

INFLUÊNCIA DE LAGOS ARTIFICIAIS NO CLIMA LOCAL E NO CLIMA URBANO: ESTUDO DE CASO EM PRESIDENTE EPITÁCIO (SP)

Marcos Barros de Souza
UNESP – FCT
souzamb@bol.com.br

Zilda de Fátima Mariano
UFG – Campus de Jataí
zildamariano@hotmail.com

Emerson Galvani
USP – FFLCH
egalvani@usp.br

O CLIMA DAS CIDADES

RESUMO: As transformações antrópicas de um determinado espaço físico podem ocasionar variações nos atributos climáticos, como a umidade relativa do ar e a temperatura do ar, dentre outros. Objetivou verificar as possíveis alterações no clima local e do clima urbano da cidade de Presidente Epitácio, localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, devido à formação do lago artificial para a construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera) e analisar os desvios da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, entre os postos localizados próximos ao lago, na área intra-urbana e na área rural. A coleta de dados entre setembro de 2008 e setembro de 2009 utilizando sensores digitais de temperatura do ar e de umidade relativa do ar instalados em sete postos. Na variação da temperatura do ar entre os postos das áreas intra-urbana, de influência do lago e rural, nos horários de maior produção de energia (dia) as diferenças das amplitudes diminuem e nos horários de menor produção de energia (noite) aumentam. Na variação da umidade relativa do ar entre os postos das áreas intra-urbana, de influência do lago e rural as amplitudes são maiores durante o período noturno, sendo menores durante o período diurno. Concluiu-se que apesar de não haver valores significativos entre os postos, a presença do lago não contribui para o aumento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, porém funciona como um maior equilíbrio térmico e higrométrico.

ABSTRACT: The anthropogenic transformation of a given physical space can cause variations in climatic attributes such as relative humidity and air temperature, among others. The objectives was to investigate the possible changes in local weather and climate in the city of Presidente Epitácio, located in the extreme west of São Paulo, due to the formation of an artificial lake to build the hydroelectric plant Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera), using records of air temperature and relative humidity in a transect from the shore through the urban area to the surrounding rural environment. For data collection conducted between September 2008 and September 2009 digital sensors for air temperature and relative humidity were used and installed in seven stations. The variation of air temperature between the positions of intra-urban area, of near de lake area and of the rural area it was verified that at times of increased energy production. During daytime differences of amplitudes decrease and increase at night due to the volume of energy produced during the day and dissipation of energy at night. Regarding the variation of relative humidity between the positions of intra-urban area, of near the lake and the rural area it was found that the amplitudes are larger during the night, being low during daytime. The the amplitudes are smaller hygrometric in the influence area of the lake and the rural area than in intra-urban area. We conclude that, although no significant values among the sites, the presence of the lake does not contribute to the increase of air temperature and relative humidity, but contributes to a better thermal and hygrometric balance.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem sido temática de estudos as alterações realizadas no meio ambiente urbano e as variabilidades climáticas que ocorrem a partir das intervenções, principalmente no que se refere à formação de lagos artificiais para construção de usinas hidrelétricas. As transformações antrópicas de um determinado espaço físico podem ocasionar variações nos atributos climáticos, como a umidade relativa do ar e a temperatura do ar, dentre outros.

JUSTIFICATIVA

A área de estudo constitui o município de Presidente Epitácio (SP) e o lago artificial foi formado pelo represamento das áreas do rio Paraná, na divisa entre os Estados de São Paulo e de Mato Grosso do Sul. A região possui clima tropical com verão úmido e inverno seco, registrando temperaturas máximas de 40°C e mínimas de 10°C, tendo os meses chuvosos de novembro a março com pluviosidade média anual de 1.200mm a 1.400mm e umidade relativa do ar de cerca de 80%.

Considerando a inexistência de registros prévios e posteriores às transformações ocorridas, considerando o exposto e a necessidade de realizar estudos sobre o município de Presidente Epitácio (SP) e possíveis alterações no clima local e no clima urbano devido a formação do lago artificial para a construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porta Primavera) é que se justifica a realização da presente pesquisa.

Ressalta-se, ainda, que a formação de lagos artificiais pôde resultar em alterações nos atributos do clima, como temperatura, umidade relativa do ar, direção do vento, dentre outros.

OBJETIVO

Verificar as possíveis alterações no clima local e do clima urbano da cidade de Presidente Epitácio, localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, devido à formação do lago artificial para a construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera), utilizando registros da temperatura do ar e da umidade relativa do ar em um transecto da margem do lago passando pela área urbana até o ambiente rural circunvizinho, analisando as variáveis temporal,

espacial e horária em diferentes períodos do ano (primavera, verão, outono e inverno), bem como a análise dos desvios da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, entre os postos localizados próximos ao lago, na área intra-urbana e na área rural.

REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL

Os termos mudança do clima, alterações climáticas ou mudanças climáticas referem-se à variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Estas variações dizem respeito a mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos em relação às médias históricas. Tais variações podem alterar as características climáticas de uma maneira a alterar sua classificação didática.

A World Meteorological Organization – Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2006), no intuito de organizar a terminologia empregada pelas ciências da atmosfera, na qual se inclui um ramo da climatologia, no que se refere às definições empregadas na análise das mudanças climáticas, propôs a seguinte conceituação: descontinuidade climática: mudança abrupta e permanente de um valor médio durante o período de registro; flutuação climática: qualquer mudança que se expresse por duas máximas (ou mínimas) e uma mínima (ou máxima) observada no período de registro; mudança climática: toda e qualquer manifestação de inconsistência climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas; oscilação climática: flutuações onde se registram máximas e mínimas sucessivas; periodicidade climática: oscilação em que as máximas e as mínimas ocorrem a intervalos de tempos constantes; tendência climática: aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo de uma série de dados de, no mínimo, três décadas, podendo ou não ocorrer de forma linear; vacilação climática: flutuação na qual a variável tende a permanecer, alternadamente, em torno de dois (ou mais) valores e a movimentação de um valor médio para o outro ocorre a intervalos regulares e irregulares; variabilidade climática: maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através de desvio-padrão ou coeficiente de variação; variação climática: flutuação sem padrão específico, observado em escalas de décadas.

A partir da década de 1970 intensificaram as pesquisas sobre a temática do clima, com destaque para Titarelli (1972), Oke (1974, 1978, 1979), Monteiro (1976a e 1976b), Ayoade (1978), Lombardo (1984 e 1985).

Uma das grandes modificações causadas pelo ambiente urbano é a drástica substituição das áreas verdes que, tanto na área urbana quanto nas áreas circunvizinhas às cidades, exercem enorme influência no clima local, regional e global (LOMBARDO, 1985; MONTEIRO e MENDONÇA, 2003).

Monteiro (1990) produziu um esquema para abordagem da análise do campo térmico nas cidades brasileiras, sendo que pressupõe a necessária flexibilidade e ajuste segundo a análise que se fará. Deve ser levado em considerado três fatores decisivos de variáveis condicionantes: a) o tamanho e grau de complexidade da cidade; b) condições técnicas – aparelhagem – de análise; c) tamanho e grau de capacitação da equipe de trabalho de campo ou pesquisador individual.

Mendonça (1994) relata que a cidade é o exemplo mais evidente da modificação do clima local, devido a introdução de formas artificiais, como as edificações, a concentração de equipamentos e pessoas, a impermeabilização do solo, a canalização de córregos, dentre outras. Desta forma, o ambiente urbano apresenta anomalias térmicas, higrométricas e pluviométricas, criando um verdadeiro clima urbano, de acordo com Monteiro (1976).

De acordo com Tarifa (1994), dentre as maiores dificuldades da análise geográfica do clima se destacam o curto segmento temporal das séries históricas e as falhas e inconsistências dos dados meteorológicos. Assim, a tarefa de elucidação da gênese das alterações dos elementos do clima fica prejudicada, pois a partir da análise dos dados das séries temporais, que não são suficientemente longas, é difícil separar as oscilações climáticas naturais daquelas decorrentes dos processos antropogênicos.

Sant'Anna Neto (1995), amparado nas concepções de Monteiro (1976b e 1991) presume que a climatologia oferece à pesquisa geográfica um importante instrumento de investigação nas relações entre o ambiente (recurso natural) e a sociedade. No momento em que o homem avança na conquista e na ocupação do território, primordialmente como um substrato para a produção agrícola e a criação de rebanhos e, posteriormente, erguendo cidades, expandindo o comércio, extraindo recursos naturais e instalando indústrias (ou seja, ao transformar a superfície terrestre) este se constitui no principal agente modificador do ambiente, que responde às alterações impostas pelo homem, resultando em níveis variados de derivações dos sistemas, naturais e antrópicos. Relata, ainda, que na porção continental do Estado de São Paulo, estas derivações geraram processos que culminaram com situações de

desequilíbrio e instabilidade ambiental que repercute tanto na eficiência quanto na rentabilidade da produção econômica, principalmente no espaço agrário. No espaço urbano, mesmo nas cidades de médio porte, a construção de uma paisagem largamente alterada provou significativas derivações na baixa atmosfera, na camada limite urbana, comprometendo a qualidade ambiental e o conforto térmico.

Amorim (2000) relata que, sob condições atmosféricas estáveis, sem a atuação da circulação regional, devido à diferença de temperatura, formam-se zonas de pressão diferenciadas, permitindo a circulação do ar da periferia (menos quente – alta pressão) em direção ao centro (mais quente – baixa pressão). Com atmosfera instável a cidade tem a velocidade do vento diminuída em relação à zona rural. As áreas da cidade com maior concentração de áreas verdes ou as próximas a reservatórios d'água propiciam o declínio da temperatura. Lombardo (1995, p. 53) relata que "... isso pode ser explicado tendo em vista que a maior quantidade de vegetação implica em mudança do balanço de energia, já que as plantas, através do processo de fotossíntese e transpiração, absorvem a radiação solar. Do mesmo modo, as massas d'água interferem no balanço de energia, em função de sua alta capacidade calorífica, bem como do consumo de calor latente pela evaporação".

Segundo Castro (2000) a rápida expansão das cidades tem modificado o espaço geográfico, sobretudo quando se trata de qualidade ambiental. O aumento demográfico e a concentração das atividades comercial, financeira, institucional e industrial têm gerado uma valorização do espaço urbano, que contribui para o crescimento e o adensamento das áreas edificadas.

O clima é o resultado de complexas interações entre elementos climáticos (temperatura, umidade, precipitação, evaporação, dentre outros) e processos físicos que envolvem a atmosfera, o oceano e as superfícies sólidas (vegetadas ou não) (SANT'ANNA NETO, 2000 e CONTI, 2000).

De acordo com Gonçalves (2004), a interação entre o homem e o clima é global, mas manifesta-se também em escalas locais na forma de ilhas de calor, que são reguladas por condições meteorológicas e, também, moderada pelas ações do homem. As ilhas de calor urbano são caracterizadas como o espaço urbano no qual a temperatura é mais alta quando comparada com as áreas rurais ao redor. As ilhas de calor são causadas pelo desequilíbrio no balanço de energia em áreas construídas como resultado do comportamento térmico dos

materiais utilizados nas construções e nas vias urbanas e pelas alterações na difusão de calor introduzidas através do uso do espaço e do solo urbanos. A característica mais marcante das ilhas de calor é sua intensidade, que é a diferença entre a máxima temperatura urbana e a mínima temperatura rural e suas variações espaciais e temporais. Esta característica está diretamente ligada a fatores naturais (situação sinóptica, tempo, vento, topografia e presença de superfícies de água) ou urbanas (morfologia urbana e atividades humanas) que contribuem para a formação e condicionamento das ilhas de calor. As ilhas de calor podem determinar o conforto climático de populações urbanas, afetando sua saúde, seu trabalho e suas atividades de lazer.

Segundo Oke (2005) as trocas de calor que ocorrem no interior das áreas urbanas, agravadas pela intensificação do processo de urbanização, são responsáveis pela formação da ilha de calor, como consequência das alterações no clima local. Porém, existem situações em que as trocas de calor extrapolam o centro urbano, a exemplo das relações que ocorrem entre o ambiente rural e o ambiente urbano ou entre a periferia e o centro das cidades, devido principalmente as diferenças de temperatura, proporcionando que a cidade provoque alterações que vão além dos limites da cidade.

Para Alcoforado et al. (2006) os problemas climáticos mais comuns nas cidades estão associados à temperatura do ar e à circulação do ar. A diminuição da velocidade do vento de gradiente tem como resultado a diminuição no arrefecimento das áreas urbanas, o que não impede que as construções e os edifícios em particular possam pontualmente acelerar o vento, mudar sua direção e aumentar a turbulência mecânica, com consequências que em determinadas circunstâncias pode acarretar prejuízos para a população das áreas urbanas.

METODOLOGIA

Para a coleta de dados realizada entre setembro de 2008 e setembro de 2009, sendo trinta dias em cada estação (primavera, verão, outono e inverno), foram utilizados sensores digitais de temperatura do ar e de umidade relativa do ar da marca StowAway, instalados em sete postos.

RESULTADOS

Foram elaborados gráficos e tabelas com dados de todos os postos, onde foi possível obter os dados, nos quatro trabalhos de campo, com média, mínima e máxima absoluta, para verificar

a variação temporal da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, a variação espacial da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, a variação horária da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, a variação da temperatura do ar e da umidade relativa do entre os postos da área intra-urbana, da área de influência do lago e da área rural.

CONSIDERAÇÕES

A presente pesquisa contribuiu para entender se há alguma influência do lago artificial da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta no clima local e no clima urbano do município de Presidente Epitácio, localizado no oeste do Estado de São Paulo.

Para isso foram obtidos dados da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, através de sensores digitais, instalados em sete postos, em um transecto partindo do entorno do lago artificial, passando pelo ambiente urbano até o ambiente rural. Os dados foram coletados em quatro trabalhos de campo, realizado entre setembro de 2008 a setembro de 2009, compreendendo as estações do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno).

Analisando a variação temporal dos dados da temperatura do ar foi possível verificar que os maiores valores foram registrados nos postos da área intra-urbana, durante o período diurno, sendo que nesta área há presença de edificações, ruas pavimentadas, presença de pessoas e automóveis, produzindo energia que aumenta a temperatura do ar ambiente. No período noturno foram registrados dados de temperatura com valores bem reduzidos.

Analisando a variação temporal dos dados da umidade relativa do ar foi possível verificar que os valores mais reduzidos ocorreram na área rural e na área próxima e sob influência do lago, considerando que são locais com poucas edificações e pequena produção de energia devido à presença da água (área próxima do lago) e à presença de grande extensão de áreas com gramíneas (área rural).

Analisando a variação espacial dos dados da temperatura do ar máxima absoluta foi possível verificar que os postos da área intra-urbana registraram valores mais elevados que os postos da área de influência do lago e da área rural, o que evidencia a presença de ilha de calor urbano na área intra-urbana, mais precisamente no posto instalado no centro da cidade.

Analisando a variação espacial dos dados da umidade relativa do ar mínima absoluta foi possível verificar que os postos da área intra-urbana registraram valores mais reduzidos que os postos da área de influência do lago e da área rural, demonstrando que o aquecimento diminui a umidade relativa do ar.

Analisando a variação média horária dos dados da temperatura do ar foi possível verificar que segue uma tendência de que os postos localizados na área intra-urbana têm valores mais elevados

durante o período diurno, sendo que durante o período noturno ocorre uma diminuição nos valores e uma inversão, ou seja, nos postos da área de influência do lago e da área rural os valores são maiores do que na área intra-urbana.

Analisando a variação média horária dos dados da umidade relativa do ar foi possível verificar que durante o período diurno há uma diminuição nos valores principalmente nos postos da área intra-urbana em comparação com os valores dos postos da área de influência do lago e da área rural.

No que se refere à variação da temperatura do ar entre os postos da área intra-urbana, da área de influência do lago e da área rural foi possível verificar que nos horários de maior produção de energia, ou seja, durante o período diurno as diferenças das amplitudes diminuem e no período noturno aumentam, devido ao volume de energia produzida no período diurno e dissipação desta energia no período noturno.

No que se refere à variação da umidade relativa do ar entre os postos da área intra-urbana, da área de influência do lago e da área rural verificou-se que as amplitudes são maiores durante o período noturno, sendo menores durante o período diurno, ou seja, as amplitudes higrométricas são menores na área de influência do lago e na área rural do que na área intra-urbana. A hipótese é de que o lago funciona como um regulador do equilíbrio térmico e higrométrico, o que faz com a umidade relativa do ar se mantenha equilibrada.

Desta forma concluiu-se que a presença do lago próximo ao ambiente urbano não contribui ou influencia no aumento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, porém funciona como um maior equilíbrio térmico e higrométrico.

REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, Maria João; LOPES, António; ANDRADE, Henrique; VASCONCELOS, João. **Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa**. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2006. 82p.
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 369f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2000.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1978. 332p.

- CASTRO, Agnelo Welington Silveira. **Clima urbano e saúde**: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo no inverno, em Rio Claro – SP. 2000. 202f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- CONTI, José Bueno. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT’ANNA NETO, João Lima; ZAVATINI, João Afonso (Orgs.). **Variabilidade e mudanças climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: EDUEM, 2000, p. 17-28.
- GONÇALVES, Fábio Luiz Teixeira. **Estudos biometeorológicos do clima urbano**. 2004. Disponível em: <http://regeirk.com/index.php?doc=pdf&pdf=/usp/aca245/clima_urbano>. Acesso em: 10 Mai 2010.
- LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor da metrópole paulistana**. 1984. 210f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LOMBARDO, Magda Adelaide. **Qualidade ambiental e planejamento urbano**: considerações e método. 1995. 529f. Tese (Livre Docência em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco de Assis. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.
- MONTEIRO Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991. 241p.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v. 9, n. 5, p. 61-79, 1990.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo**: problemas e perspectivas. São Paulo: IGEOG/USP, 1976a. 54p. (Série Teses e Monografias, n. 28).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976b.
- OKE, Timothy R. **Review of urban climatology**: 1968-1973. Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical Note, n. 134).

- OKE, Timothy R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978. 372p.
- OKE, Timothy R. **Review of urban climatology: 1973-1976**. Geneva: World Meteorological Organization, 1979 (WMO Technical Note, n. 169).
- OKE, Timothy R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena, n. 84, p. 179-190, 2005.
- SANT'ANNA NETO, João Lima. As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: SANT'ANNA NETO, João Lima; ZAVATINI, João Afonso (Orgs.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000, p. 95-119.
- SANT'ANNA NETO, João Lima. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. 202f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- TARIFA, José Roberto. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p.15-28,1994.
- TITARELLI, Augusto Humberto Vairo. A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro. **Climatologia**, São Paulo, n. 4, 1972.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Disponível em: http://www.wmo.int/pages/index_en.html>. Acesso em: 13 Fev. 2006.