

IV-089 – EVOLUÇÃO DA MACROMETRÓPOLE E POSSÍVEIS INTERVENÇÕES NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA OS MANANCIAIS – ESTUDO DE CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (RMSP)

Cátia Rodrigues de Almeida ⁽¹⁾

Pós-graduada em Sistemas de Gestão Integrados da Qualidade, Meio Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho e Responsabilidade Social; Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário SENAC; Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental Industrial.

Benjamim Capellari ⁽²⁾

Graduado em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP); Mestre e Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário SENAC - São Paulo

Endereço⁽¹⁾: Rua Boaventura Valério de Miranda, 290 – Jardim Bussocaba – Osasco - SP - CEP: 06056-430 - Brasil - Tel.: (11) 98308-6288 - e-mail: catia.gestaoambiental@gmail.com

RESUMO

O modelo de urbanização e de expansão da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), foi replicado por outros centros urbanos, culminando na formação da denominada Macrometrópole Paulista. Consequentemente, as alterações antrópicas promovidas pela construção civil para atender tal expansão, promoveram mudanças relevantes no uso e ocupação do solo, tais como: a supressão da vegetação, impermeabilização do solo, canalização e assoreamento de recursos hídricos superficiais, alteração dos materiais de superfície e utilização de materiais de maior reflexão. Essas alterações resultaram em mudanças climáticas na região, denominadas de “ilhas de calor”.

Concomitante ao processo de urbanização, houve o aumento e adensamento da população, que culminou com o aumento do consumo hídrico, denotando a fragilidade da gestão entre demanda e consumo. Dados disponibilizados por órgãos competentes demonstram que a crise hídrica é eminente. Isto posto, este trabalho analisou a relação entre a evolução da RMSP e suas possíveis intervenções no clima regional e na disponibilidade hídrica para mananciais. Para tal, foram compreendidos assuntos relacionados com o tema, por meio de pesquisa bibliográfica, consulta aos dados climatológicos com ênfase na disponibilidade ou ocorrência de água meteórica (pluviosidade) na RMSP em função do tempo. Análise e compilação de dados referentes ao: crescimento populacional na região; formação das “ilhas de calor” e concepção de indicadores quantitativos e qualitativos acerca dos dados climáticos consolidados. Este estudo resultou na consolidação de informações a respeito do comportamento ritmado do clima e sua influência na disponibilidade de água na região.

PALAVRAS-CHAVE: Macrometrópole, Mananciais, Alterações Climáticas, Análise Rítmica, ilhas de calor.

INTRODUÇÃO

A ocupação populacional em determinadas regiões pode favorecer a acessibilidade às diversas necessidades básicas, como transporte e saneamento. Entretanto, o acúmulo de habitantes em determinada região pode influenciar significativamente nas condições naturais de um local, em função de adaptações necessárias tanto em relação ao uso de solo quanto à disponibilização de saneamento básico à população, como abastecimento de água.

A região da Macrometrópole Paulista abriga cerca de 74% da população estadual e 16% total do Brasil. Já a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) abriga 44% da população estadual e aproximadamente 10% do Brasil, com base nos dados do IBGE (2016) e SEADE (2016). Neste cenário, constata-se uma demanda significativa de necessidades básicas, visando a qualidade de vida desta população.

Dentre as necessidades básicas, o abastecimento de água à população é fundamental. Entretanto, nas últimas duas décadas, têm-se discutido veemente a respeito da crise hídrica, que interfere na qualidade de vida e

saneamento básico da população. Há diversos debates que atribuem a responsabilidade da crise hídrica às ações antrópicas e outras, às questões climáticas.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo identificar as possíveis interferências antrópicas na disponibilidade hídrica, por meio de análises dos dados oficiais a respeito da pluviosidade da Região Metropolitana de São Paulo – região que integra a Macrometrópole. Para tal, foram definidas as seguintes etapas de pesquisas: a) levantamento de dados secundários a fim de avaliar o uso e ocupação de solo na região, nas últimas décadas; b) análise de dados quantitativos sobre a pluviosidade, totalizando 160 estações meteorológicas; e, c) construção de mapas, por meio do modelo estatístico Krigagem, que possibilitou análises a respeito da distribuição espacial das chuvas e sua oscilação nos últimos 80 anos, por década.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa foi dividida de acordo com as seguintes etapas, alinhadas aos objetivos específicos deste trabalho:

Primeira etapa: levantamento de dados secundários

Para analisar as mudanças no uso e ocupação de solo na Macrometrópole, a partir de artigos científicos publicados, foram realizadas as seguintes etapas: pesquisas bibliográficas sobre a definição, características, dinâmica e expansão urbana na Macrometrópole; entendimento e identificação do ciclo da água; caracterização dos dados referentes ao uso e ocupação de solo da Macrometrópole, embasados em artigos científicos publicados sobre o assunto.

Segunda etapa: levantamento de dados primários

Para sistematizar e avaliar os dados climáticos sobre a produção hídrica na Macrometrópole em relação às estações meteorológicas existentes, foram realizadas as seguintes etapas:

a. Consolidação dos dados pluviométricos disponibilizados pelo INMET, a respeito da produção hídrica na Macrometrópole provenientes das estações meteorológicas, referentes ao período de 1888 até 2014; tabulação e modelagem dos dados obtidos, convertendo-os em indicadores quantitativos e qualitativos.

Para que os dados fossem representativos, foram utilizados os seguintes critérios: verificou-se em qual período haviam mais dados disponíveis sobre as estações meteorológicas. Para tal, foram analisados os resultados de 160 estações e constatou-se que, a partir de 1935, pelo menos 44% dos pontos apresentavam indicadores;

b. Os dados foram divididos em 8 décadas – de 1935 a 2014;

c. Foi realizada média simples dos dados pluviométricos no verão, representando os períodos de alta pluviosidade;

d. Foi utilizada a técnica de Krigagem para avaliar, estatisticamente, os dados pluviométricos obtidos. A metodologia geoestatística é baseada na Teoria das Variáveis Regionalizadas, que utiliza o dado tabular e sua posição geográfica, gerando interpolação, atribuindo pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas mais distantes, culminando em novos pontos com base nas combinações lineares de dados. A variação espacial é quantificada por meio de um semivariograma da dispersão da semivariância em relação à distância dos pontos da amostra, por meio da equação 1.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^s \{Z(x_i) - Z(x_i + h)\}^2$$

equação (1)

Fonte: Macedo et al., 2015

Onde: h = uma distância; n = número de pontos amostrados separados pela distância h; $\gamma(h)$ = a semivariância para a distância h; s = a quantidade de pares de pontos separados pela distância h; Z(x) = valor da amostra na localidade x; Z(x + h) = valor da amostra na localidade separada da localidade x pela distância h (MACEDO et al., 2015).

Terceira etapa: construção dos mapas

Para analisar a distribuição espacial das precipitações, a fim de avaliar possíveis alterações nas últimas 8 décadas, no período de verão, foram realizadas as seguintes etapas:

- análise dos mapas obtidos por meio do *ArcMaps*;
- discussão dos resultados obtidos por décadas.

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DA MACROMETRÓPOLE E DA RMSP

A Macrometrópole é formada em decorrência de políticas de desconcentração industrial. Em São Paulo, principalmente após a década de 70, a expansão industrial para as regiões de Sorocaba, Campinas, Jundiaí, São José dos Campos e Baixada Santista tornou-se mais intensa, originando-se a Macrometrópole Paulista. (Minas Gerais, 2013)

Na Macrometrópole Paulista há 173 municípios, com território de 49.927,83 km² e é constituída por quatro Regiões Metropolitanas (São Paulo, Baixada Santista, Campinas e a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte), 3 aglomerações urbanas e 2 microrregiões. Essa região totaliza 30,5 milhões de habitantes, que corresponde a 74% da população estadual e 16% total do Brasil. (Emplasa, 2012)

Na figura 1 estão identificadas as regiões que compõe a Macrometrópole Paulista:



Figura 1- Mapa da Macrometrópole Paulista
Fonte: EMPLASA, 2014.

Com a concentração populacional na Macrometrópole, muitas interferências antropogênicas foram realizadas para atender às necessidades básicas, tais como moradia e locomoção.

Consequentemente, algumas mudanças realizadas, principalmente nas estruturas físicas da região, como uso, ocupação, impermeabilização do solo e canalização de rios, culminaram em diversos impactos ambientais. (MORCELLI, 2013)

O clima regional é um dos aspectos ambientais mais relevantes cuja influência é significativa à Macrometrópole:

(...) a Região Metropolitana é composta por um mosaico de temperaturas de superfície diferenciadas como o município de São Paulo. Os mesmos fenômenos que caracterizam os mesoclimas urbanos existem em menor escala espalhados por toda a região – ilhas de calor, inversões térmicas localizadas, bolsões de poluição e diferenças locais nos comportamentos dos ventos (JUNIOR, S.A., 2010).

Portanto, o clima regional pode interferir significativamente na Macrometrópole e deve ser analisado a fim de minimizar seus impactos.



A CLIMATOLOGIA E SUA APLICABILIDADE NO DIAGNÓSTICO DE UMA DETERMINADA ÁREA

O modelo climatológico adotado no Brasil baseia-se no estabelecido pelo professor Sr. Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, que semeou o ritmo do clima no país e contribuiu significativamente para os avanços na área. Para Sant'anna Neto (2008) a análise episódica, em que se fundamenta a Climatologia Geográfica Brasileira, busca explicar a gênese dos processos de natureza atmosférica bem como a relação desses processos, culminando no estudo da “geografia do clima”.

A Análise Rítmica é uma técnica que integra o modelo climatológico e visa individualizar os tipos de tempo atmosféricos e acompanhar seus ritmos, considerando o monitoramento das medidas observadas por uma estação meteorológica. Os dados coletados pelas estações são reunidos em um relatório do tempo, que contém um almanaque com mapas que relatam os sistemas meteorológicos atuantes na atmosfera, auxiliando os meteorologistas a preverem o tempo.

A técnica é um condicionante indispensável para o conhecimento dos espaços passíveis de planejamento, dada a relevância da compreensão dos padrões climáticos e de suas variações. Portanto, a escassez de dados que favoreçam a compreensão dos ritmos climatológicos de determinado local compromete o planejamento adequado do uso e ocupação de solo respeitando as especificidades da região.

A análise rítmica pode ser aplicada para estudos que possuam o objetivo de compreender a dinâmica da circulação atmosférica de superfície no que concerne aos seus impactos e/ou interações com os aspectos socioambientais pesquisados.

Oliveira (2008) afirma que a compreensão e análise dos sistemas climáticos dependem, categoricamente, do entendimento da atmosfera, da hidrosfera, da criosfera, da superfície terrestre e das coberturas vegetais. Conjuntamente, estes macros elementos devem ser analisados integralmente, considerando que tal sistema evolui ao longo do tempo e, portanto, obtém ritmos (processos) homogêneos e heterogêneos, indicados por padrões de precipitação, de mudanças no albedo (ou reflexão da radiação solar dos diversos ambientes e formas), de aumento do calor ou da dissipação de energia calorífero, aumento ou diminuição de gases-estufa.

Além dos dados meteorológicos é necessário realizar a classificação dos tipos de tempo atuantes para cada dia ou período, essencial para os estudos climatológicos da dinâmica das massas de ar, que podem nortear a tomada de decisão. Assim, a utilização de ferramentas, como as geotecnologias (que permitem a obtenção de imagens de satélite a cada 15 minutos), facilita a identificação do tipo de tempo imperante. Neste contexto, o uso de imagens de satélite e as cartas sinóticas geradas manualmente, como as geradas pela Marinha do Brasil, disponibilizadas em seu site oficial¹, são facilitadores.

A CLIMATOLOGIA NA MACROMETRÓPOLE

Há diversos fatores que contribuem para a alteração da climatologia na Macrometrópole. Indicadores como pluviosidade, precipitação e temperaturas, por exemplo, oscilaram significativamente nos últimos anos. Contextualizar cada um destes fenômenos é fundamental para compreender a inter-relação e interferência na disponibilidade hídrica da Macrometrópole.

De maneira generalista, a pluviosidade é um fenômeno meteorológico que consiste na precipitação de água sobre a superfície da Terra num determinado período de tempo. É medida em milímetros, de acordo com o Sistema Internacional de Unidade (um mm equivale a um litro de água de chuva que se acumulou sobre a superfície de uma área em m²), por meio de pluviógrafo (basicamente um pluviômetro dotado de dispositivo de registro cronológico contínuo).

A precipitação é importante para o desenvolvimento da vida e é influenciada por características físicas, geológicas e topográficas do local, tais como temperatura, umidade e vento. A topografia influencia a precipitação devido a velocidade do escoamento superficial, decorrente da ocorrência de lagos e pântanos.

¹Cartas sinóticas disponíveis em: <http://www.mar.mil.br>.

A precipitação ocorre através do vapor d'água da atmosfera que se deposita na superfície da terra sob diferentes formas, como chuva, granizo, neve, neblina, orvalho ou geada.

De acordo com o professor Antenor Rodrigues Barbosa Júnior, da Universidade Federal de Ouro Preto, existem três tipos de precipitações, classificadas de acordo com as condições que produzem o movimento vertical do ar:

- Precipitação convectiva: ocorre pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, provocando o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes;
- Precipitação orográfica: resulta da ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontais sobre barreiras naturais como montanhas, por exemplo;
- Precipitação ciclônica ou frontal: ocorre ao longo da superfície de descontinuidade que separa duas massas de ar de temperatura e umidade diferentes.

A precipitação é medida através de sua frequência, duração, intensidade e altura pluviométrica. Esta última é a medida da altura da lâmina de água de chuva acumulada sobre uma superfície plana, horizontal e impermeável, através de aparelhos chamados de “pluviômetros” (expressa em mm). Basicamente as medidas realizadas nos pluviômetros são periódicas, em intervalos de 24 horas (normalmente às 7 horas da manhã).

AS AÇÕES ANTRÓPICAS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

A urbanização e as ações antrópicas interferem significativamente nas atividades naturais. A retificação, canalização, impermeabilização do solo, aliado ao despejo de resíduos causa alterações na hidrografia. (ZANIRATO, 2011).

Um dos fenômenos discutidos atualmente são denominadas “ilhas de calor”, características em regiões urbanizadas devido aos diferentes padrões de albedos (reflexão) dos materiais utilizados na construção civil, que interferem na radiação absorvida e no calor emitido à superfície (BAPTISTA, G.M.M. et. al.). Na figura 2 estão identificados alguns materiais utilizados na construção civil, com suas respectivas taxas de albedo. Na figura 3 foi evidenciado o perfil de temperatura nas Ilhas de Calor Urbana em relação às áreas suburbanas:

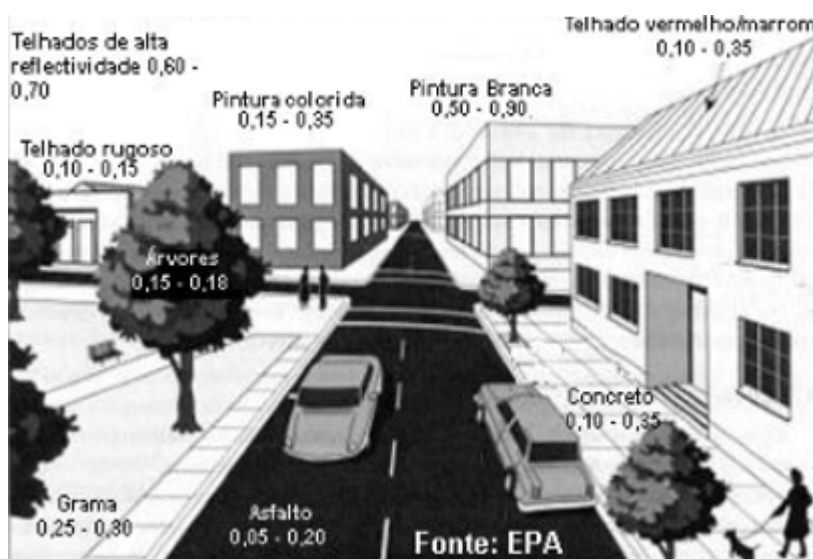


Figura 2 - Albedos de materiais urbanos
Fonte: EPA acesso em 11/05/2014.

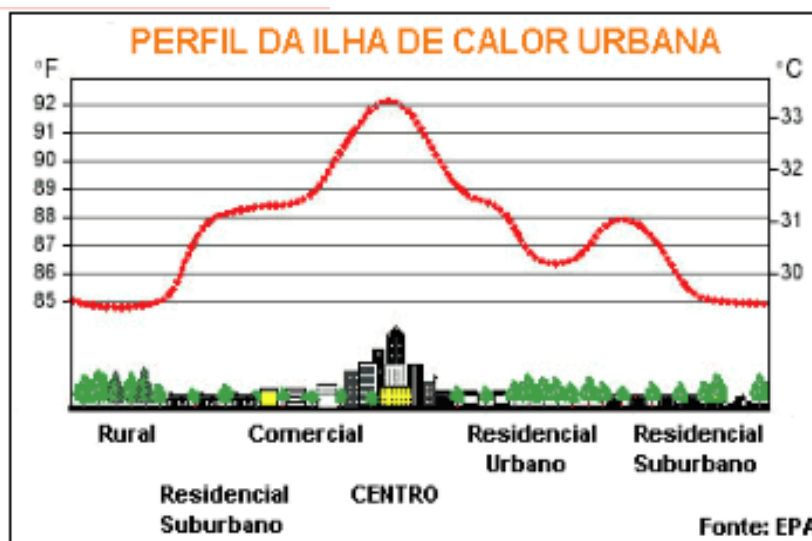


Figura 3 - Perfil da ilha de calor urbana
Fonte: EPA acesso em 11/05/2014.

Portanto, a temperatura torna-se mais elevada nas ilhas de calor e diminui em direção aos subúrbios devido à construção centralizada de empreendimentos, a alteração da vegetação e albedo local e impermeabilização do solo.

A HIDROLOGIA E SUA DISPONIBILIDADE NA MACROMETRÓPOLE

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas, 2012), a água é um dos elementos fundamentais para a manutenção da vida. É um patrimônio do planeta e deve ser plenamente assegurada para todos os cidadãos, garantindo sua disponibilidade para as gerações presentes e futuras (GRISI, C.C.H; BRITTO, R.P., 2003).

A disponibilidade hídrica se dá em função do fenômeno denominado ciclo hídrico, um sistema fechado entre a superfície terrestre e atmosfera, impulsionado pela energia solar e a gravidade e rotação terrestre. Durante este processo, a água altera seu estado físico e movimenta-se entre a hidrosfera, oceanos, calores de gelo, águas superficiais, subterrâneas e atmosfera (CARVALHO, D.F.DE, 2006).

As alterações de estado físico são mobilizadas pela radiação solar, que atua na evaporação da água disponível em corpos hídricos à atmosfera. Devido a força da gravidade, a água precipita à superfície, circula por meio de linhas de água e escoam superficialmente para os rios e oceanos ou infiltra-se nas rochas por meio de poros, fissuras e fraturas, consistindo no processo denominado escoamento subterrâneo.

Parte da água infiltrada no solo é absorvida pela vegetação que a devolve à atmosfera, por meio da transpiração que integra o processo denominado evapotranspiração, comumente evidenciado em zonas não saturadas, nos quais os espaços entre as partículas de solo contêm água e ar (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, s.d).

A água que atinge a zona saturada, entra em circulação subterrânea e auxilia na recarga dos aquíferos. O nível mais baixo que a água pode infiltrar é o lençol freático. Todavia, a água pode emergir à superfície e reiniciar o ciclo (CARVALHO, D.F.DE, 2006). A figura 4 representa as etapas do ciclo da água:

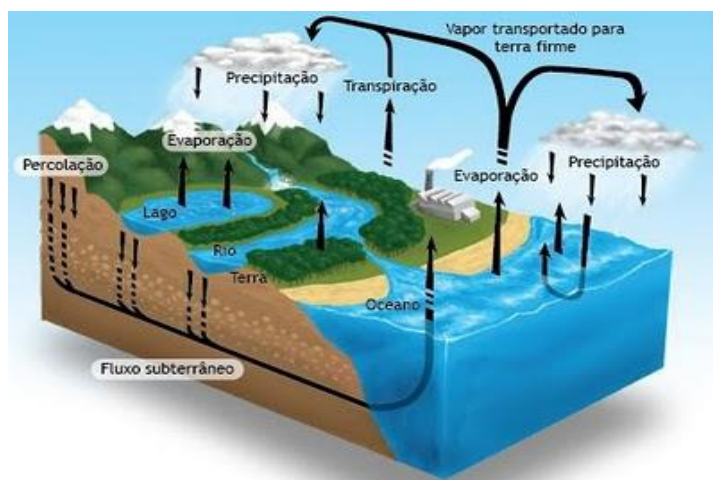


Figura 4 - Ciclo da água
Fonte: Geografia Social, 2012.

A quantidade e velocidade de circulação da água em suas diversas fases depende de fatores locais, tais como a cobertura vegetal, altitude, temperatura, tipo de solo, topografia e geologia.

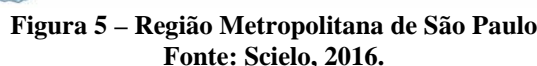
O ciclo hídrico pode ser analisado de acordo com a fórmula: $I - O = \Delta S$; onde: I = refere-se às entradas: escoamento superficial e subterrâneo, devido ao movimento lateral da água do subsolo e a precipitação; O = saídas de água do volume de controle: escoamento superficial, subterrâneo, evaporação e transpiração das plantas; e ΔS = variação no volume de controle em relação ao armazenamento nas várias formas de retenção.

É importante frisar que o ciclo hídrico deve ser equilibrado, portanto, a mesma quantidade de água evaporada deve ser a mesma quantia evaporada à atmosfera. Entretanto, há diversos fatores que podem interferir na disponibilidade hídrica. Na Macrometrópole, por exemplo, a chuva tende a precipitar em conglomerados urbanos, o que interfere na disponibilidade hídrica da região. (SABESP, s.d.)

Além disso, a precipitação abaixo da média em períodos específicos compromete a oferta de água nas bacias hidrográficas, influenciando na quantidade e qualidade do recurso hídrico. De acordo com a Agência Nacional de Águas, algumas regiões como Nordeste e Macrometrópole Paulista, apresentam maior vulnerabilidade dos recursos hídricos (ANA, 2014).

Os níveis dos reservatórios da RMSP estão decaindo desde o final de 2013, em função da razão da ação climática, com a redução de chuvas, bem como a morosidade da concessionária Sabesp que não adotaram medidas remediadoras nos anos anteriores à crise hídrica, visando minimizar situações mais graves. Há estudos que afirmam que, desde 1970, haviam indícios da escassez hídrica e não foram tomadas decisões estratégicas.

Neste cenário, para esta pesquisa, foram analisados os dados da Região Metropolitana de São Paulo como um espaço amostral da Macrometrópole Paulista. A Região Metropolitana foi criada e regulamentada pela Lei Complementar Federal nº 14, de 8/6/1973, congrega 39 municípios e apresenta regiões de mananciais relevantes (figura 5).



Estudos realizados pelo COBRAPE (Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos) estima que a Macrometrópole Paulista consistirá em 37 milhões de pessoas até 2035 (projeção da Fundação Seade), o que

aumentará a demanda hídrica tanto para abastecimento público quanto para irrigação e atividades industriais (PEREIRA, C.A.A.O., 2013). Essa afirmação baseia-se no aumento populacional significativo nos últimos anos, nesta região. A figura 7 retrata o aumento populacional no período de 1881 a 1995:

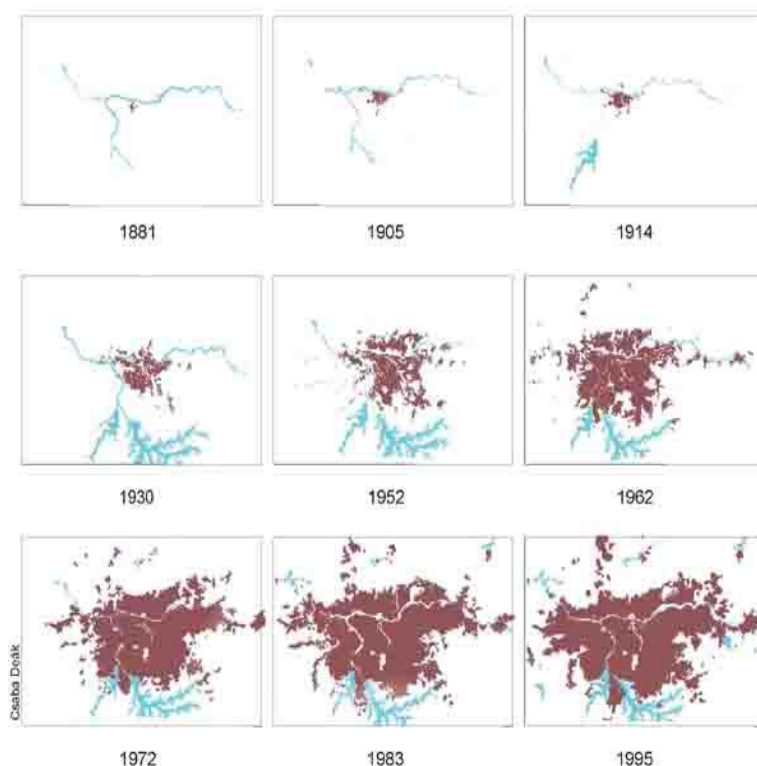


Figura 7 – Evolução da mancha urbana na Região Metropolitana de São Paulo
Fonte: USP, 2014.

Até 2008 a demanda de água da região da Macrometrópole era de 222,96m³/s, distribuídos conforme a Tabela 8:

Tabela 8 - Demandas hídricas de 2008, por tipo de uso de água:

Demanda Hídrica (2008)		
Tipo de Uso	m³/s	%
Abastecimento	109,14	48,95
Industrial	69,82	31,32
Irrigação	44,00	19,73
Total	222,96	100

Fonte: Adaptado de DAEE, 2014.

Considerando o aumento populacional, estima-se que em 2035 a demanda hídrica seja de aproximadamente 283,07 m³/s (DAEE, 2011). De acordo com os dados oficiais disponibilizados no site EMPLASA (2012), o planejamento e gestão dos recursos hídricos são realizados por meio de 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs). Considerando a disponibilidade versus a demanda hídrica global, há água suficiente para abastecer toda a região metropolitana (produção de superfície de 3.120 m³/s, na vazão mínima, a produção é cerca de 893 m³/s). Entretanto, quando a avaliação é feita por UGRHs, a relação de disponibilidade versus demanda tornar-se desigual, como as inseridas na Macrometrópole, cuja demanda supera a disponibilidade e faz com que os sistemas de abastecimento fiquem sempre em situações críticas de abastecimento (CONSÓRCIO PCJ, 2013).

RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

Considerando as crises em relação a disponibilidade hídrica nos últimos anos, foi realizada uma análise dos dados pluviométricos da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, a fim de, dentro deste espaço amostral, avaliar a contribuição antrópica neste cenário, possibilitando uma posterior análise expandida para a Macrometrópole Paulista.

Os dados analisados referiam-se ao verão, devido a característica de chuvas muito volumosas, intensas e comumente convectivas. As estações meteorológicas analisadas consistem em 160, localizadas por todo o entorno da região, de acordo com a figura 9.



Figura 9 – Estações Pluviométricas analisadas da RMSP
Fonte: Elaborado pelos autores

Todos os mapas foram gerados pelos autores, no *ArcGis*, elaborados utilizando uma base cartográfica georreferenciada na Macrometrópole Paulista, com malha digital disponibilizada no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com projeção geográfica e *Datum* horizontal SAD 69. Os resultados analíticos obtidos foram:

1935 a 1944: a maior parte das médias pluviométricas mantiveram-se entre 100 a 150mm e a maior média ficou entre 200 a 250mm, no litoral (mais concentrado em Bertioga). Em São Paulo as médias pluviométricas mantiveram-se entre 0 a 250mm (figura 10).

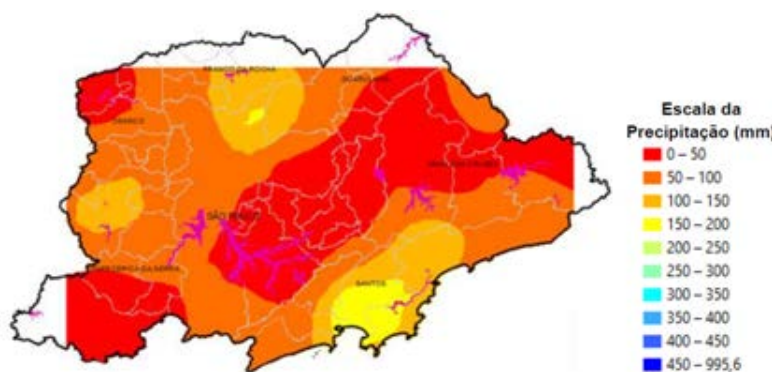


Figura 10 – Médias pluviais no verão entre 1935 a 1944
Fonte: Elaborado pelos autores

1945 a 1954: crescimento das médias pluviométricas, principalmente nas regiões litorâneas, como em Santos, cujas médias alcançaram 400mm. Na região de Guarulhos, a precipitação foi de até 250mm. As áreas com pluviosidade inferiores a 50mm na região metropolitana foram inferiores à década anterior (figura 11).

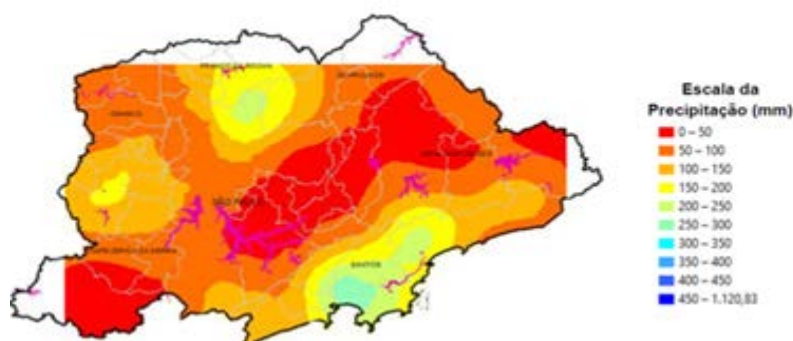


Figura 11 – Médias pluviométricas no verão entre 1945 a 1954

Fonte: Elaborado pelos autores

1955 a 1964: distribuição significativa das chuvas. A região com maior precipitação ocorreu no litoral, principalmente em Santos e Guarujá (de 300 a 350mm). As regiões com menores médias concentraram-se em Mauá, Ribeirão Pires, parte de Ferraz de Vasconcelos, Juquitiba e São Bernardo do Campo (de 0 a 50mm) (figura 12).

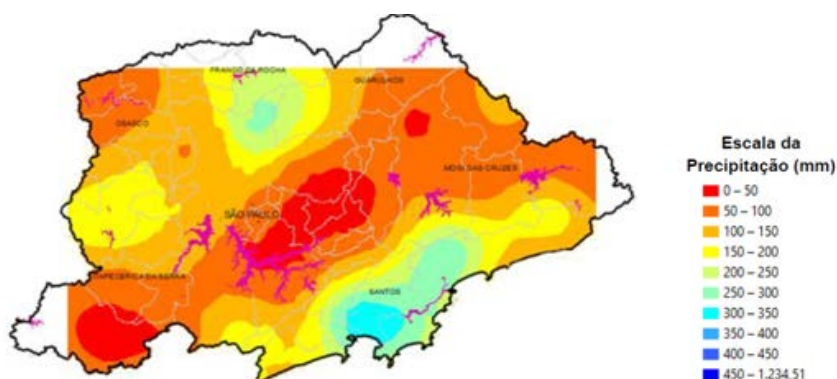


Figura 12 – Médias pluviométricas no verão entre 1955 a 1964

Fonte: Elaborado pelos autores

1965 a 1974: aumento significativo das médias pluviométricas, em especial em Guarujá, Santos e Bertioga (400 a 450mm). Na região de São Paulo as médias de chuva foram mais significativas em relação às décadas anteriores (figura 13).

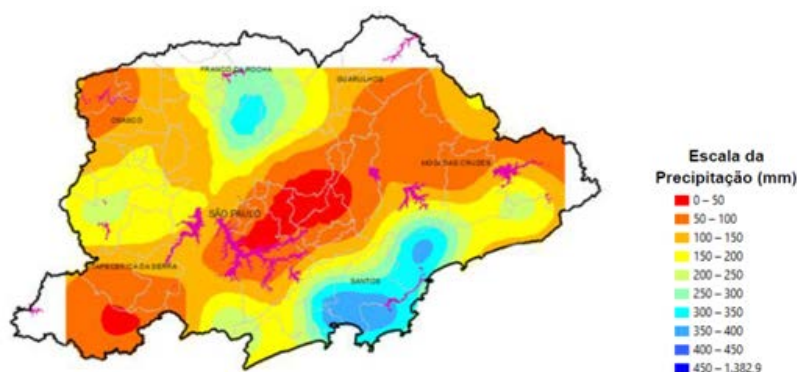


Figura 13 – Médias pluviométricas no verão entre 1965 a 1974

Fonte: Elaborado pelos autores

1975 a 1984: as médias em São Paulo não foram inferiores a 50 e 100 mm. Na região litorânea ocorreu a maior média, superior a 450mm, principalmente em Santos e Bertioga (figura 14).

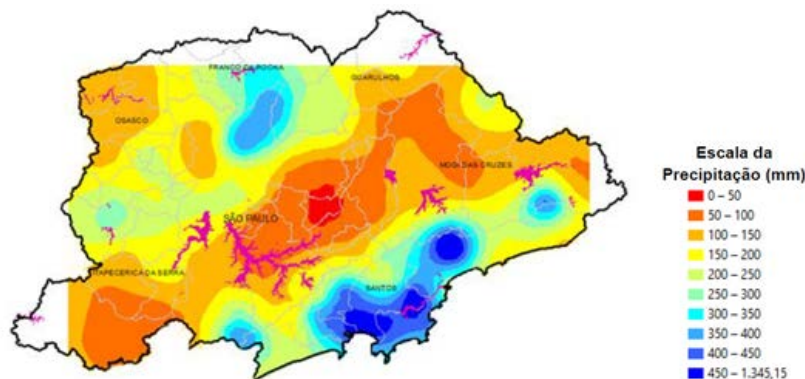


Figura 14 – Médias pluviométricas no verão entre 1975 a 1984

Fonte: Elaborado pelos autores

1985 a 1994: observa-se um aumento nas médias pluviométricas, principalmente na região litorânea (em azul escuro). Há aumento de áreas com chuvas entre 0 a 50mm em pontos específicos da região estudada, principalmente em locais distantes do litoral (figura 15).

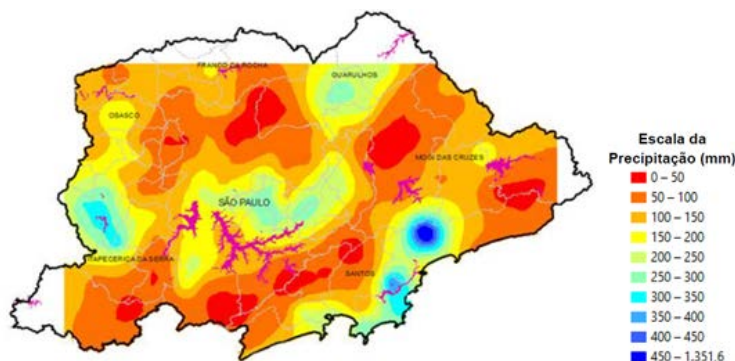


Figura 15 – Médias pluviométricas no verão entre 1985 a 1994

Fonte: Elaborado pelos autores

1995 a 2004: aumento das médias de precipitação em próximo à Mairiporã e Guarulhos. Em Mauá, as médias de pluviosidade foram decrescentes (figura 16).

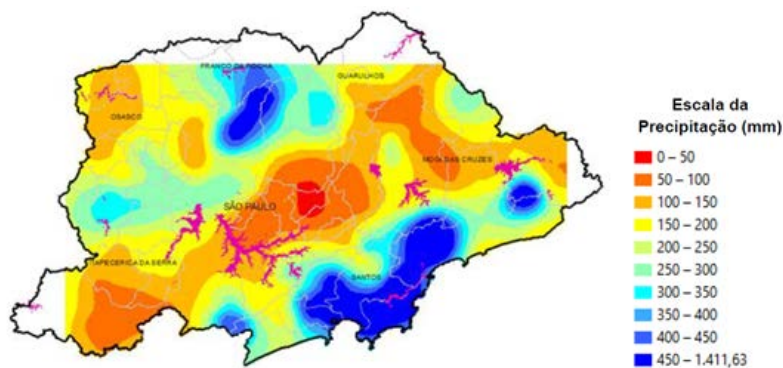


Figura 16 – Médias pluviométricas no verão entre 1995 a 2004

Fonte: Elaborado pelos autores

2005 a 2014: não houveram grandes alterações nas médias pluviométricas (figura 17).

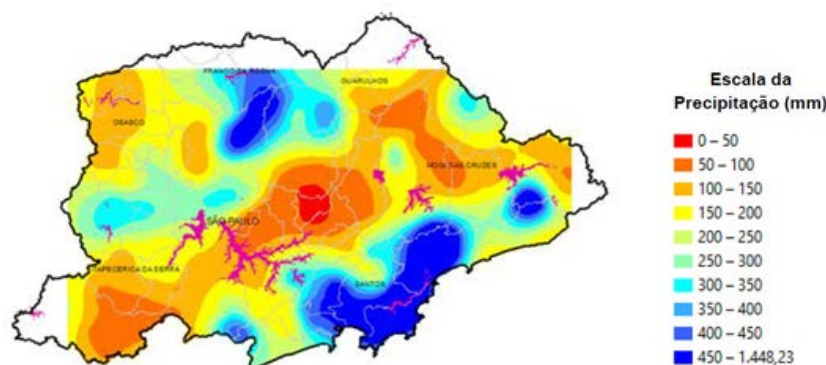


Figura 17 – Médias pluviométricas no verão entre 2005 a 2014

Fonte: Elaborado pelos autores

Constata-se que as médias pluviométricas nas primeiras décadas oscilaram significativamente, principalmente em função de melhorias no monitoramento por parte do poder público que disponibilizaram mais estações na região estudada. Quanto aos dados, é importante constatar que, no verão, não houve diminuição nos indicadores pluviométricos. Basicamente as médias foram ascendentes até as últimas duas décadas, mantendo-se regular entre 1995 a 2014. Ressalta-se que o uso da técnica de Krigagem na interpolação de dados foi fundamental para gerar os mapas e subsidiar as análises.

Portanto, constata-se que não ocorreu mudanças significativas de precipitação na Macrometrópole Paulista.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, foi possível validar a hipótese de que o clima oscila ciclicamente e que as atividades antrópicas não foram unicamente responsáveis pela interferência na produção e disponibilidade hídrica da RMSP.

Pode-se perceber que as modificações e impactos provenientes do uso e ocupação de solo na RMSP bem como as adaptações estruturais realizadas para a instalação de domicílios, comércio e indústrias na região, tiveram um peso significativo na alteração da distribuição da água meteórica, bem como na indisposição de recursos hídricos superficiais, seja pela canalização e assoreamento dos rios ou pela contaminação dos mesmos. Porém serão necessários estudos mais detalhados para qualificação e quantificação dessas informações.

A região central da RMSP apresentou baixos índices pluviométricos ao longo de todas as décadas estudadas. Ao contrário da região sul-sudeste, isto é, as áreas próximas ao litoral apresentaram altos índices pluviométricos ao longo das décadas. Já a região norte da RMSP apresentou um aumento da pluviosidade nas últimas décadas em relação às décadas anteriores o que contradiz as informações governamentais, utilizadas como argumento para redução da água dos reservatórios localizados nesta região.

Pode-se observar e concluir que existe um comportamento diferenciado do comportamento cíclico da pluviosidade nas três regiões destacadas anteriormente, que demandaria estudos mais detalhados do ponto de vista da circulação atmosférica e com modelagem de variáveis, como temperatura, pressão, umidade do ar, evaporação e direção dos ventos. Esse detalhamento poderá fornecer informações importantes para gestão do recurso hídrico do ponto de vista do meio físico.

O estudo em questão permitiu observar que a crise hídrica é uma resposta clara a respeito da ignorância em relação a compreensão do meio físico e das interações antrópicas. A atuação governamental e técnica em relação aos recursos hídricos tem se fundamentado quase que exclusivamente na oferta, o que limita sua

capacidade de resposta, no que se refere às crises hídricas. Para lidar com elas é necessário superar esse estágio primitivo, avançando-se na consideração do conjunto das dinâmicas e do próprio ciclo hidrológico, bem como na gestão da demanda, o que implica também na necessidade de se rediscutir o conceito de desenvolvimento, pautado na lógica do crescimento de consumo de todos os recursos, incluindo a água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADANI, L.C.; ISENBURG, A.a.r.v.; JUNIOR, R.P.; PASTONE, V.J. Avaliação do plano diretor de aproveitamento de recursos hídricos para a Macrometrópole Paulista. Campinas, 2013. Acesso em: 11/05/2014
2. AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS – EPA. Ilhas de calor. Disponível em <<http://www.epa.gov/heat-islands>>, acesso em 08/04/2014.
3. Agência Nacional de Águas (ANA). Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012, do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/QualidadeAgua.aspx>>, acesso em 08/04/2014.
4. ALVES, B. T.; ARAUJO, R.E. et al. Caderno de Educação Ambiental. São Paulo, 2010. Disponível em: <www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2011/10/mananciais-billings-edicao-especial-2011.pdf>
5. BAPTISTA, G.M.M.; BIAS, E.S.; LOMBARDO, M.A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. Disponível em: <marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14_005.pdf> Acesso em: 11/05/2014
6. BARROS, H.R.; LOMBARDO, M.A. A relação entre ilhas de calor urbana, ocupação do solo e morfologia urbana na cidade do Recife. Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.65 – 76, 2012. Acesso em: 11/05/2014
7. CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. Ciclo hidrológico. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>
8. CONSÓRCIO PCJ. Sistema Cantareira um mar de desafios. São Paulo, 2013. Disponível em: www.agua.org.br/apresentacoes/71557_ApostilaCantareira-ConsorcioPCJ.pdf
9. DIAS, L.J.B. Análise rítmica em climatologia geográfica: resumo conceitual. Maranhão, 2009. Disponível em: <luizjorgedias.blogspot.com.br/2009/11/analise-ritmica-em-climatologia.html>
10. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano AS (Emplasa). Macrometrópole Paulista, 2012. Disponível em: <www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/macrometropole/macrometropole.pps> acesso em 21/04/2014
11. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de Saneamento. Ministério da Saúde. BRASIL, s.d. Disponível em: < pt.scribd.com/doc/38439950/Manual-de-Sane-Amen-To-FUNASA> Acesso em: 21/11/2014.
12. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. Disponível em:< <https://www.seade.gov.br/>> acesso em 10 de setembro de 2014. Geografia Social. Ciclo da água. Brasil, 2012. Disponível em: <geografiasocial.com/ciclo-da-agua/> acesso em: 19/11/2014
13. GRISI, C.C.H; BRITTO, R.P. Técnica de Cenários e o Método Delphi: uma Aplicação para o ambiente brasileiro. Dissertação de mestrado. São Paulo, 2003. FEA-USP. Acesso em: 11/05/2014
14. Geografia Social. Ciclo da água. Brasil, 2012. Disponível em: <geografiasocial.com/ciclo-da-agua/>. Acesso em: 19/11/2014
15. INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index> Acesso em: 11/05/2014
16. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Mapas. Disponível em:< <http://www.cidades.ibge.gov.br> >Acesso em 10 de setembro de 2014.
17. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Mapas. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao> > Acesso em: 03/01/2016.
18. JUNIOR, A.R.B. Elementos de Hidrologia aplicada. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, s.d. Disponível em: <www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/3_Precipitacao.pdf>
19. JUNIOR, S.A.; LOBARDO, M.; NOBRE, C.A. et al. Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf> Acesso em: 11/05/2014

20. MACEDO, Luiz Gustavo Moraes de et al. Geoestatística aplicada a Hidrogeologia para confecção de mapas potenciométricos. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/28270/18384>>. Acesso em: 23 nov. 2015.
21. MANFREDINI, B. C. S. Avaliação da qualidade bacteriológica de águas de poços rasos de áreas rurais do município de São Roque, São Paulo. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Universidade Mackenzie, SP, 1994. Acesso em: 03/03/2014.
22. Minas Gerais. COMITÊS PCJ. Aproveitamento Hídrico da Macrometrópole Paulista. Minas Gerais, 2013. Disponível em: <www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=380:aproveitamento-hidrico-da-macrometropole-paulista&catid=156:arquivo-pcj&Itemid=360> Acesso em: 11/05/2014.
23. MORCELLI, Danilo da Costa. Paisagens paulistanas, memória e patrimônio às margens do Rio Tietê. Dissertação de Mestrado, EACH - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100134/tde-27062013-234621/publico/Dissertacao_de_Mestrado_Danilo_Morcelli_2013.pdf>. Acesso em: 03/03/2014.
24. OLIVEIRA, Sonia Maria Barros de. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, José Eli da (org.). São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008. p. 17 – 54.
25. Organização das Nações Unidas (ONU). Fatores sobre água e saneamento. Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/agua.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2014.
26. PEREIRA, C.A.A.O. Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, no Estado de São Paulo. São Paulo, 2013. Disponível em: <www.dae.sp.gov.br/macrometropole/Sumario_Executivo_Recur_sos_Hidricos_Final.pdf>
27. PRESS, F. et AL. Para entender a Terra. 4ª Editora Bookman, 2006. Pg 314.
28. SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. Revista da ANPEGE, v. 4, p. 1-18, 2008. Acesso em: 06/10/2014.
29. São Paulo (Estado). Departamento de Água e energia Elétrica (DAEE). Sistema Produtor Alto Tietê. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=853:barragens-e-sistema-produtor-alto-tiete&catid=36:programas>
30. São Paulo. SABESP. Enchentes. São Paulo, s.d. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/interna/Default.aspx?secaoId=102>> Acesso em: 11/05/2014.
31. SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Sistema Seade de Projeções Populacionais. Disponível em: < <https://www.seade.gov.br/>> Acesso em: 03/01/2016.
32. UFRJ. Hidrologia: CAPÍTULO 2. CICLO HIDROLÓGICO. 2006. 4 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. Cap. 2. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf> > Acesso em: 19/11/2014.
33. USP – Universidade de São Paulo - Base de informações da RMSP - Disponível em: <http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/c_deak/CD/5bd/1rmsp/m02-evol/index.html > Acesso em 27/11/2014
34. ZANIRATO, Sílvia Helena. História da ocupação e das intervenções na várzea do Rio Tietê. Revista Crítica Histórica. Ano II, nº 4, Dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.revista.ufal.br/criticahistorica/attachments/article/108/Hist%C3%B3ria%20da%20ocupa%C3%A7%C3%A3o%20e%20das%20interven%C3%A7%C3%B5es%20na%20v%C3%A1rzea%20do%20rio%20tiet%C3%AA.pdf>>. Acesso em: 03/03/2014.