

Mudanças nos Padrões da Temperatura do Estado de São Paulo/Brasil nos Últimos 50 Anos*Temperatures Standards Changes in São Paulo State/Brazil in the Last 50 Years***Karime Pechutti Fante**

UNESP – Presidente Prudente

karimefante@hotmail.com

João Lima Sant'Anna Neto

UNESP – Presidente Prudente

joalima@fct.unesp.br

Recebido (Received): 25/01/2017 Aceito (Accepted): 17/03/2017
10.11606/rdg.v33i0.125767

Resumo: Um dos temas mais relevantes discutidos atualmente é a questão da variabilidade e das mudanças climáticas. Diversas pesquisas apontam que as temperaturas mundiais têm aumentado substancialmente, nos últimos anos, e, especialmente devido a fatores como o uso e ocupação do solo e diferentes formas de poluição. Embasados nesta discussão o objetivo deste artigo é apresentar alguns dados oriundos desta relação sociedade-natureza tomando como viés analítico a variabilidade e aumento das temperaturas, em quatorze cidades de pequeno e médio porte do Estado de São Paulo. Com base em técnicas comparativas entre a última normal climatológica (1961 – 1990) e período recente (1991 – 2011) e técnicas estatísticas (análise de cluster), foram identificados as principais estações sazonais e décadas em que ocorreram os maiores aumentos das temperaturas máximas e mínimas, além de identificar semelhanças e discrepâncias espaciais em todo o Estado. Os resultados indicam que o aumento das temperaturas no estado de São Paulo foi mais expressivo para as mínimas, quando comparadas às temperaturas máximas. Ressalta-se que esses aumentos ocorreram especialmente durante a primavera, para as máximas, e verão, para as mínimas. Comprovou-se que houve um aumento gradativo das temperaturas ao longo do período analisado sendo que entre os anos de 1960 a 1980 ocorreram, predominantemente, temperaturas mais amenas, enquanto que nas décadas de 1990 e 2000 ocorreram os anos mais quentes da série, com aumentos médios de até 2,3°C para a cidade de Votuporanga, para as temperaturas máximas e de 1,8°C e 1,6°C para as temperaturas mínimas nas cidades de Santos e Presidente Prudente, respectivamente.

Palavras-chave: Temperatura, Mudanças Climáticas, Normal Climatológica, Estado de São Paulo.

Abstract: One the most themes relevant discussed currently is the variability question and climate change. Several researches indicate that world temperatures have increased substantially, in the last years, especially due to factors as land use and occupation and different forms of pollution. Based on this discussion, the objective this article is present some data from this society-nature relation taking as analytical bias the variability and increases the temperatures in fourteen small and medium-sized cities de São Paulo State. By means of comparative techniques between the last climatological normal (1961 – 1990) and recent period (1991 – 2011), and statistical techniques (Cluster analysis), were identified the principal seasons and decades with of the greatest increases in maximum and minimum temperatures and too spatial similarities and discrepancies across the state. The results indicate increase in temperature of São Paulo State was more expressive for the minimum temperature, when compared to the maximum temperatures. That increases occurred especially during the spring, for the maxims, and summer for the minimums. It was verified that one gradual increase of the temperatures, during the analyzed period. Between 1960s and 1980s occurred predominantly milder temperatures, while in the 1990s and 2000s was the most hottest years, with averages increases of the 2,3°C for the Votuporanga city, for the maximum temperatures and 1,8°C and 1,6°C for the minimum temperatures in Santos and Presidente Prudente cities, respectively.

Keywords: Temperature, Climatic Changes, Normal Climatology, São Paulo State.

1. INTRODUÇÃO

Um dos temas mais relevantes discutidos na atualidade é a questão da variabilidade e das mudanças climáticas. Inúmeros cientistas e pesquisadores têm demonstrado uma alteração consubstancial nas condições atmosféricas em baixos níveis que pode ser responsabilizado, em grande parte, pela forma em que o espaço geográfico tem sido utilizado e produzido.

Impulsionados por interesses econômicos o espaço de vivência do homem tem sido constantemente modificado e tecnificado gerando profundos desequilíbrios e confrontos entre o que é ambientalmente sustentável e o que é economicamente desejável aos moldes do capitalismo.

No âmbito da ciência geográfica e especialmente climatológica esse embate se torna presente quando se admite que o homem, de acordo com a produção do espaço, é capaz de contribuir com incrementos na temperatura do ar, com o aumento de anomalias e eventos extremos de precipitação e quando altera a composição química e física da atmosfera próxima.

Compreender as dinâmicas próprias de cada elemento da natureza foi, até certo momento da história, o essencial para a manutenção da vida, prevenção e conhecimento de suas repercussões. Dominar a natureza significava compreender a inconstância, o imprevisível e suas interações (GONÇALVES, 2013), e isso bastava. No entanto, sob esse aspecto, observa-se que houve uma mudança importante na relação homem-natureza. Com o avanço tecnológico e o desenvolvimento do capitalismo a sociedade começa a ver a natureza como recurso e passam a ser entendidos e condicionados pelo valor de troca.

Mais do que explorar, os agentes sociais entenderam que o capital precisa do recurso natural para efetivar-se, mas que não podem ficar na dependência dos tempos da natureza (GONÇALVES, 2013). E neste contexto o domínio da tecno-ciência compreende ao maior controle sobre a natureza (SANTOS, 1991) e, conseqüentemente, um maior acúmulo de capital.

Sob esse aspecto, Bernardes e Ferreira (2003, p.19) relembra que há uma importante relação dialética neste jogo de força entre sociedade-natureza: *o homem enforma a natureza ao mesmo tempo em que esta o enforma*, ou seja, a mesma sociedade que transforma a natureza, também é natureza e afeita as conseqüências positivas e negativas destas transformações. Portanto, é impossível conceber uma leitura crítica e eficaz sobre a natureza, se não for considerado a ação da sociedade, do mesmo modo que a sociedade não pode ser explicada apenas por vieses analíticos próprios das ciências humanas.

Toda a materialidade existente é constituída pelas formas herdadas do passado, associado ao presente através de constantes modificações pela dinâmica da natureza e da sociedade. *Estamos comprometidos com os fundamentos histórico-culturais* (e aqui se acrescentaria “físicos”) *que instituíram nosso mundo* (GONÇALVES, 2013, p. 8). Deste modo é reconhecido que há na Geografia uma preocupação em investigar este complexo emaranhado multidimensional que configura o espaço geográfico e a ciência atmosférica.

Admite-se que esta visão dialética da relação natureza-sociedade pode ser analisada por diferentes lentes, no entanto, é necessário, antes de tudo, reconhecer e descrever de que forma essas mudanças têm ocorrido ao longo dos anos em diferentes temporalidades. Essa é a intenção deste artigo. Vestir-se de um viés descritivo, por meio de abordagens quantitativas, que sejam capazes de ajudar a compreender a modificação do natural, temperaturas, nos espaços de maior artificialização, as cidades.

2. AS TEMPERATURAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Os estudos realizados no estado de São Paulo, de modo geral, afirmam que as temperaturas tiveram modificações significativas ao longo dos anos. Neste contexto é sabido que o último século foi muito importante para a urbanização brasileira e um período de grandes transformações territoriais geradas a partir do processo de crescimento populacional oriundo do êxodo rural.

A expansão territorial e o alto contingente populacional atingiram diretamente a qualidade de vida da população residente nas cidades, propiciando sérios problemas de ordem social e ambiental, além da maior vulnerabilidade dos moradores às adversidades naturais, e, aqui se ressaltam as condições climáticas severas, de secas e episódios de chuva intensa (ASSIS, 2008), podendo-se novamente afirmar e representar o quanto a natureza e sociedade são híbridos. Assim como parafraseia Santos (1994, p. 07) *hoje o mundo estabelece um novo sistema de natureza, uma natureza que conhece o ápice de sua desnaturalização*.

No campo específico às dinâmicas atmosféricas, diversos autores têm comprovado a consequência que a modificação da paisagem tem ocasionado nas tendências e padrões das temperaturas nas cidades.

No estudo realizado por Dufek e Ambrizzi (2005) aplicado para 20 estações meteorológicas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e da estação meteorológica da Água Funda foi explicitado que entre os anos de 1990 a 2002 ocorreu um aumento nas temperaturas máximas e mínimas associado à diminuição do número de dias frios, especialmente nos meses de inverno, e noites frias, principalmente no verão.

Blain, Picoli e Lulu (2009) utilizando-se de técnicas estatísticas como a de Mann Kendall, também observaram as alterações nas tendências das temperaturas, neste caso, as temperaturas mínimas de 6 localidades do estado de São Paulo: Campinas, Cordeirópolis/Limeira e Ribeirão Preto, Monte Alegre do Sul, Pindorama, Piracicaba. Os resultados constatados demonstram que em três, das seis cidades estudadas (Campinas, Cordeirópolis/Limeira e Ribeirão Preto) houve tendências de elevação nas temperaturas com significância estatística. As conclusões apresentadas pelos autores recaem sobre a questão escalar:

os fatores de escala local parecem sobrepor-se a possíveis fatores de escala global, como principais forçantes radioativas no aumento médio dos valores dessa variável meteorológica nessas seis regiões do Estado de São Paulo (BLAIN, PICOLI E LULU, 2009, p.814).

Na pesquisa de Ferrari (2012) outras áreas de estudo foram escolhidas para a análise da variabilidade e tendências das temperaturas e pluviosidade em São Paulo. Objetivando analisar as mudanças de curto prazo, em escala local, o pesquisador escolheu como recorte territorial as cidades de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão e a escala temporal de 1976 a 2009. A partir das técnicas estatísticas utilizadas constatou-se que em Rio Claro, São Carlos e São Simão ocorreram tendências crescentes e/ou decrescentes, mas em nenhum dos casos houve confirmação estatística que estas tendências foram significativas. A única exceção ocorreu em Pirassununga onde a temperatura média apresentou tendência decrescente e significativa.

Observa-se que a tendência de aumento nas temperaturas com significância estatística não ocorreu de modo generalizado em todas as cidades do estado. Esta afirmativa também pode ser observada desenvolvida por Folhes e Fisch (2006), na cidade de Taubaté com precipitação e temperatura entre os anos de 1992 a 2005. Conforme o teste não paramétrico de Mann Kendall observou-se que não houve tendência significativa na série temporal de 14 anos de registros de temperatura do ar. Por outro lado, utilizando-se de outras técnicas estatísticas e tendo como foco outras cidades do estado de São Paulo, a pesquisa realizada por Galina (2002), constatou que houve acréscimos nas médias anuais de temperaturas. Seu estudo afirmou que entre os anos de 1969 a 2001 os aumentos nas temperaturas médias anuais foram da ordem de 0,5°C em Ribeirão Preto, 0,4°C em Campinas e 1,1°C em Presidente Prudente.

Neste sentido observa-se e enfatiza-se o papel das dinâmicas locais e espaciais nas alterações de temperatura. Cada ponto geográfico produz e transforma a energia térmica das cidades de maneira singular de acordo com a relação sociedade-natureza eminente, assim como pode ser comprovado nas análises temporais desenvolvidas nesta pesquisa.

3. TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para esta pesquisa foram escolhidas quatorze localidades, de pequeno e médio porte, distribuídas em diferentes regiões-paisagísticas do estado de São Paulo: Avaré, Catanduva, Campos do Jordão, Franca, Piracicaba, Iguape, Presidente Prudente, Santos, São Carlos, São Simão, Sorocaba, Taubaté, Ubatuba e Votuporanga.

Os dados utilizados são de 1961 a 2011, diários, e de temperatura máxima e mínima, compilados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e ESALQ/USP (Universidade de São Paulo). Estes dados foram organizados em séries sazonais (média dos valores dos meses dezembro, janeiro e fevereiro para o verão; março, abril, maio para a representação da primavera; junho, julho e agosto para definição do inverno; e, setembro, outubro e novembro para o outono) e deca-anuais (média dos períodos: 1961 a 1970; 1971 a 1980, 1981 a 1990, 1991 a 2000 e 2001 a 2011) e, posteriormente, foram comparados entre dois períodos principais: normal climatológica (1961 a 1990) e o período recente (1991 a 2011).

Com a Análise de Cluster e o método de agrupamento hierárquico de Ward buscou-se traçar uma síntese das modificações nas séries dos dados comparando temporalmente e espacialmente os resultados.

Em específico a estas metodologias, Johnson e Wichern (1992), Cruz e Regazzi (1994), *apud* Albuquerque (2005, p.1) esclarecem que a análise de Cluster [...] *tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação as unidades amostrais em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos.*

Conforme os autores Fechine e Galvêncio (2008, p. 79 e 80) O método de Ward é um método de variância, derivado de um processo hierárquico e aglomerativo. *O método de Ward tem por objetivo minimizar o quadrado da distância euclidiana às médias dos conglomerados. A distância euclidiana é a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças de valores para cada variável [...].* Em outras palavras, por esta técnica é formado grupos, minimizando a dissimilaridade, ou minimizando o total das somas de quadrados dentro de grupos, também conhecida como soma de quadrados dos desvios (SQD). Em cada etapa do procedimento, são formados grupos, de tal maneira que a solução resultante tenha o menor SQD dentro de grupos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados obtidos com a aplicação das técnicas e comparações têmporo-espaciais observou-se padrões de alterações nas temperaturas do estado de São Paulo em determinadas estações sazonais, décadas e regiões do Estado, ainda que cada cidade atribuisse características singulares de intensidade e padrão de alteração de acordo com a sua produção social do clima (SANT'ANNA NETO, 2001).

4.1. Análise Sazonal

Para os resultados das comparações entre as médias sazonais, do período da normal climatológica e do período recente, observa-se que para os dados de **temperatura máxima** as maiores elevações ocorreram predominantemente durante a primavera, fato identificado em 6 das 14 estações meteorológicas estudadas na pesquisa (Avaré, Franca, Presidente Prudente, São Carlos, São Simão e Votuporanga), atingindo ápices de até 2,3°C de aumento médio como constatado na cidade de Votuporanga.

Contudo o trimestre representativo de verão também teve uma mudança importante no padrão das temperaturas na maioria das estações meteorológicas estudadas. Os aumentos nas médias de temperatura máxima sazonal puderam ser verificados em duas cidades litorâneas: Santos com o aumento médio de 1,6°C e Ubatuba, 0,3°C; e em duas cidades localizadas no Vale do Paraíba: Taubaté com o aumento de 1°C e Campos do Jordão, 0,6°C (**Quadro 1**).

Para os dados de **temperaturas mínimas** observa-se que a maior parte das estações meteorológicas (cinco estações meteorológicas) tiveram os maiores desvios e aumentos nas temperaturas durante o verão: Avaré, 0,5°C; São Simão, 0,4°C; Taubaté, 0,4°C; e nas três cidades litorâneas, Santos, 0,9°C; Ubatuba, 0,2°C; e Iguape, 0,1°C. Contudo, ainda que durante o verão seja atribuído a alteração para um maior número de estações meteorológicas foi durante o inverno que as temperaturas mais aumentaram. Em 5, das 14 estações meteorológicas estudadas na pesquisa, (Catanduva, Franca, Piracicaba, Presidente Prudente e Campos do Jordão) os maiores valores de desvios das temperaturas mínimas ocorreram durante o inverno quando se pode constatar aumentos nas temperaturas de 1,2°C em Piracicaba à 1,8°C na cidade de Presidente Prudente (**Quadro 01**).

Além destes resultados também foi possível identificar as estações sazonais em que as temperaturas **menos se alteraram** durante esse período (**Quadro 2**). Para as **temperaturas máximas** a estação sazonal em que os valores médios menos foram alterados ocorreu, predominantemente, durante o outono, 8 estações meteorológicas, e também durante o inverno em 6 estações meteorológicas. Para as temperaturas mínimas as estações sazonais que pouco se alteraram, durante o período recente, não tiveram um padrão específico. Cada local de acordo com as especificidades geográficas tiveram um desenvolvimento singular.

Em Catanduva, Piracicaba, Presidente Prudente e Campos do Jordão os menores aumentos nas temperaturas mínimas foram verificados durante o verão; em Avaré, Franca, Taubaté, Votuporanga e Iguape os menores desvios ocorreram no outono; nas cidades São Carlos, São Simão, Santos e Ubatuba este fato foi verificado durante o inverno; e, em Avaré, Sorocaba e Iguape, cidades localizadas na porção mais meridional do estado de São Paulo, os menores desvios de temperaturas puderam ser constatados durante a primavera. (**Quadro 02**).

Quadro 01. Comparação sazonal dos desvios médios das temperaturas máximas e mínimas entre a normal climatológica (1961 a 1990) e o período recente (1991 a 2011). Ênfase para os desvios com maiores aumentos das temperaturas sazonais.

| Temperaturas máximas | | | | | Temperaturas mínimas | | | | |
|----------------------|-------|--------|---------|-----------|----------------------|-------|--------|---------|-----------|
| | Verão | Outono | Inverno | Primavera | | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| Avaré | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | Avaré | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 |
| Catanduva | -0,3 | -0,6 | -0,1 | -0,1 | Catanduva | 0,5 | 0,8 | 1,5 | 0,9 |
| Franca | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 0,8 | Franca | 1,4 | 1,2 | 1,7 | 1,5 |
| Piracicaba | 0,4 | 0,0 | 1,2 | 0,4 | Piracicaba | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 0,9 |
| Presidente Prudente | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 0,7 | Presidente Prudente | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,4 |
| São Carlos | 0,8 | 0,3 | 0,8 | 0,9 | São Carlos | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 0,9 |
| São Simão | 0,8 | 0,2 | 0,7 | 1,0 | São Simão | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 0,4 |
| Sorocaba | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | Sorocaba | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 0,9 |
| Taubaté | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | Taubaté | 0,4 | 0,0 | -0,7 | -0,2 |
| Votuporanga | 1,3 | 1,5 | 2,2 | 2,3 | Votuporanga | 1,5 | 0,9 | 1,2 | 1,6 |
| Santos | 1,6 | 1,4 | 0,8 | 1,1 | Santos | 0,9 | 0,6 | 0,1 | 0,6 |
| Ubatuba | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | Ubatuba | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| Iguape | 0,0 | 0,2 | -0,4 | 0,1 | Iguape | 0,1 | 0,0 | -0,5 | 0,0 |
| Campos do Jordão | 0,6 | -0,4 | 0,0 | 0,1 | Campos do Jordão | 0,8 | 0,9 | 1,7 | 1,1 |

 Maiores aumentos sazonais das temperaturas

Quadro 02. Comparação sazonal dos desvios médios das temperaturas máximas e mínimas entre a normal climatológica (1961 a 1990) e o período recente (1991 a 2011). Ênfase para as estações sazonais que mantiveram e/ou tiveram os menores desvios das temperaturas.

| Temperaturas máximas | | | | | Temperaturas mínimas | | | | |
|----------------------|-------|--------|---------|-----------|----------------------|-------|--------|---------|-----------|
| | Verão | Outono | Inverno | Primavera | | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| Avaré | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | Avaré | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 |
| Catanduva | -0,3 | -0,6 | -0,1 | -0,1 | Catanduva | 0,5 | 0,8 | 1,5 | 0,9 |
| Franca | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 0,8 | Franca | 1,4 | 1,2 | 1,7 | 1,5 |
| Piracicaba | 0,4 | 0,0 | 1,2 | 0,4 | Piracicaba | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 0,9 |
| Presidente Prudente | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 0,7 | Presidente Prudente | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,4 |
| São Carlos | 0,8 | 0,3 | 0,8 | 0,9 | São Carlos | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 0,9 |
| São Simão | 0,8 | 0,2 | 0,7 | 1,0 | São Simão | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 0,4 |
| Sorocaba | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | Sorocaba | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 0,9 |
| Taubaté | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | Taubaté | 0,4 | 0,0 | -0,7 | -0,2 |
| Votuporanga | 1,3 | 1,5 | 2,2 | 2,3 | Votuporanga | 1,5 | 0,9 | 1,2 | 1,6 |
| Santos | 1,6 | 1,4 | 0,8 | 1,1 | Santos | 0,9 | 0,6 | 0,1 | 0,6 |
| Ubatuba | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | Ubatuba | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| Iguape | 0,0 | 0,2 | -0,4 | 0,1 | Iguape | 0,1 | 0,0 | -0,5 | 0,0 |
| Campos do Jordão | 0,6 | -0,4 | 0,0 | 0,1 | Campos do Jordão | 0,8 | 0,9 | 1,7 | 1,1 |

 Permanências e/ou menores desvios das temperaturas (+/-)

4.2. Análise Deca-anual

O aumento nas temperaturas em determinados períodos do ano não ocorreu de forma rápida e brusca. Por meio das informações contidas nas **Figuras 1 e 2** é possível notar que desde a década de 1980, principalmente, é observado um aumento gradual das temperaturas até atingir os maiores marcos durante a última década analisada, 2000.

Com o resultado das análises das médias deca-anuais observa-se que durante a década de 1960 as temperaturas máximas foram, predominantemente, mais quentes que a média da normal climatológica, ainda que com desvios pouco elevados. Nesta década os desvios não ultrapassaram a marca de $0,9^{\circ}\text{C}$, verificado em Catanduva, e $0,5^{\circ}\text{C}$ em Sorocaba (**Figura 1**).

Para os dados de temperatura mínima a década de 1960 foi, notadamente, a mais fria e com os mais intensos desvios térmicos negativos na maior parte das estações meteorológicas estudadas na pesquisa (9 das 14 estações meteorológicas estudadas na pesquisa), como pode ser verificado em Presidente Prudente, $-1,3^{\circ}\text{C}$, seguido pelas cidades de São Carlos e Sorocaba com o desvio negativo de $-1,0^{\circ}\text{C}$ (**Figura 2**).

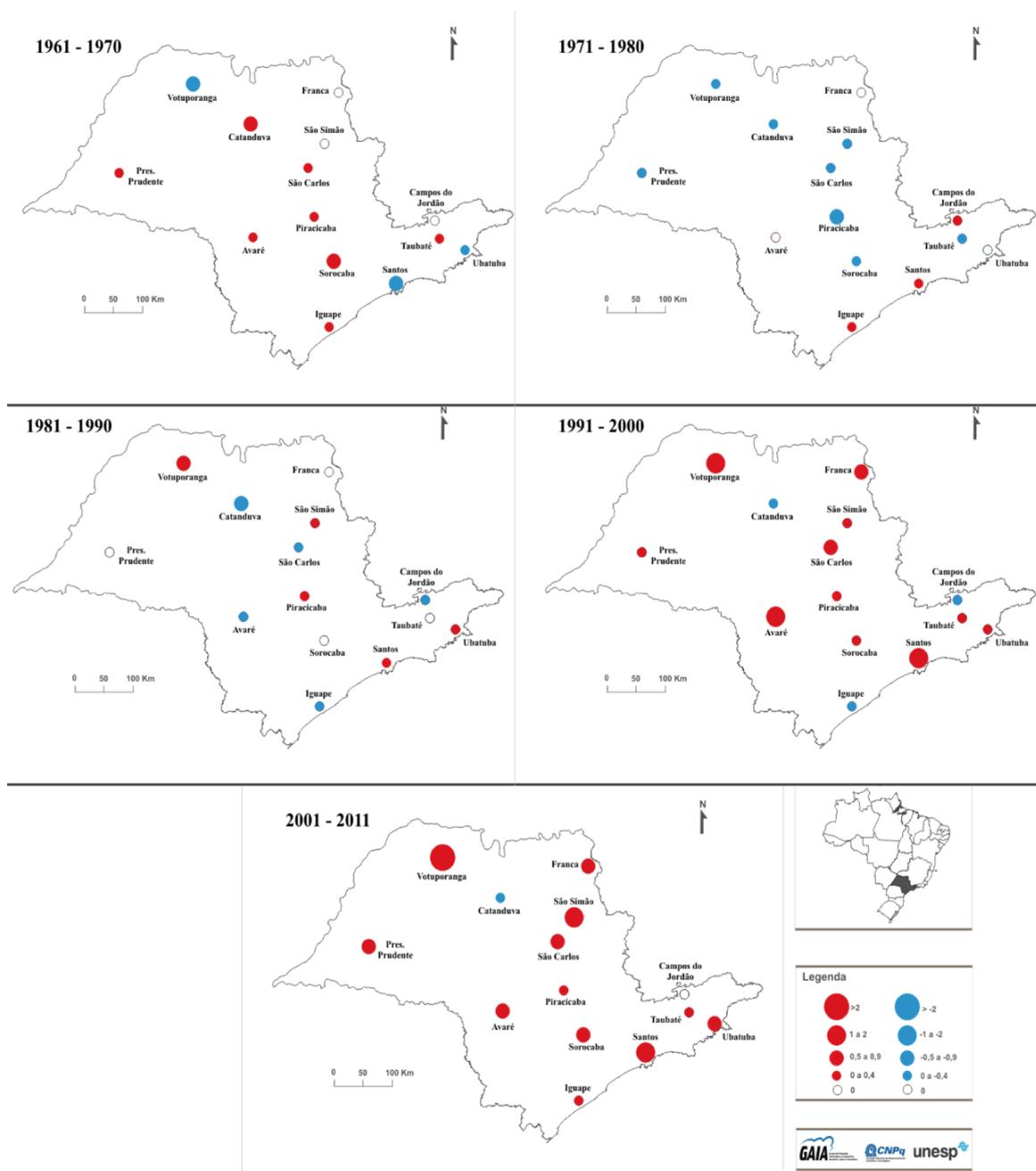


Figura 1. São Paulo. Desvios deca-anuais das temperaturas máximas em relação a normal climatológica.

Para a década de 1970, no que se refere às temperaturas médias das máximas, este foi o período em que ocorreu o maior número de estações meteorológicas com médias deca-anuais inferiores à média da normal climatológica. Constatou-se nas cidades de Piracicaba que as temperaturas ficaram aquém da normal climatológica em até $-0,5^{\circ}\text{C}$; em Catanduva, $-0,4^{\circ}\text{C}$ e Sorocaba, $-0,3^{\circ}\text{C}$. Para as temperaturas mínimas o predomínio também foi de temperaturas inferiores a normal climatológica, no entanto, é notório já na década de 1970 que algumas cidades tiveram o padrão das temperaturas elevadas e superaram a normal climatológica, ainda que em pouca intensidade (**Figura 1**).

Para este conjunto de dados, oito cidades tiveram as médias das temperaturas mínimas mais frias que a normal climatológica: São Simão, cidade em que houve o maior desvio negativo entre as demais, $-0,5^{\circ}\text{C}$; Taubaté e Sorocaba, com o desvio negativo de $-0,3^{\circ}\text{C}$; Catanduva, Votuporanga e Iguape com $-0,2^{\circ}\text{C}$. A década de 1980 foi um período de transição das temperaturas máximas mais amenas e inferiores à normal climatológica, para temperaturas mais quentes e superiores à normal climatológica (**Figura 2**).

Para o conjunto de resultados cinco estações meteorológicas tiveram desvios negativos inferiores a normal climatológica (Catanduva, Campos do Jordão, Iguape, Avaré, São Carlos) e em cinco estações meteorológicas as médias das temperaturas máximas foram superiores a normal climatológica, duas litorâneas: Ubatuba, Santos; e, três continentais: Piracicaba, São Simão e Votuporanga (**Figura 1**).

Quanto aos dados de temperaturas mínimas, na maioria das estações meteorológicas os desvios foram superiores à média da normal climatológica. Com exceção das cidades de Ubatuba e Avaré, que tiveram os mesmos resultados médios da normal climatológica, e Campos do Jordão, em que a temperatura média da década foi inferior a $-0,4^{\circ}\text{C}$, todas as demais cidades apresentaram valores positivos e superiores a média da normal climatológica (**Figura 2**).

Vale ressaltar que, como aponta Sant'Anna Neto (1995), a década de 1980 foi a mais chuvosa do Estado de São Paulo e isto certamente influenciou para que as temperaturas diminuíssem, tanto pelas trocas do calor latente/sensível, quanto pela diminuição da insolação decorrente do aumento da nebulosidade. Durante a década de 1990 verificou-se um predomínio de desvios positivos para às temperaturas máximas e mínimas.

Para as temperaturas máximas algumas cidades como Votuporanga, houve o incremento médio de $1,3^{\circ}\text{C}$; $1,1^{\circ}\text{C}$ em Santos; 1°C em Avaré; $0,5^{\circ}\text{C}$ em São Carlos e Franca; $0,4^{\circ}\text{C}$ em Ubatuba, São Simão e Sorocaba; $0,3^{\circ}\text{C}$ em Taubaté e Presidente Prudente; e um menor desvio positivo, de $0,2^{\circ}\text{C}$ em Piracicaba (**Figura 1**).

Para os dados de temperaturas mínimas apenas três cidades fugiram ao padrão de aumento nas médias das temperaturas máximas deca-anuais: Campos do Jordão, Taubaté e Avaré. Nas demais os desvios positivos atingiram ápices de até $1,4^{\circ}\text{C}$, como em Presidente Prudente e Franca (**Figura 2**).

Por fim, na última década analisada, 2000, observou-se que dentre as demais este foi o período em que as temperaturas mais aumentaram em relação à normal climatológica. Na maioria das cidades as temperaturas máximas e mínimas foram superiores a média da normal climatológica e com elevada intensidade.

Para os dados de temperaturas máximas a única cidade em que a temperatura foi inferior à média da normal climatológica foi Catanduva, $-0,3^{\circ}\text{C}$. Nas demais os desvios deca-anuais foram todos positivos e alcançaram os maiores picos entre todas as décadas como pode ser verificado em Votuporanga, aumento de $2,3^{\circ}\text{C}$, seguido pelas cidades de Santos com $1,3^{\circ}\text{C}$; São Simão, 1°C ; São Carlos e Sorocaba, $0,9^{\circ}\text{C}$; Avaré com a elevação média de $0,8^{\circ}\text{C}$; Presidente Prudente e Ubatuba, $0,7^{\circ}\text{C}$; Franca, $0,6^{\circ}\text{C}$ (**Figura 1**).

Para os dados de temperaturas mínimas as maiores elevações e desvios positivos das temperaturas também ocorreram durante a década de 2000. Para este conjunto de dados os maiores desvios e elevações foram constatados, por ordem: $1,8^{\circ}\text{C}$ em Sorocaba; $1,6^{\circ}\text{C}$ em Presidente Prudente; $1,5^{\circ}\text{C}$ em Franca e Votuporanga; $1,1^{\circ}\text{C}$ em Piracicaba; $0,9^{\circ}\text{C}$ em Catanduva e São Carlos; $0,6^{\circ}\text{C}$ em Avaré e Santos; $0,1^{\circ}\text{C}$ em Ubatuba e São Simão (**Figura 2**).

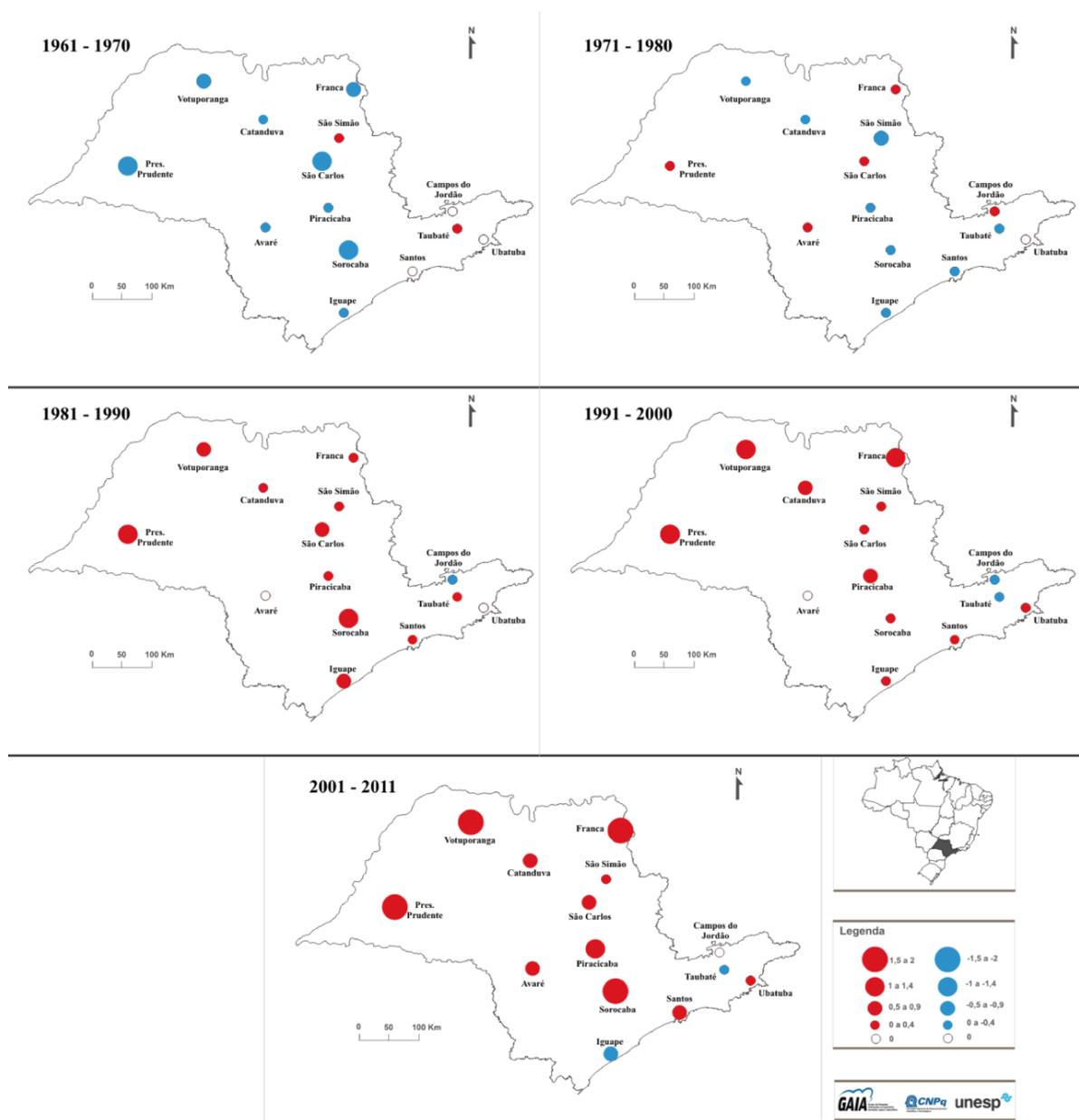


Figura 2. São Paulo. Desvios deca-anuais das temperaturas mínimas em relação a normal climatológica.

4.3. Análise de similaridade temporal e espacial (Análise de Cluster).

Após identificar os padrões e alterações das temperaturas em diferentes escalas temporais foi aplicada a análise de Cluster com o intuito de identificar similaridades temporais (dados) e espaciais entre as cidades.

Em síntese, as similaridades temporais não apresentaram padrões espaciais, podendo constatar que mesmo em cidades próximas geograficamente o comportamento térmico é influenciado, especialmente, pela estrutura e condições físico-geográficas, forma local e produção social. Cada cidade, de acordo com as suas especificidades, mostrou-se singular na constituição e variabilidade dos dados de temperatura.

Para os resultados das **temperaturas máximas**, e de acordo com o dendrograma, foi possível estabelecer três classes de similaridades dos dados de temperatura: o primeiro grupo formado pelos dados térmicos das estações meteorológicas localizadas em Catanduva, Campos do Jordão e Iguape, cidades em que tiveram os menores aumentos e desvios negativos das temperaturas nas análises realizadas; o segundo grupo formado pelo agrupamento dos dados referentes às cidades de Ubatuba, Santos e Votuporanga – locais onde ocorreram os maiores aumentos positivos nas médias; e o terceiro e último grupo formado por um número maior de dados de estações meteorológicas localizadas em Taubaté, Presidente Prudente, Piracicaba, Sorocaba, Franca, Avaré, São Carlos e São Simão – conjunto de cidades que tiveram tendências positivas de aumento nas temperaturas máximas (**Figuras 3 e 4**).

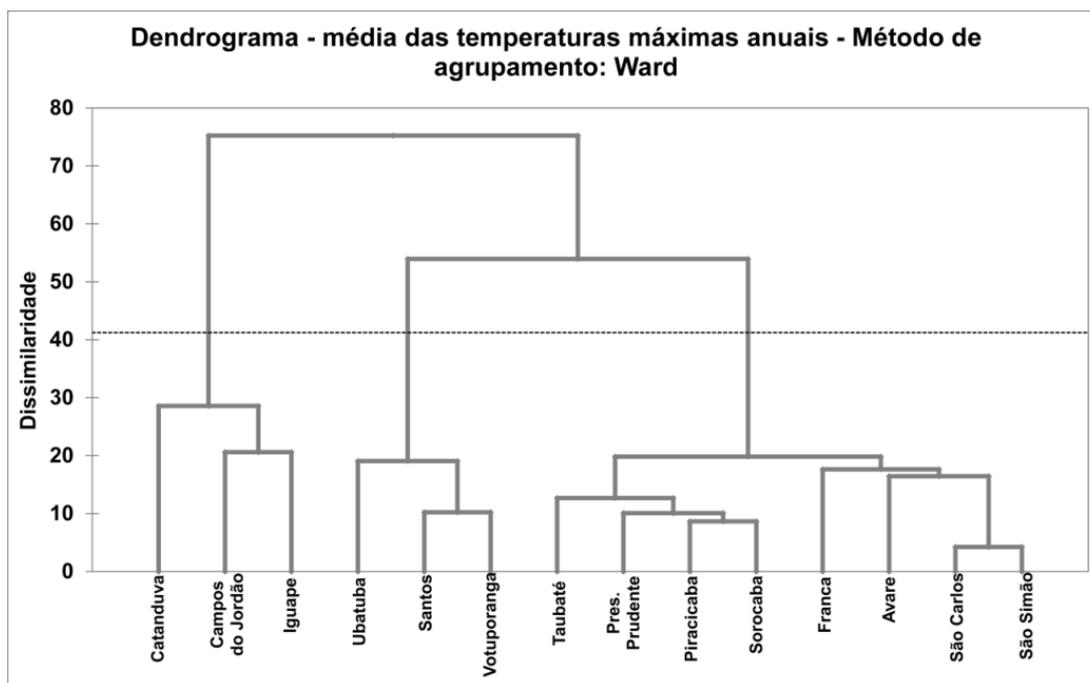


Figura 3. Dendrograma das médias das temperaturas máximas anuais – Método de agrupamento Ward.

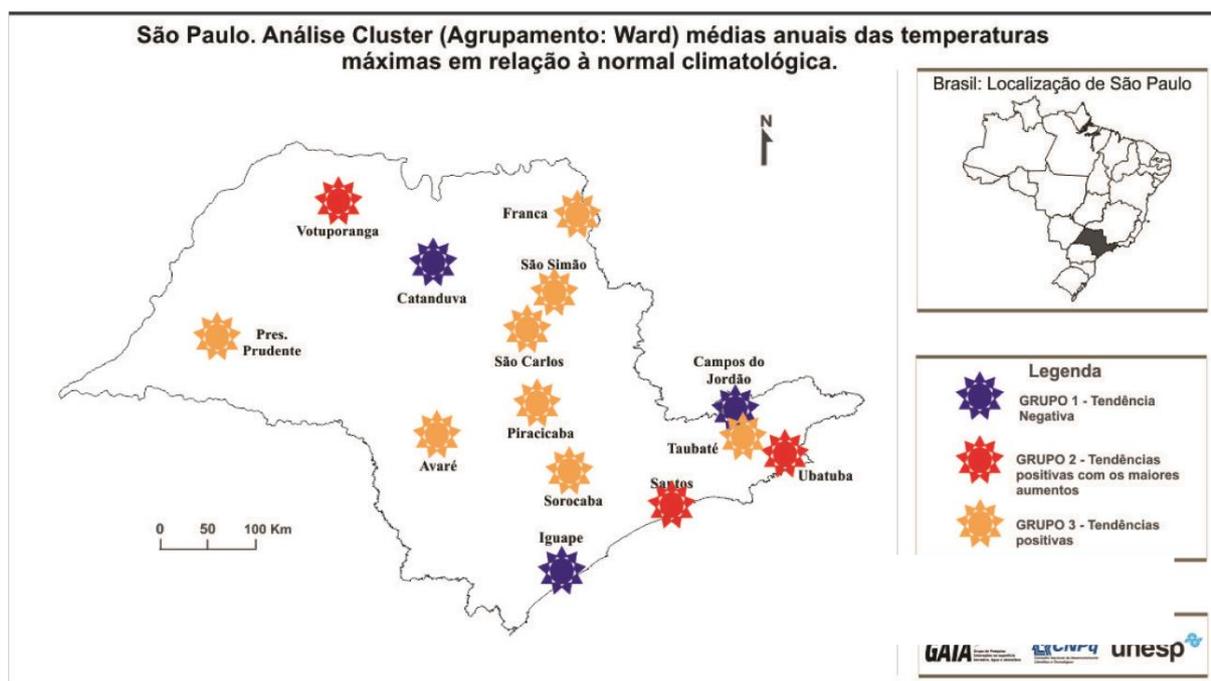


Figura 4. São Paulo. Espacialização dos agrupamentos de Cluster das médias anuais das temperaturas máximas em relação à normal climatológica.

Para os resultados referentes aos agrupamentos dos dados de **temperaturas mínimas** identificaram-se quatro grupos distintos de similaridade temporal: o grupo 1 formado pelas cidades de Santos, Avaré, Franca, Catanduva e Piracicaba, com tendência de aumento nas temperaturas mínimas; o grupo 2 formado pelas cidades de São Carlos, Campos do Jordão, Sorocaba, Presidente Prudente e Votuporanga, formado por cidades em que ocorreram os maiores aumentos/desvios positivos das temperaturas mínimas entre as demais; grupo 3 composto pelas cidades de Iguape e Taubaté e grupo 4, composto por São Simão e Ubatuba, que apesar de estarem agrupados em dois grupos distintos (3 e 4) fazem referência a cidades em que não houve tendência de aumento e alteração nos padrões de temperatura significativo como o ocorrido nas cidades dos

grupos 1 e 2 (**Figura 5**). Observa-se que assim como nas temperaturas máximas, as semelhanças temporais para as temperaturas mínimas também não seguiram um padrão espacial das temperaturas (**Figura 6**).

De acordo com o agrupamento de Cluster as semelhanças temporais e composição dos grupos seguiram, especialmente, as especificidades locais de geração e modificação das temperaturas do que os fatores regionais, geográficos e climáticos. Esta evidência pode ser constatada, por exemplo, nas cidades litorâneas que foram aglutinadas por nível de similaridades em três grupos de características de dados distintos, descartando a hipótese de que devido às mesmas características físicas e geográficas (localizadas no litoral, por exemplo), o comportamento das temperaturas mínimas seria semelhante (**Figura 6**).

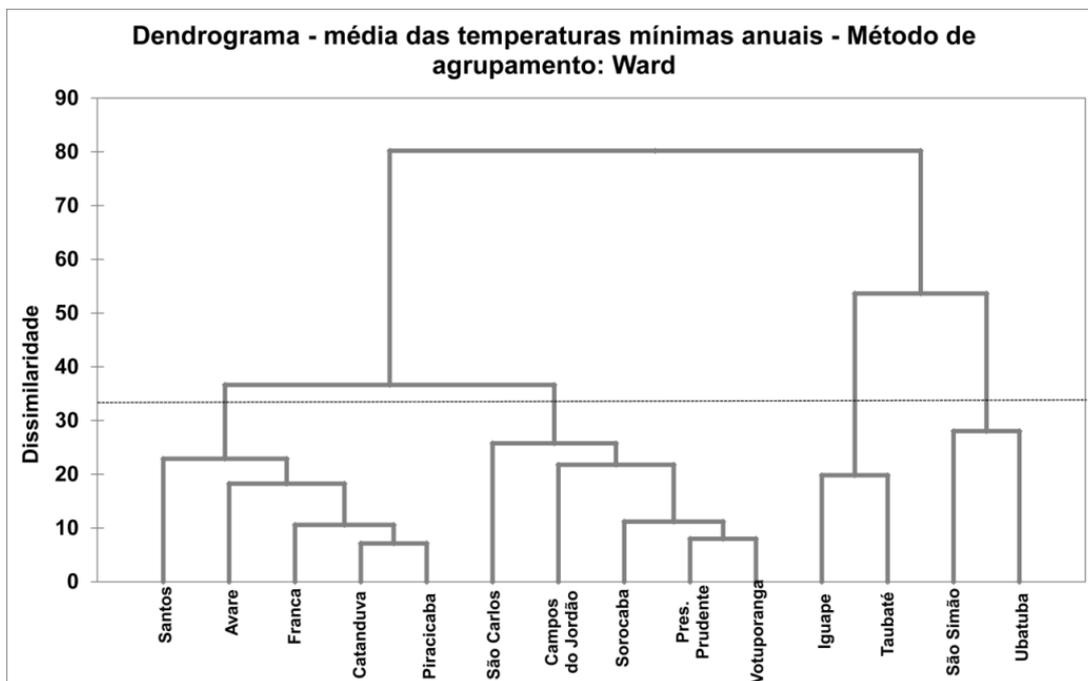


Figura 5. Análise de Cluster. Dendrograma das médias das temperaturas mínimas anuais – Método de agrupamento Ward.

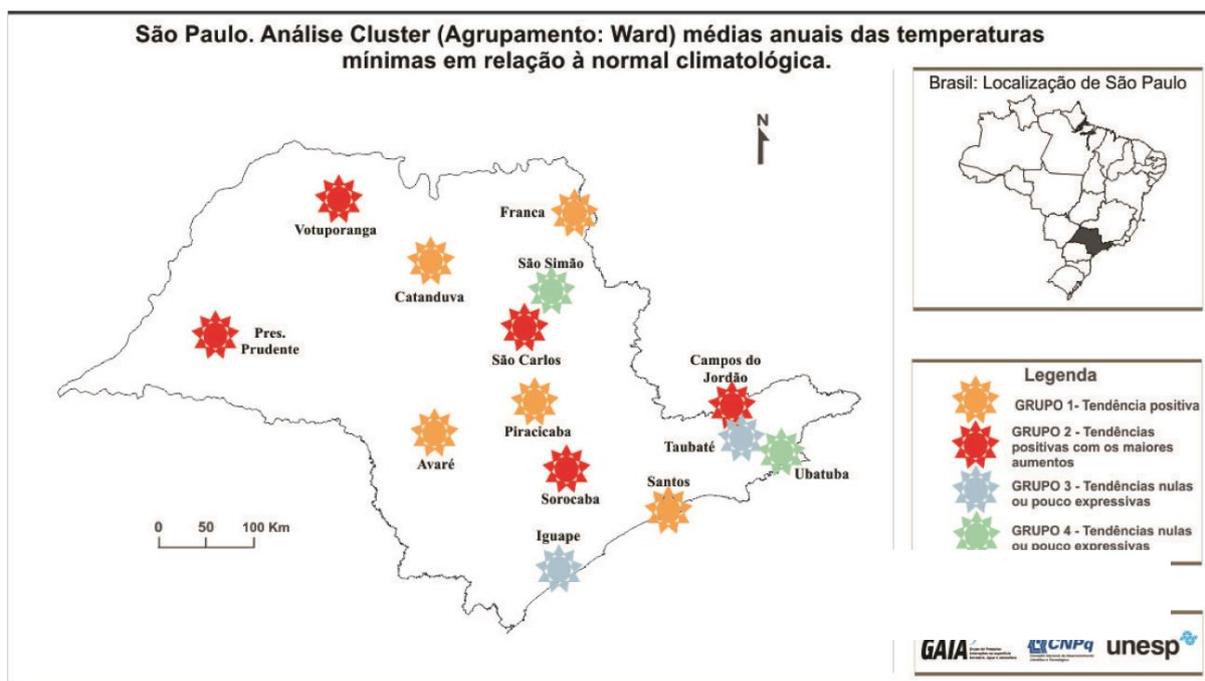


Figura 6. São Paulo. Espacialização dos agrupamentos de Cluster das médias anuais das temperaturas mínimas em relação à normal climatológica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Com as análises realizadas verificou-se que há uma tendência positiva de aumento nas temperaturas na maioria das cidades de pequeno e médio porte, no entanto, cada cidade, de acordo com as formas de produção do espaço e relação homem-natureza, tem auferido e modificado em graus e intensidades diferentes os padrões de temperaturas nos últimos 50 anos no Estado de São Paulo.

De modo geral a análise sazonal confirmou que houve um predomínio de aumento das temperaturas máximas durante a primavera (fato constatado em seis estações estudadas) e também durante o verão (fato constatado em quatro estações meteorológicas). Para as temperaturas mínimas as maiores modificações positivas das temperaturas ocorreram durante o verão e também no inverno confirmando que os invernos têm se tornado mais quentes que no passado.

Com a análise deca-anual observou-se que apesar dos anos anômalos e extremos quentes houve um aumento gradual das médias das temperaturas máximas e mínimas, cuja intensidade foi singular em cada espaço geográfico.

As menores temperaturas durante as décadas analisadas ocorreram predominantemente durante o início da série (décadas de 1960 e 1970) e as maiores temperaturas atingiram os maiores ápices durante a década de 2000.

Apesar desse padrão geral observou-se com a análise de Cluster a importância das relações de âmbito local. Cidades localizadas nas mesmas regiões eco-climáticas apresentaram padrões de temperaturas diferentes o que nos leva a hipótese de que em determinadas situações a interação superfície-atmosfera em escala local sobressai e é suficientemente capaz de modificar e intensificar padrões atmosféricos.

Há de se considerar que as conjunturas e especificidades espaciais, temporais, sociais e multirelações escalares do ponto geográfico em questão tiveram um papel fundamental nas modificações e auxiliaram a configurar tais mudanças nos padrões das temperaturas no estado de São Paulo. Neste sentido se faz eminente a necessidade de compreender a dinâmica atmosférica de modo integrado. À Geografia cabe estabelecer estas relações de modo que o dualismo sociedade-natureza não seja vistos como desconexos ou contrários, mas como objeto de análise, único e integrado de uma ciência capaz de minimizar as vulnerabilidades frente às dinâmicas da natureza.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. A. de. **Estabilidade em análise de agrupamento (cluster analysis)**. 2005. 62 p. Dissertação de mestrado. Departamento de física e matemática. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRP, Recife/PE.
- ASSIS, E. S. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, América do Norte, v. 7, n°1, p. 20 – 25. out. 2008.
- Banco de dados climatológicos ESALQ/USP**. Disponível em: < <http://www.leb.esalq.usp.br/anos.html>> Acessado em 15/03/2013
- Banco de dados climatológicos INMET – Instituto Nacional de Meteorología**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais.php>>. Acessado em maio de 2010.
- BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. de. Sociedade e natureza. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 17 - 42.
- BLAIN, G. C.; PICOLI, M. C. A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, vol.68, n.3, p. 807 - 815, 2009.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Divergência genética. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária. 1994, cap. 6, p. 287-323.
- DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Variabilidade climática da temperatura no Estado de São Paulo. **Revista de Iniciação Científica (USP)**, São Paulo/SP, v.7, p. 23-29, 2005.

- FANTE, K. P. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do Estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011**. Presidente Prudente/SP. Dissertação de Mestrado em Geografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, 2014, p. 260.
- FECHINE, J. A. L.; E GALVÍNCIO, J. D. Análise das precipitações mensais da bacia hidrográfica do rio Brígida no semi-árido pernambucano, usando o método de Wards. **Boletim Goiano de Geografia Goiânia**. Goiás/GO. v.28 n. 2 p. 75-88 jul./dez. 2008.
- FERRARI, A. L. **Variabilidade e tendência da temperatura e pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (SP)**: estudo sobre mudanças climáticas de curto prazo em escala local. 2012. 156 p. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC/USP, São Carlos/SP.
- FOLHES, T. M.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas series temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. Taubaté, vol 1, nº 1, p. 61 – 71, Ago 2006.
- GALINA, M. H. **Mudanças climáticas de curto prazo**: tendências dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP) no período de 1969-2001. 2002, 235 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro/SP.
- GONÇALVES, C. W. P. Os (des)caminhos do meio ambiente. 15. Ed., 1ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2013. p.148.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. New Jersey: Prantice Hall, 1992. p. 642.
- MARCONDES. E. Desvio Padrão Vs. Percentil. **Pediatr.**, São Paulo/SP, n.1, vol. 1, p. 148 - 158, 1979.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo**: contribuição ao estudo da variabilidade e tendências da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 1995. 235 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, FFLCH, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo/SP.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima - antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo/SP. v. 17, 2001, p. 49-62, 2º semestre.
- SANTOS, M. **Técnica espaço e tempo**: globalização e meio técnico científico informacional. São Paulo: Hucitec, 1994. 190 p.