

# **Evolução da Macrometrópole e Possíveis Intervenções na Disponibilidade Hídrica para os Mananciais - RMSP**

*Evolution of Macrometropolis and Possible Interventions in Water Availability for Watersheds – RMSP*

Cátia Rodrigues de Almeida, Benjamim Capellari

Centro Universitário Senac – Santo Amaro

Engenharia Ambiental e Sanitária

{catia.engenhariaambiental@gmail.com, bencapellari@gmail.com}

**Resumo.** O modelo de urbanização e de expansão da Região Metropolitana de São Paulo, foi replicado por outros centros urbanos, culminando na formação da Macrometrópole Paulista. Alterações antrópicas promovidas pela construção civil, promoveram mudanças no uso e ocupação do solo, como: supressão da vegetação, impermeabilização do solo, canalização, assoreamento de recursos hídricos superficiais, alteração dos materiais de superfície, contribuindo para a formação de “ilhas de calor”. Concomitante, o aumento e adensamento da população refletiu no consumo hídrico, denotando a fragilidade da gestão entre demanda e consumo. Este trabalho analisou a relação entre a evolução da RMSP, suas possíveis intervenções no clima regional e na disponibilidade hídrica. Foram realizadas pesquisas bibliográficas, consulta aos dados climatológicos com ênfase na disponibilidade ou ocorrência de água meteórica e em “ilhas de calor”. Verificou-se que a pluviosidade se difere na região estudada e que a escassez hídrica está relacionada ao aumento na demanda do recurso e possíveis negligências administrativas em relação à gestão adequada.

**Palavras-chave:** macrometrópole, mananciais, alterações climáticas, análise rítmica, ilhas de calor.

**Abstract.** *The model of urbanization and expansion of Metropolitan Area of Sao Paulo, has been replicated by other cities, culminating in the formation of Macrometrópole Paulista. Anthropogenic changes introduced by construction, made changes in land use and occupation, such as removal of vegetation, soil waterproofing, plumbing and siltation of surface water resources and alteration of surface materials, contributing to the formation of "heat islands". Concomitantly, the rise and consolidation of the population reflected in water consumption, demonstrating the fragility of the management of demand and consumption. This study analyzed the relationship between the evolution of the RMSP and possible interventions in regional climate and water availability to water sources. Bibliographic research were made off, consultation to the climatological data with emphasis on availability or occurrence of meteoric water and in "Heat islands". It was found that rainfall differs in the studied region and that water scarcity is related to the increase in demand of the resource and possible administrative oversights with regard to proper management.*

**Key words:** *macrometropolis, water sources, climate change, rhythm analysis, heat islands.*

**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística  
Edição Temática em Sustentabilidade**

Vol. 6 no 1 – novembro de 2016, São Paulo: Centro Universitário Senac  
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: [revistaic@sp.senac.br](mailto:revistaic@sp.senac.br)

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

## **1. 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 um determinado local 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 veementemente 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. Quanto aos objetivos específicos, a proposta dividiu-se em três etapas, a saber: analisar as mudanças no uso e ocupação de solo na Macrometrópole; sistematizar e avaliar os dados climáticos das estações meteorológicas existentes sobre a produção hídrica e analisar a distribuição espacial das precipitações e avaliar possíveis alterações nas últimas 8 décadas, no período de verão.

Vale ressaltar que a região foi escolhida para análise em função da disponibilidade de indicadores de pluviosidade e pela crise hídrica eminente na ocasião. Sabe-se que as condições específicas de cada região interferem na disponibilidade dos recursos hídricos, ou seja, o recorte realizado neste trabalho não

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.

## **2. 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:

a. análise dos mapas obtidos por meio do *ArcMaps*;

b. discussão dos resultados obtidos por décadas.

## 3. 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 153 municípios e constitui-se 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 corresponde a 15% total do Brasil. (Emplasa, 2014)

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 da 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 o 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. (ALVES JUNIOR; SIN, 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 identificou 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 oficial<sup>1</sup>, 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 m<sup>2</sup>), 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 no escoamento superficial, cuja velocidade sofre interferências do tipo de relevo existente

---

<sup>1</sup>Cartas 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:

- a. Precipitação convectiva: ocorre pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, provocando o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes;
- b. Precipitação orográfica: resulta da ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontais sobre barreiras naturais como montanhas, por exemplo;
- c. 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).

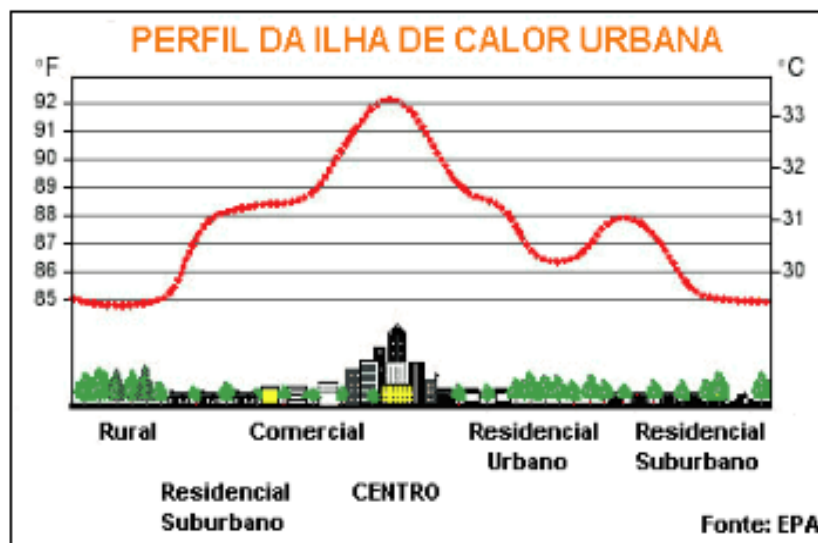
Um dos fenômenos discutidos atualmente são denominadas "ilhas de calor", características em regiões urbanizadas devido aos diferentes padrões de albedos (reflexão) dos materiais utilizados na construção civil, que interferem na radiação absorvida e no calor emitido à superfície (BAPTISTA, G.M.M. et. 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, 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).

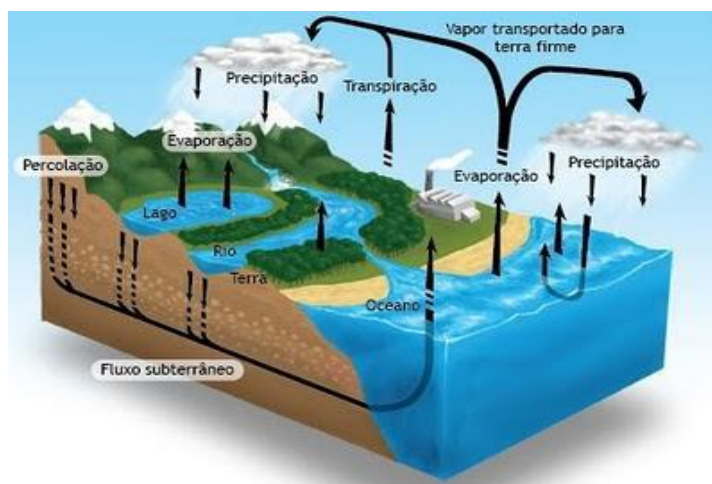
A disponibilidade hídrica se dá em função do fenômeno denominado ciclo hídrico, um sistema fechado entre a superfície terrestre e atmosfera, impulsionado pela energia solar e a gravidade e rotação terrestre. Durante este processo, a água altera seu estado físico e movimenta-se na hidrosfera, incluindo os 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 esco 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:  $\Delta S = I - O$ . 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  $\Delta S$  = variação no volume de controle em relação ao armazenamento nas várias formas de retenção. Vale ressaltar que o ciclo hídrico é equilibrado.

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.)

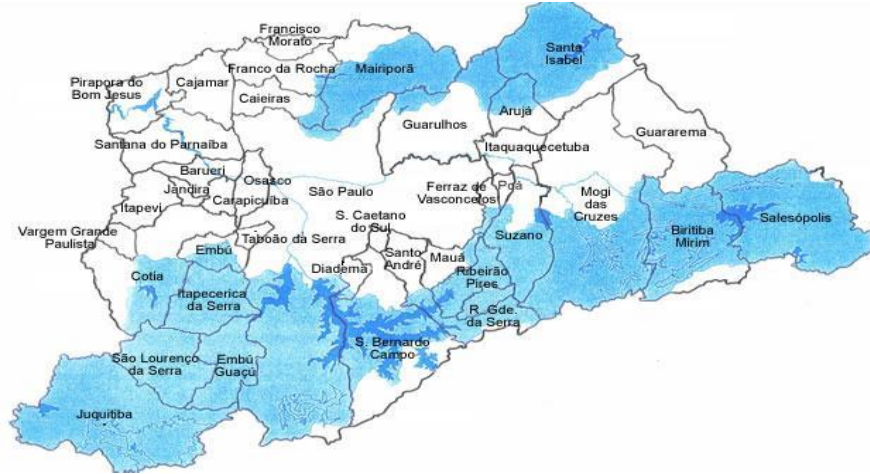
Além disso, a precipitação abaixo da média em períodos específicos compromete a oferta de água nas bacias hidrográficas, influenciando na quantidade e qualidade do recurso hídrico. De acordo com a Agência Nacional de Águas, algumas regiões como Nordeste e Macrometrópole Paulista, apresentam maior vulnerabilidade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

Os níveis dos reservatórios da RMSP estão decaindo desde o final de 2013, em função da ação climática, com a redução de chuvas, bem como a morosidade da concessionária Sabesp que não adotou 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).



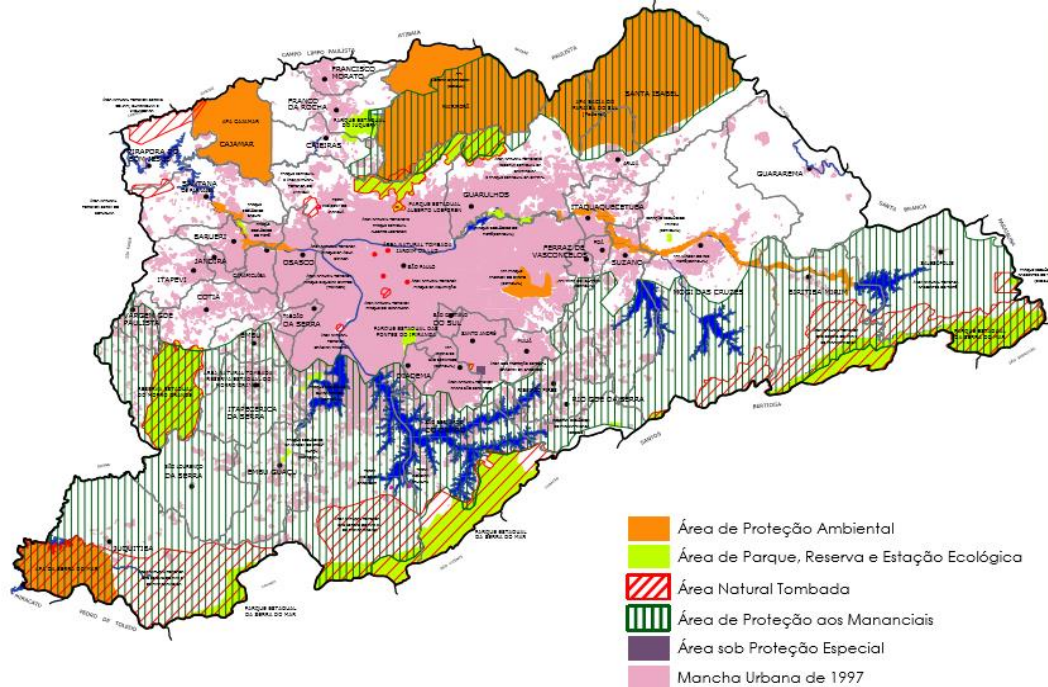
**Figura 5. Região Metropolitana de São Paulo**



Fonte: Scielo, 2016.

A ocupação do solo na RMS é heterogênea e há diversas áreas de preservação ambiental, conforme ilustra a figura 6:

**Figura 6. Áreas da Região Metropolitana de São Paulo**



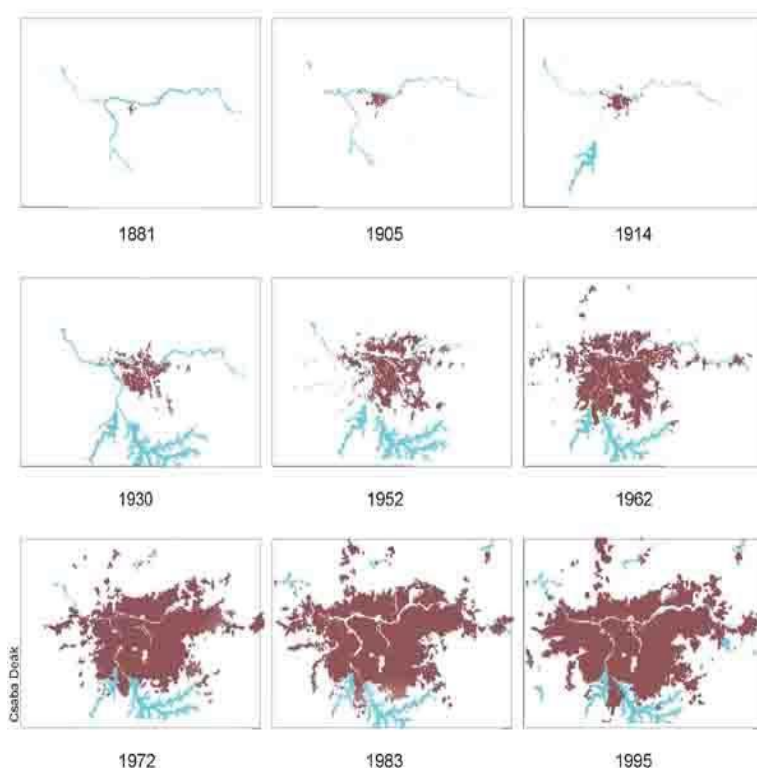
Fonte: Emplasa, 2014.

Considerando o que determina o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, os maiores destinos de utilização da água são:

- a) Abastecimento público (a região concentra mais de 70% da população paulista);
- b) Indústrias; e
- c) Irrigação (DAEE, 2011).

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 da mancha urbana no período de 1881 a 1995:

**Figura 7. Evolução da Mancha Urbana da Região Metropolitana de São Paulo**



Fonte: USP, 2014.

Até 2008 a demanda de água da região da Macrometrópole era de 222,96m<sup>3</sup>/s, distribuídos conforme a Tabela 1:

**Tabela 1. Demandas Hídricas de 2008, por Tipo de Uso de Água:**

Demanda Hídrica (2008)		
Tipo de Uso	m <sup>3</sup> /s	%
Abastecimento	109,14	48,95
Industrial	69,82	31,32
Irrigação	44,00	19,73
<b>Total</b>	<b>222,96</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de DAEE, 2014.

Considerando o aumento populacional, estima-se que em 2035 a demanda hídrica seja de aproximadamente 283,07 m<sup>3</sup>/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 (UGRHIs). Considerando a disponibilidade versus a demanda hídrica global, há água suficiente para abastecer toda a região metropolitana (produção de superfície de 3.120 m<sup>3</sup>/s, na vazão mínima, a produção é cerca de 893 m<sup>3</sup>/s). Entretanto, quando a avaliação é feita por UGRHIs, 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).

### **Análise das Estações Pluviométricas**

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 8.

**Figura 8. Estações Pluviométricas Analisadas da RMSP**

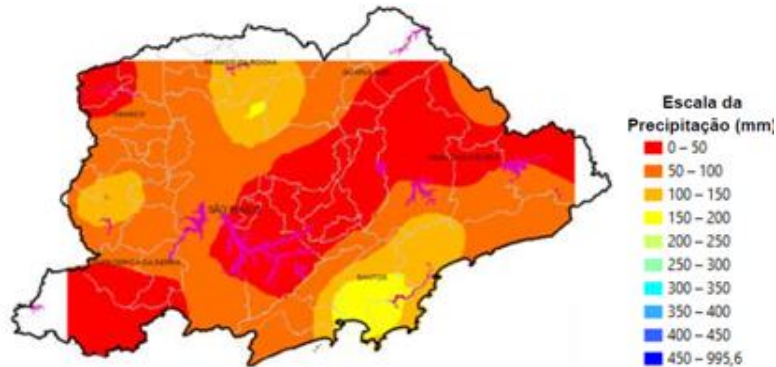


**Fonte: Elaborado pelos autores**

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 9).

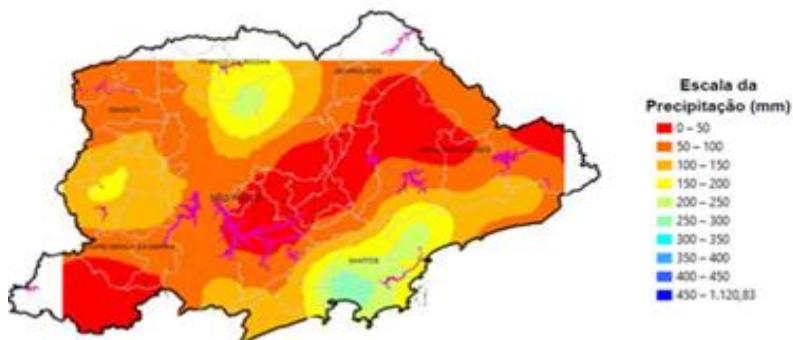
**Figura 9. Médias pluviométricas no verão entre 1935 a 1944**



**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 10).

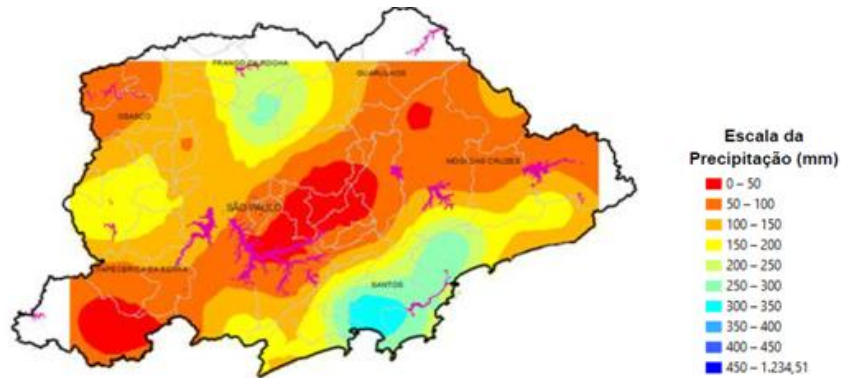
**Figura 10. Médias pluviométricas no verão entre 1945 a 1954**



**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 11).

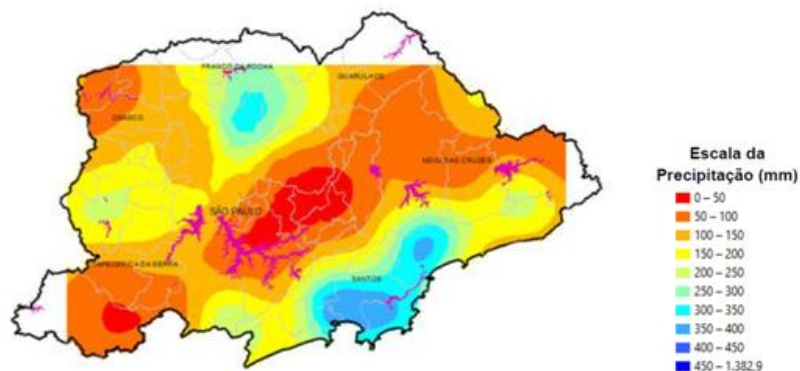
**Figura 11. Médias pluviométricas no verão entre 1955 a 1964**



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 12).

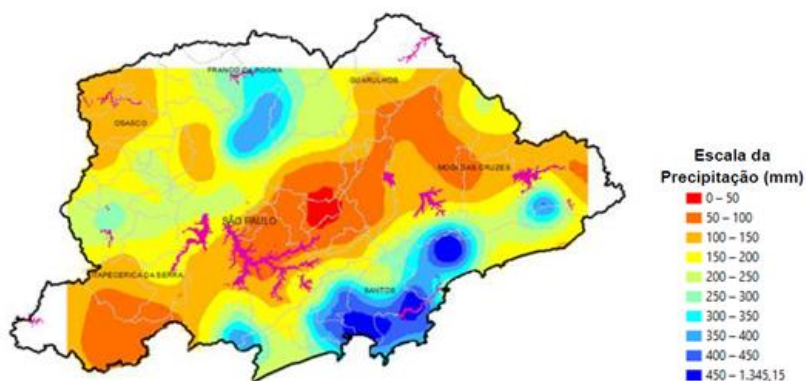
**Figura 12. Médias pluviométricas no verão entre 1965 a 1974**



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 13).

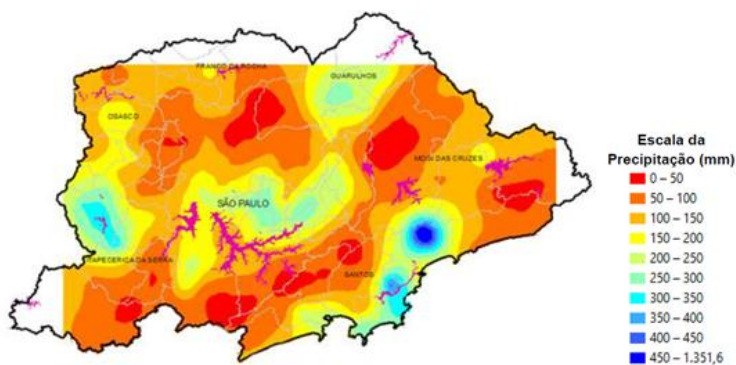
**Figura 13. Médias pluviométricas no verão entre 1975 a 1984**



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 14).

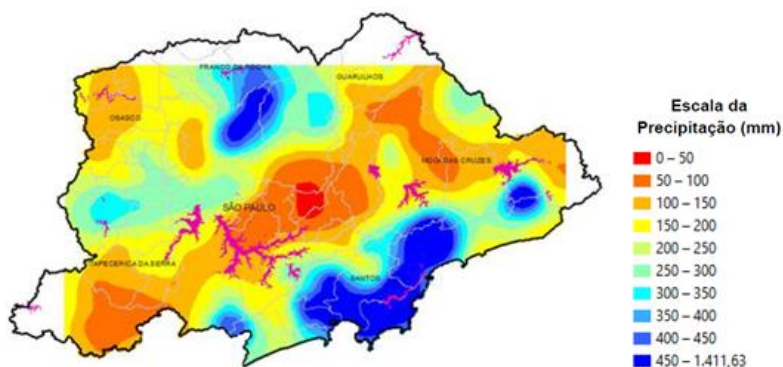
Figura 14. Médias pluviométricas no verão entre 1985 a 1994



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 15).

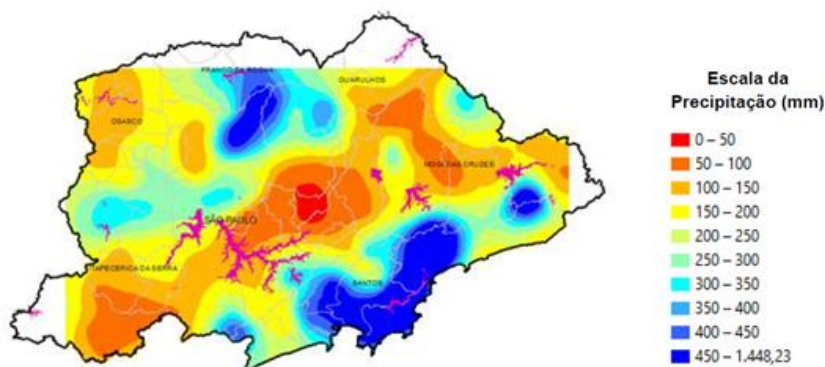
Figura 15. Médias pluviométricas no verão entre 1995 a 2004



Fonte: Elaborado pelos autores

**2005 a 2014:** não houveram grandes alterações nas médias pluviométricas (figura 16).

**Figura 16. Médias pluviiais 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.

#### **4. Conclusão**

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, comércios 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 da manifestação cíclica de 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

- 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. Disponível em: <[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1112:plano-diretor-de-aproveitamento-dos-recursos-hidricos-para-a-macrometropole-paulista&catid=42:combate-a-enchentes](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1112:plano-diretor-de-aproveitamento-dos-recursos-hidricos-para-a-macrometropole-paulista&catid=42:combate-a-enchentes)>. Acesso em: 11 mai. 2014.
- ALMEIDA, Cátia Rodrigues de; CAPELLARI, Benjamim. **Evolução Da Macrometrópole E Possíveis Intervenções Na Disponibilidade Hídrica** **Evolução da Macrometrópole e Possíveis Intervenções na Disponibilidade Hídrica nos Mananciais**. XVII Silubesa – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2016. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento32/TrabalhosCompletoPDF/IV-089.pdf>>.
- 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](http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2011/10/mananciais-billings-edicao-especial-2011.pdf)> Acesso em: 01 mai. 2014.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **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 abr. 2014.
- 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:



<mar.te.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14\_005.pdf>  
Acesso em: 11 mai. 2014.

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. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2479> > Acesso em: 11 mai. 2014.

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](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf)> Acesso em: 11 mai. 2014.

DAEE – Departamento de Água e energia Elétrica. **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](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=853:barragens-e-sistema-produtor-alto-tiete&catid=36:programas)> Acesso em: 06 out. 2014.

DIAS, L.J.B. **Análise rítmica em climatologia geográfica: resumo conceitual.** Maranhão, 2009. Disponível em: <[lujzjorgedias.blogspot.com.br/2009/11/analise-ritmica-em-climatologia.html](http://lujzjorgedias.blogspot.com.br/2009/11/analise-ritmica-em-climatologia.html)>. Acesso em: 16 mai. 2014.

EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano AS. **Macrometrópole Paulista,** 2012. Disponível em: <[www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/macrometropole/macrometropole.pps](http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/macrometropole/macrometropole.pps)>. Acesso em: 21 abr. 2014.

EPA – Agência De Proteção Ambiental Dos Estados Unidos. **Ilhas de calor.** Disponível em: <<http://www.epa.gov/heat-islands>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

FNS - Fundação Nacional De Saúde. **Manual de Saneamento.** BRASIL, s.d. Disponível em: <[pt.scribd.com/doc/38439950/Manual-de-Sane-Amen-To-FUNASA](http://pt.scribd.com/doc/38439950/Manual-de-Sane-Amen-To-FUNASA)>. Acesso em: 21 nov. 2014.

Geografia Social. **Ciclo da água.** Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.uesc.br/projetos/inforgeo/inforgeo/big25.pdf/>>. Acesso em: 19 nov. 2014.

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. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CowlabNArYgJ:sistema.semead.com.br/6semead/MKT/045Mkt%2520-%2520T%25E9cnica%2520de%2520Cen%25E1rios%2520M%25E9todo%2520Delphi.doc+%&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-ab>> Acesso em: 11 mai. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Mapas.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br> >. Acesso em: 10 set. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **População.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao> > Acesso em: 03 jan. 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de Pluviosidade.** Disponível em: <[www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index)>. Acesso em: 11 mai. 2014.

BARBOSA JUNIOR; ANTENOR R. **Elementos de Hidrologia aplicada**. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, s.d. Disponível em: <[www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodrigues/3\\_Precipitacao.pdf](http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodrigues/3_Precipitacao.pdf)> Acesso em: 11 mai. 2014.

ALVES JUNIOR; SINÉSIO.; 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](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf)>. Acesso em: 11 mai. 2014.

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.

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. São Paulo, 1994. Acesso em: 03 mar. 2014.

MORCELLI, Danilo da Costa. **Paisagens paulistanas, memória e patrimônio às margens do Rio Tietê**. Dissertação de Mestrado, 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](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100134/tde-27062013-234621/publico/Dissertacao_de_Mestrado_Danilo_Morcelli_2013.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2014.

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.

ONU – Organização das Nações Unidas. **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.

PCJ – Comitês. **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](http://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 mai. 2014.

PCJ, CONSÓRCIO. **Sistema Cantareira: Um Mar de Desafios**. Americana, 2013. Disponível em: <[www.agua.org.br/apresentacoes/71557\\_ApostilaCantareira-ConsortioPCJ.pdf](http://www.agua.org.br/apresentacoes/71557_ApostilaCantareira-ConsortioPCJ.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2014.

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](http://www.dae.sp.gov.br/macrometropole/Sumario_Executivo_Recur_sos_Hidricos_Final.pdf)> Acesso em: 06 out. 2014.

PRESS, F. et AL. **Para entender a Terra**. 4ª Editora Bookman, 2006. Pg 314.

SABESP. **Enchentes**. São Paulo, s.d. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/interna/Default.aspx?secaoId=102>>. Acesso em: 11 mai. 2014.

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. Disponível em < [anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/view/11](http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/view/11) > Acesso em: 06 out. 2014.

SEADE – Fundação Sistema Estadual De Análise De Dados. **Sistema Seade de Projeções Populacionais.** Disponível em: < <https://www.seade.gov.br/> > Acesso em: 03 jan. 2016.

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](http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/c_deak/CD/5bd/1rmsp/m02-evol/index.html) >. Acesso em: 27 nov. 2014.

ZANIRATO, Sílvia Helena. **História da ocupação e das intervenções na várzea do Rio Tietê. Revista Crítica Histórica.** Ano II, nº 4, 12/2011. 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 mar. 2014.