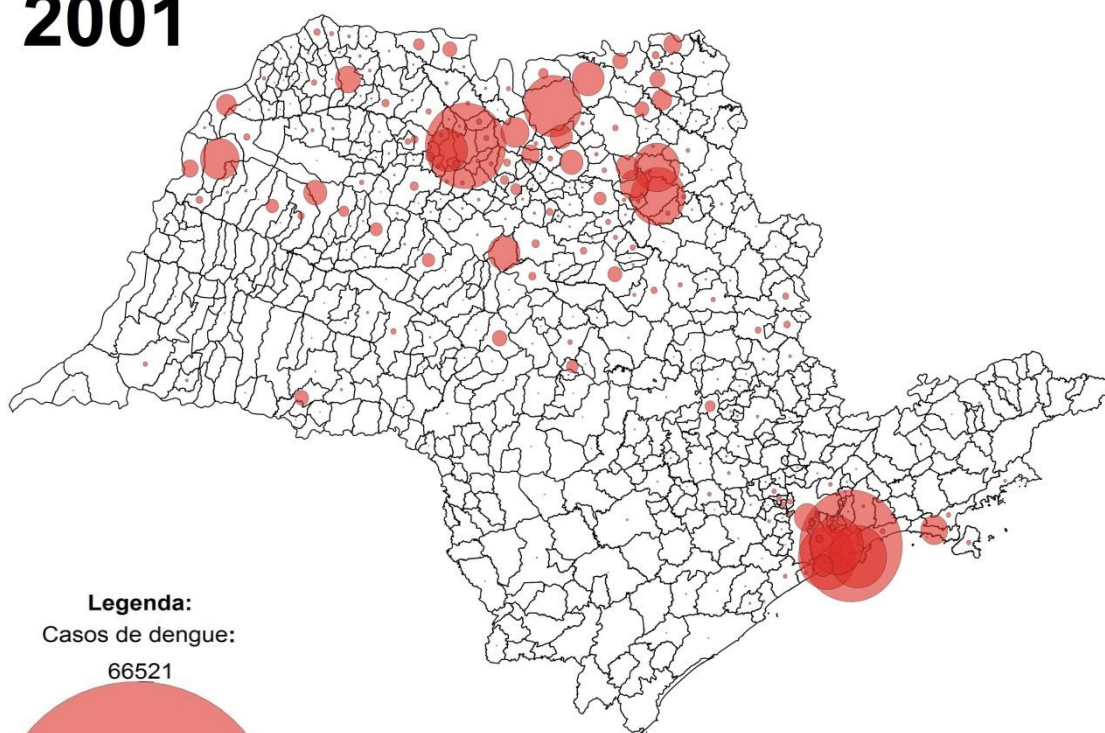
ANEXO 1

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CASOS DE DENGUE NO
ESTADO DE SÃO PAULO (2000 – 2016)**

2000



2001



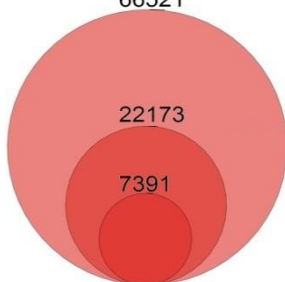
Legenda:

Casos de dengue:

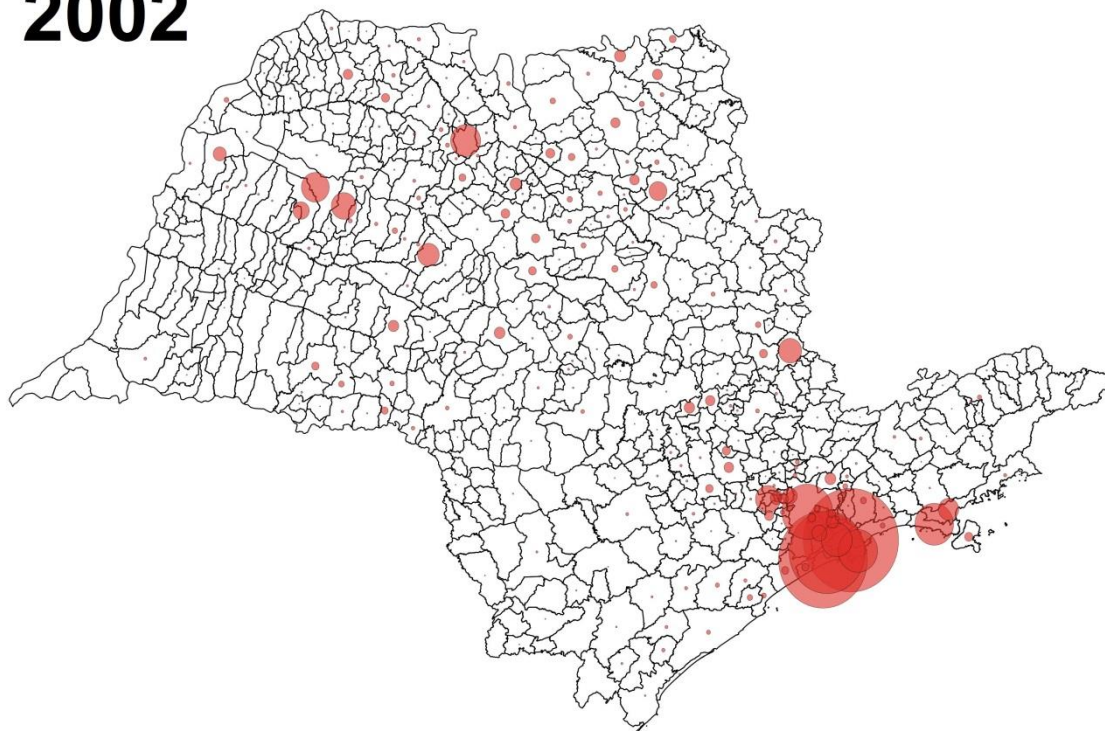
66521

22173

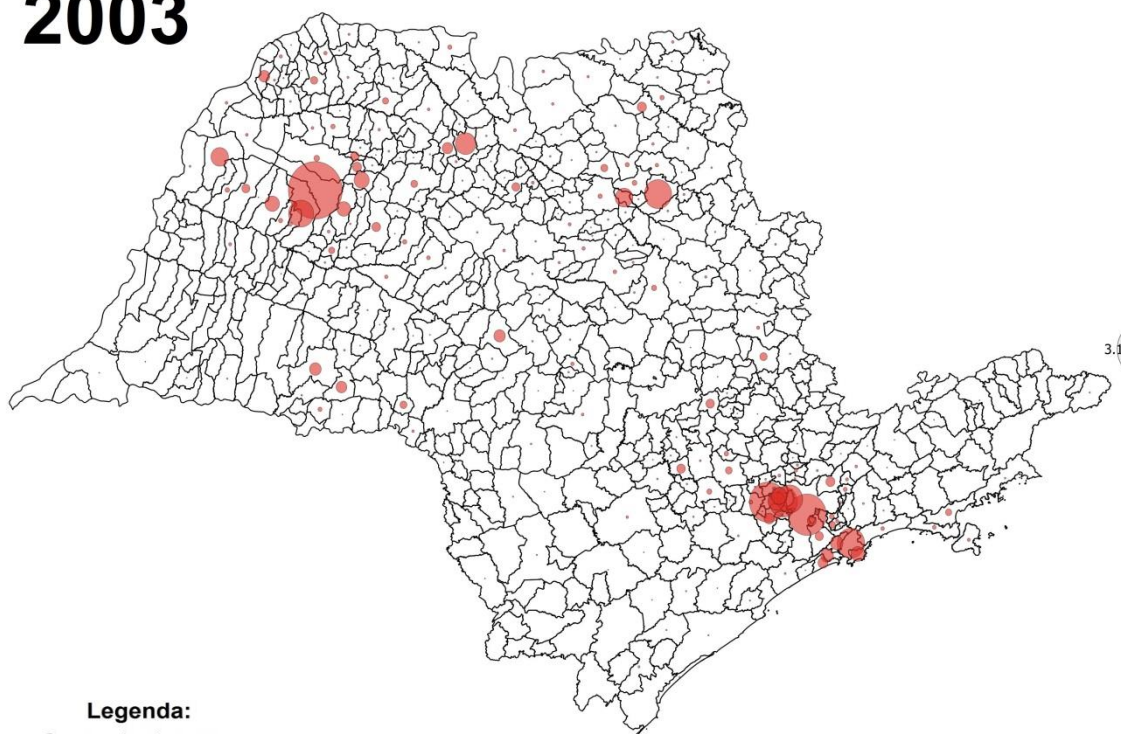
7391



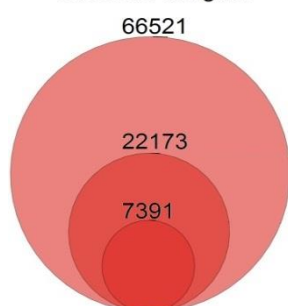
2002



2003



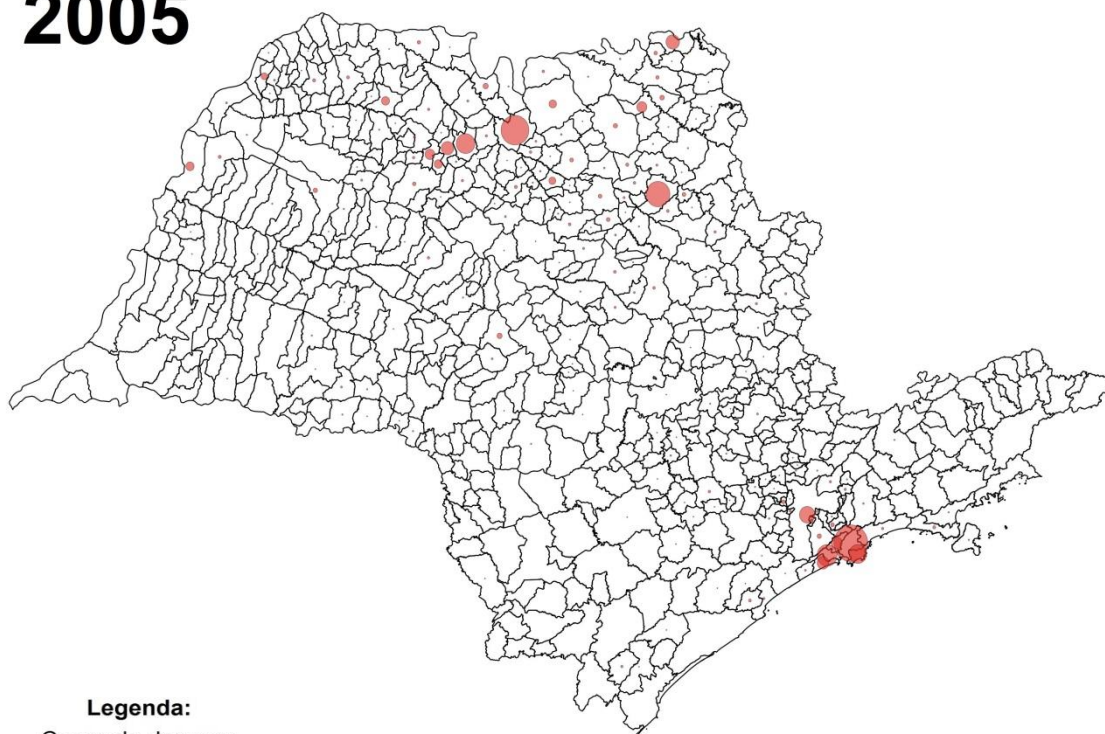
Legenda:
Casos de dengue:



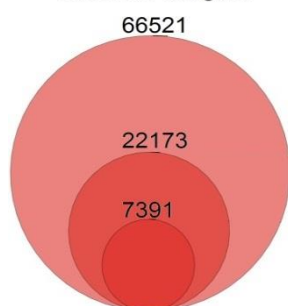
2004



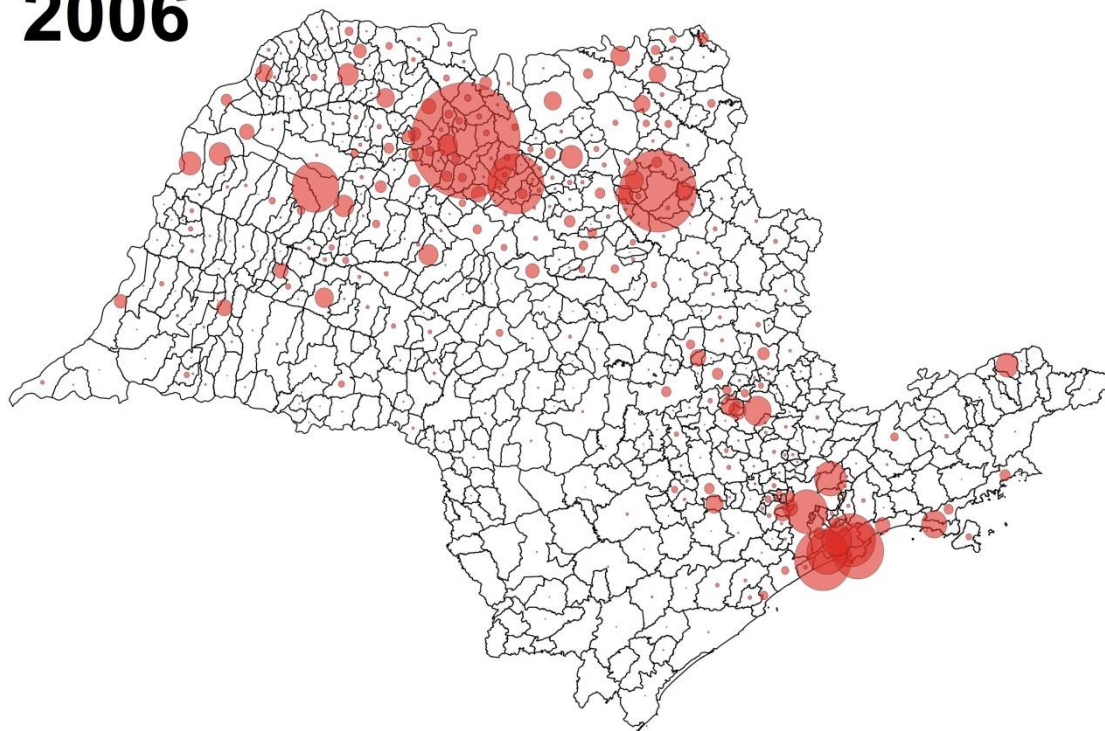
2005



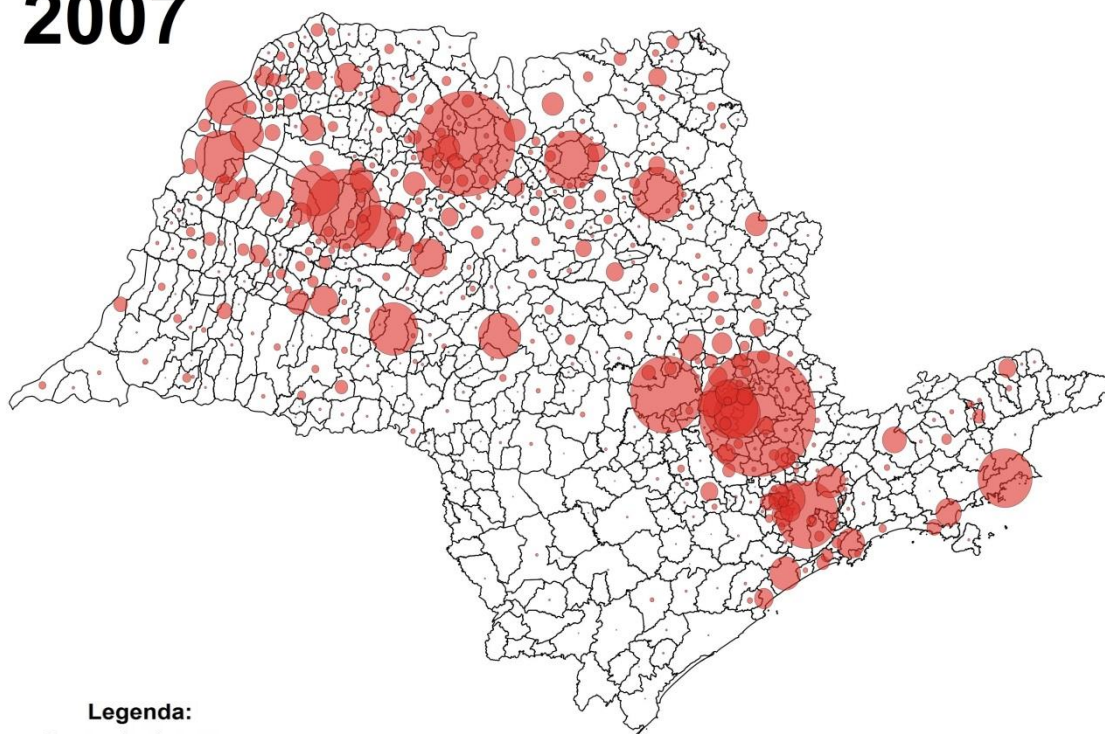
Legenda:
Casos de dengue:



2006



2007



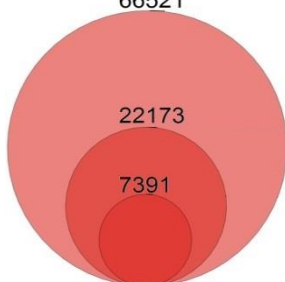
Legenda:

Casos de dengue:

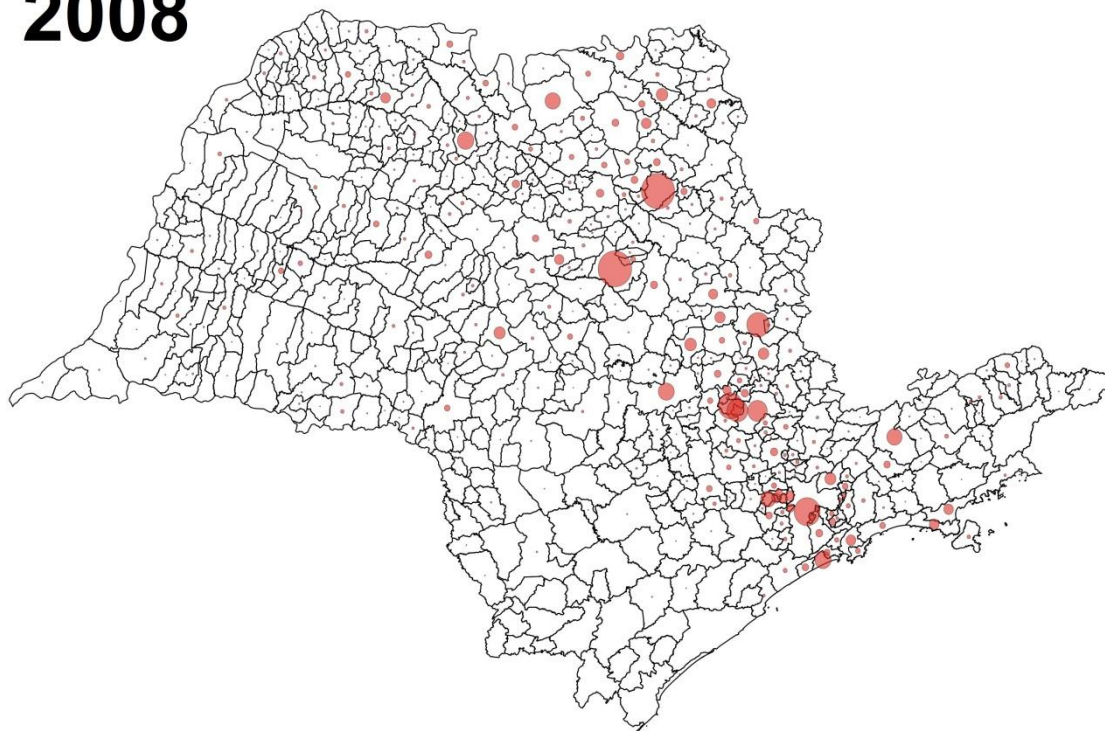
66521

22173

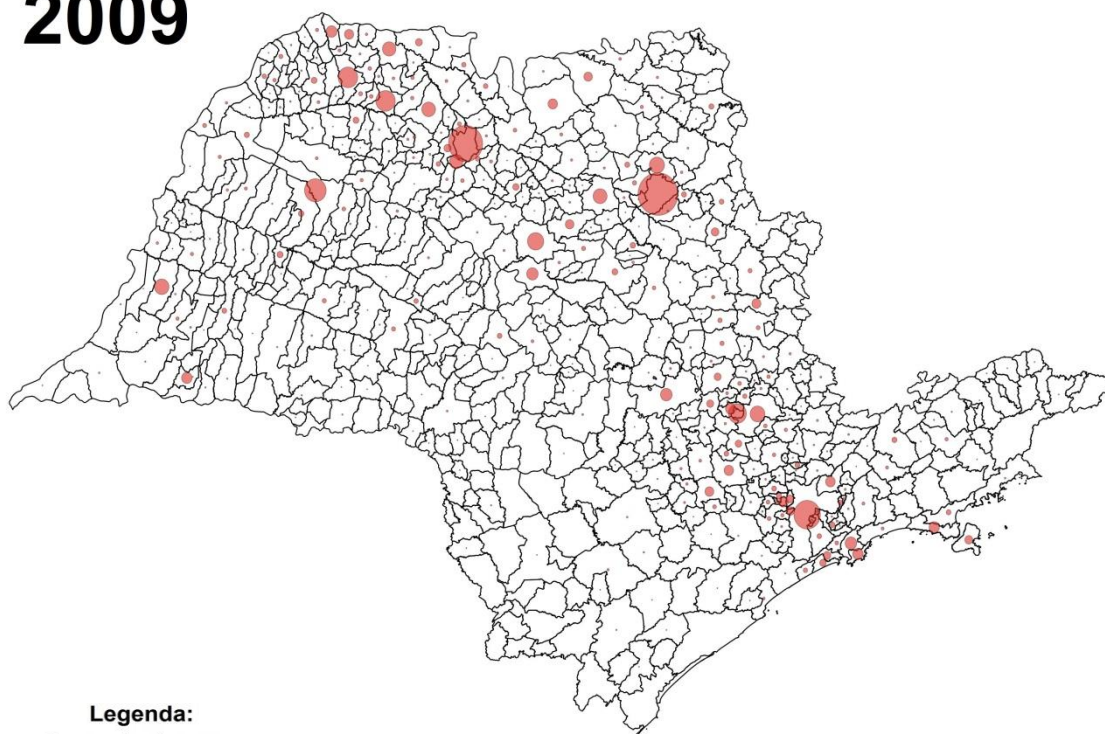
7391



2008



2009



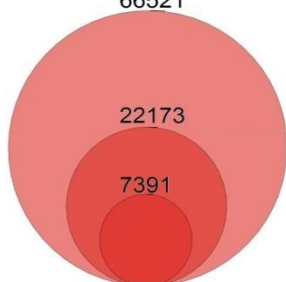
Legenda:

Casos de dengue:

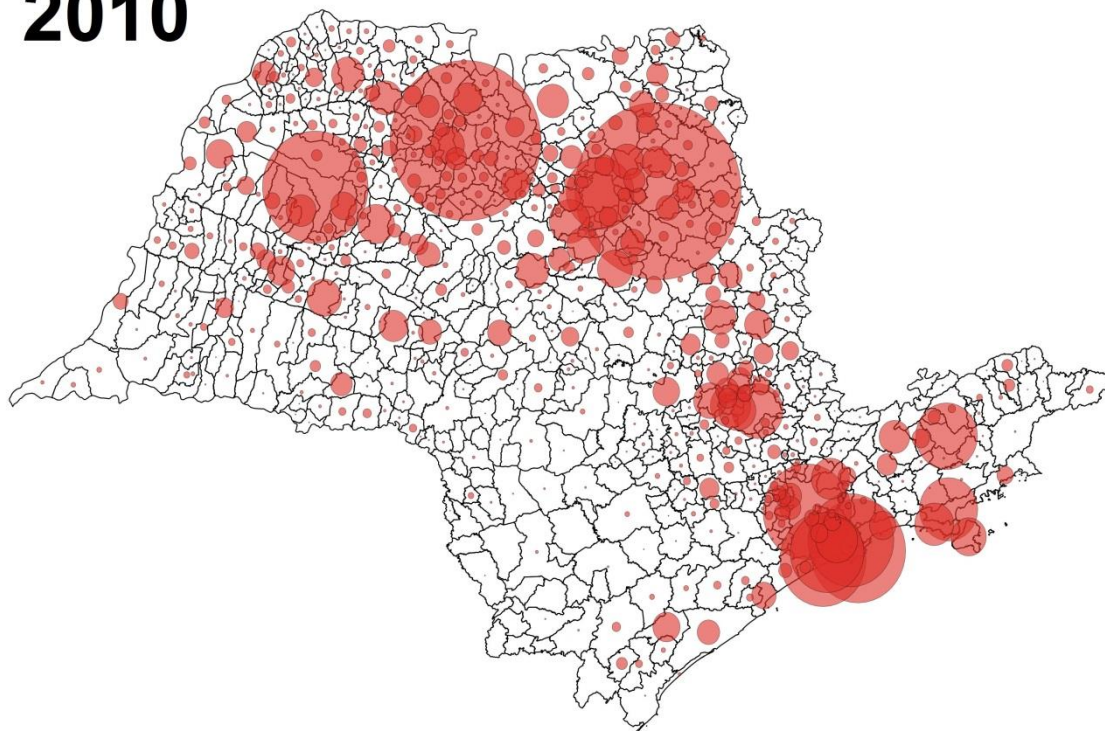
66521

22173

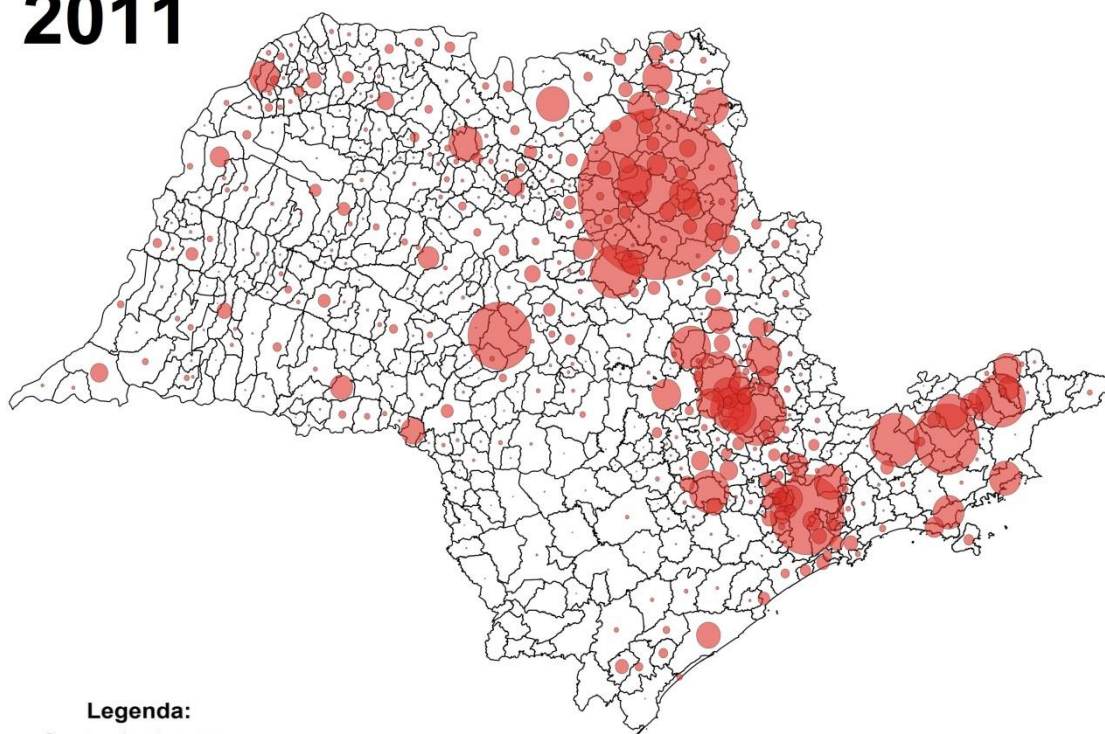
7391



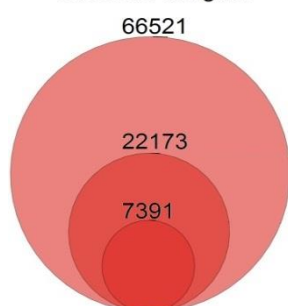
2010



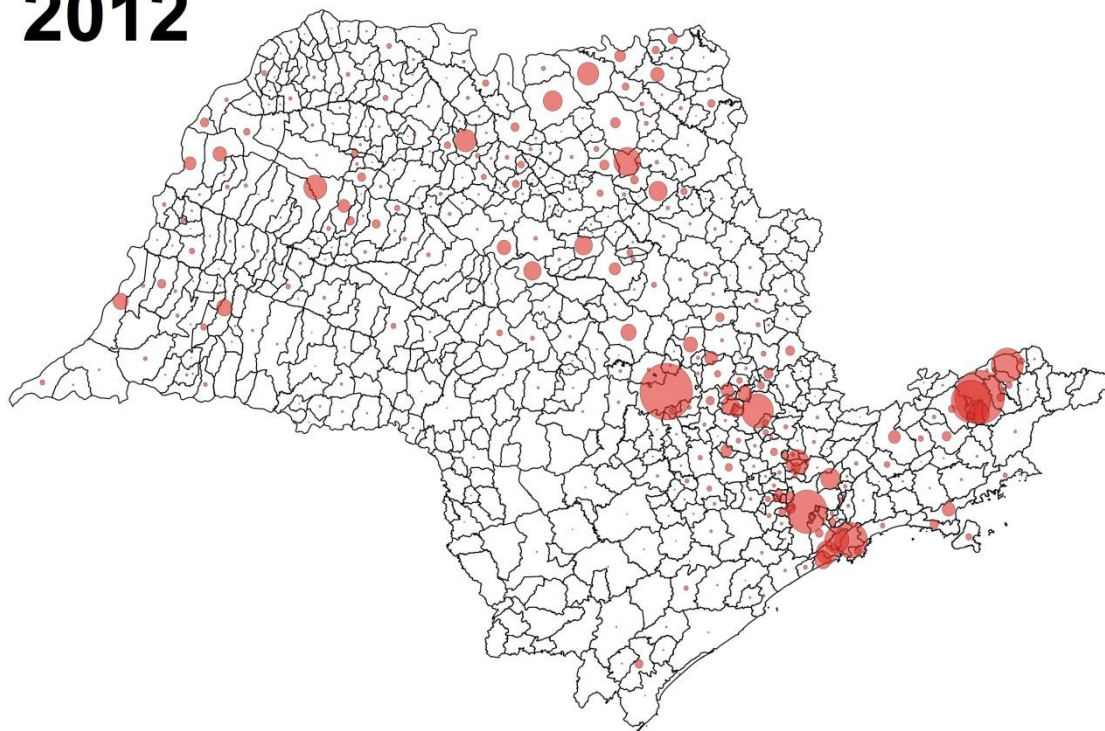
2011



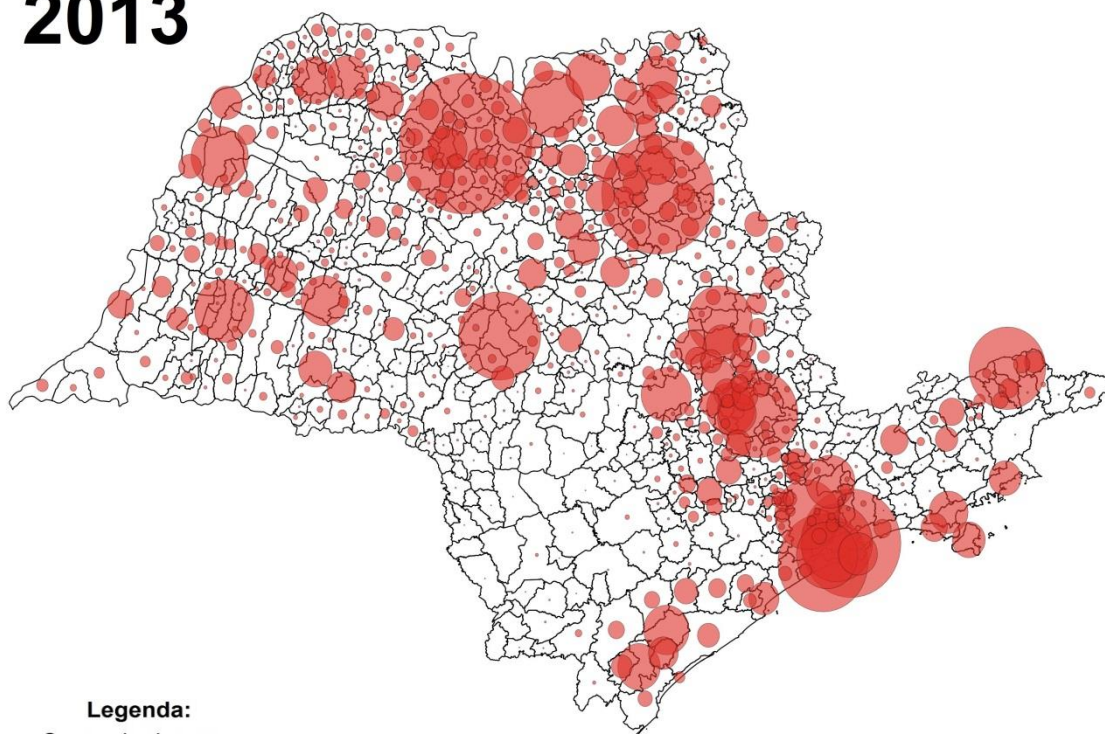
Legenda:
Casos de dengue:



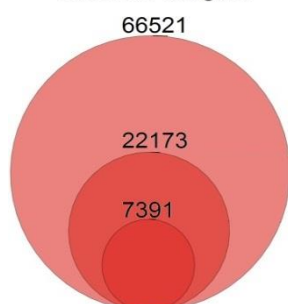
2012



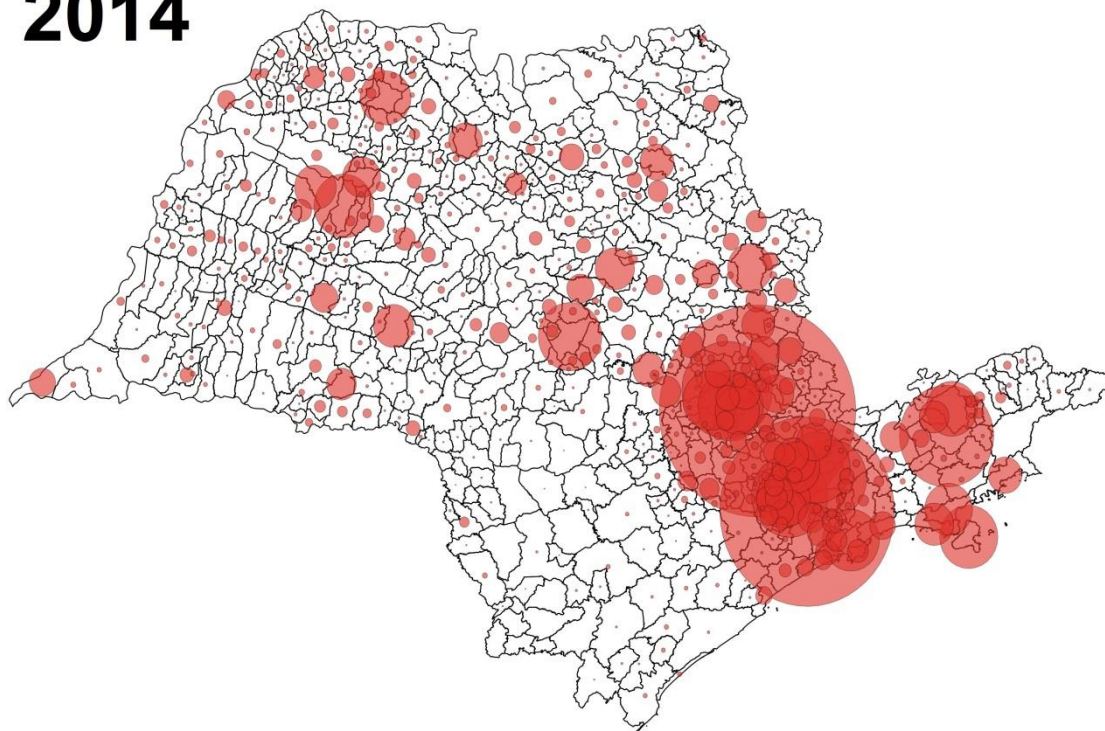
2013



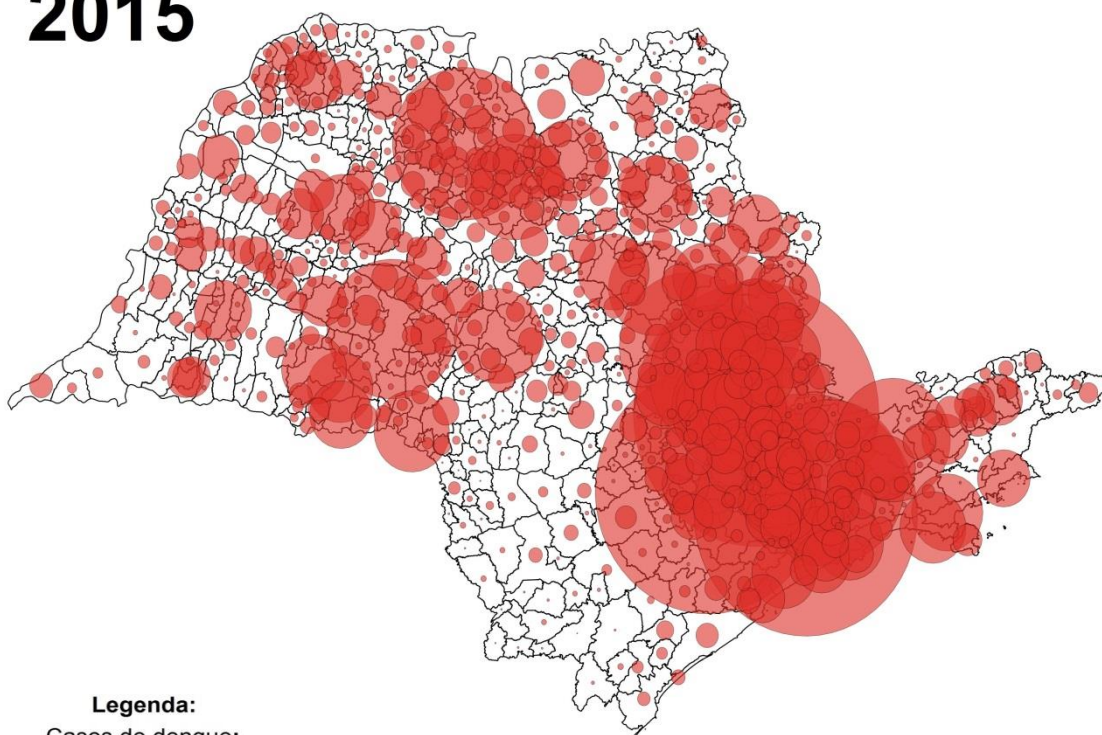
Legenda:
Casos de dengue:



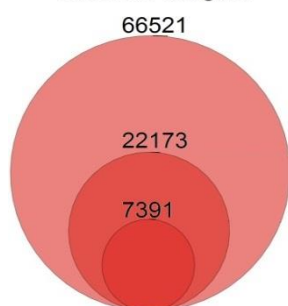
2014



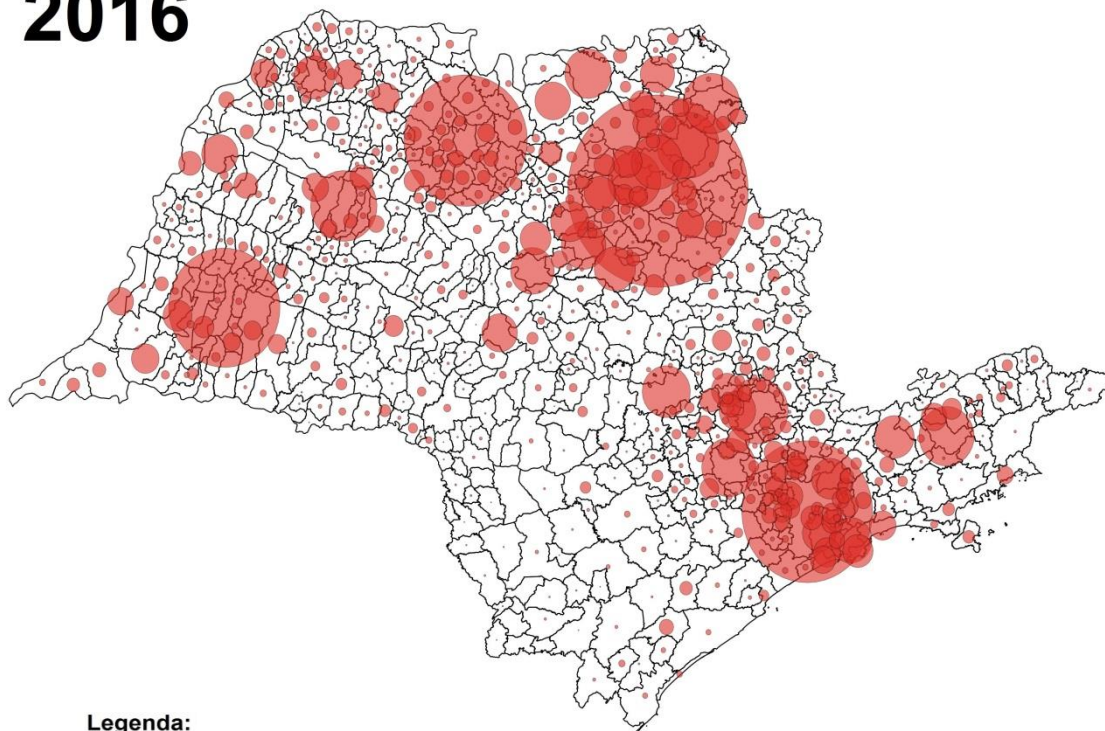
2015



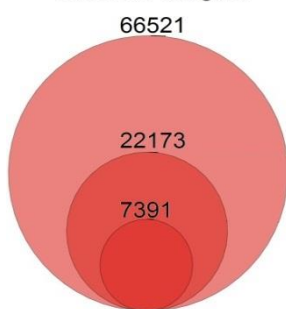
Legenda:
Casos de dengue:



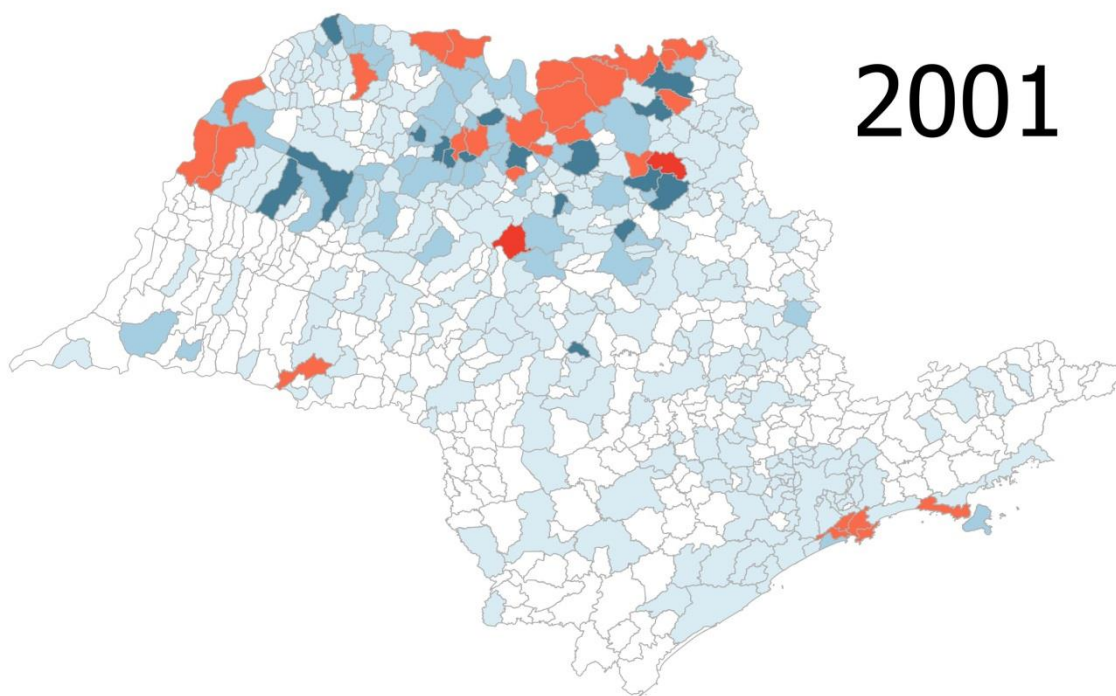
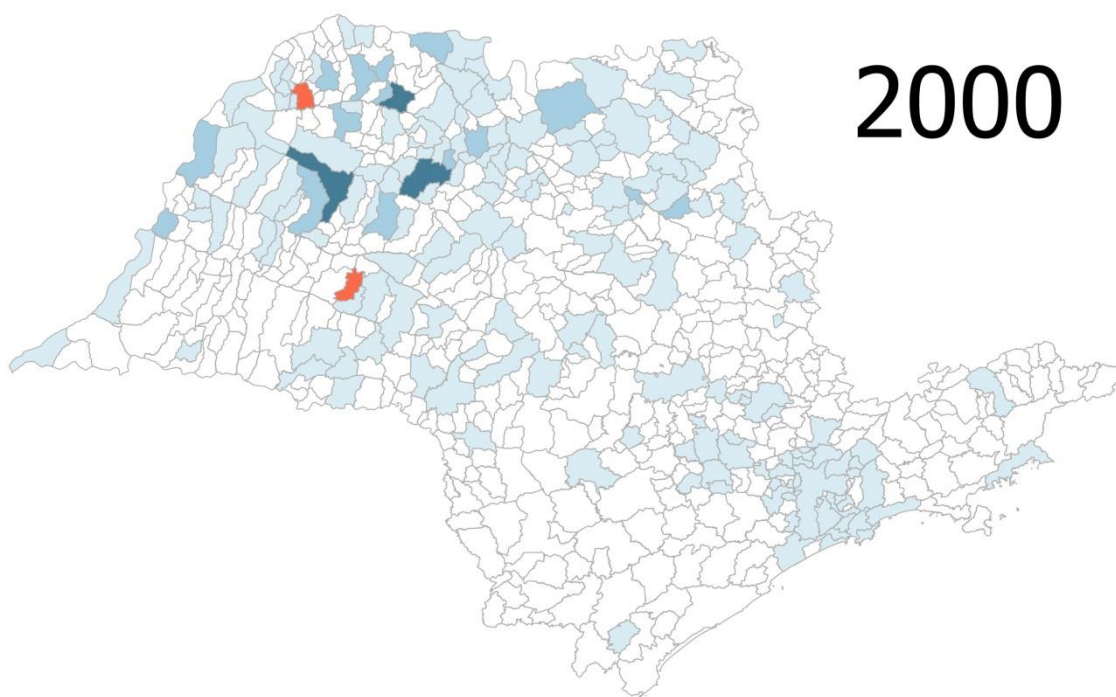
2016



Legenda:
Casos de dengue:



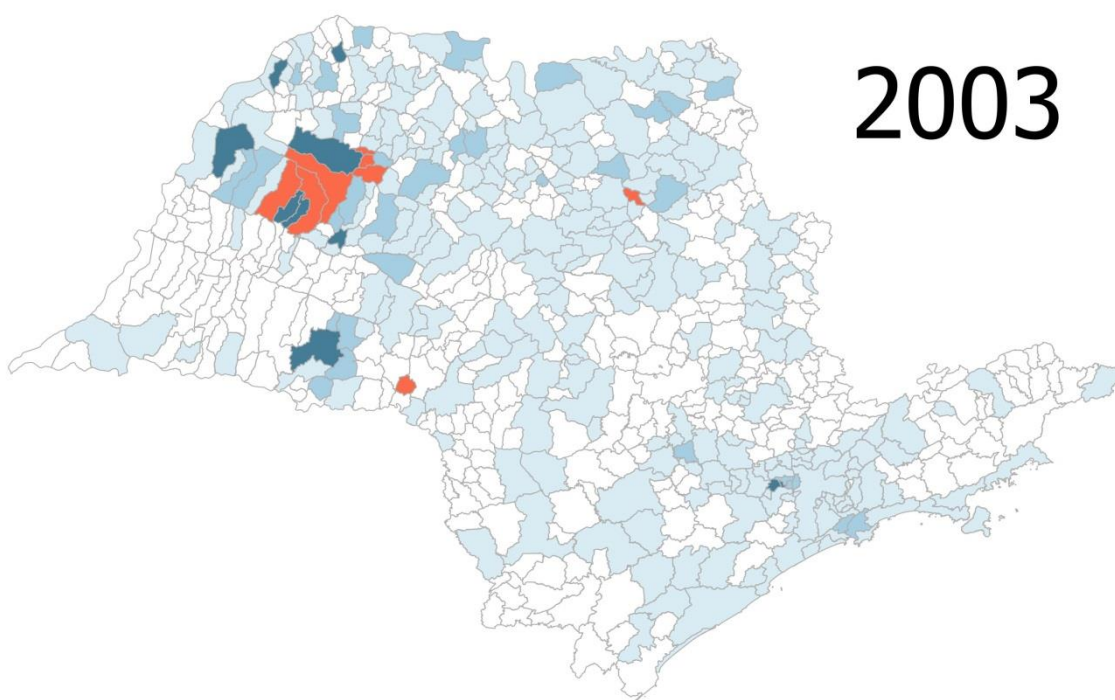
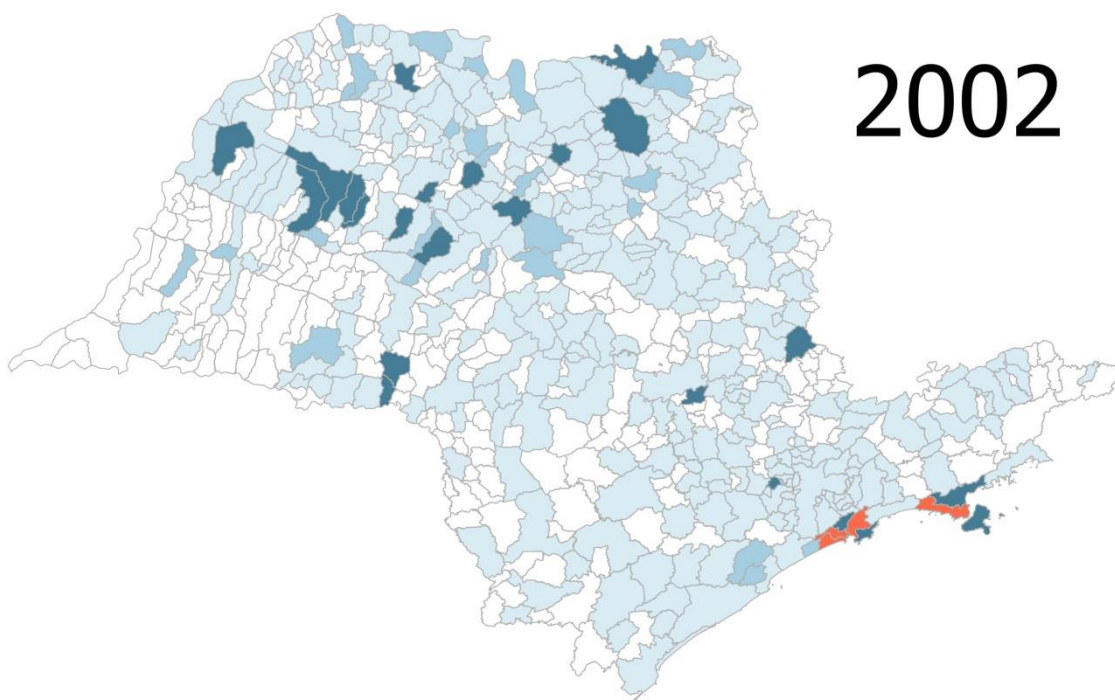
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL TAXA DE INCIDÊNCIA DE DENGUE NO ESTADO DE SÃO PAULO (2000 – 2016)



Legenda

Taxa de incidência de dengue

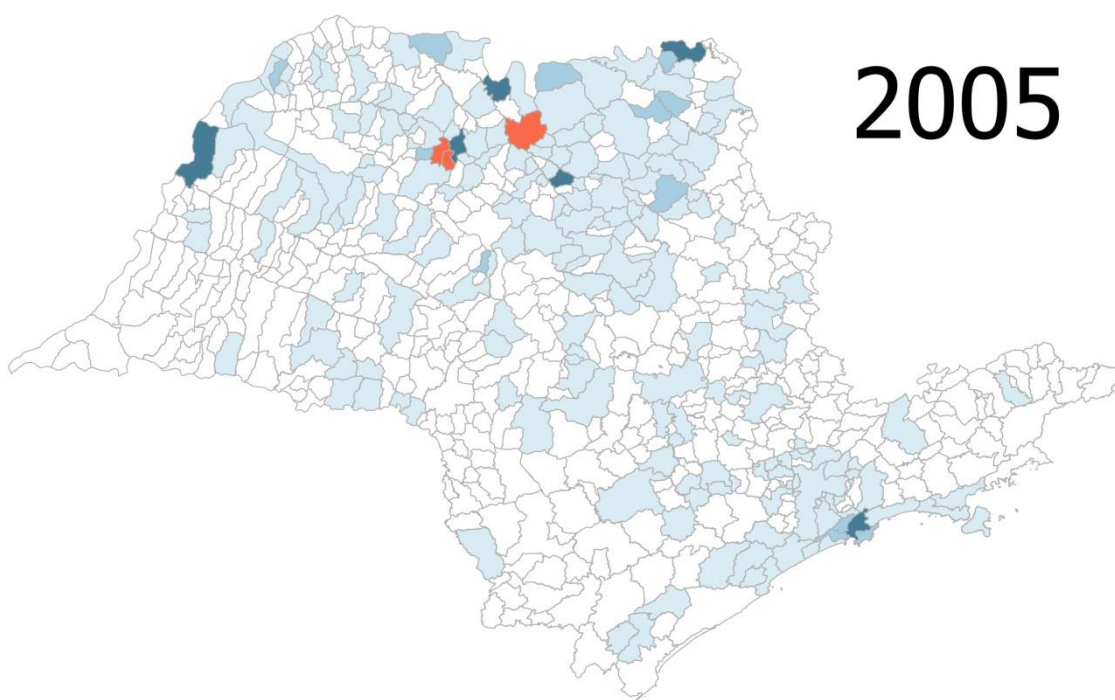
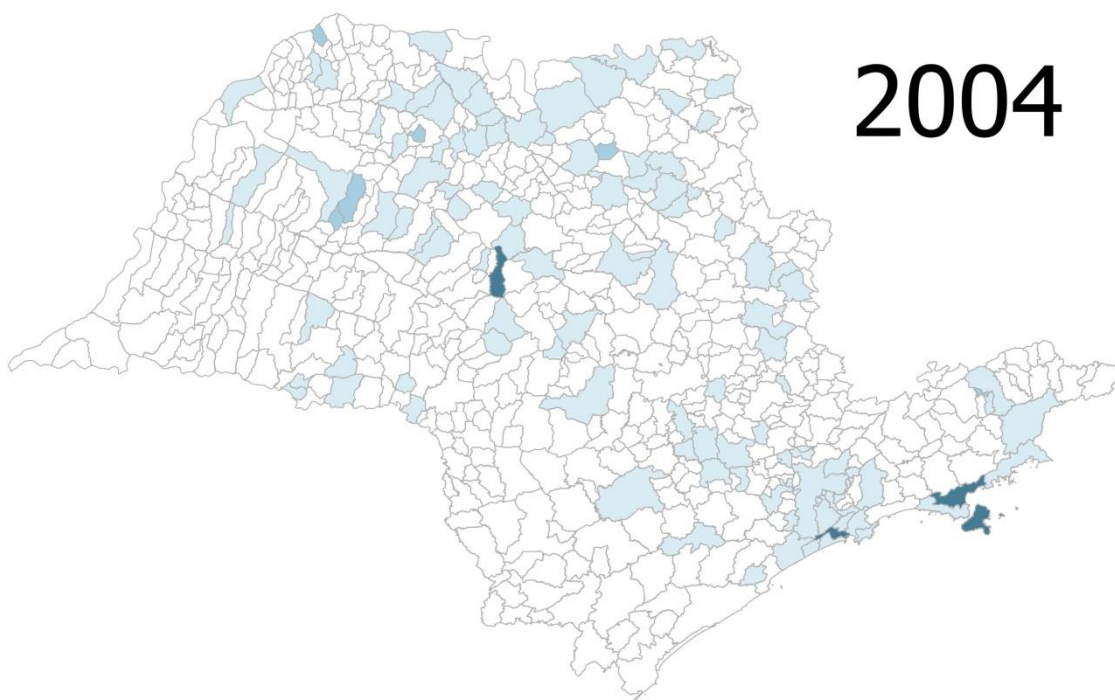
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000



Legenda

Taxa de incidência de dengue

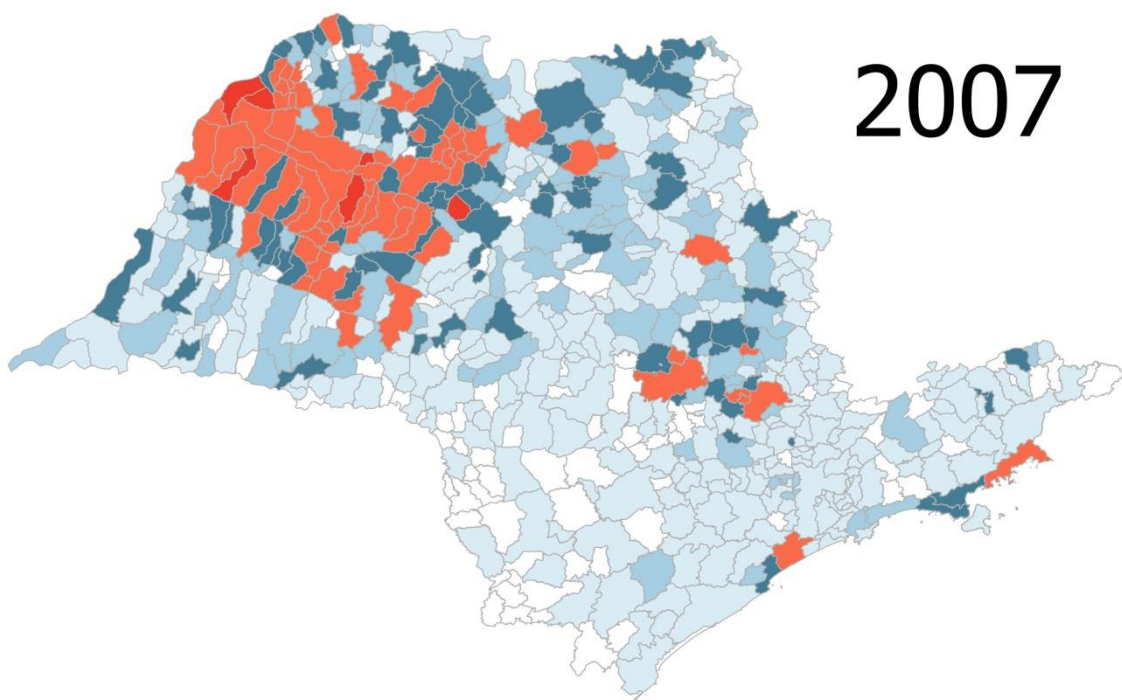
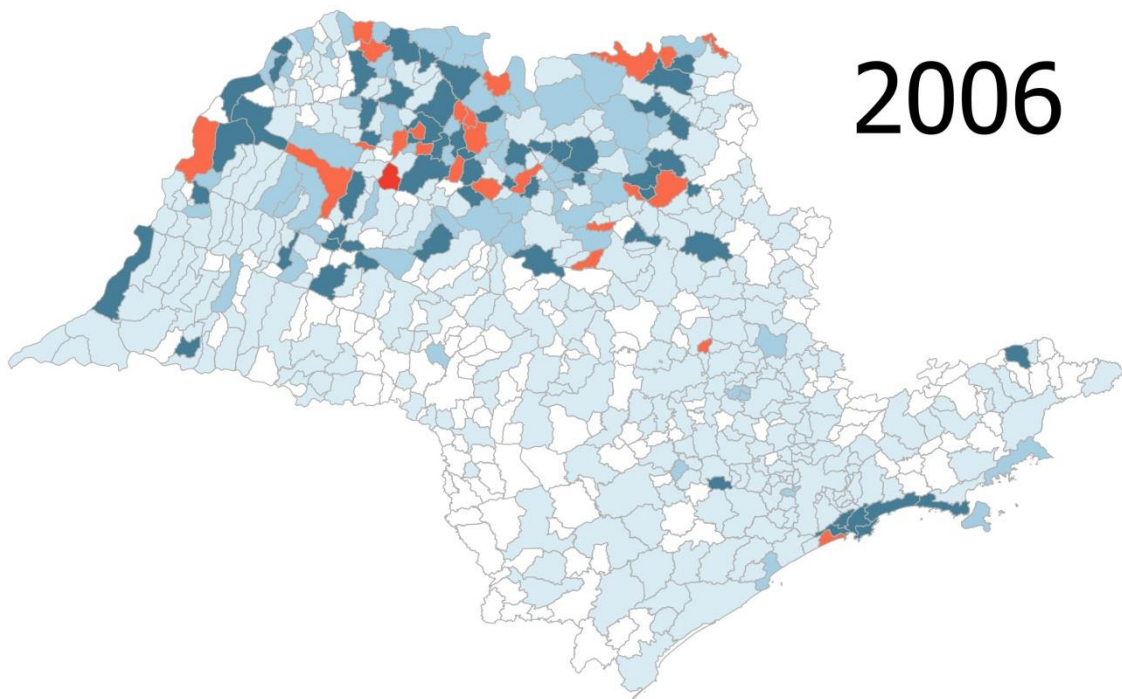
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000



Legenda

Taxa de incidência de dengue

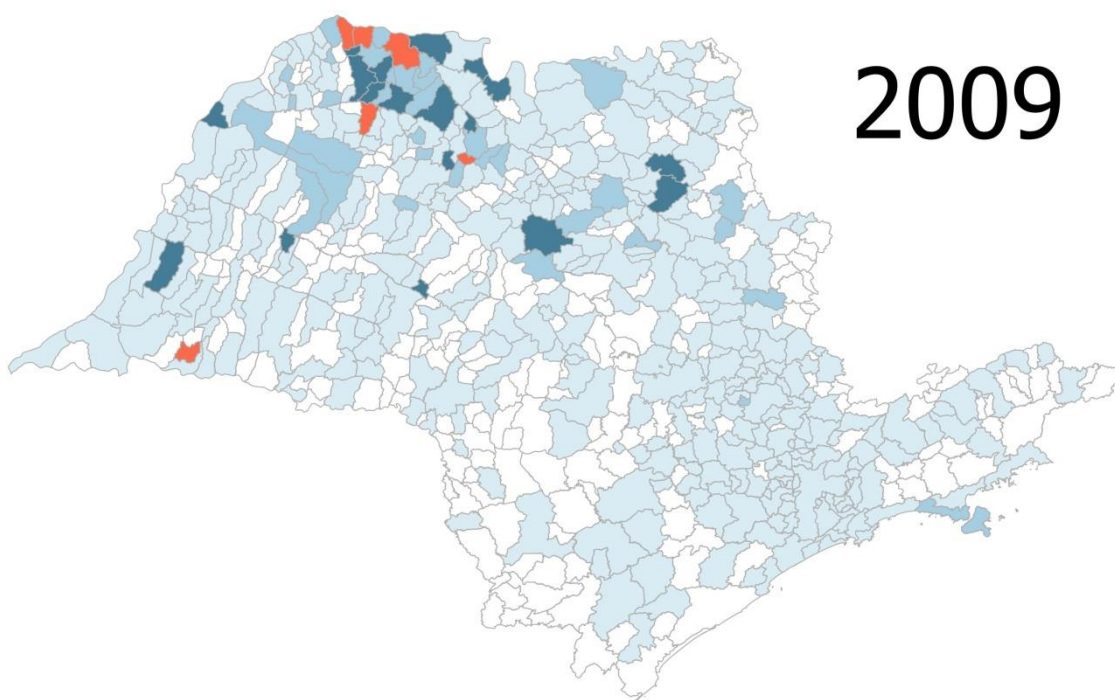
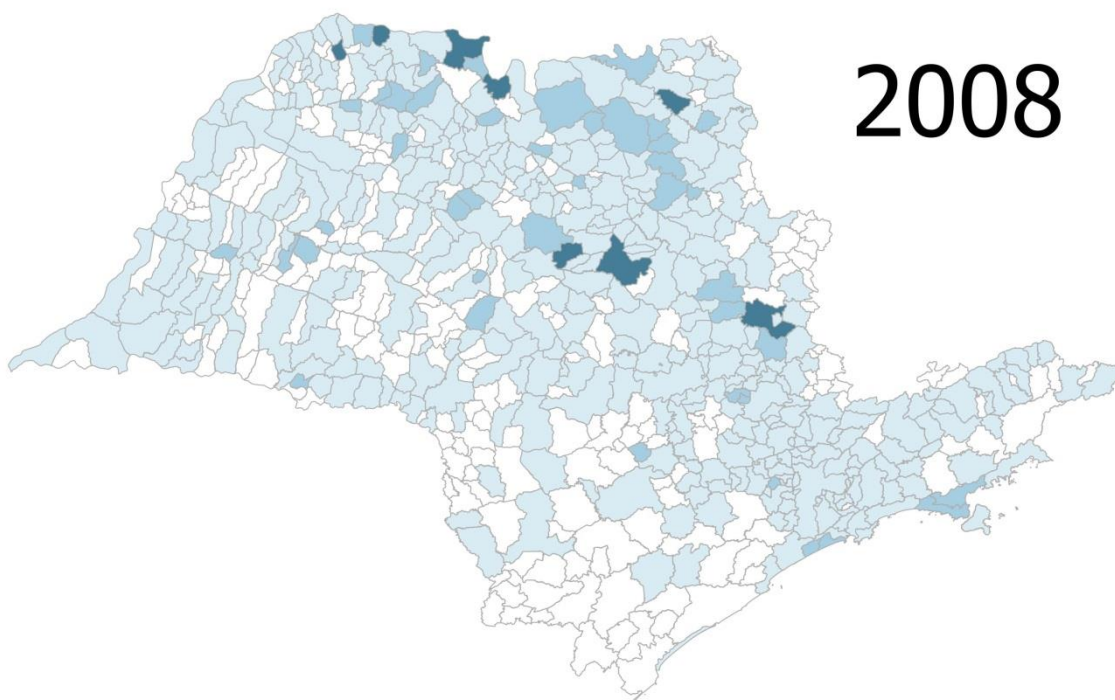
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000



Legenda

Taxa de incidência de dengue

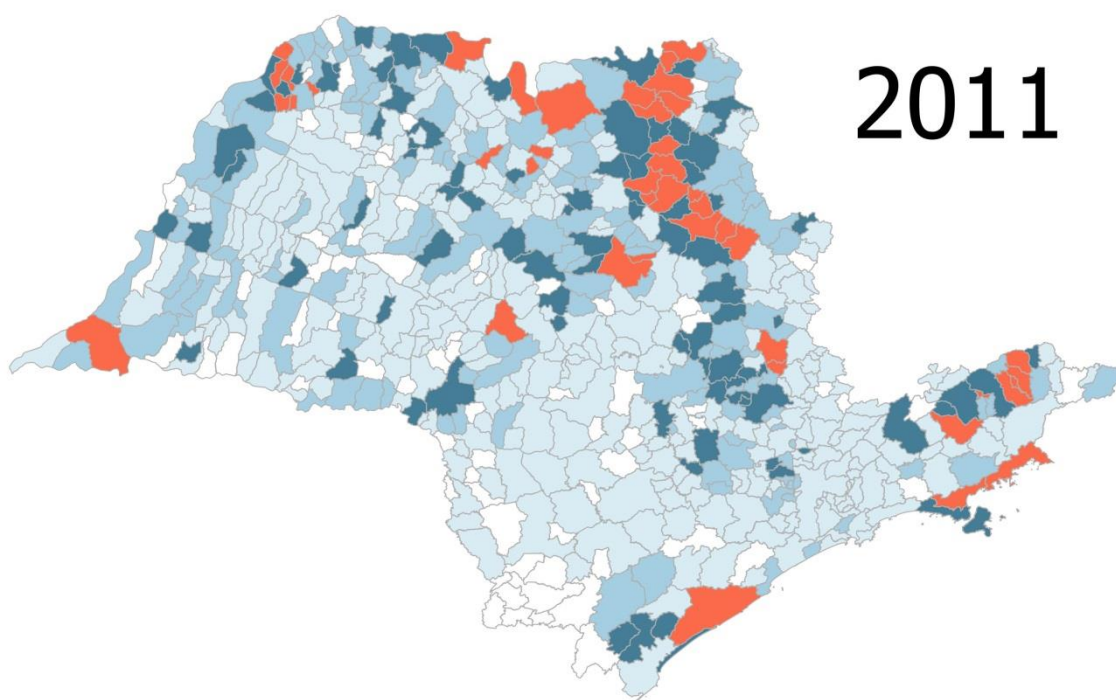
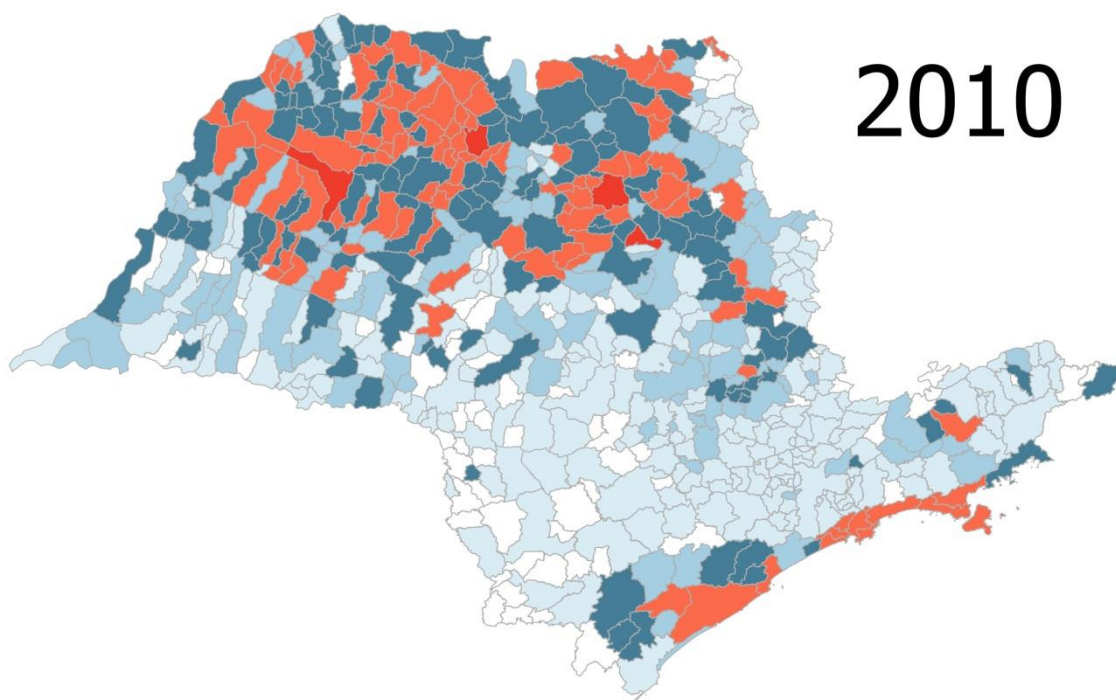
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000



Legenda

Taxa de incidência de dengue

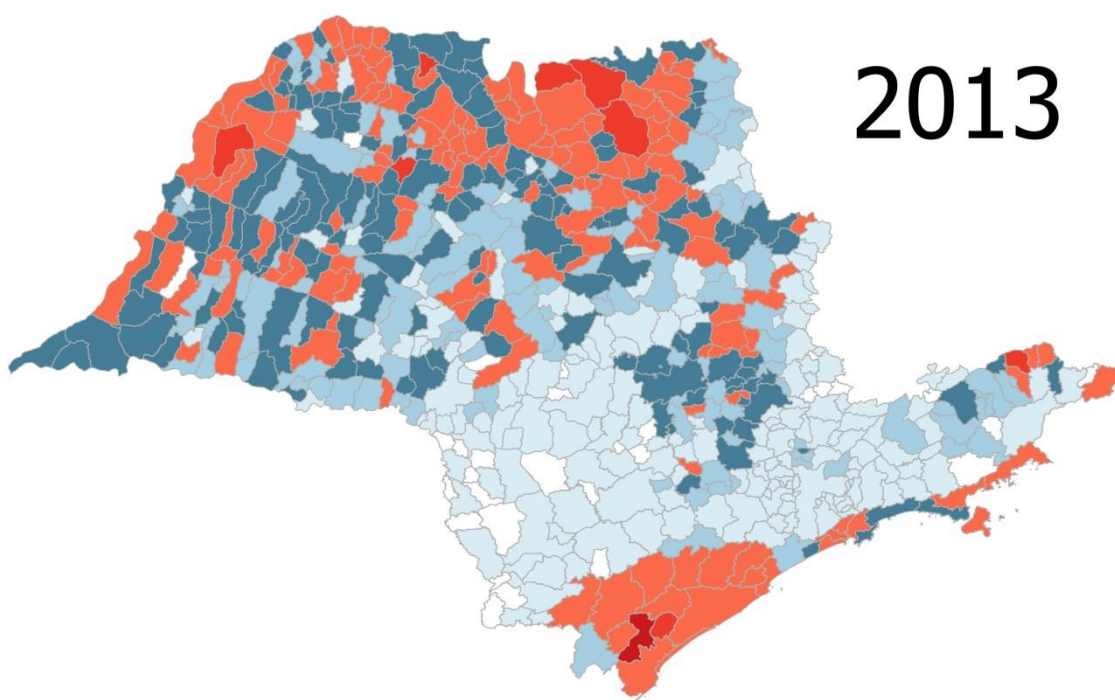
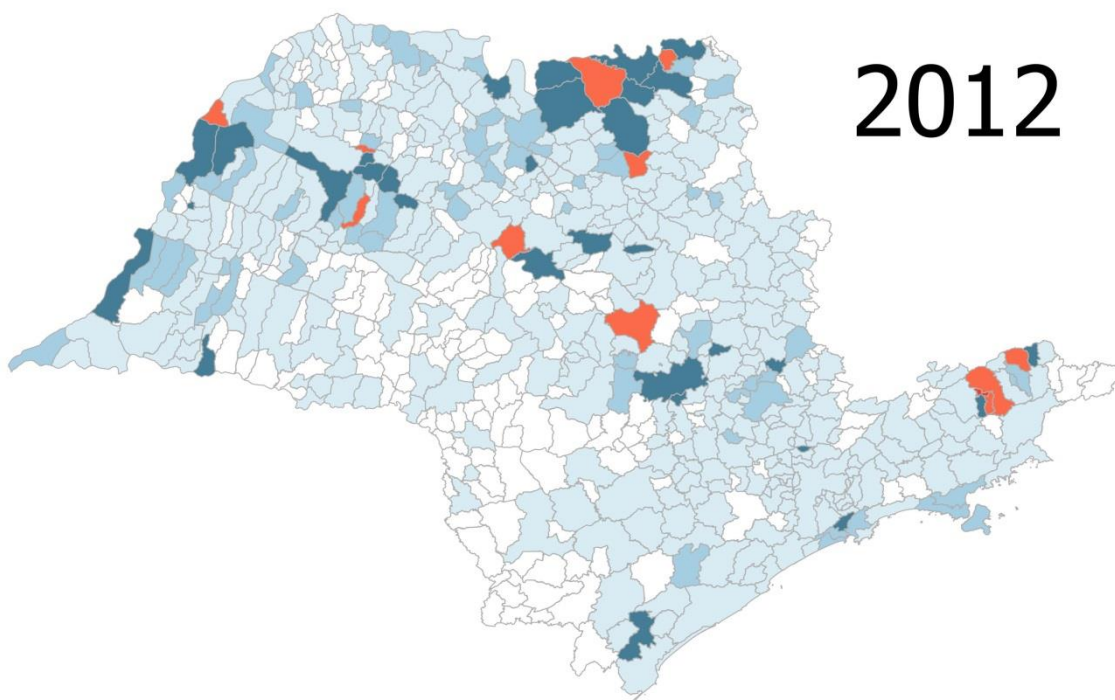
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000



Legenda

Taxa de incidência de dengue

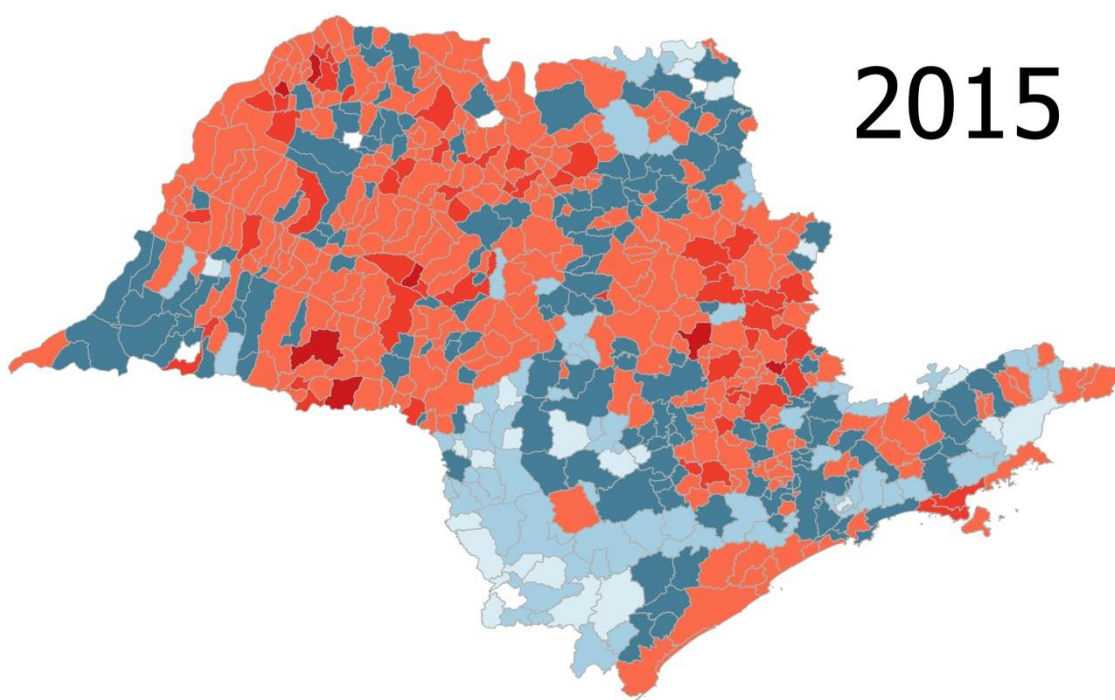
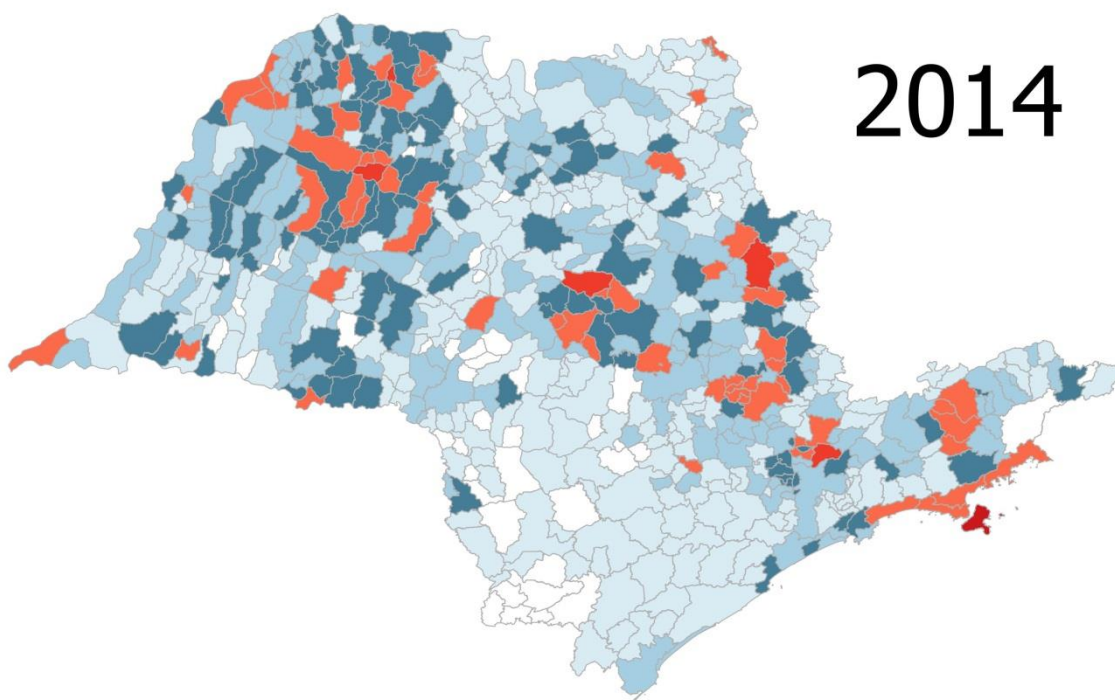
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000



Legenda

Taxa de incidência de dengue

0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000

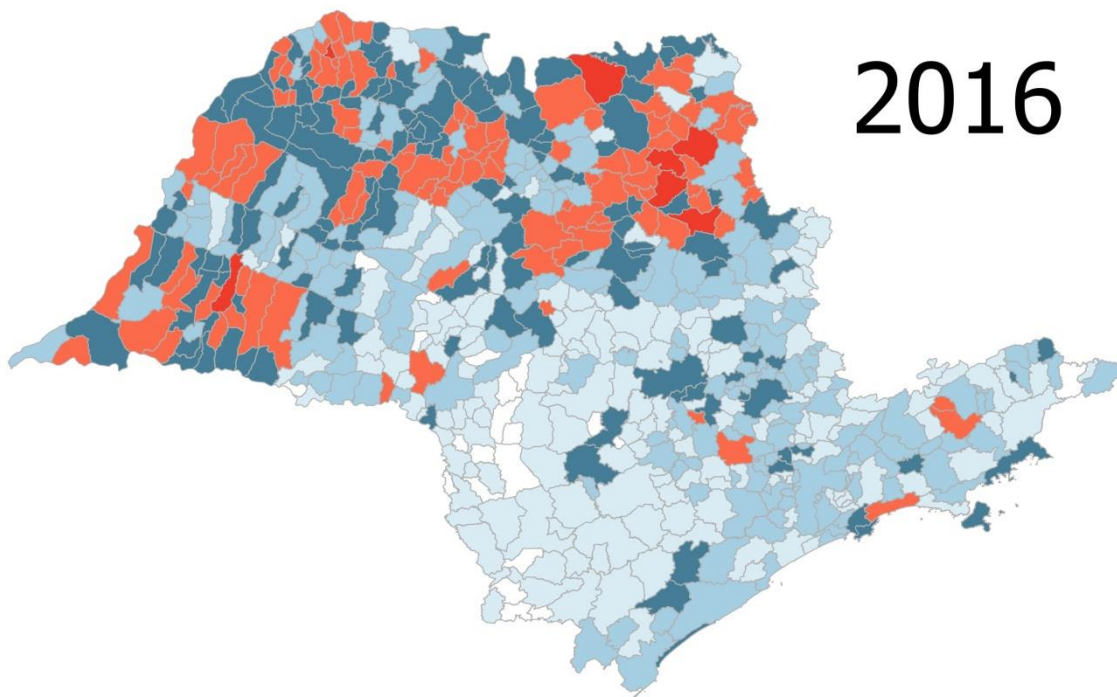


Legenda

Taxa de incidência de dengue

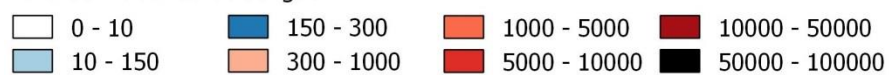
0 - 10	150 - 300	1000 - 5000	10000 - 50000
10 - 150	300 - 1000	5000 - 10000	50000 - 100000

2016

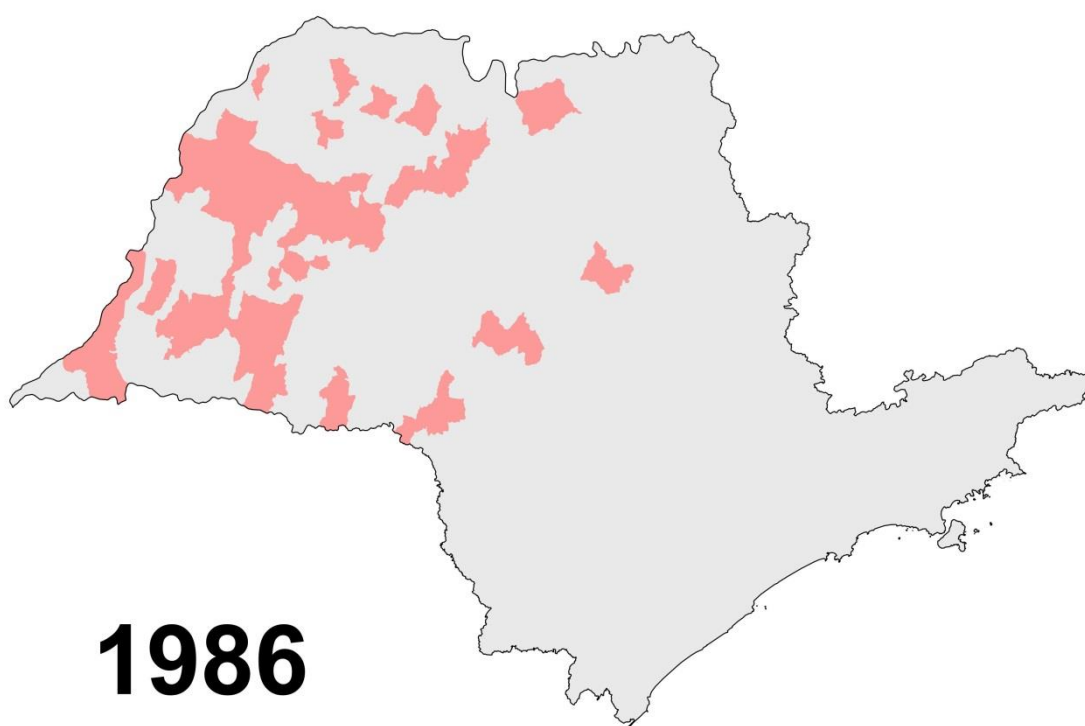
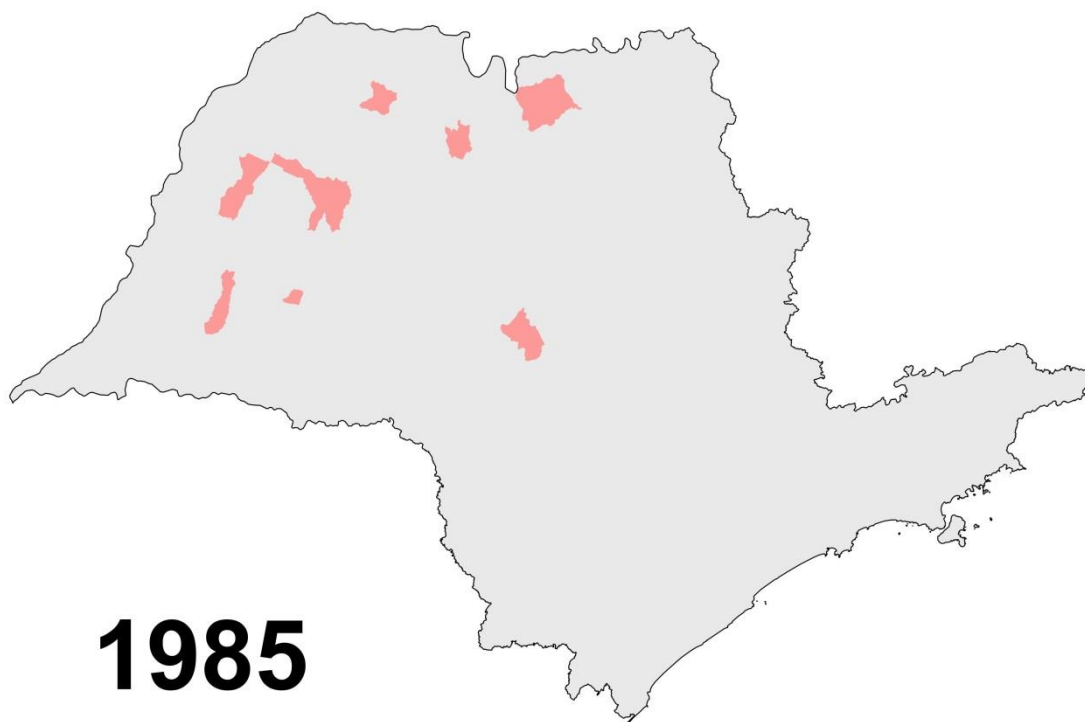


Legenda

Taxa de incidência de dengue

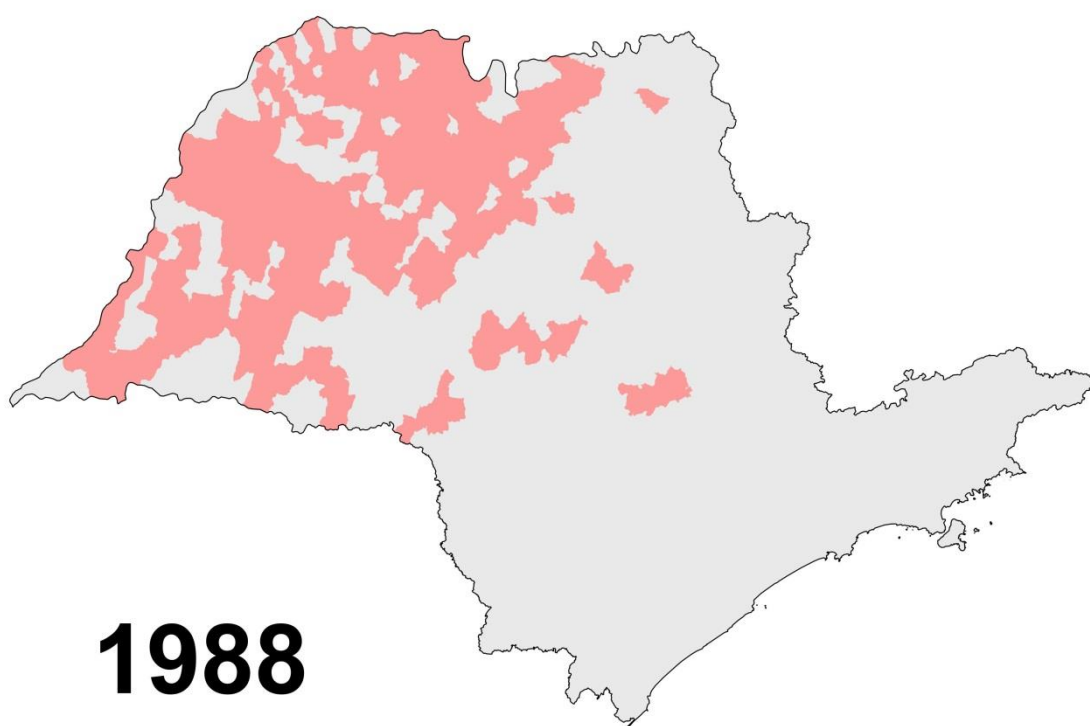
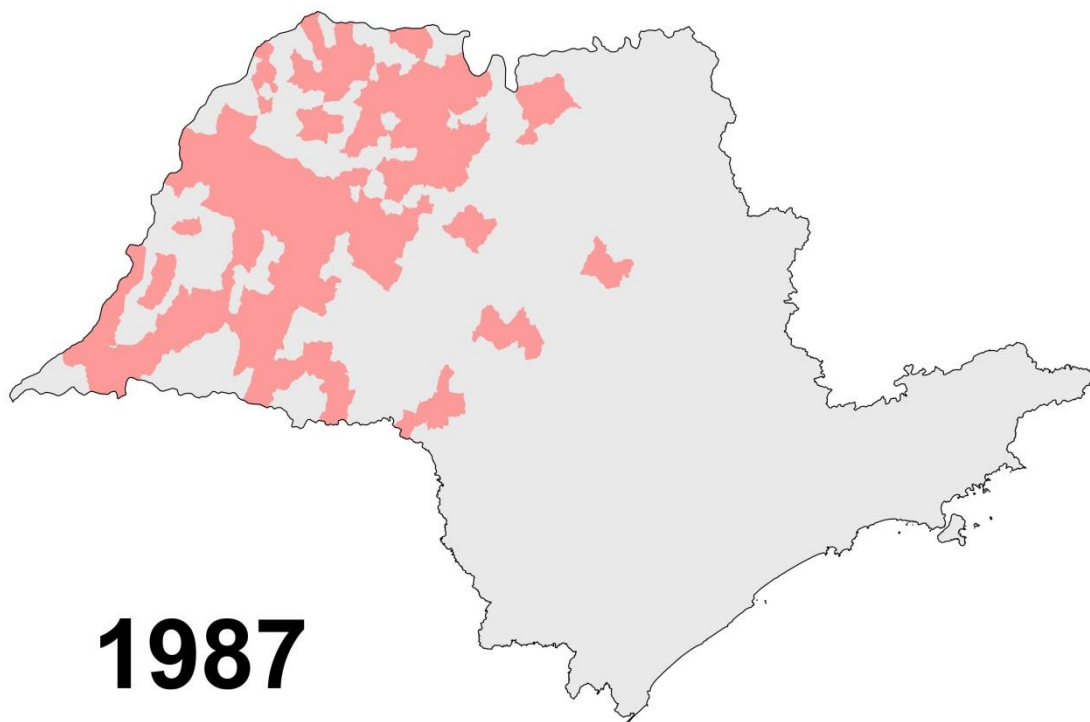


**EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE INFESTAÇÃO PREDIAL EM
MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1985 – 2017)**



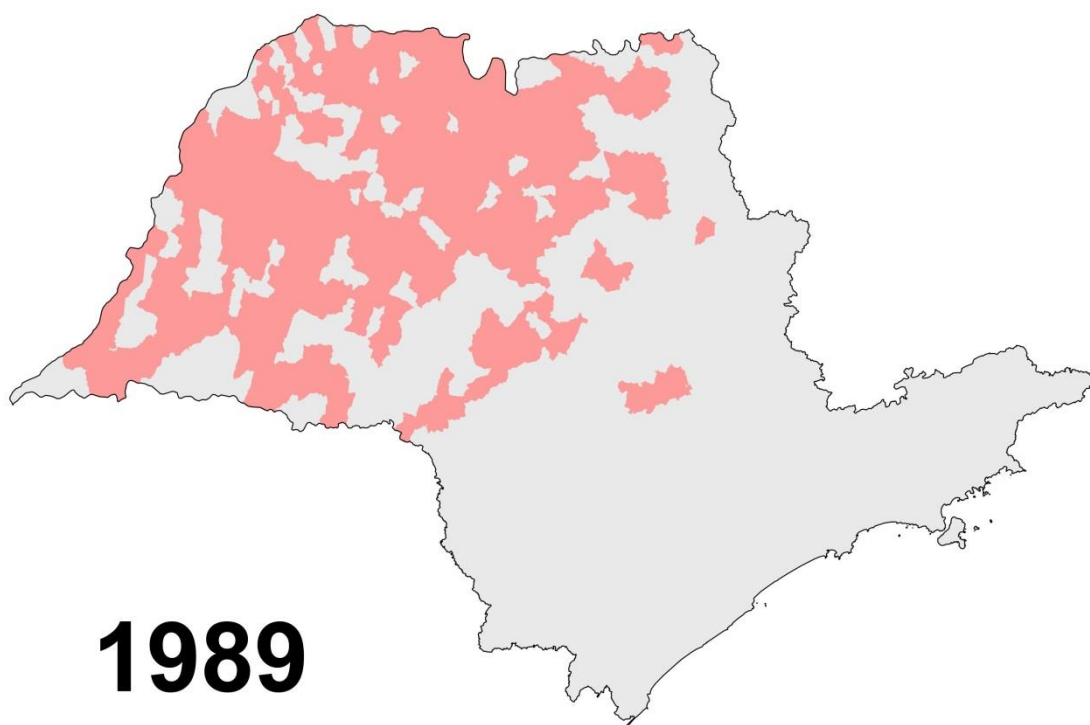
Legenda:

-  Município infestado
-  Município não infestado
-  Município não avaliado

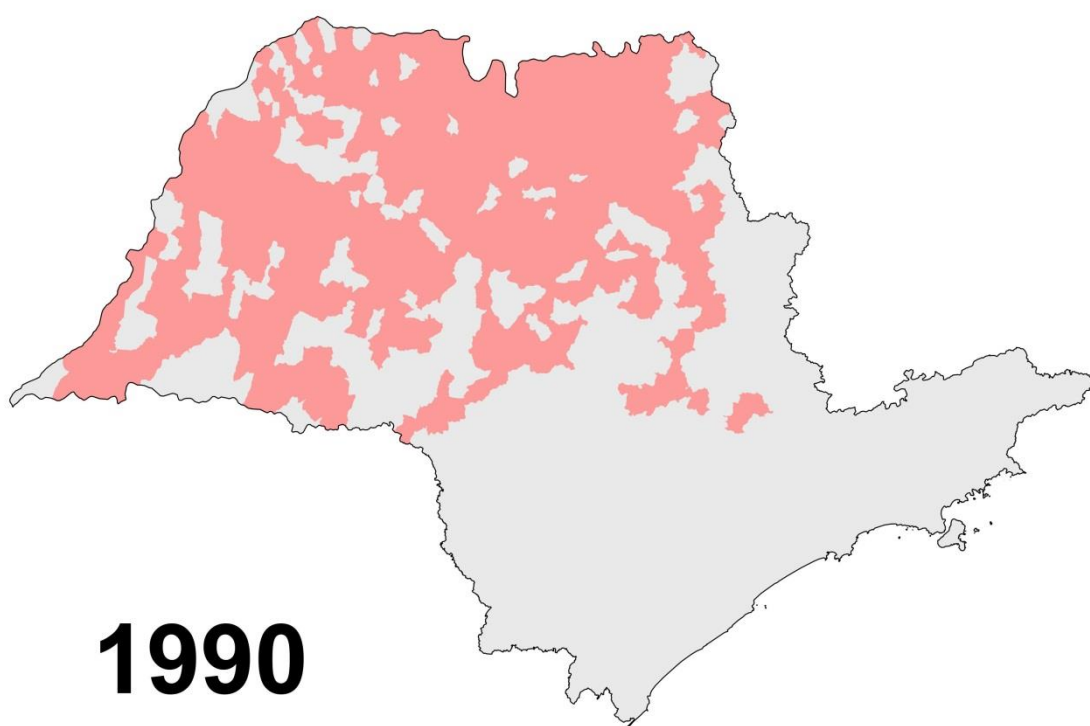


Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



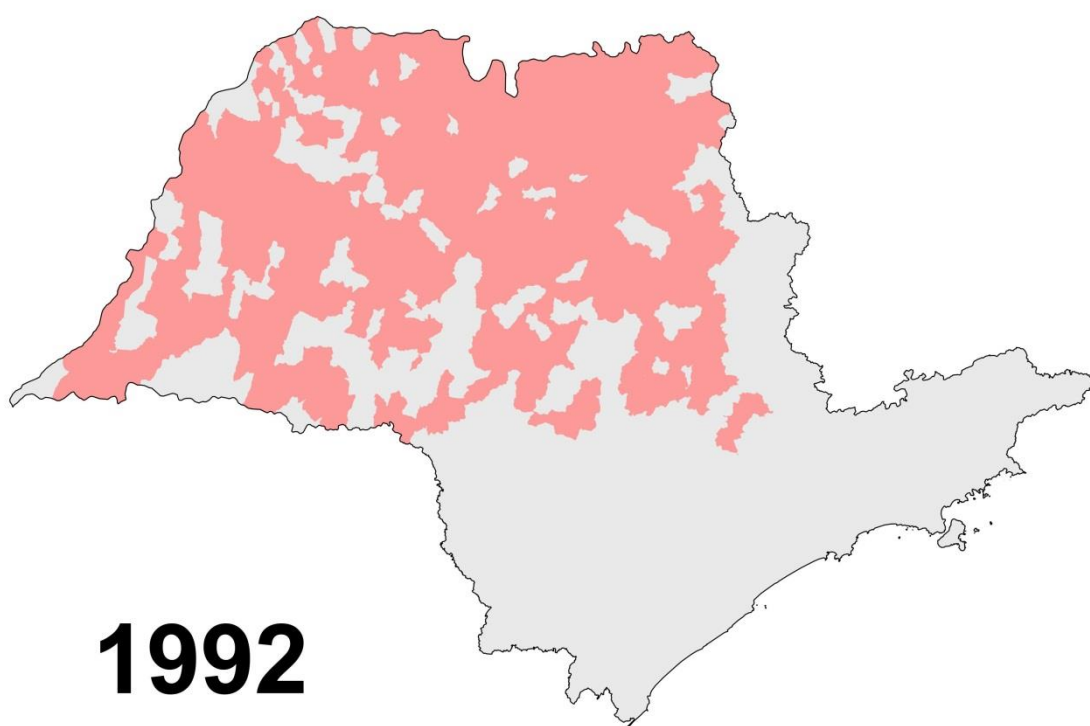
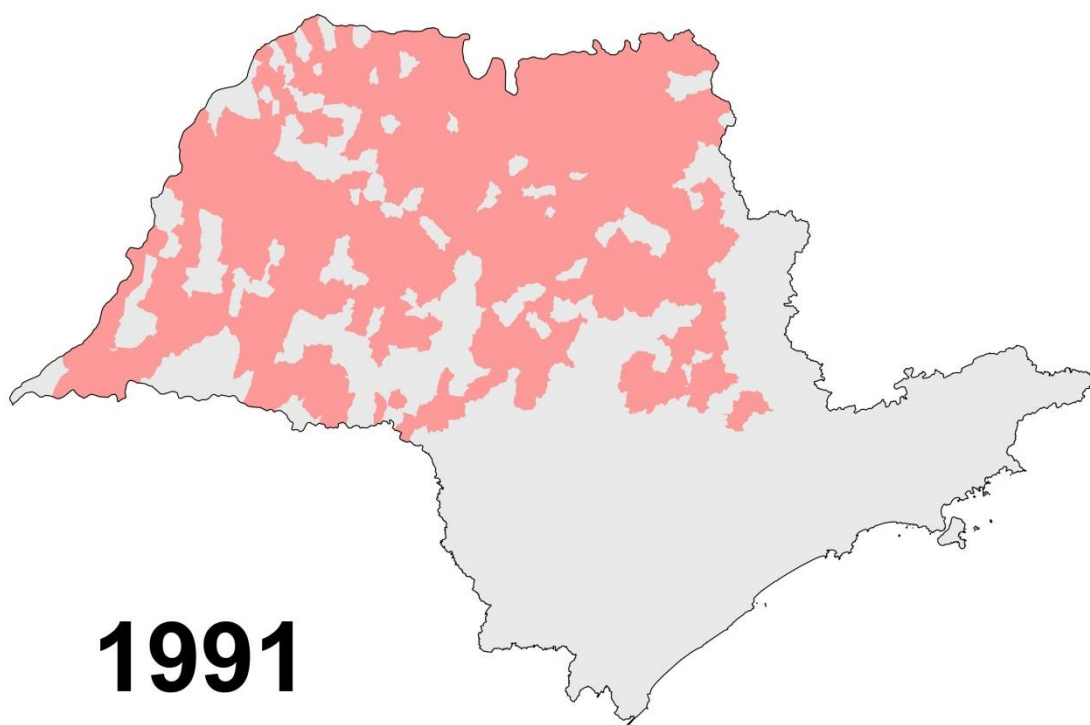
1989



1990

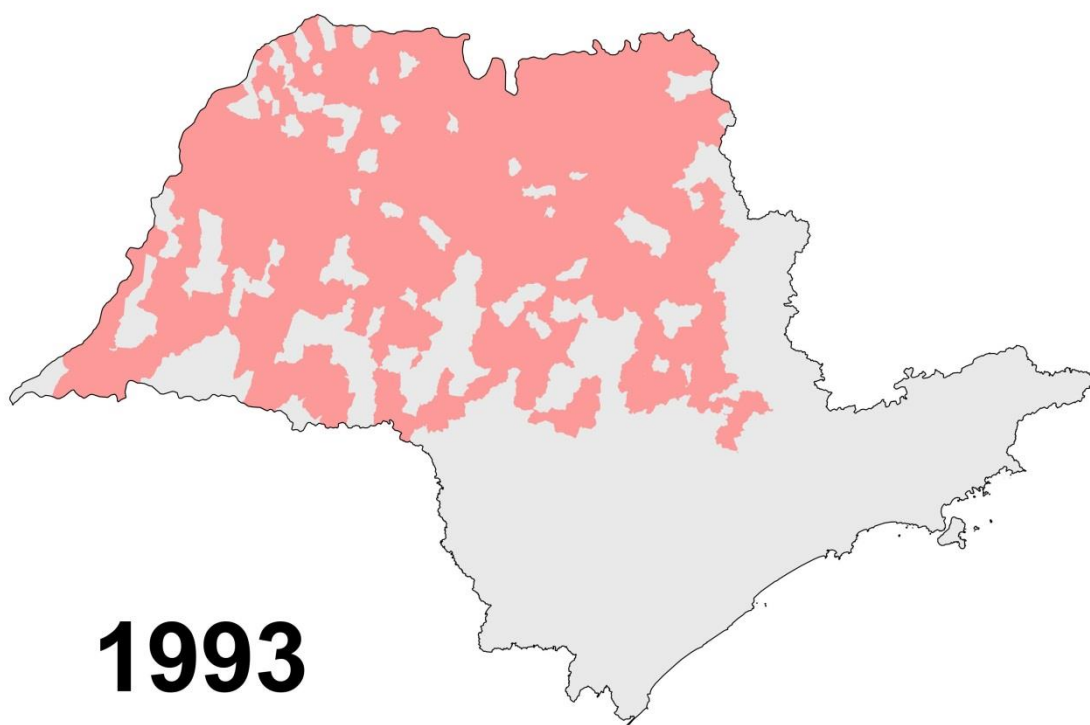
Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado

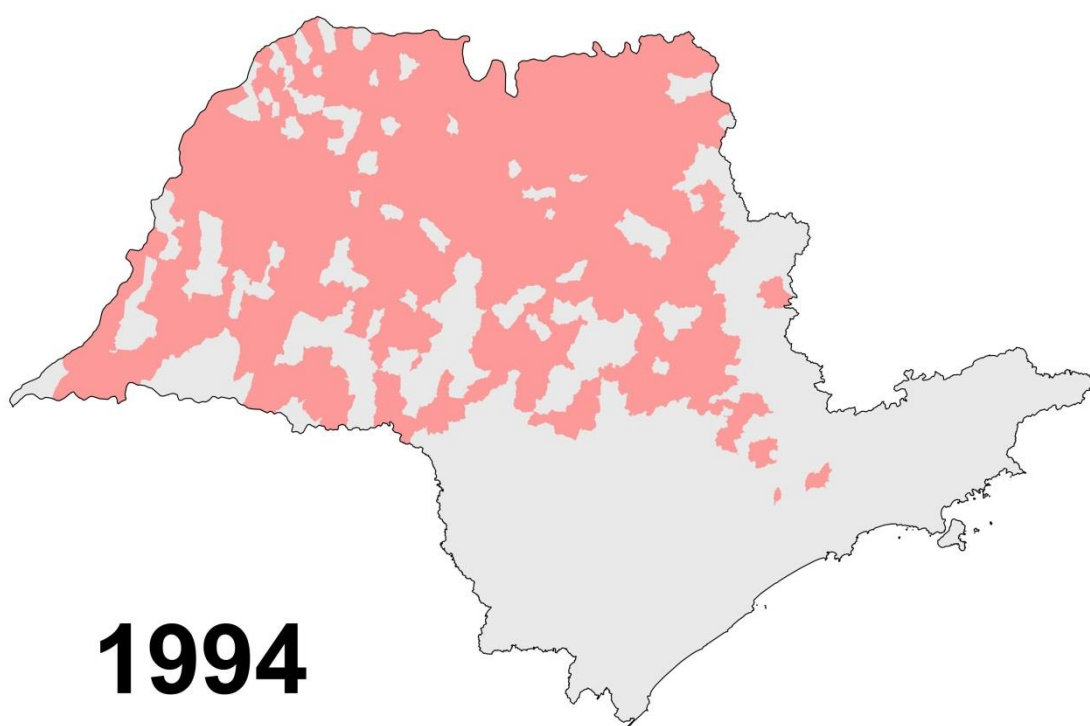


Legenda:

-  Município infestado
-  Município não infestado
-  Município não avaliado



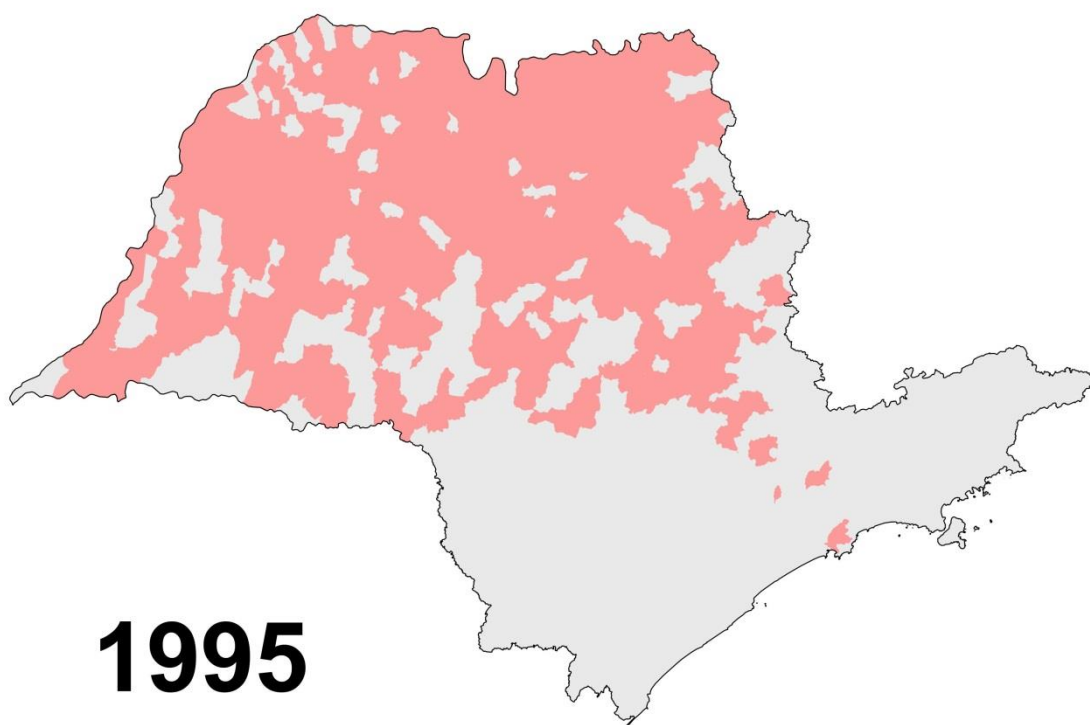
1993



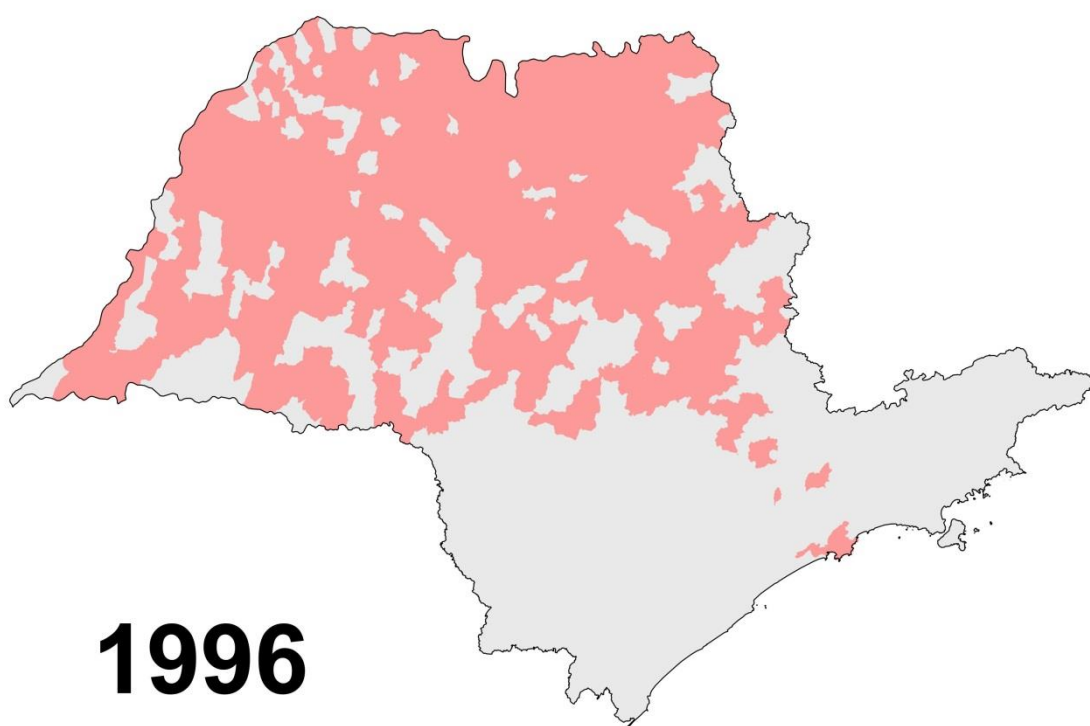
1994

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



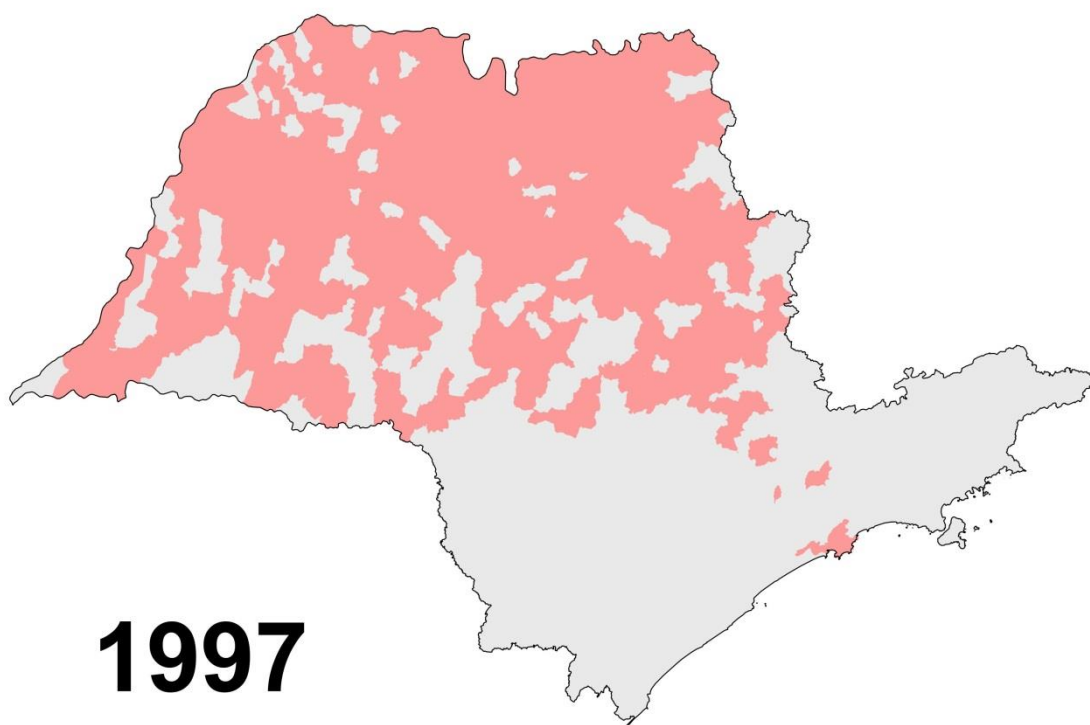
1995



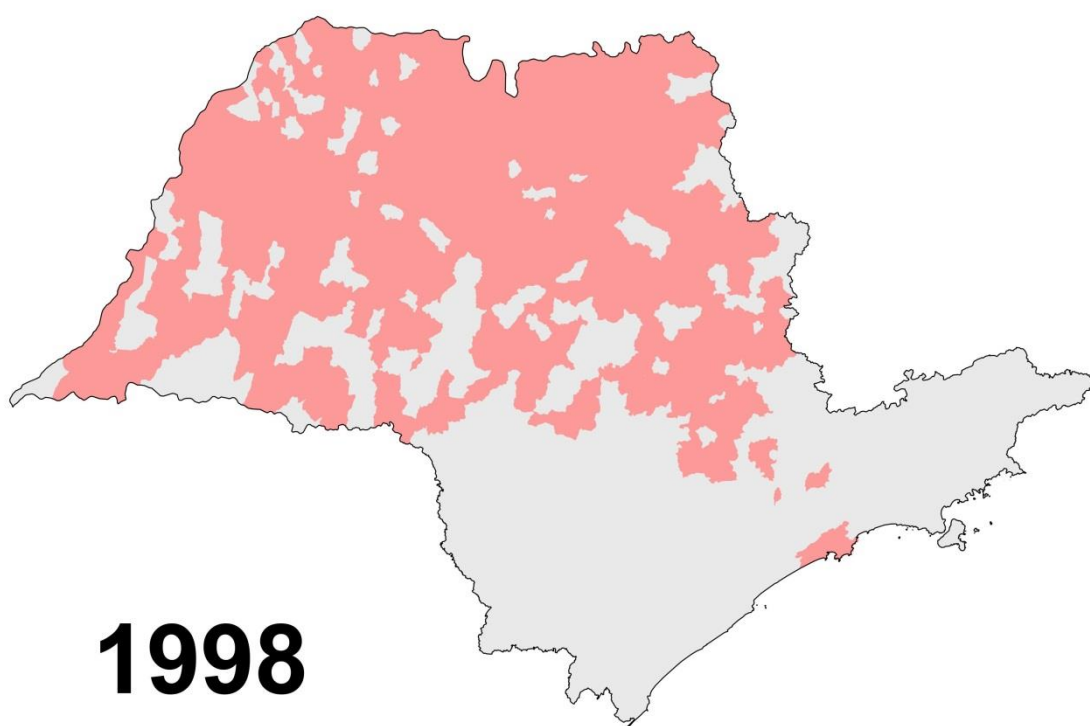
1996

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



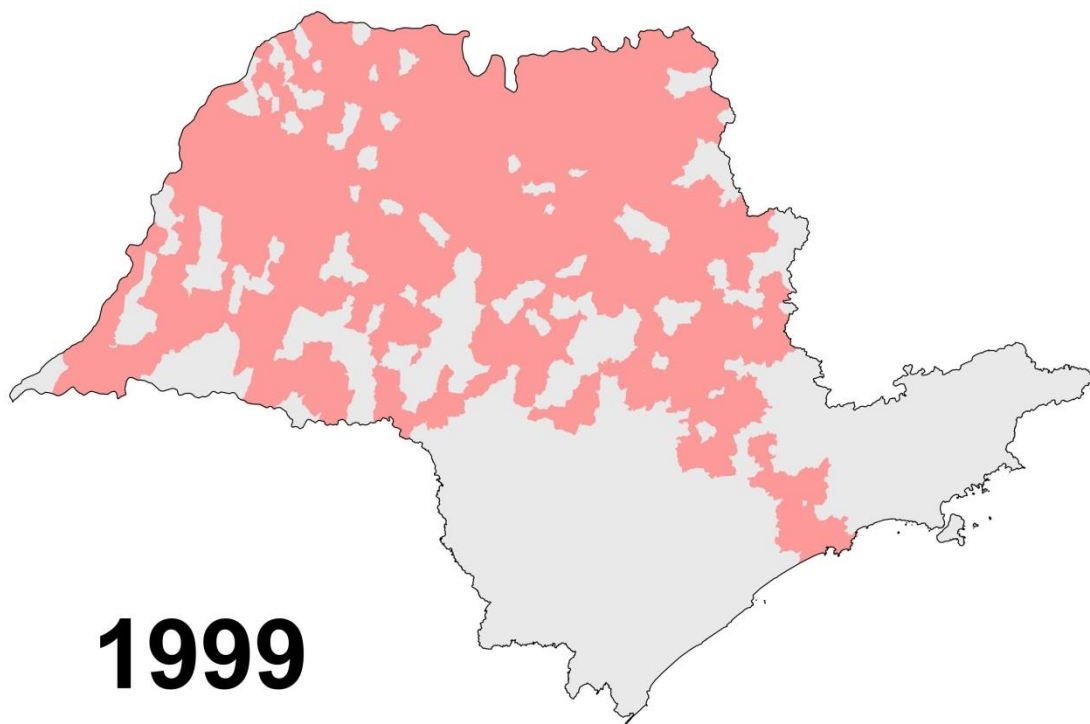
1997



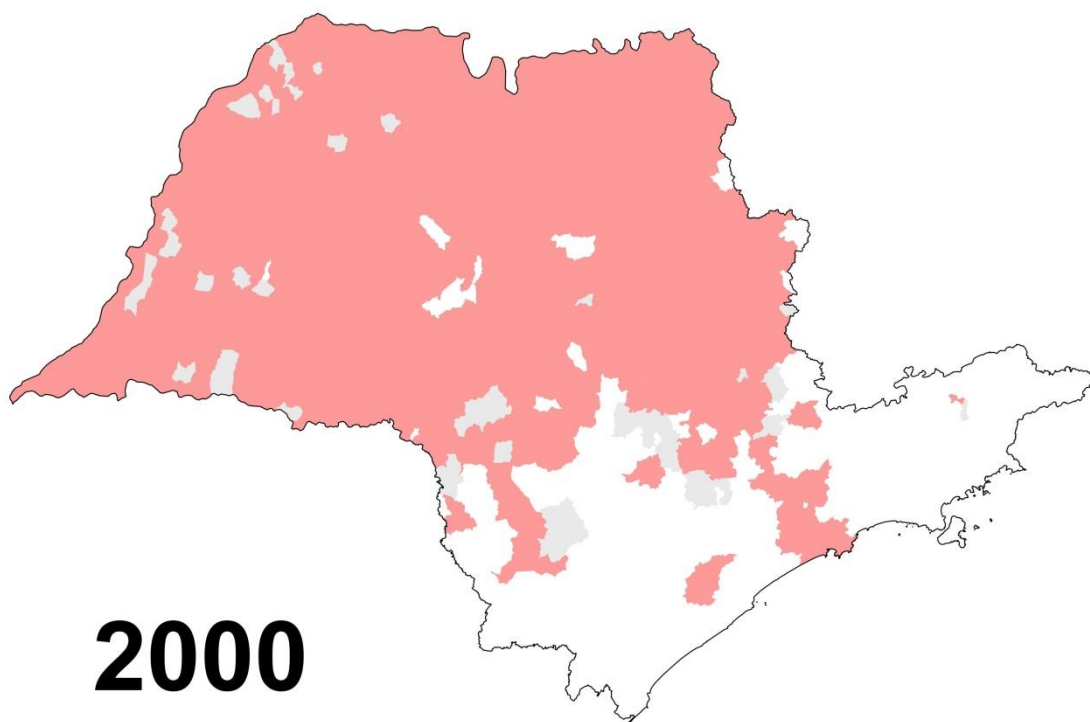
1998

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



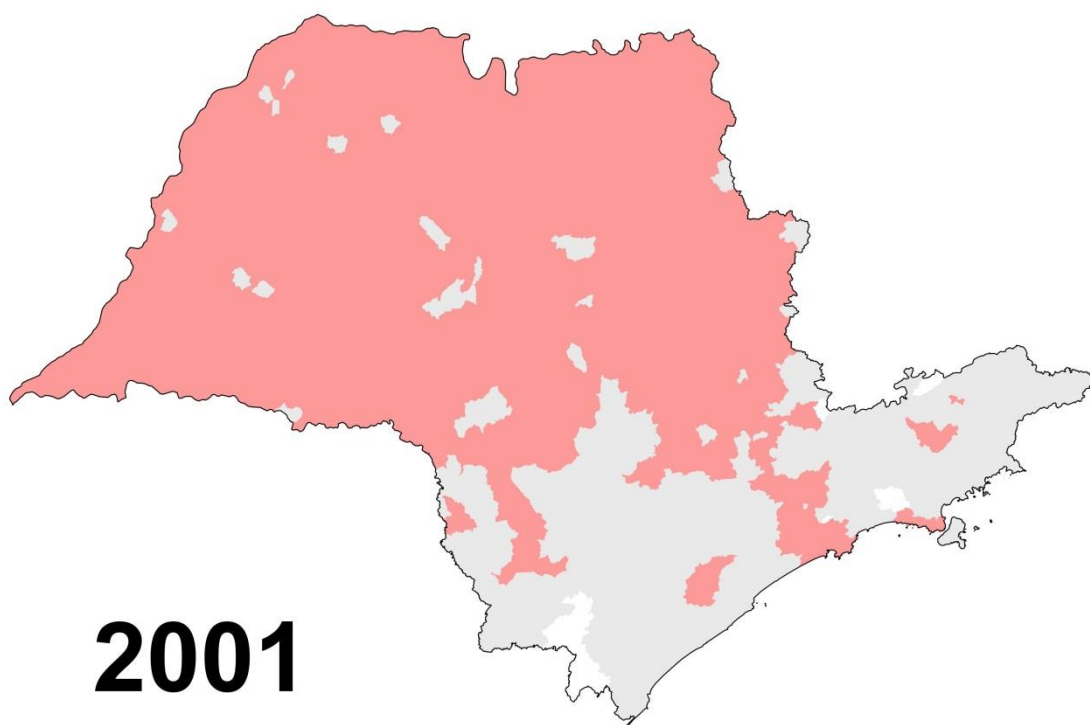
1999



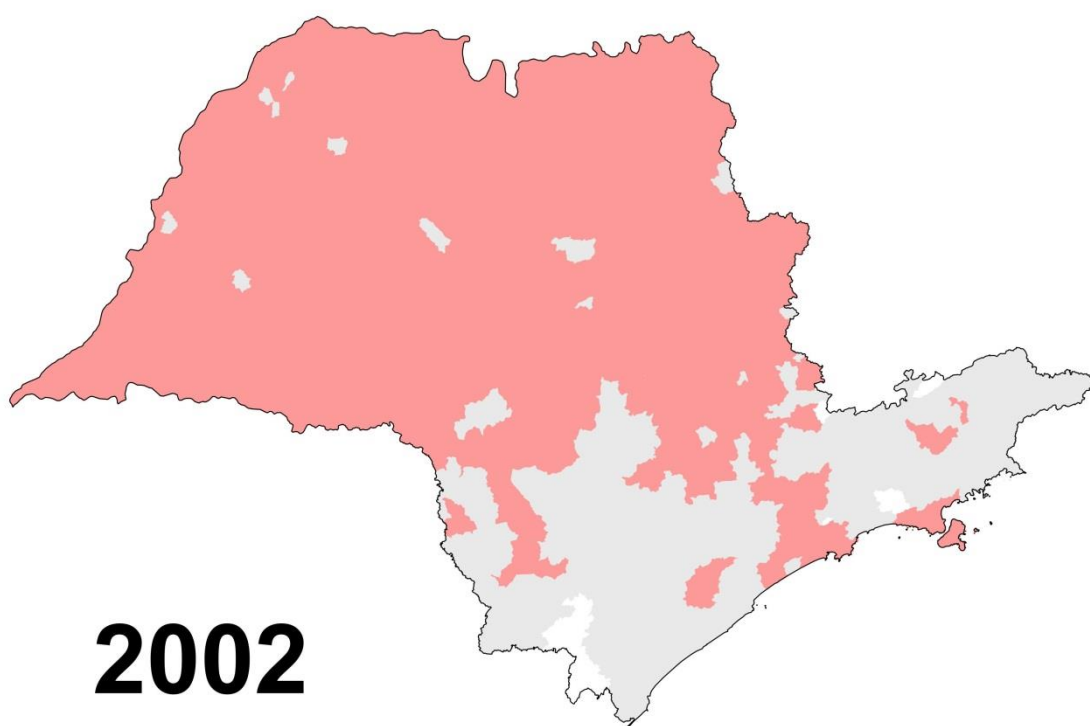
2000

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



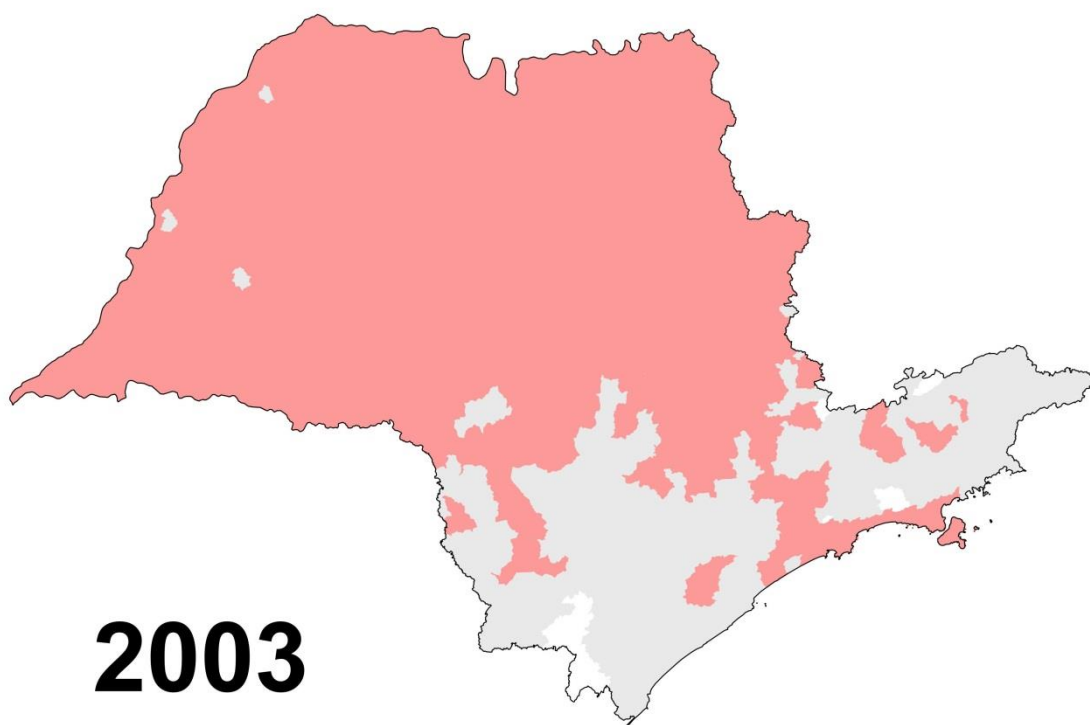
2001



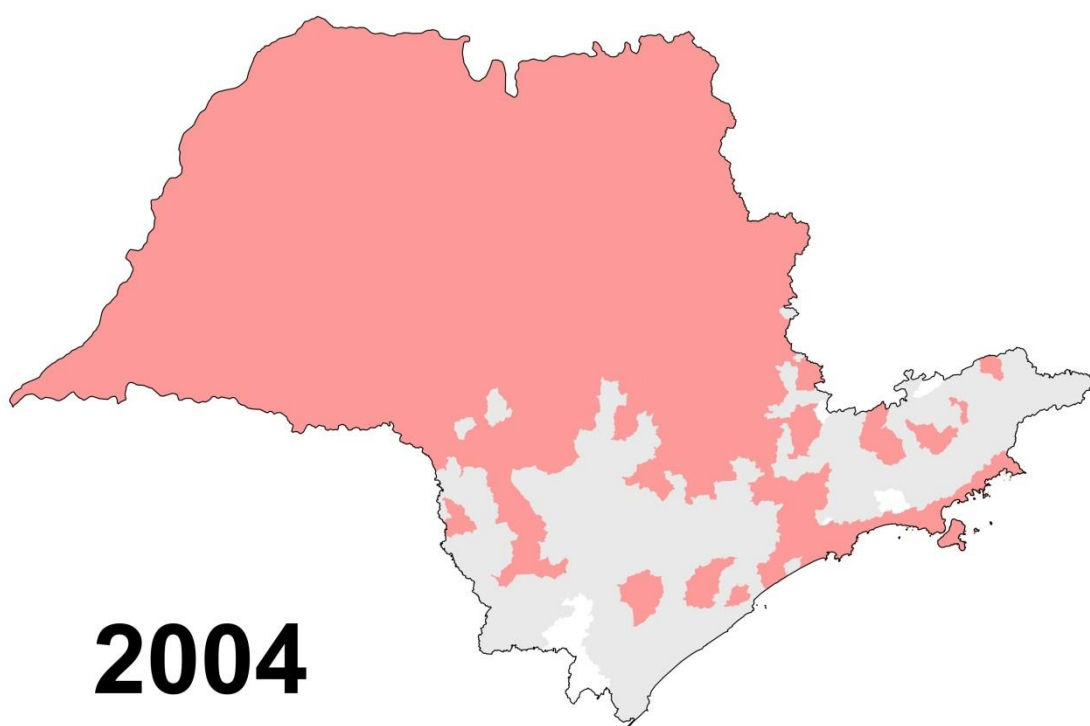
2002

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



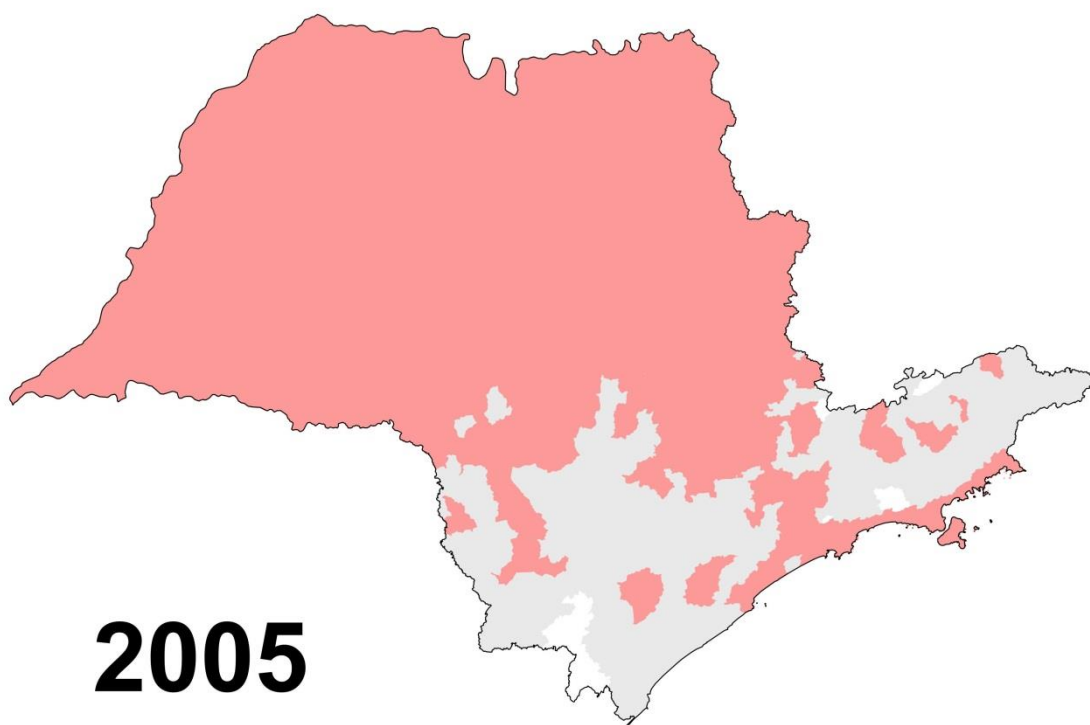
2003



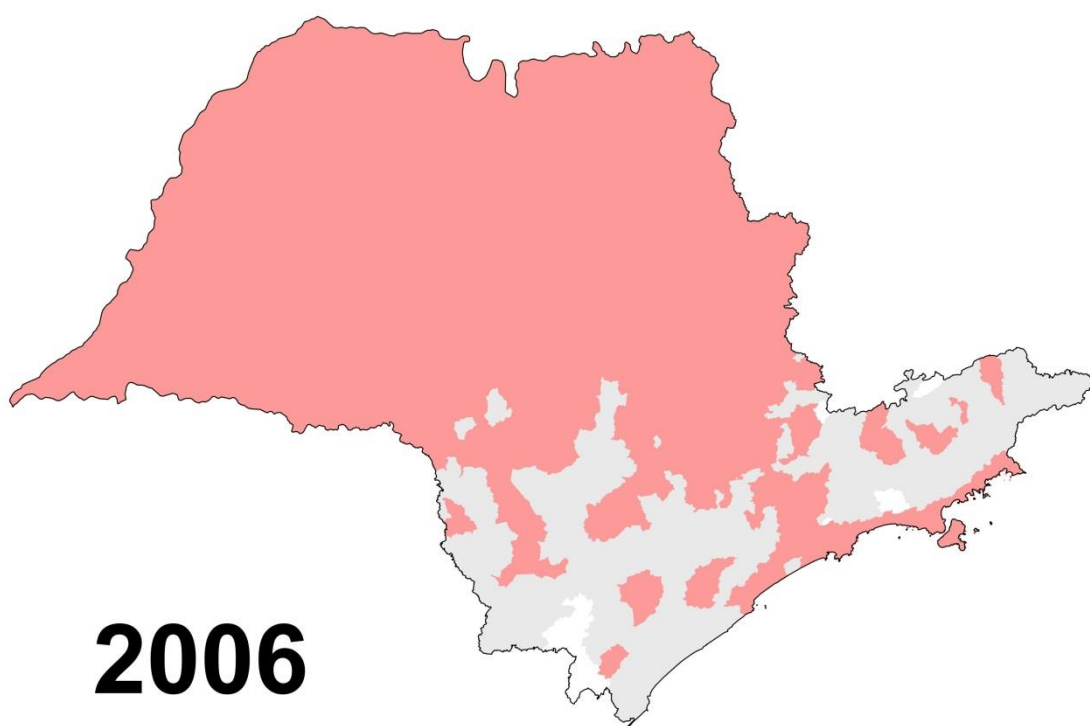
2004

Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



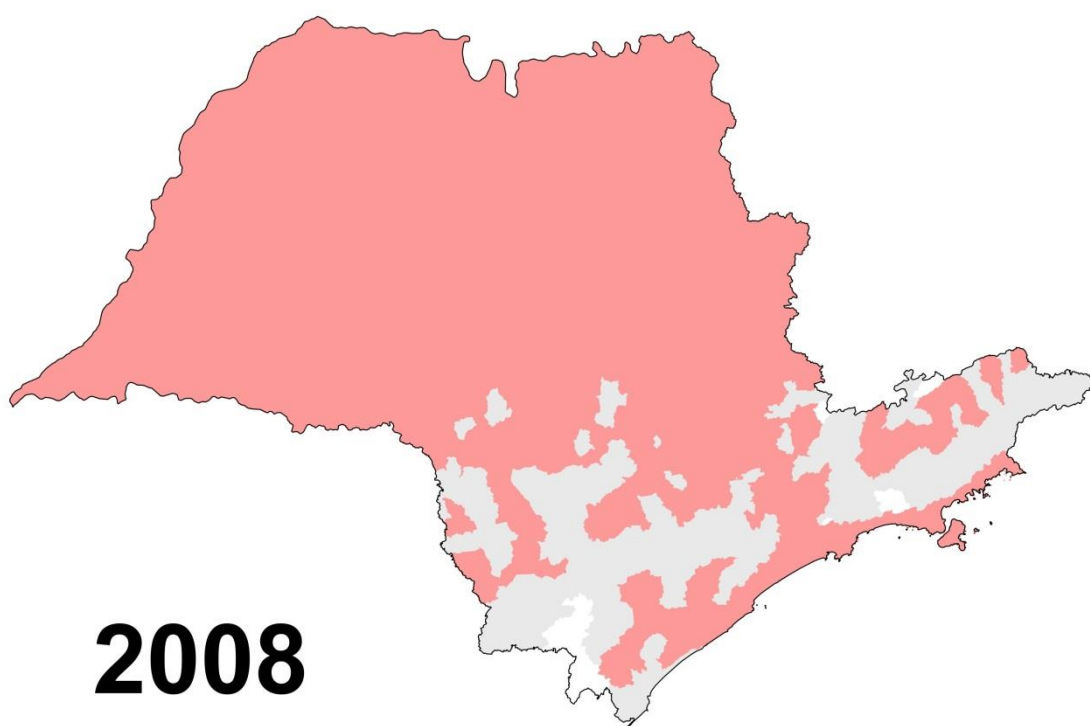
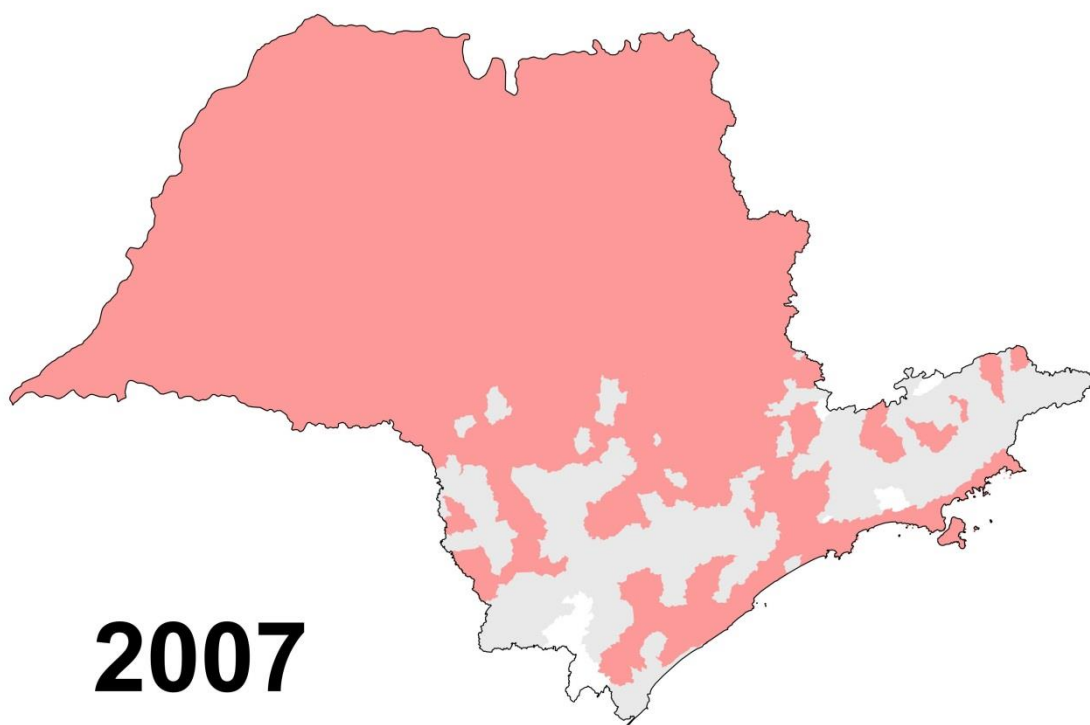
2005



2006

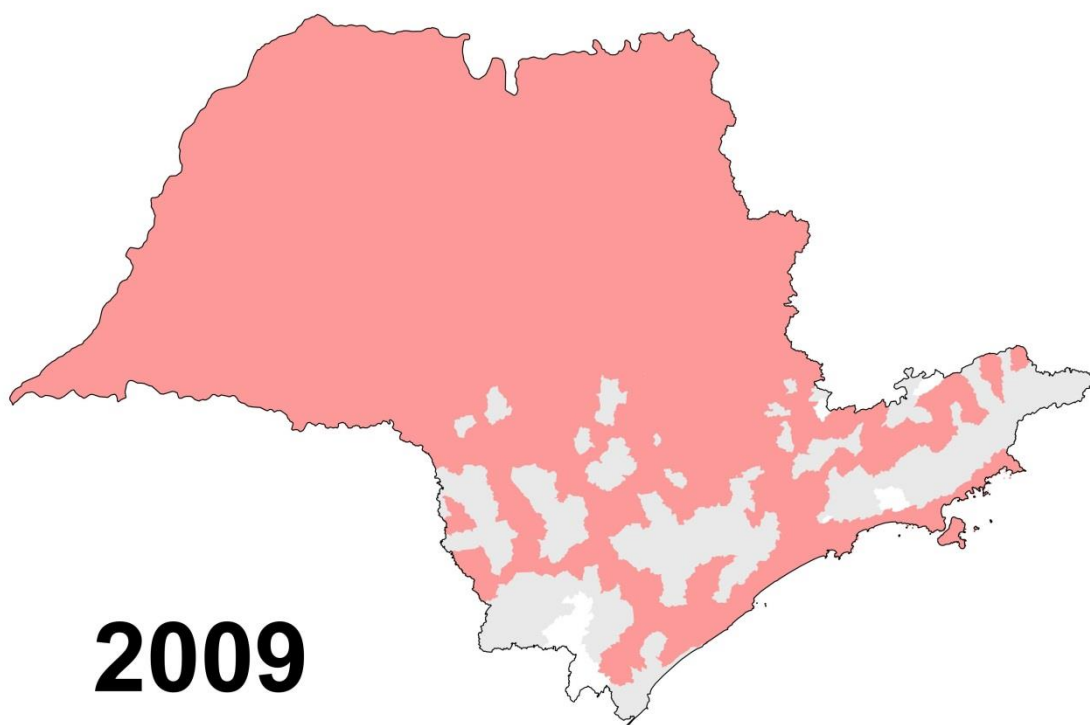
Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado

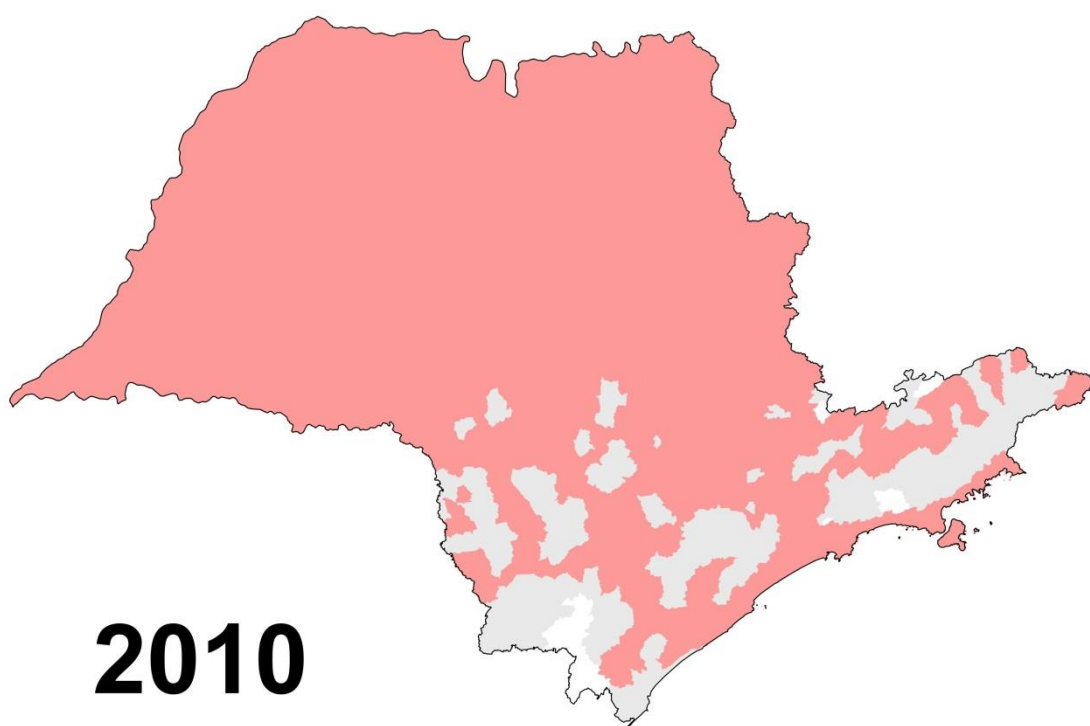


Legenda:

-  Município infestado
-  Município não infestado
-  Município não avaliado



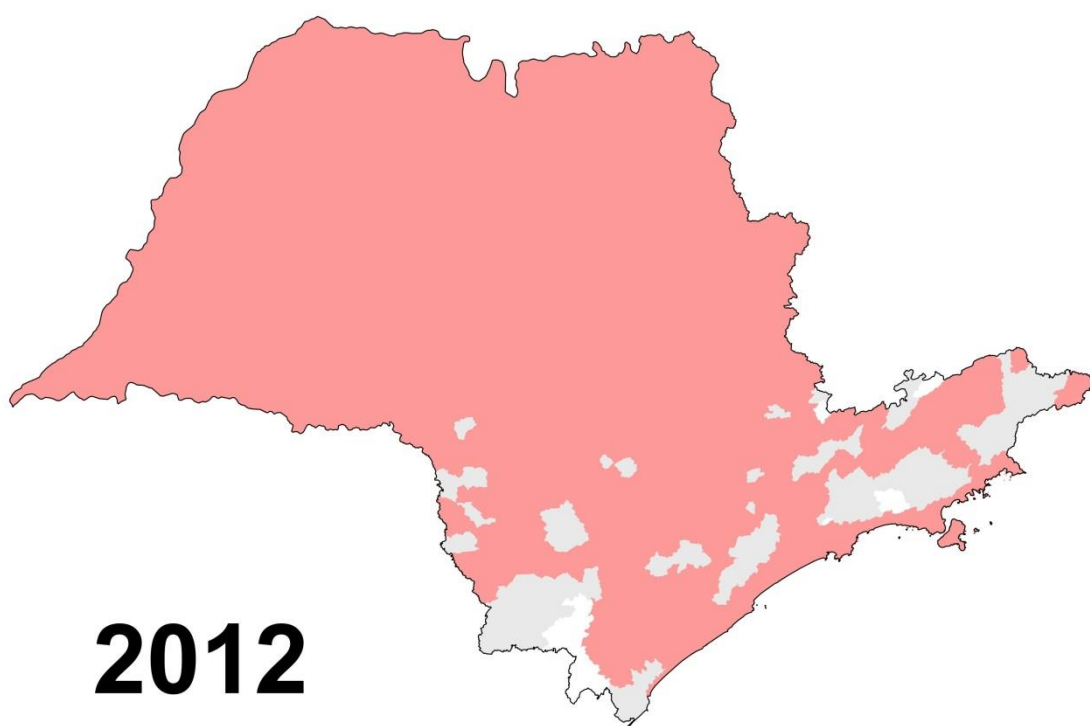
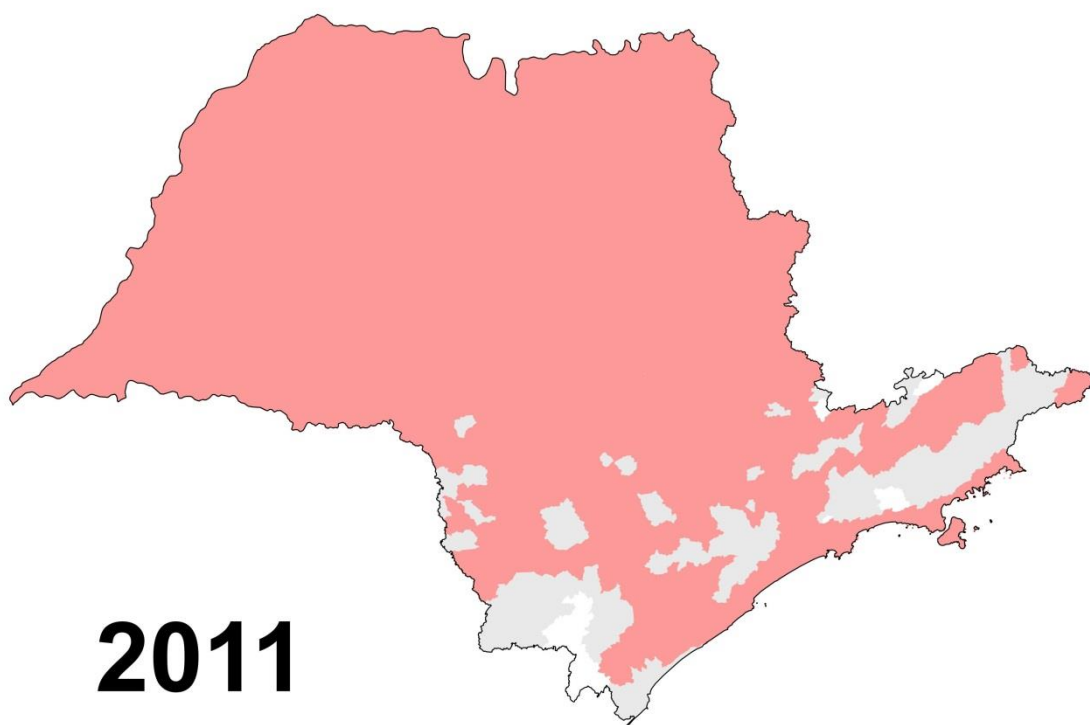
2009



2010

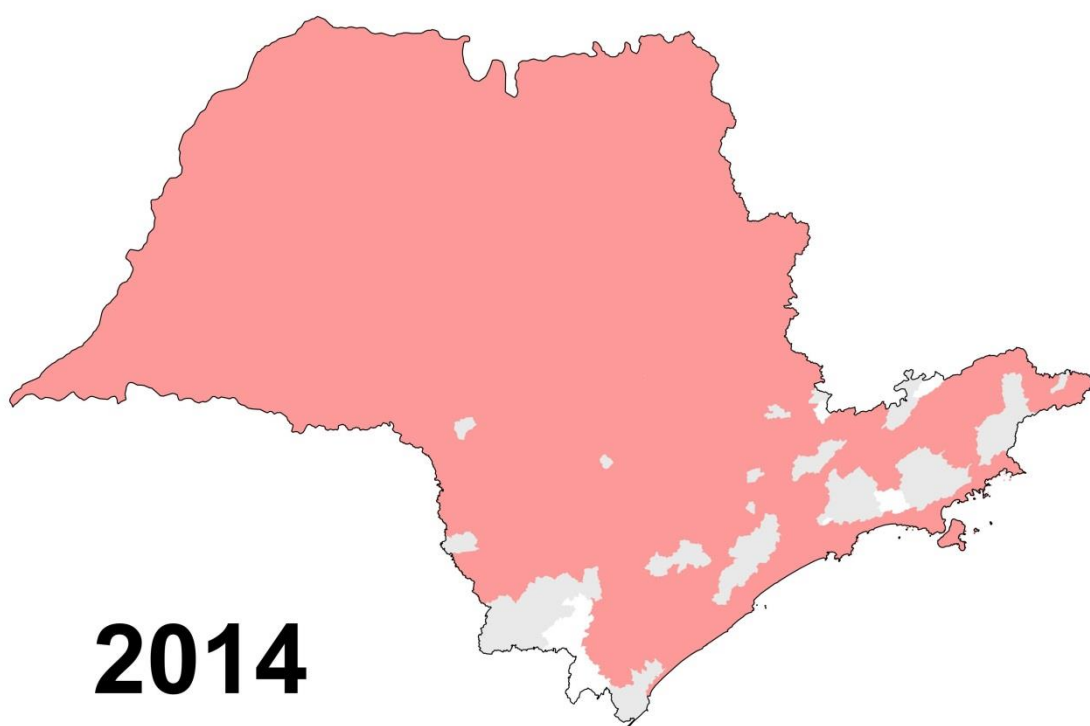
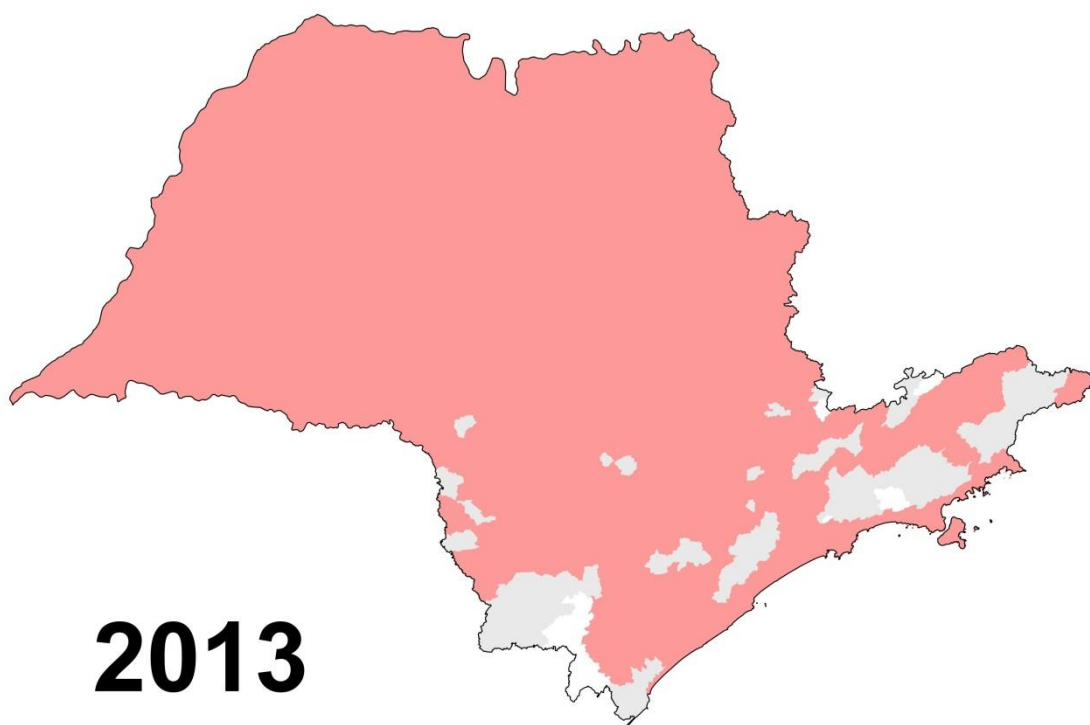
Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



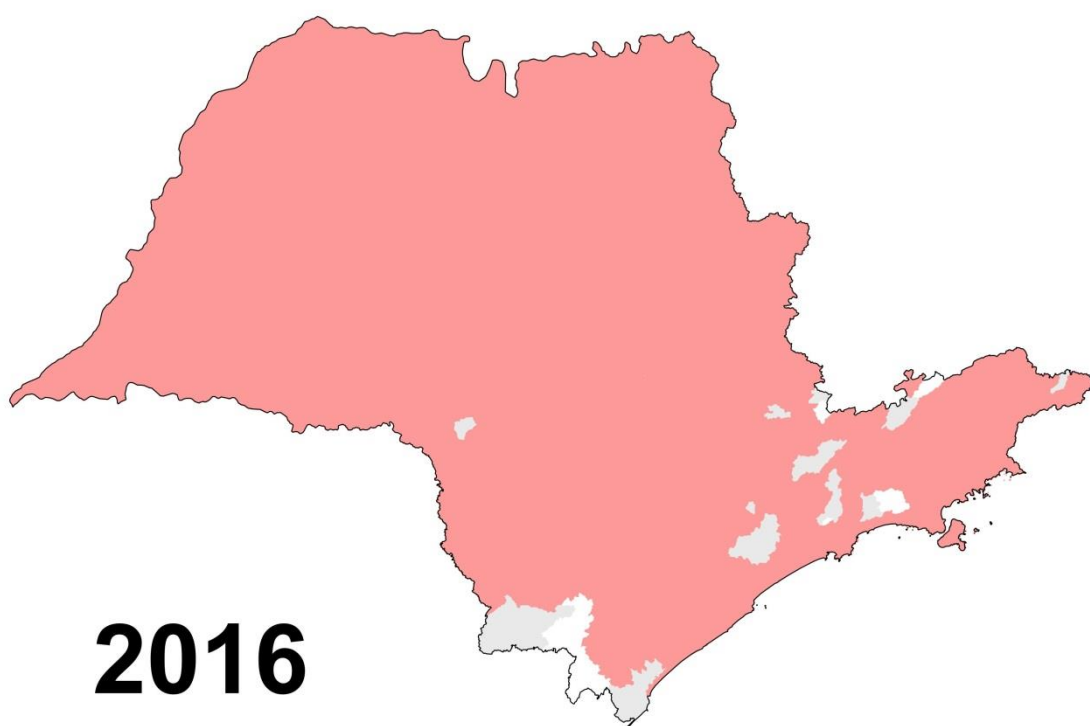
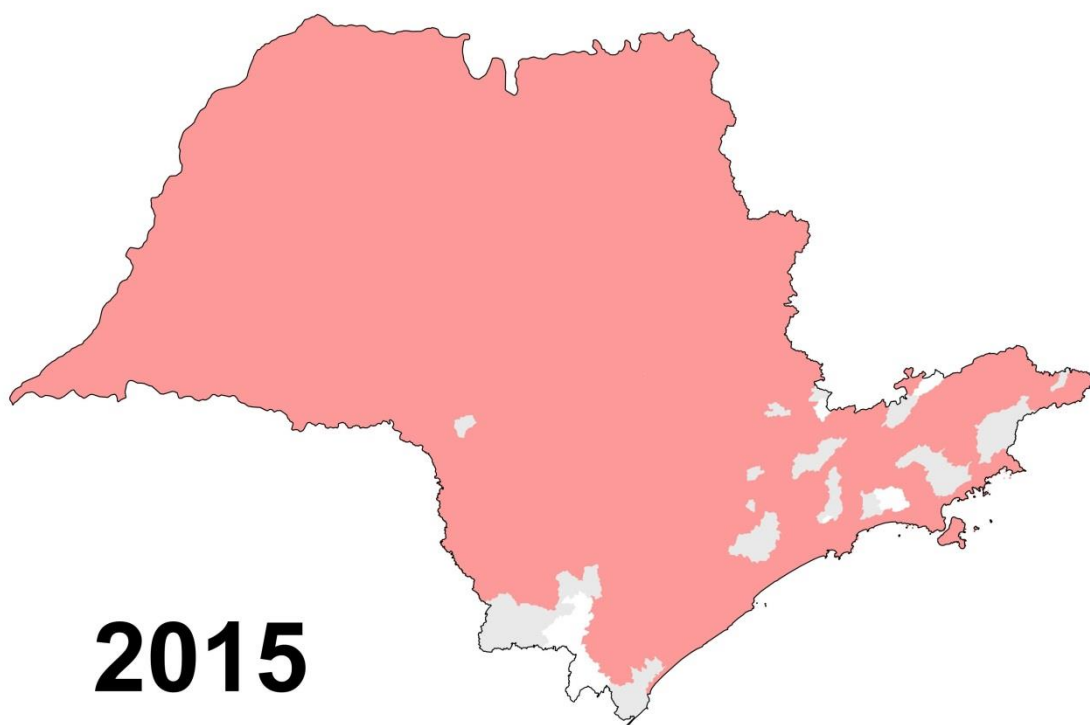
Legenda:

-  Município infestado
-  Município não infestado
-  Município não avaliado



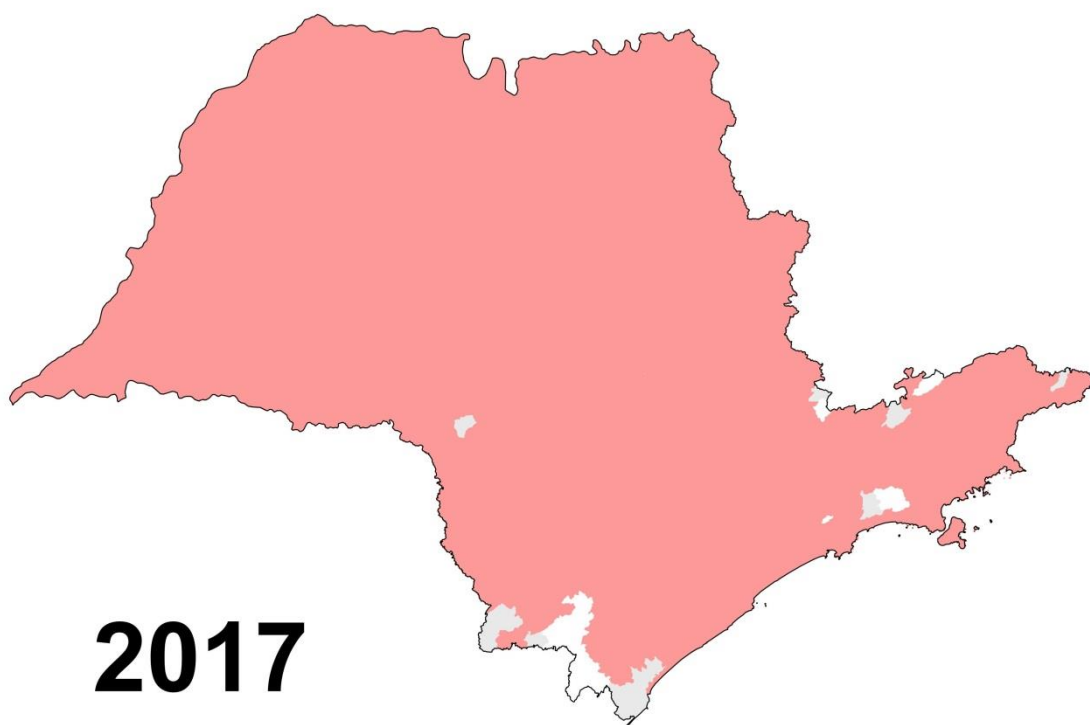
Legenda:

- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado



Legenda:

-  Município infestado
-  Município não infestado
-  Município não avaliado



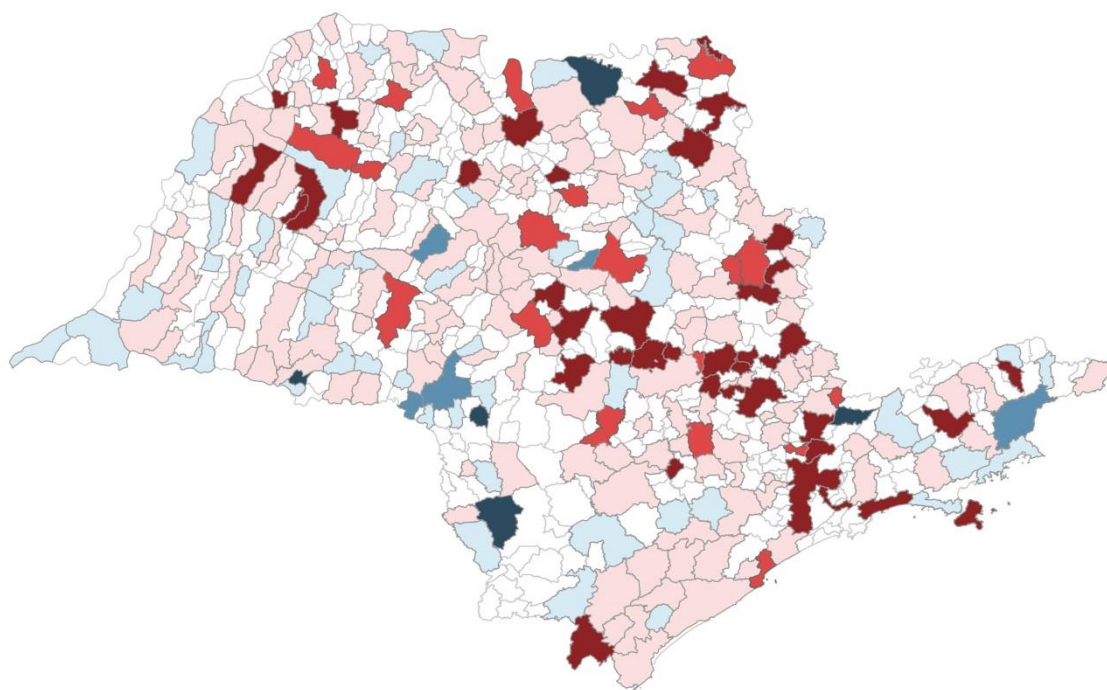
2017

Legenda:

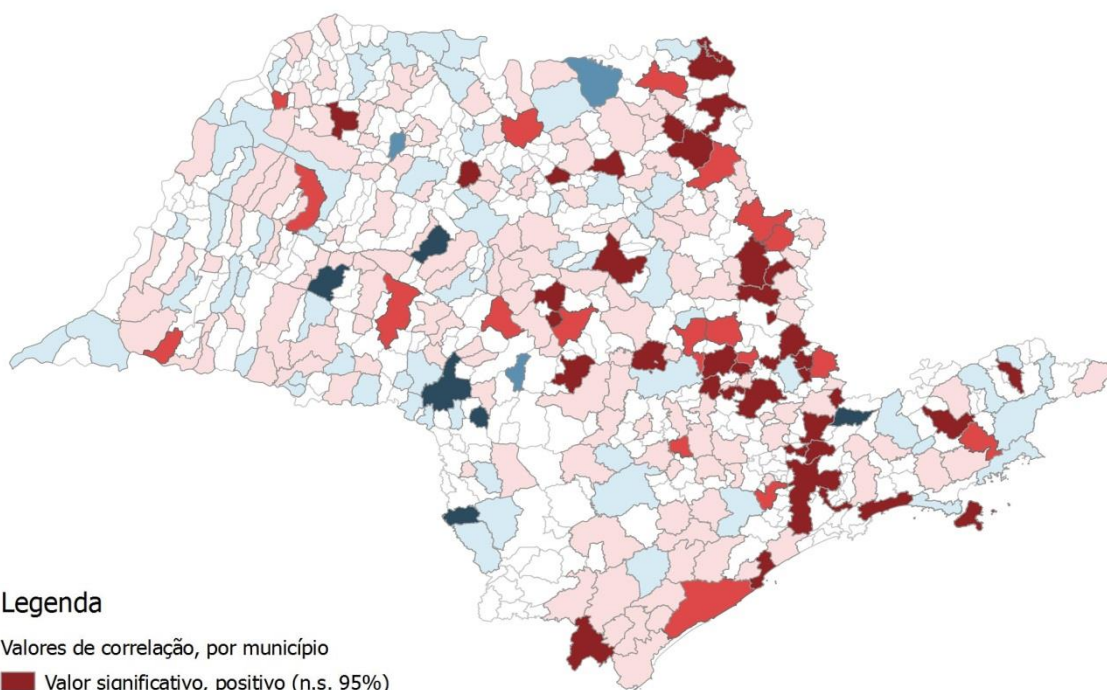
- Município infestado
- Município não infestado
- Município não avaliado

DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE CORRELAÇÃO TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA

CORRELAÇÃO DIRETA



CORRELAÇÃO COM 1 MÊS DE DEFASAGEM



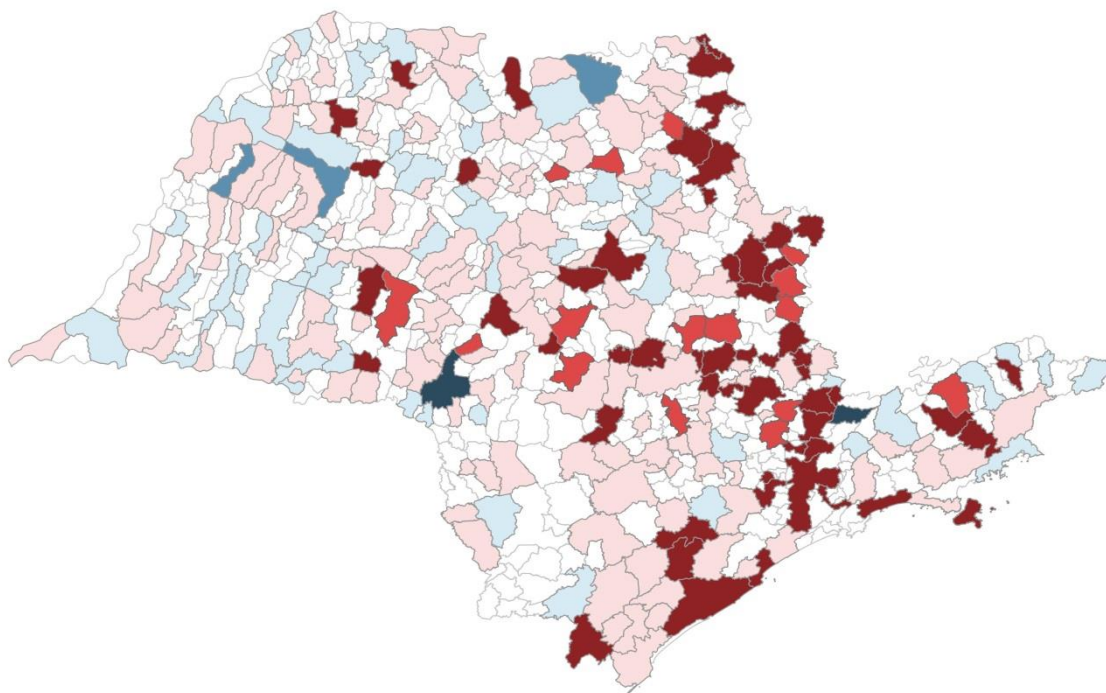
Legenda

Valores de correlação, por município

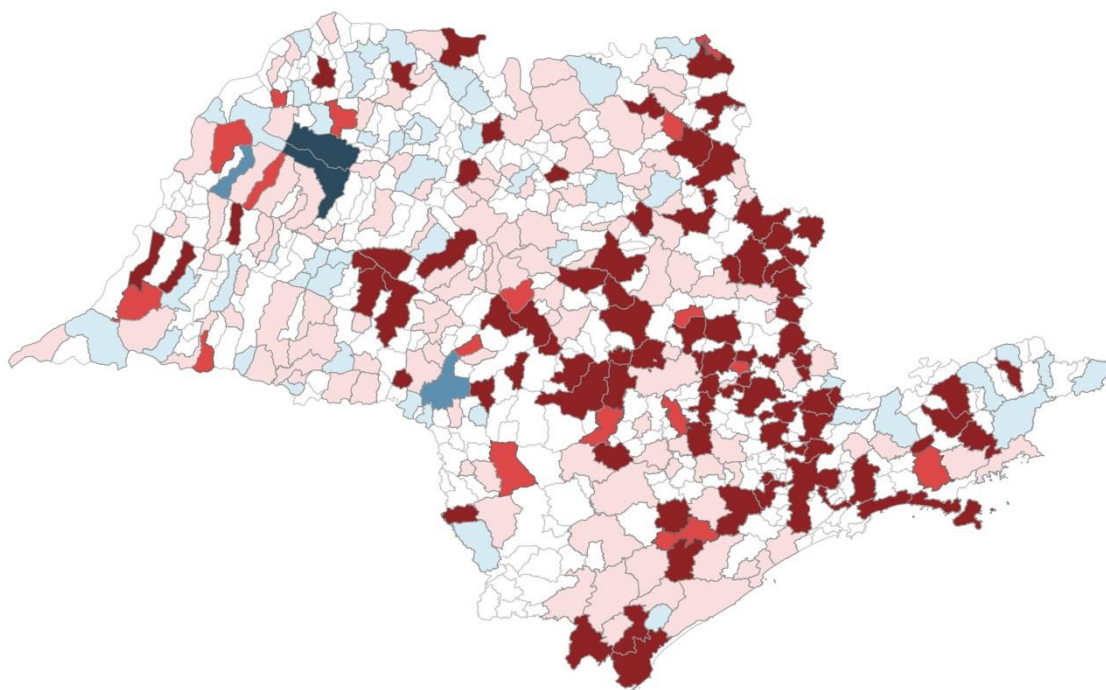
- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor positivo
- Valor negativo
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

* n.s. = nível de significância

CORRELAÇÃO COM 2 MESES DE DEFASAGEM



CORRELAÇÃO COM 3 MESES DE DEFASAGEM



Legenda

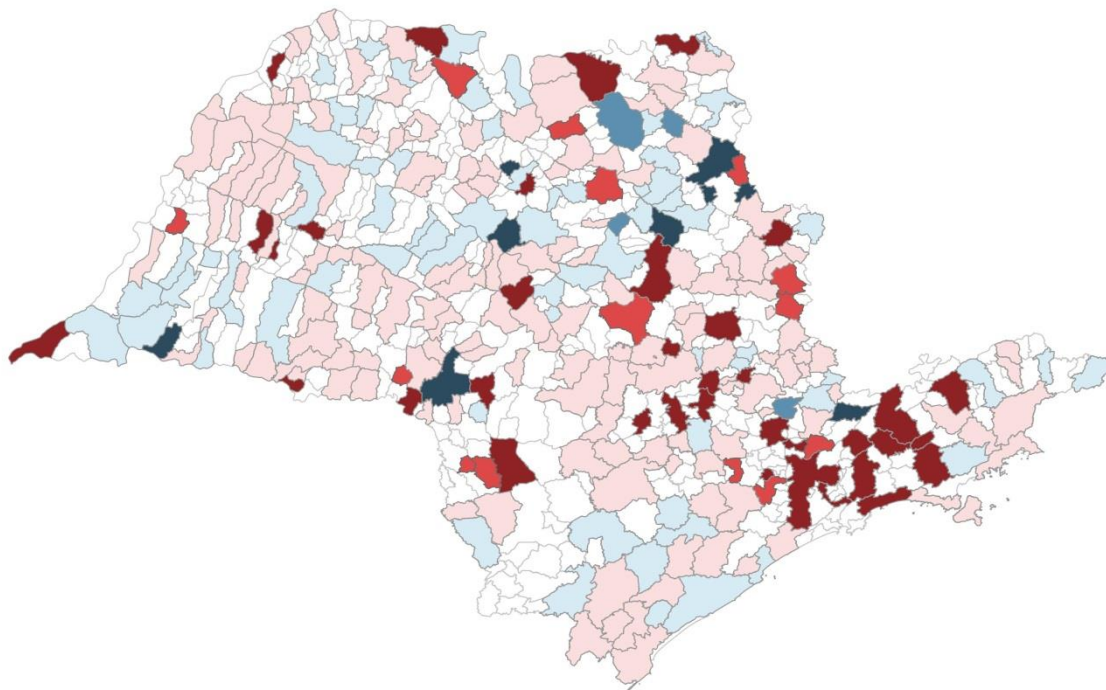
Valores de correlação, por município

- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor positivo
- Valor negativo
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

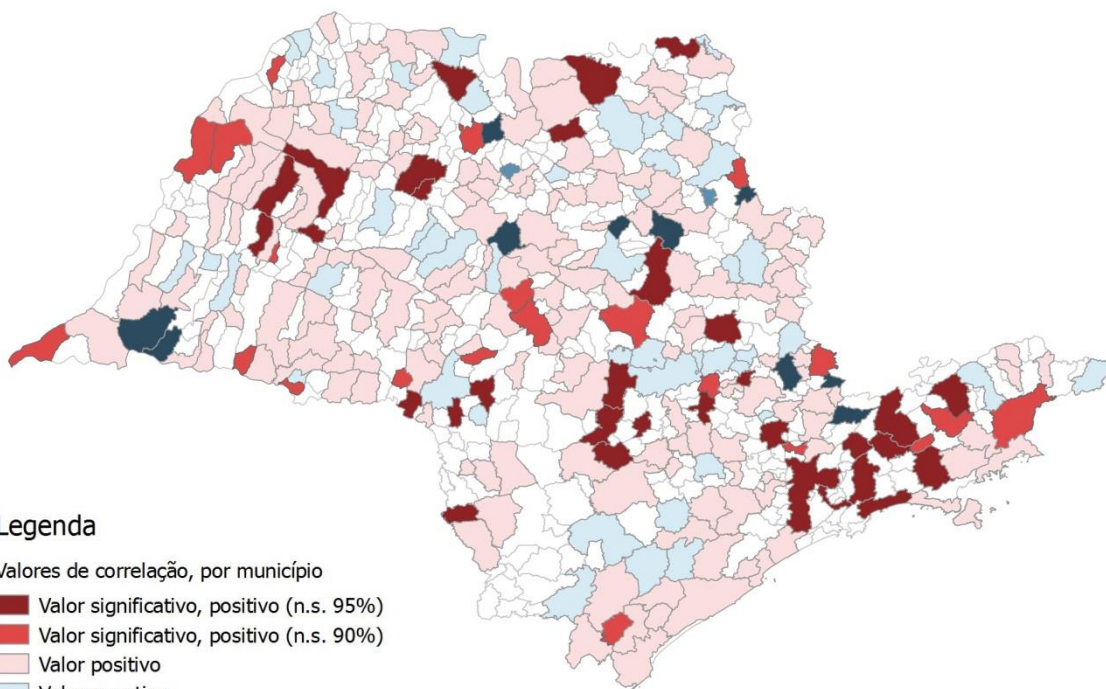
* n.s. = nível de significância

DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE CORRELAÇÃO TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA

CORRELAÇÃO DIRETA



CORRELAÇÃO COM 1 MÊS DE DEFASAGEM



Legenda

Valores de correlação, por município

■ Valor significativo, positivo (n.s. 95%)

■ Valor significativo, positivo (n.s. 90%)

■ Valor positivo

■ Valor negativo

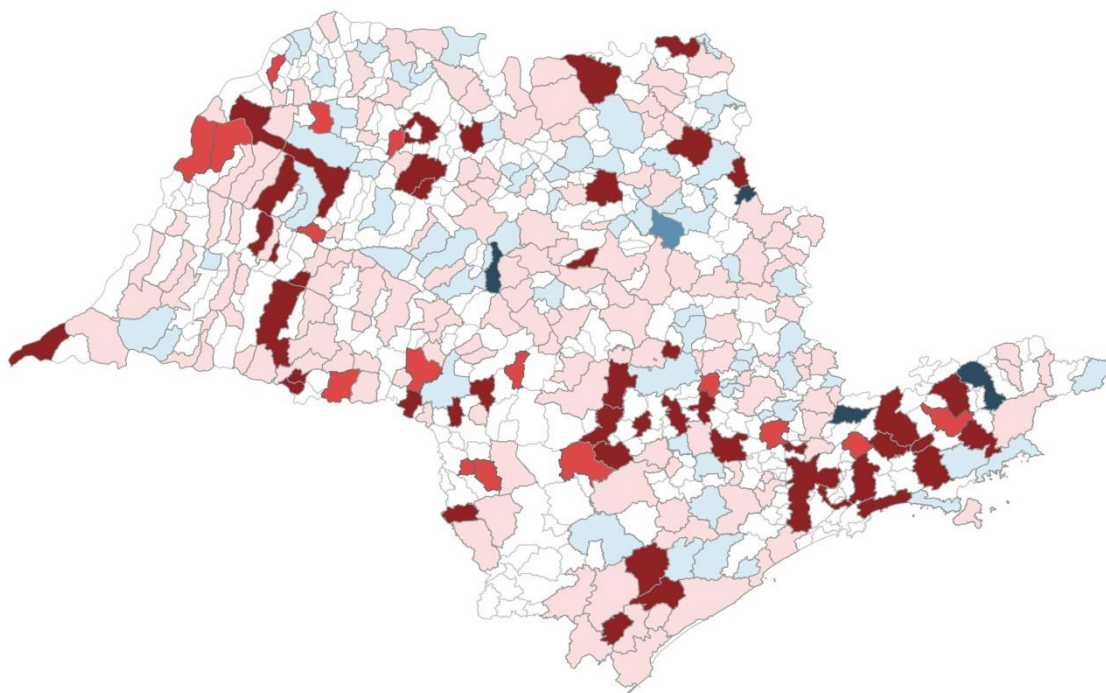
■ Valor significativo, negativo (n.s. 90%)

■ Valor significativo, negativo (n.s. 95%)

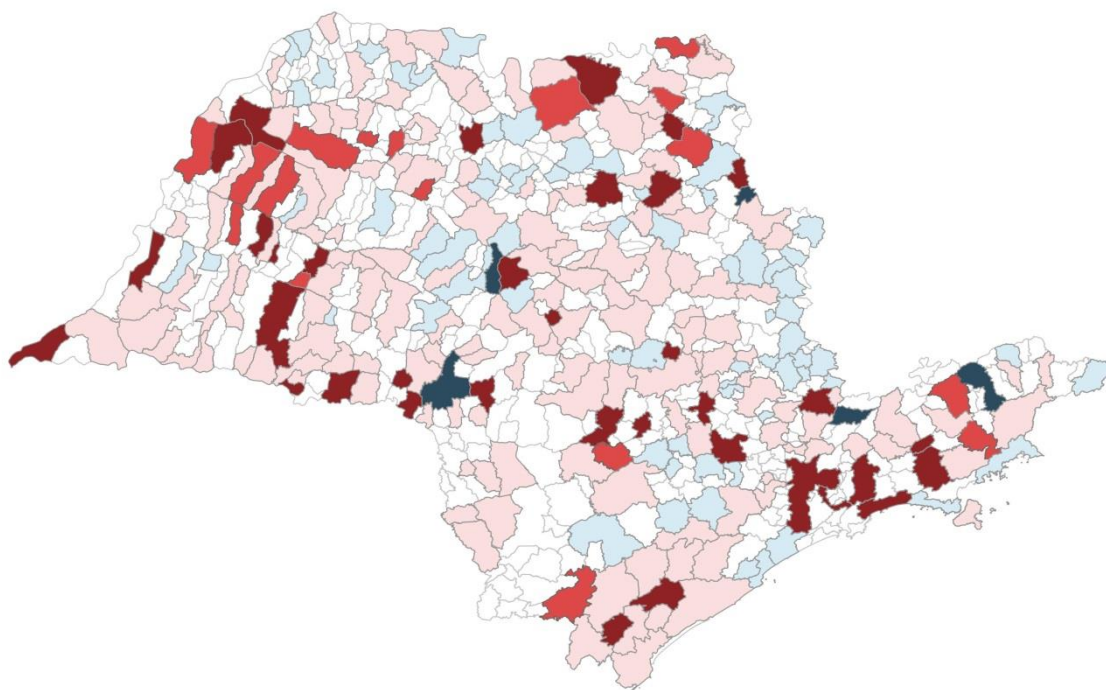
□ Municípios não analisados

* n.s. = nível de significância

CORRELAÇÃO COM 2 MESES DE DEFASAGEM



CORRELAÇÃO COM 3 MESES DE DEFASAGEM



Legenda

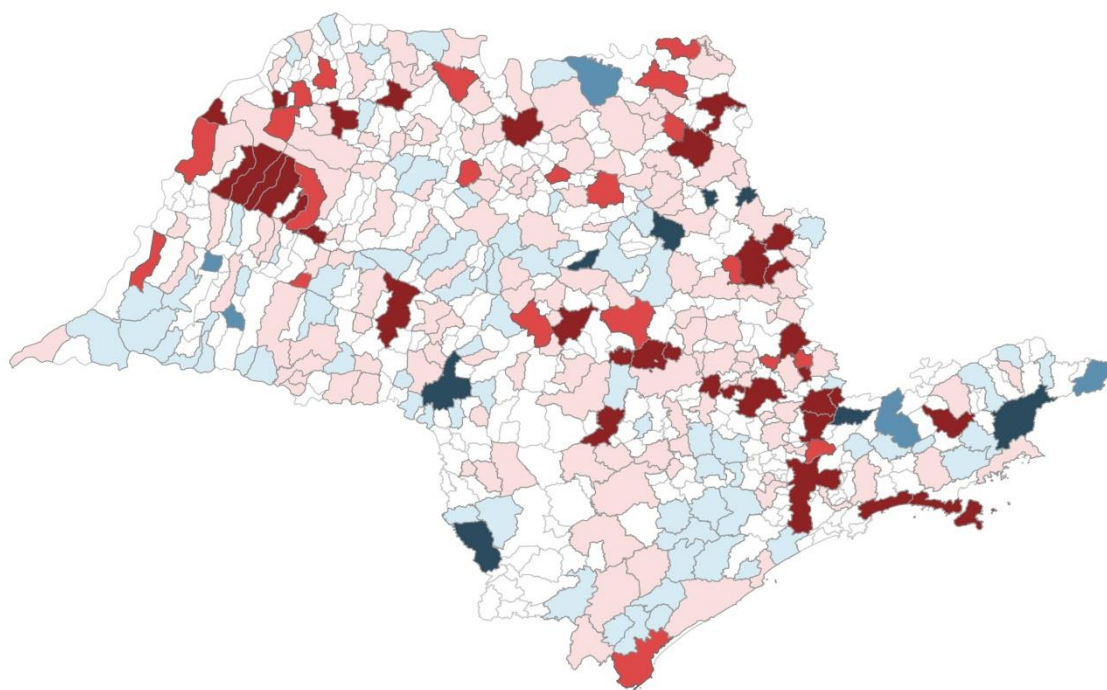
Valores de correlação, por município

- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor positivo
- Valor negativo
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

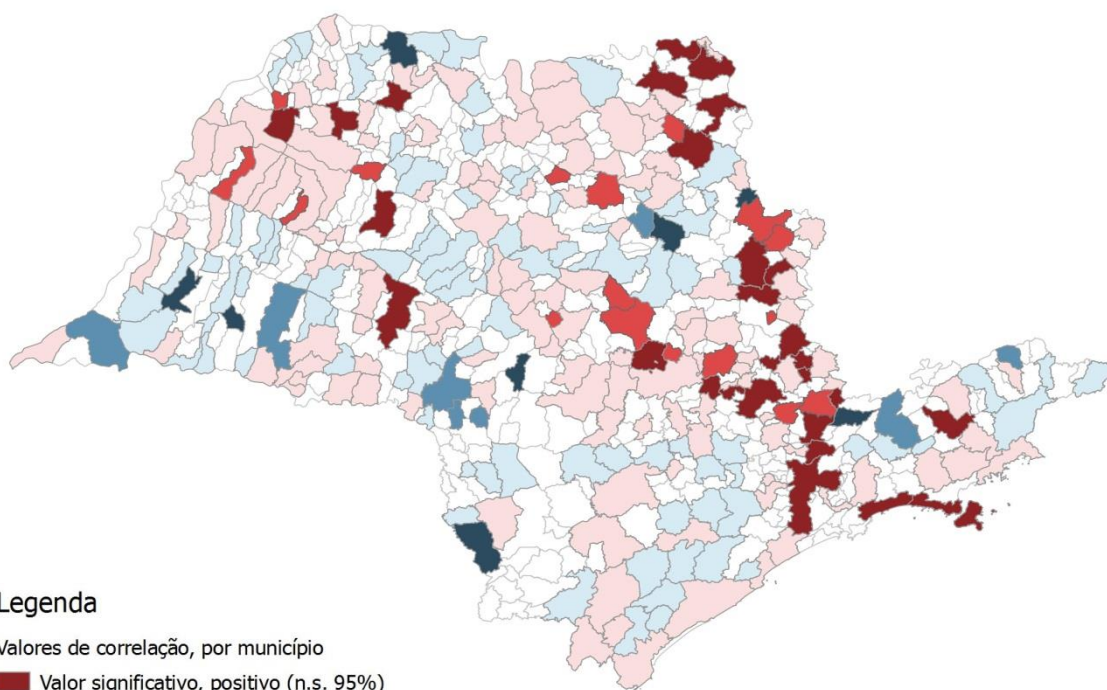
* n.s. = nível de significância

DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE CORRELAÇÃO TEMPERATURA MÁXIMA (MÉDIA MENSAL)

CORRELAÇÃO DIRETA



CORRELAÇÃO COM 1 MÊS DE DEFASAGEM



Legenda

Valores de correlação, por município

■ Valor significativo, positivo (n.s. 95%)

■ Valor significativo, positivo (n.s. 90%)

■ Valor positivo

■ Valor negativo

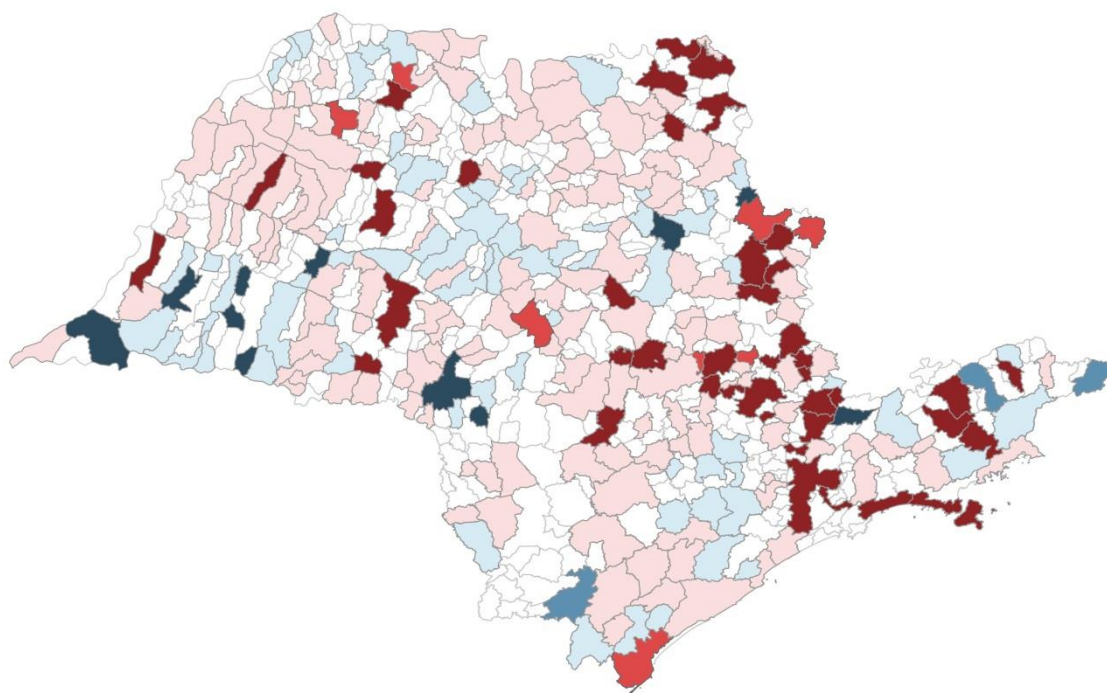
■ Valor significativo, negativo (n.s. 90%)

■ Valor significativo, negativo (n.s. 95%)

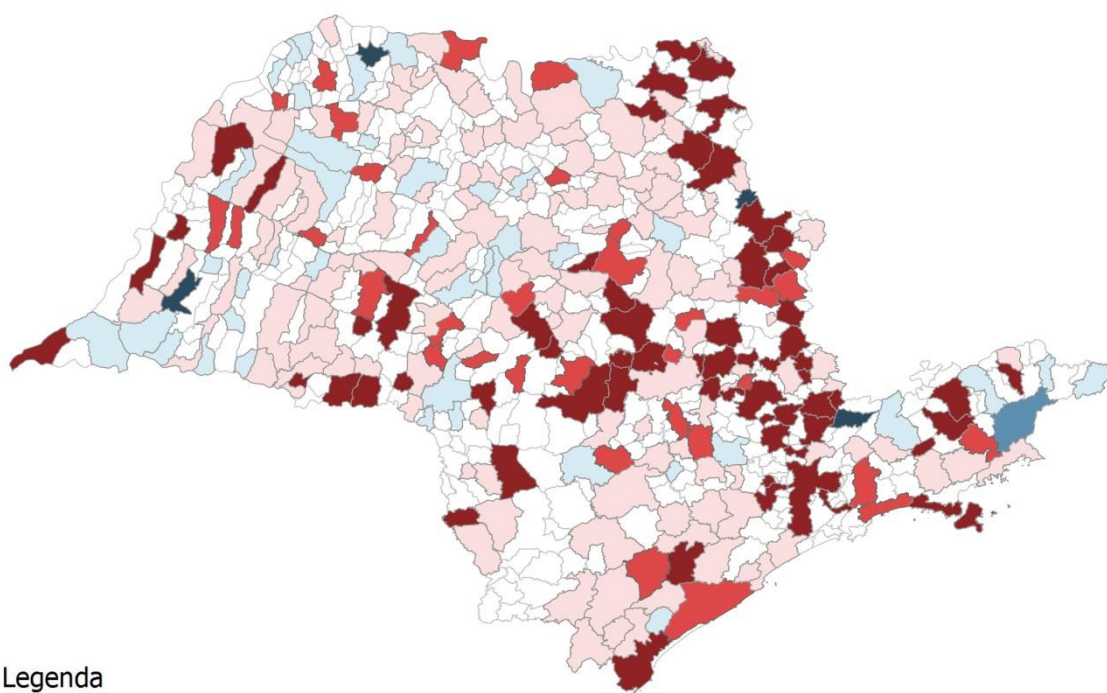
□ Municípios não analisados

* n.s. = nível de significância

CORRELAÇÃO COM 2 MESES DE DEFASAGEM



CORRELAÇÃO COM 3 MESES DE DEFASAGEM



Legenda

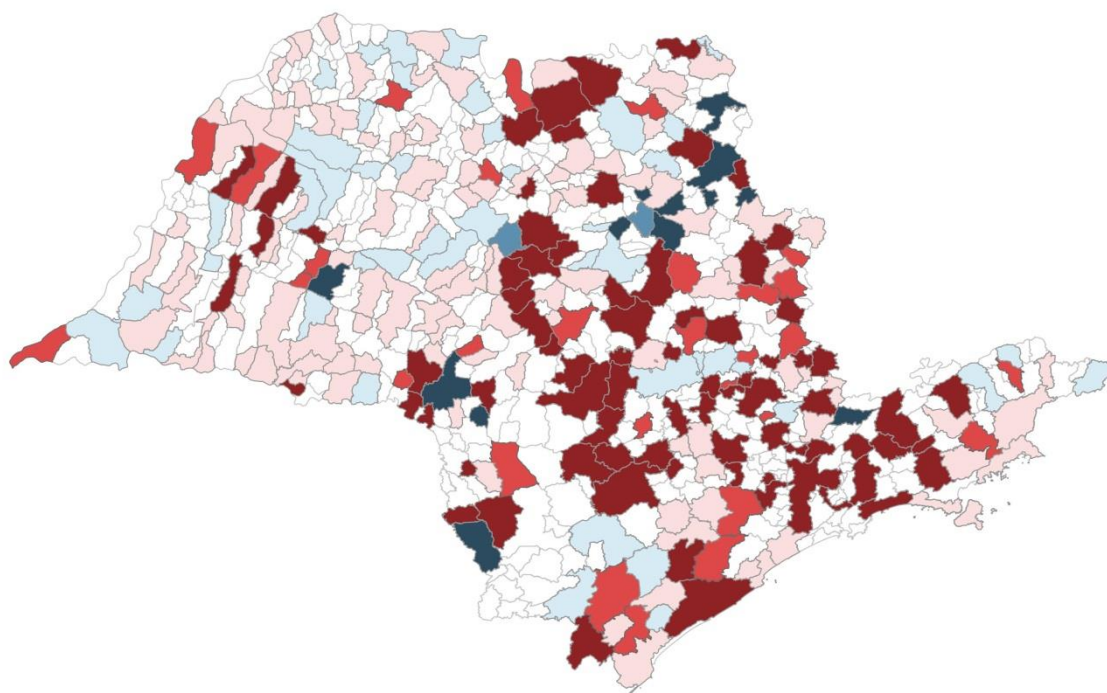
Valores de correlação, por município

- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor positivo
- Valor negativo
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

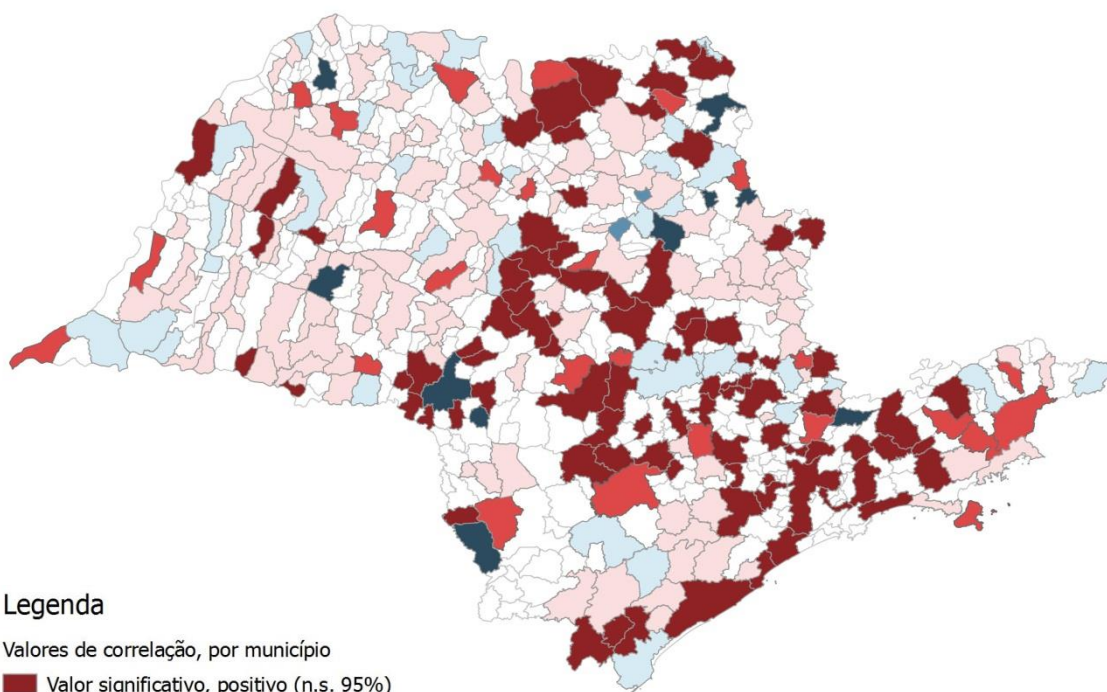
* n.s. = nível de significância

DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE CORRELAÇÃO TEMPERATURA MÍNIMA (MÉDIA MENSAL)

CORRELAÇÃO DIRETA



CORRELAÇÃO COM 1 MÊS DE DEFASAGEM



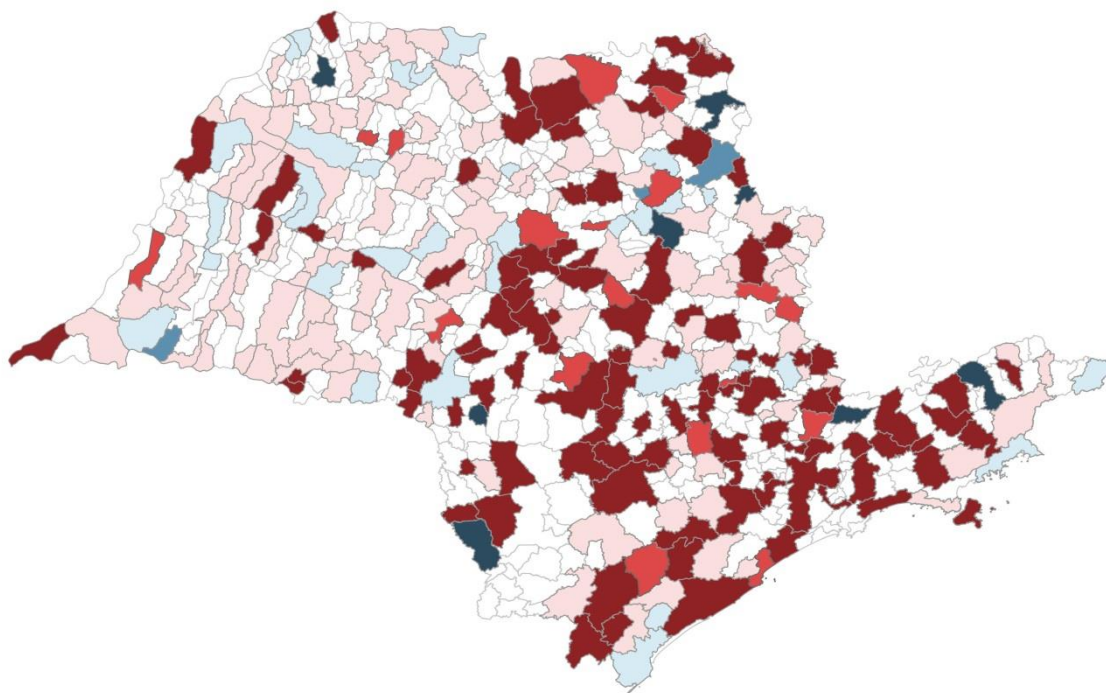
Legenda

Valores de correlação, por município

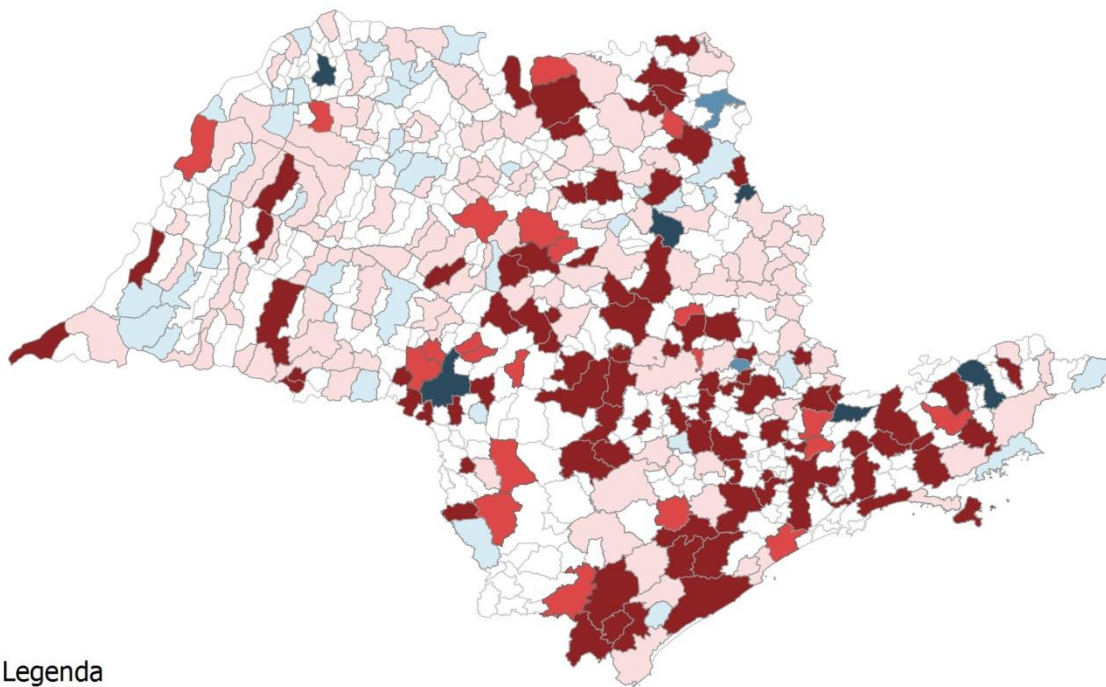
- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor positivo
- Valor negativo
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

* n.s. = nível de significância

CORRELAÇÃO COM 2 MESES DE DEFASAGEM



CORRELAÇÃO COM 3 MESES DE DEFASAGEM



Legenda

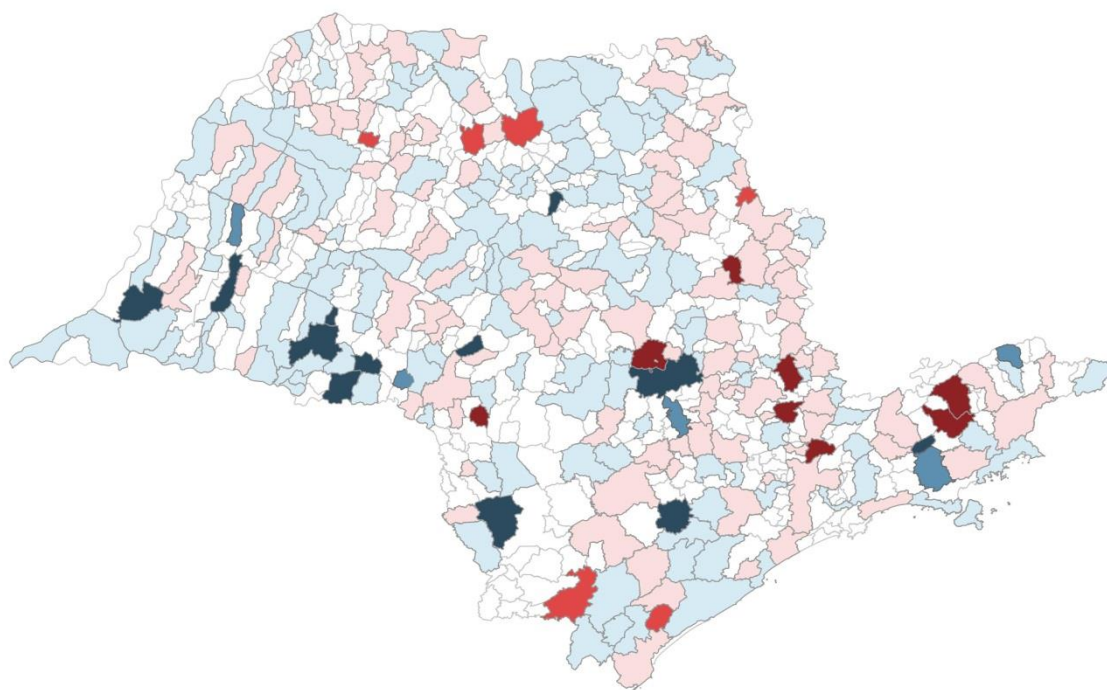
Valores de correlação, por município

- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor positivo
- Valor negativo
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

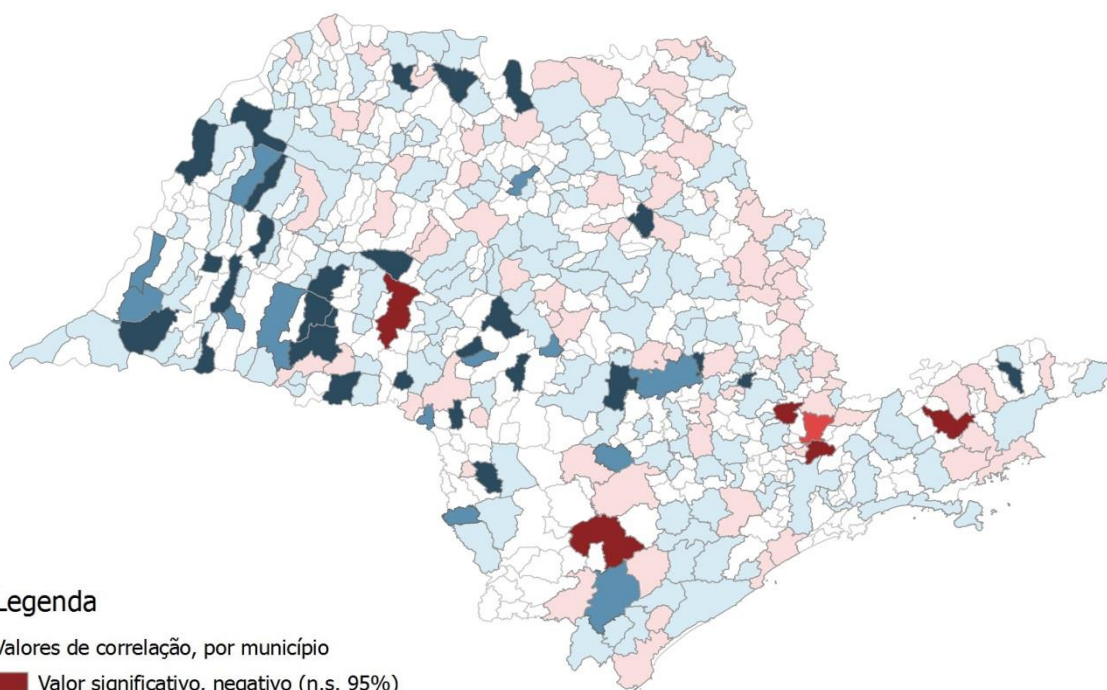
* n.s. = nível de significância

DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE CORRELAÇÃO PRECIPITAÇÃO (ACUMULADA MENSAL)

CORRELAÇÃO DIRETA



CORRELAÇÃO COM 1 MÊS DE DEFASAGEM



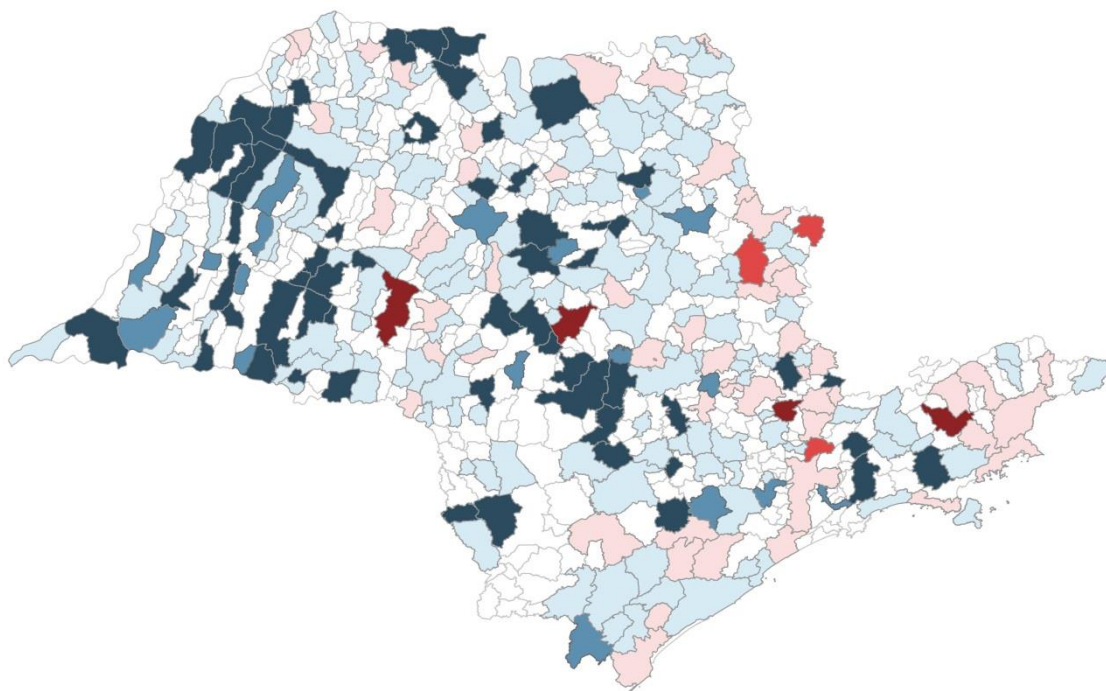
Legenda

Valores de correlação, por município

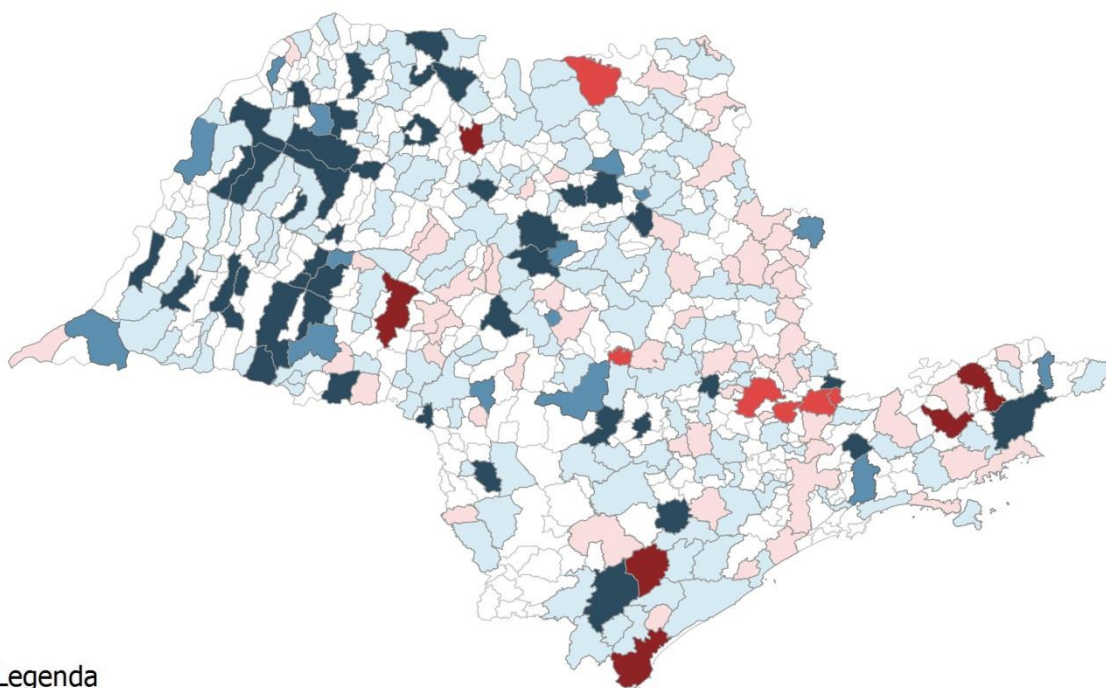
- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor negativo
- Valor positivo
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

* n.s. = nível de significância

CORRELAÇÃO COM 2 MESES DE DEFASAGEM



CORRELAÇÃO COM 3 MESES DE DEFASAGEM



Legenda

Valores de correlação, por município

- Valor significativo, negativo (n.s. 95%)
- Valor significativo, negativo (n.s. 90%)
- Valor negativo
- Valor positivo
- Valor significativo, positivo (n.s. 90%)
- Valor significativo, positivo (n.s. 95%)
- Municípios não analisados

* n.s. = nível de significância