

Avaliação dos riscos de secas na Região Metropolitana de São Paulo

Drought risk assessment in the metropolitan area of São Paulo

Pedro Augusto Breda Fontão *, Jesús Vargas Molina **, Pilar Paneque Salgado **

* Departamento de Geografia - Universidade Federal do Paraná (UFPR – Curitiba-PR, Brasil), e-mail: pedrofontao@ufpr.br

** Departamento de Geografía, Historia y Filosofía - Universidad Pablo de Olavide (UPO – Sevilha, Espanha), e-mail: jvarmol@upo.es, ppansal@upo.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v55i0.77449>

Resumo

O presente estudo buscou investigar e avaliar os riscos de secas na Região Metropolitana de São Paulo, no intuito de identificar a frequência destes eventos extremos e a vulnerabilidade em um ambiente urbano, e assim, contribuir com orientações e medidas que poderão auxiliar no planejamento e gerenciamento de riscos e dos recursos hídricos. Para tanto, diferenciou-se o conceito de seca em quatro categorias (meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica) e avaliou-se a recorrência desses eventos a partir do *Standardized Precipitation Index* (SPI). Em específico, o artigo optou por detalhar os dois últimos episódios de seca na região, dando ênfase para averiguar a Crise Hídrica de 2014-2015, e para tanto, foi realizada uma análise dos dados de armazenamento hídrico nos sistemas de abastecimento urbano, produção hídrica e consumo mensal de água na metrópole, além de examinar reportagens de jornais locais para avaliar os eventuais impactos à população. Por fim, verificou-se que as secas meteorológicas são frequentes ao longo do tempo na metrópole, e o fator climático acabou por favorecer tais eventos e motivar uma série de distúrbios e efeitos de ordem hidrológica e socioeconômica e, diante disso, deve-se levar em conta tal exposição, sensibilidade e vulnerabilidades existentes no gerenciamento de riscos naturais.

Palavras-chave: escassez; recursos hídricos; Sistema Cantareira; SPI; RMSP

Abstract

The present study sought to investigate and evaluate the risks of droughts in the Metropolitan Area of São Paulo, in order to identify the frequency of these extreme events and the vulnerability in an urban environment, and thus contribute with guidelines and measures that may assist in the planning and management of risks and of water resources. For this purpose, the concept of droughts was grouped into four categories (meteorological, hydrological, agricultural, socioeconomic) and the recurrence of these events was evaluated using the *Standardized Precipitation Index* (SPI). In particular, the paper chose to detail the last two episodes of drought in the region, with an emphasis

on ascertaining the 2014-2015 Water Crisis, and for that, data on water storage in urban supply systems were analyzed, monthly water production and consumption in the metropolis were evaluated, in addition to investigating local newspaper articles to evaluate the impacts on the population. In the end, it was found that meteorological droughts are frequent over time in the metropolis, and the climatic factor ended up favoring such events and motivating a series of disturbances and effects of a hydrological and socioeconomic nature and, in view of that, one must take into account such exposure, sensitivity and vulnerabilities existing in the management of natural risks.

Keywords: scarcity; water resources; Cantareira System; SPI; RMSP

I. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos apresentam um valor inquestionável para o ambiente nos mais diversos meios e dinâmicas existentes. Da mesma forma, o acesso à água é algo fundamental e necessário para todos os seres vivos do Planeta, visto que, sem este importantíssimo elemento, não seria possível a existência da vida como os seres humanos conhecem. Isto posto, ao discutir ou analisar a respeito de um tema tão relevante quanto a água, deve-se ter certa cautela, apreço e consciência do valor inestimável deste recurso, não necessariamente no sentido financeiro da palavra, mas sim na essência da necessidade desse líquido para a sobrevivência (WHATELY e CAMPANILI, 2016; WWAP, 2018).

Embora essencial à vida, constantemente se observam distúrbios e ameaças à dinâmica do ciclo hidrológico e em relação à quantidade e qualidade da água. No tocante a esses indícios, Tundisi (2006, p. 25) indica que tais ameaças decorrem devido ao uso excessivo da água para várias atividades, assinalando que *“tais usos excessivos incluem águas superficiais e subterrâneas, que são reservas importantes e substanciais de água em algumas regiões do planeta.”* Além do mais, nem sempre a distribuição dos recursos hídricos ocorre de maneira homogênea para a população em nível global e regional, gerando um acesso desigual à água (RIBEIRO, 2008).

Situações de escassez de água ocorrem com certa frequência ao longo do tempo e espaço, influenciando na qualidade de vida de diferentes povos e sociedades. Cabe ressaltar que a escassez hídrica tem relação direta com o desequilíbrio temporário da oferta de água, diferenciando-se do conceito de seca e, inclusive, pode ser ocasionada por um episódio de seca (PEREIRA et al., 2002). Atualmente, estima-se que cerca de 3,6 bilhões de pessoas vivam em áreas que apresentam um potencial de escassez de água por pelo menos um mês no ano, com estimativas de aumentar para algo entre 4,8 bilhões e 5,7 bilhões até 2050 (WWAP, 2018). Dentre as razões

para isso, destacam-se a intensificação da poluição e a deterioração da qualidade da água, somadas às mudanças já previstas com relação aos riscos de inundações e secas.

É neste contexto que Whately e Campanili (2016) publicaram a obra “O século da escassez” defendendo que, em relação à água, a questão central não é a disponibilidade ou a falta dela em si, mas a forma de utilização desse recurso, cuja má gestão tem levado a uma perda de qualidade e destruição de vastas áreas de mananciais, sobretudo nas regiões metropolitanas. Para Jacobi (2006), uma das principais dificuldades atuais é que as cidades criem condições para assegurar a qualidade de vida sem interferir e prejudicar o meio ambiente no seu entorno. Em vista disso, um dos grandes desafios desse século será desenvolver estratégias e respostas adequadas para atender à crescente demanda da humanidade por água doce e, ao mesmo tempo, proteger o ambiente e os ecossistemas existentes (MEKONNEN e HOEKSTRA, 2016).

No Brasil, apesar da abundância de rios e de reservas de água em algumas regiões, não é incomum episódios de escassez hídrica, sobretudo na região Nordeste e nos arredores das grandes metrópoles do país. A própria legislação nacional já contempla eventuais situações de escassez como um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), prevista no primeiro artigo (inciso III) da Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997): “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”. Trata-se de uma legislação considerada avançada nos meios acadêmicos, a despeito de apresentar algumas adversidades na sua execução, em particular no tocante à uma real participação da população e dos diferentes atores sociais na gestão das águas e no avanço de políticas e abordagens mais proativas de enfrentamentos de crises (JACOBI e BARBI, 2007; MAGALHÃES JR., 2017).

A legislação que regulamenta a PNRH brasileira, embora trate especificamente das situações de escassez, não cita nenhuma vez sequer o termo “seca”, fenômeno cuja ocorrência acaba por ocasionar ou intensificar situações de escassez hídrica. A própria concepção de seca apresenta uma terminologia difusa e motiva certa ambiguidade com os conceitos de déficit hídrico e escassez, as vezes sendo utilizados de maneira incorreta e devendo em cada caso atentar-se à duração (temporária ou contínua) e a origem natural ou antrópica do fenômeno (PANEQUE, 2015). Nessa linha de pensamento, até mesmo o conceito de estiagem torna-se algo difuso, visto que há a estiagem sazonal habitual – períodos de baixa pluviosidade que ocorrem regularmente em alguns meses do ano – bem como ocorre a utilização do termo para se referir à alguns episódios específicos. Dito isto, Kobiyama et al. (2006) destacam que a forma crônica da estiagem gera o fenômeno das secas.

O processo de identificação e classificação de uma seca é complexo e de difícil descrição, tendo em vista que sua definição é tanto espacialmente variável quanto dependente do contexto em que está inserida. Em geral, trata-se de uma anomalia negativa de chuvas suficientemente intensa e prolongada para gerar impactos à sociedade. Diante disto, Wilhite e Glantz (1985) analisaram mais de 150 definições diferentes desse conceito, e propuseram uma classificação amplamente aceita na comunidade científica ao dividi-la em quatro categorias: secas meteorológicas, secas agrícolas, secas hidrológicas e secas socioeconômicas. Tal divisão continua sendo a mais aceita atualmente, embora deve-se observar que, nos últimos anos, houveram alguns avanços na definição de novas categorias, como a seca ecológica, referente à maneira como os ecossistemas e os serviços ecossistêmicos associados à água são afetados, bem como aos feedbacks que ocorrem entre os sistemas naturais e humanos (CRAUSBAY et al., 2017). De maneira operacional, os índices e limiares utilizados para classificar e monitorar um episódio dependem da duração, severidade e, sobretudo, do local de ocorrência do evento (QUIRING, 2009; ZARGAR et al., 2011).

Pode-se considerar o fenômeno das secas como um risco natural, complexo e caracterizado por múltiplos parâmetros, sendo a compreensão dos mesmos necessária para reduzir seus impactos através da gestão de riscos (MISHRA e SINGH, 2010). O paradigma de gerenciamento do riscos de secas é tradicionalmente baseado na compreensão desse fenômeno como uma 'crise', de características naturais e imprevisíveis, não necessariamente se mostrando eficiente para mitigar os grandes impactos causados, além de gerar um aumento na vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento público de água (VARGAS e PANEQUE, 2019).

Wilhite (2017) indica que a adoção de metodologias mais modernas para a gestão de riscos de secas aparece como alternativa em alguns países para reduzir as vulnerabilidades com uma visão mais sustentável dos recursos hídricos, por meio do planejamento e da participação mais proativa da sociedade. Na Península Ibérica, por exemplo, nas últimas décadas passou-se a questionar o paradigma hidráulico tradicional de gestão das águas (SAURÍ e DEL MORAL, 2001), surgindo um movimento denominado "Nueva Cultura del Agua" (AGUDO, 2008, p. 01), com críticas e questionamento ao modelo de gestão baseado unicamente na construção de grandes obras de infraestrutura, trazendo água de locais cada vez mais distantes, na busca de satisfazer as crescentes demandas hídricas em uma perspectiva meramente produtivista, sem levar em conta medidas de planejamento e gestão de riscos (BUKOWSKI, 2016 e 2017).

Em nível nacional a implementação do aparato legal de gestão das águas avança de modo distinto nas diferentes regiões do vasto território brasileiro, e, no caso específico das secas, há uma carência e necessidade

do país avançar em políticas e abordagens mais proativas de enfrentamento desses episódios, enquanto os órgãos gestores continuam a priorizar políticas reativas para o “enfrentamento de crises” (DE NYS et al., 2016, p. 13), numa perspectiva política tradicional. É exatamente neste ponto em que a presente pesquisa almeja contribuir e suscitar reflexões e discussões, e para isso, busca aprimorar e incentivar a gestão de riscos de secas analisando um estudo de caso específico ocorrido recentemente, avaliando tal evento extremo como exemplo prático de ocorrência do fenômeno no país.

Assim, o estudo em questão optou por analisar o risco de secas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e identificar a frequência destes eventos extremos, bem como a vulnerabilidade na região investigada, a fim de contribuir com orientações e medidas que poderão auxiliar no gerenciamento de riscos de secas e dos recursos hídricos da metrópole. A RMSP foi amplamente afetada por uma seca ocorrida (período entre 2013-2015) no sudeste brasileiro, cuja intensidade resultou em grande repercussão nos meios de comunicação do país e, de certa forma, impactou direta e indiretamente milhões de pessoas, ficando conhecida como a “Crise Hídrica” de 2014-2015 (FONTÃO e ZAVATTINI, 2019). Por tratar-se de uma metrópole densamente povoada, intensamente urbanizada e de grande importância econômica, o episódio atingiu seu auge justamente na área de estudo, fator que será descrito e detalhado a seguir.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e o contexto da crise hídrica

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) se destaca por ser atualmente o maior e mais populoso aglomerado urbano do Brasil e de todo o hemisfério sul do Planeta, consistindo em 39 municípios que formam um adensamento superior a 21 milhões de habitantes, distribuídos em uma área de 7947,28 Km² (EMPLASA, 2020). Trata-se de uma área envolvendo diversas vulnerabilidades de ordem ambiental, a exemplo da baixa disponibilidade hídrica para o abastecimento urbano, indicativo já amplamente constatado e alertado em diversos estudos, como é o caso do Atlas Brasil de abastecimento desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2010). Para suprir a demanda, a região conta atualmente com oito sistemas produtores de água, integrando mananciais e represas pelo Sistema Integrado Metropolitano de Abastecimento (SIM). A Figura 1 localiza a RMSP, seus limites hidrográficos e ilustra a distribuição espacial destes sistemas. Cabe ressaltar que o sistema São Lourenço iniciou suas atividades somente em 2018, enquanto os demais já operam na região a décadas.

O SIM é operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), responsável pelo abastecimento urbano da RMSP. Na Figura 1, pode-se notar que o Sistema Cantareira, principal manancial hídrico, extrapola os limites legais da RMSP em quase toda sua área. No caso, o Sistema Cantareira possui um total de seis reservatórios integrados através de túneis, e regularizados em barragens, sendo cinco delas na região das nascentes da bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) e uma na bacia do Alto Tietê, limite hidrográfico onde está inserida efetivamente a população da metrópole (SABESP, 2020). Isto é, apesar de este sistema ser o principal fornecedor de água para a RMSP, quase todas suas águas provêm de precipitação registrada em outras regiões e sub-bacias hidrográficas, relativamente distantes do adensamento urbano.

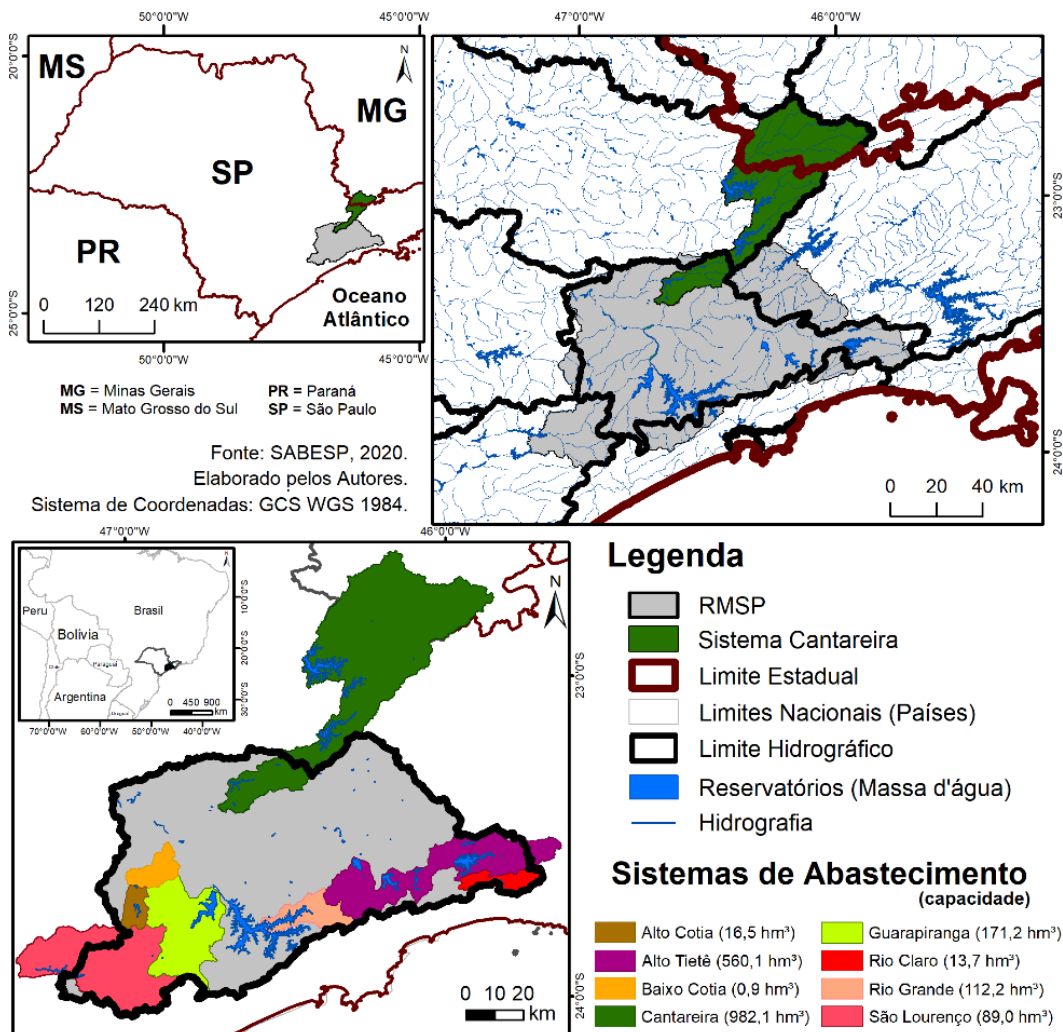


Figura 1 – RMSP: localização, limites hidrográficos e sistemas de abastecimento.

Para Whately e Diniz (2009, p. 17), a Bacia do Alto Tietê é considerada “*uma das bacias com menor disponibilidade hídrica por habitante no Brasil*”. Todavia, a respeito disso, Ross (2008, p. 346) complementa que: “*não falta água na Grande São Paulo, mas que é necessário melhor administrá-la (...) A deficiência de água de boa qualidade e quantidade na alta bacia do Tietê obriga a importação de águas das altas bacias vizinhas*”.

Neste contexto Capobianco e Whately (2002, p. 07) fazem a seguinte colocação:

“A Região Metropolitana de São Paulo é um caso exemplar de má gestão dos recursos hídricos. Água há. Basta verificar, em qualquer mapa da cidade, os rios de bom tamanho como o Tietê e o Pinheiros, e mais de uma centena de rios menores e córregos drenando toda a região. Há, ainda, várias represas de grande porte como a Guarapiranga e a Billings, e vastas áreas de mananciais que praticamente envolvem toda a Metrópole. É, sem dúvida, uma região naturalmente bem servida de água. Mas a falta de planejamento e responsabilidade tem provocado a contaminação dos rios, córregos e represas e a ocupação desordenada das regiões de mananciais”.

Pode-se afirmar que houve nesse caso a negação das potencialidades dos rios urbanos, num processo histórico de descaso nas grandes metrópoles brasileiras (ALMEIDA e CARVALHO, 2010). Por conseguinte, os municípios dependem da importação de água de regiões e/ou bacias hidrográficas vizinhas, no entanto o entorno da metrópole também apresenta fortes demandas hídricas, como é o caso da Região Metropolitana de Campinas e de outros importantes núcleos urbanos nas adjacências. Dessa forma, expandir os sistemas de abastecimento e a infraestrutura hídrica da RMSP não é algo simples, pois dependerá da negociação com os municípios e bacias vizinhas, acirrando assim os riscos e o conflito pela água (SILVA e PORTO, 2003).

É nessas circunstâncias que no período entre 2013 e 2015 as precipitações mostraram-se bastante reduzidas em relação ao habitual no centro-sul brasileiro, repercutindo num expressivo episódio de seca que ganhou notoriedade a partir de 2014 e ficou conhecido como a Crise Hídrica de 2014-2015, afetando neste processo diversos municípios paulistas e impactando a população nos mais variados âmbitos através da falta d'água (FONTÃO, 2018). A crise atingiu sua maior repercussão na RMSP e, em específico, na possibilidade de esgotamento do Sistema Cantareira, que comprometeria o abastecimento urbano da maior metrópole do país. Tal eventualidade, somada às incertezas e dificuldades de se prever as chuvas nesta região altamente dinâmica, desencadeou perturbações econômicas à metrópole e afetou a qualidade de vida de milhões de habitantes.

Decorrido este episódio, que já foi investigado por inúmeros pesquisadores e diferentes pontos de vista no âmbito científico (CUSTÓDIO, 2015; DE NYS et al., 2016; CHECCO, 2018; FONTÃO e ZAVATTINI, 2019, dentre outros), cabe avaliar o evento com mais cautela e discernimento, visando identificar eventuais erros do passado para planejar o futuro.

Procedimentos metodológicos

O fenômeno da seca difere-se dos demais eventos extremos e desastres naturais por não ocorrer de forma rápida e com impactos visíveis à curto prazo. A magnitude dos impactos de uma seca está intimamente relacionada ao momento do início da escassez das chuvas, sua intensidade e duração. Logo, este estudo optou por adotar quatro categorias de secas, baseando-se na classificação de Wilhite e Glantz (1985), e nas contribuições de Quiring (2009), Paneque (2015), Wilhite (2017), Eslamian et al. (2017) e Fontão (2018), elencadas e descritas de maneira sucinta no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Categorias de secas adotadas neste estudo e respectiva descrição.

Tipo de Seca:	Descrição:
a) Meteorológica	Ocorre quando a precipitação em uma determinada área é menor que o normal (habitual), geralmente associada à uma alteração no padrão e na regularidade das chuvas e/ou a um episódio excepcional seco decorrente da variabilidade climática. Portanto, a seca meteorológica refere-se essencialmente ao déficit de precipitação durante um longo período (alguns meses ou mais) em relação ao habitual, além de outros fatores climáticos que podem contribuir para isso (por exemplo, uma maior frequência de tipos de tempo quentes e secos). Em geral, é importante pelo fato de que os parâmetros meteorológicos normalmente são os primeiros indicadores de ocorrências de secas, e irão influenciar diretamente na entrada de água (pelas chuvas) numa determinada região.
b) Hidrológica	Do ponto de vista hidrológico, a seca ocorre quando o nível de água da superfície (mananciais) e do lençol freático é menor que o normal (média e/ou habitual a longo prazo). Nesse ponto de vista, incluem-se os rios, lagos e água subterrânea. A dinâmica climática, sobretudo das precipitações, é o principal fator que determina a intensidade e severidade desse tipo de fenômeno, no entanto, as atividades humanas como a agricultura, construção de barragens, mudanças do uso do solo, dentre outras, podem interferir na dinâmica das bacias hidrográficas e influir na gravidade de uma seca hidrológica, tornando-se um problema complexo de ser analisado.
c) Agrícola	Acontece quando a umidade do solo é menor do que a demanda de água das plantas. Diante disso, as plantas (e vegetação) passam a não ter sua necessidade hídrica atendida e o seu crescimento e rendimento diminui. Em geral, esse fenômeno é uma consequência direta de uma seca meteorológica, e decorrente da diminuição das chuvas, aumento da temperatura e da evapotranspiração. Na maior parte dos casos, esse tipo de fenômeno ocorre logo após configurar uma seca meteorológica e antes de uma seca hidrológica.
d) Socioeconômica	Ela ocorre quando os recursos hídricos disponíveis para as necessidades básicas e consumo (doméstico, agrícola e industrial) são menores que o necessário, resultando em um desequilíbrio socioeconômico. Trata-se de um fenômeno que é consequência de processos ambientais complexos, e que acaba por afetar diferentes sociedades e regiões. A Seca Socioeconômica depende de processos espaço-temporais (de origem meteorológica, hidrológica e agrícola) na oferta e na demanda de água, e agrava-se quando a produção e o fornecimento de algum recurso decorrente dessa dinâmica (alimentos, energia elétrica, água potável, dentre outros) passa a ser afetado, impactando negativamente a população e gerando diversas consequências como, por exemplo, insegurança na população, surto de doenças, pobreza, dentre outros.

Fonte: Wilhite e Glantz (1985); Quiring (2009); Paneque (2015); Wilhite (2017); Eslamian et al. (2017); Fontão (2018).

Este estudo aborda os Riscos de Secas na RMSP a partir de uma visão ampla, considerando os quatro tipos apresentados. Entretanto, considerando que a dinâmica climática e o ritmo das chuvas têm relação direta com as origens de uma seca meteorológica, e desta decorrerem os outros três tipos, em maior ou menor grau de influência, iniciou-se a investigação aplicando uma metodologia que permita avaliar as origens climáticas de eventos de seca, o grau de escassez durante a Crise Hídrica comparado à outros episódios semelhantes e, posteriormente, avaliaremos os aspectos hidrológicos e os impactos decorrentes dessa dinâmica.

Para tanto, aplicou-se o *Standardized Precipitation Index (SPI)*, ferramenta analítica desenvolvida por McKee et al. (1993), e obtido pela diferença de precipitação média em uma série histórica e, em seguida, dividindo-a pelo desvio padrão. Tal metodologia produz valores associados à um índice de precipitação, resultando em classes que poder ser observadas no Quadro 2. Deve-se ressaltar que há vários outros índices que também podem ser utilizados e aplicados para esse tipo de monitoramento, no entanto, o SPI é indicado e endossado pela *World Meteorological Organization (WMO)* como ponto de partida para monitorar e determinar a existência de secas meteorológicas (PEDRO-MONZONÍS et al, 2015; ESLAMIAN et al., 2017).

Quadro 2 – Categorias de intensidade de um evento a partir do SPI.

Classificação de período úmido ou seco pelo SPI	
Categoria e Intensidade do Período	Limiares de SPI
Extremamente Úmido	+2,00 ou maior
Severamente Úmido	+1,50 a +1,99
Moderadamente Úmido	+1,00 a +1,49
Normal / Habitual	+0,99 a -0,99
Moderadamente Seco	-1,00 a -1,49
Severamente Seco	-1,50 a -1,99
Extremamente Seco	-2,00 ou menor

Fonte: INMET, 2020.

A aplicação do SPI foi feita em dois postos pluviométricos pertencentes ao Departamento de Águas e Esgoto do Estado de São Paulo (DAEE), intitulados Observatório IAG e Joanópolis. A escolha dos postos foi feita pela existência de uma longa série histórica (1952 a 2018) e pela razão do primeiro inserir-se na área urbana da cidade de São Paulo, enquanto o segundo localiza-se no interior do Sistema Cantareira, principal manancial produtor de água da metrópole. A Figura 2 ilustra a localização de ambos os pluviômetros. No tocando à aplicação do SPI, utilizaram-se o software Excel e os pacotes SPI e SPEI do software R para calcular os valores do índice e, como intervalos de análise, os períodos mensais e o limiar de 3 meses (SPI3).

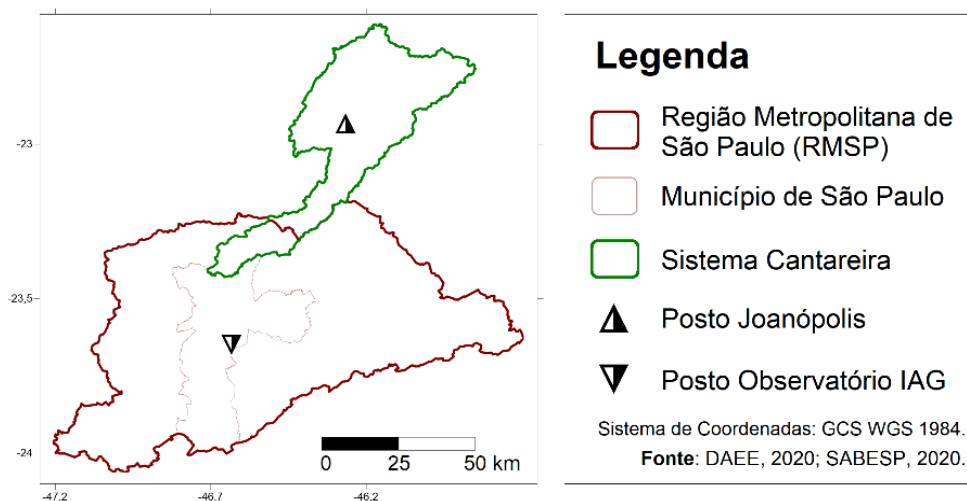


Figura 2 – Localização dos postos pluviométricos na área de estudo.

Em relação à Crise Hídrica, procurou-se avaliar a eventual seca hidrológica que se sucedeu durante os anos do evento. Para tanto, foram coletados e analisados dados hidrológicos fornecidos pela SABESP (2020), contendo o volume de armazenamento hídrico dos principais sistemas produtores de água da RMSP, elencando-se o Sistema Cantareira como principal foco do ensaio. Para investigar possíveis impactos no abastecimento urbano, foram utilizados dados oficiais da SABESP de produção e consumo mensal de água na RMSP e produção hídrica no Sistema Cantareira. De maneira complementar, foram observados dados de crescimento populacional da metrópole fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Por fim, examinou-se artigos dos principais jornais locais (O Estado de São Paulo e Folha de São Paulo) e de periódicos publicados na época da crise para ilustrar a gestão de riscos e eventuais impactos do episódio de seca (em suas diferentes classificações), que afetaram diretamente a população da metrópole. A análise de conteúdo da imprensa escrita mostra-se muito útil na pesquisa de secas, pois são fenômenos de aparição lenta, difusos no tempo e no espaço, e, portanto, mais abertos a diferentes definições de problemas e soluções (WILHITE e BUCHANAN-SMITH, 2005; SONNETT et al., 2006; PANEQUE e VARGAS, 2015). Ressalta-se que os riscos atmosféricos e suas vulnerabilidades a situações de excepcionalidade climática têm se mostrado cada vez mais agravantes no ambiente urbano (MENDONÇA, 2010), e nesse caso, em particular, os riscos de secas foram investigados considerando toda a conjuntura recente no gerenciamento destes riscos no meio urbano (FAVERO e DIESEL, 2008; BUURMAN et al., 2017) e nos novos modelos de gestão das águas (SAURÍ e DEL MORAL, 2001; AGUDO, 2008).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seca meteorológica que atingiu a RMSP no período de 2013 até o início de 2015 é um fato evidente e já amplamente descrita em diversos trabalhos, artigos científicos e jornais locais. Tendo em vista esse fenômeno, que desencadeou a crise hídrica na capital e diversos problemas de déficit hídrico ao longo do sudeste brasileiro, não há a necessidade de provar neste artigo se houve ou não a seca, mas sim de empreender esforços para avaliar e comparar o episódio pluviométrico a outros semelhantes que ocorreram ao longo das últimas décadas, e assim ter um parâmetro da intensidade e frequência das secas meteorológicas na região. Para tanto, aplicou-se o SPI utilizando os dados mensais de 1952 a 2018 nos postos Observatório IAG (Figura 3) e Joanópolis (Figura 4), cujos resultados encontram-se sistematizados a seguir.

Nas figuras, é possível visualizar no SPI mensal os meses regularmente mais úmidos, correspondentes ao período de primavera e verão, e os meses de chuvas mais reduzidas, correspondente à estiagem sazonal e habitual do clima local. Não obstante, a variabilidade interanual é realçada ao sobressair alguns anos com primavera-verão extremamente úmidos (limiares acima de 2) contrastando com anos em que os valores se aproximaram de zero, justamente numa época em que se aguardam maiores alturas de chuva em milímetros. Ademais, ao longo do outono-inverno, são evidenciados meses em que os valores são considerados extremamente secos (limiares abaixo de -2), revelando chuvas escassas e/ou inexistentes nesse ínterim, mesmo que insuficientes para configurar uma seca. Isso ocorre pois um ou dois meses sem chuvas nessa época não necessariamente impactam tanto em termos do volume total no ano, diferente de quando ocorre pouca chuva nas estações mais úmidas.

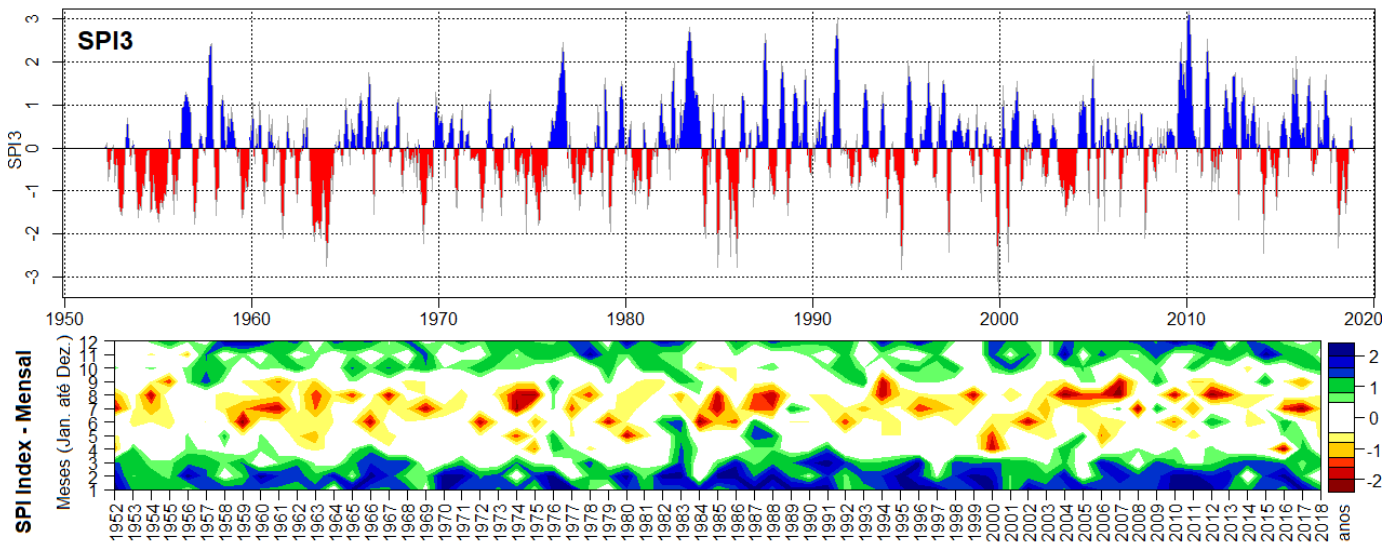


Figura 3 – SPI nas escalas trimestral e mensal para o posto Observatório IAG.

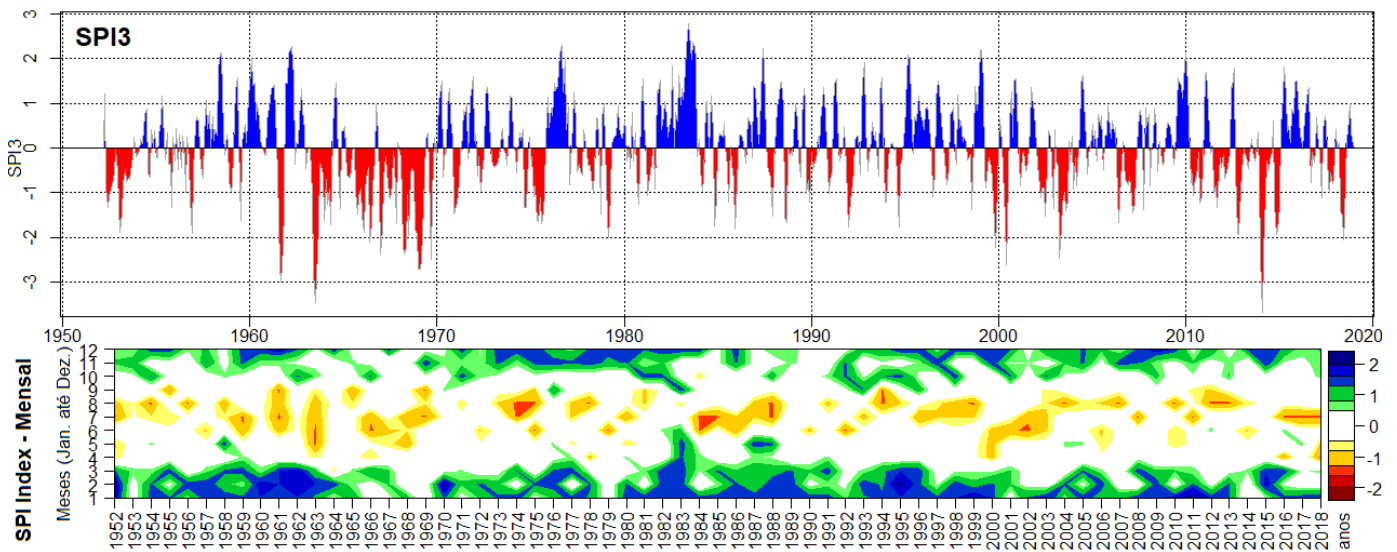


Figura 4 – SPI nas escalas trimestral e mensal para o posto Joanópolis.

A análise mensal deve ser feita em conjunto com o SPI3, limiar de três meses que aglutina um maior intervalo de tempo, permitindo destacar efetivamente quando ocorreram as secas meteorológicas, e verificar o período nos quais os índices atingiram valores extremamente secos (-2 ou menor) e a intensidade e permanência bastante elevada em termos temporais (vários meses ou mais de um ano). Diante do exposto, é possível inferir que as secas meteorológicas não são incomuns na região, e atingem ambas as localidades nas duas figuras com certa frequência ao longo do tempo. Na década de 1960, por exemplo, as chuvas mostraram-se menos volumosas e frequentes que em decênios mais recentes, e configuraram secas meteorológicas

bastante intensas. A diferença entre a capital paulista e Joanópolis também aparece entre os anos 2013 e 2015, revelando que a seca foi mais branda na RMSP, enquanto no Sistema Cantareira ela mostrou-se mais severa em termos de valores mínimos (inferior a -3) e bastante intensa e duradoura ao longo do tempo.

Em relação ao risco de secas meteorológicas, é possível perceber na avaliação dos 67 anos da série histórica que ambas as regiões apresentaram uma variabilidade pluviométrica elevada, secas severas e/ou extremas em praticamente todas as décadas e, diante do exposto, estão sujeitas à ocorrência de novos episódios, fator que demanda um certo planejamento futuro e uma maior cautela na gestão desse tipo de risco. Um outro fator notado é que Joanópolis apresentou maior extensão e persistência nos principais episódios constatados e menores valores de SPI quando averiguada seca extrema. Dessarte, a área onde localiza-se o principal sistema de abastecimento hídrico da metrópole mostrou-se em geral mais vulnerável às variabilidades climáticas do que a própria área urbana de São Paulo.

Nos últimos vinte anos, do ponto de vista meteorológico, dois grandes episódios atingiram valores extremamente secos (-2 ou menor) de SPI por um período expressivo na região. O primeiro deles transcorreu desde o final de 1999 e, apesar de alguns meses chuvosos neste íterim, desdobrou-se até o início de 2004. Já o segundo evento é justamente o episódio que configurou a Crise Hídrica, registrando-se pouca chuva desde o final de 2012 até o início de 2015. Todavia, como já era esperado, nos dois casos a seca hidrológica foi verificada com certo atraso em relação à diminuição das chuvas, e deram sinais concretos de um possível esgotamento da água armazenada no SIM somente ao final de 2003 e, no segundo evento, no início de 2014. Devido a isso, desde 2003 a SABESP passou a gerar e disponibilizar dados diários e sistemáticos do volume armazenado em seus principais reservatórios (Figura 5).

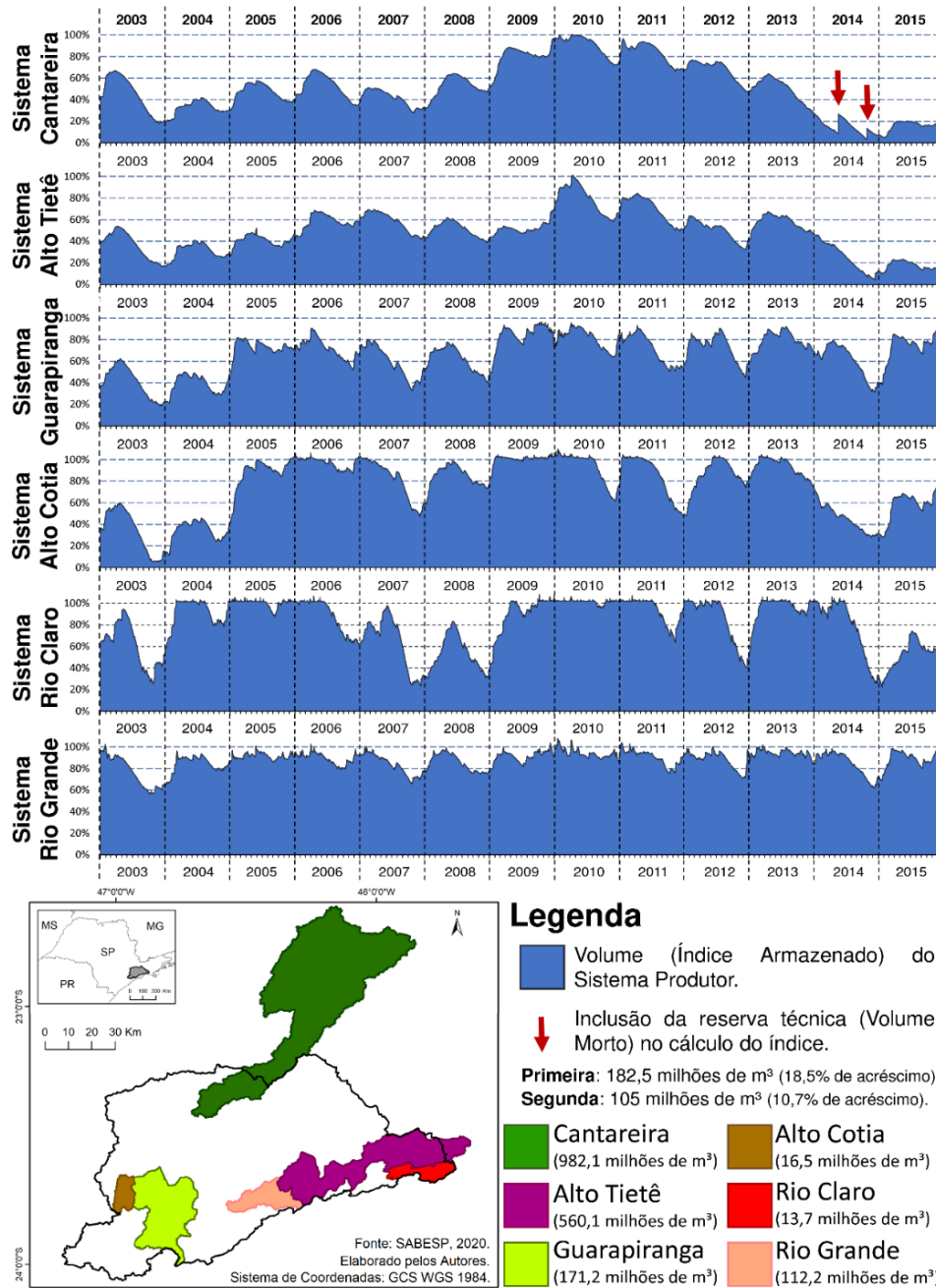


Figura 5 – Volume de armazenamento hídrico dos seis principais sistemas produtores de água da RMSP (2003-2015).
 Fonte: FONTÃO, 2018; SABESP, 2020.

No geral, a Figura 5 deixa claro a relevância do Sistema Cantareira em termos de capacidade de armazenamento em milhões de metros cúbicos de água, cujo volume total supera todos os outros principais sistemas somados. Dito isto, é possível notar que, no início de 2004, os principais sistemas produtores de água da capital (Cantareira e Alto Tietê) apresentavam um volume baixo em relação ao total, evidenciando uma possível seca hidrológica decorrente, dentre outros fatores, da redução pluviométrica.

Em 2014, a inclusão artificial da reserva técnica do Sistema Cantareira, conhecida popularmente como Volume Morto (PORTO et al., 2014), por estar abaixo das bombas de captação dos reservatórios, fez-se necessária para evitar um possível colapso do abastecimento urbano. O interessante é que a primeira vez que isso ocorreu foi justamente em 2003, conforme esclarece o colunista Fernando Reinach (2014, p. 95) do jornal Estadão em 10 de maio de 2014, relatando que:

“O que poucos lembram é que esta é a segunda vez que vamos beber água do volume morto, a primeira foi no final de 2003, na última grande seca. Naquele verão, o nível da represa chegou a 0% e até atingiu valores negativos (...) Mas, em agosto de 2004, algo estranho acontece nas estatísticas. De repente, o índice pula de próximo a zero para 22%, como se durante uma noite a represa tivesse enchido mais de 20%. A explicação oficial veio em seguida. Com a renovação da concessão da exploração do Sistema Cantareira, com uma canetada, o limite que define o volume morto passou da cota de 829 metros para a cota de 820,80 metros. Com essa canetada, 209 bilhões de litros de água foram ressuscitados e transferidos do volume morto para o volume útil. E a cota que define o início do volume morto foi reduzida em 8 metros. Portanto, no auge da crise, sem gastar um centavo, a Sabesp passou a dispor de mais água para vender aos consumidores de São Paulo. E, com uma reserva maior, a mesma caneta que ressuscitou a água, aumentou a permissão de retirada de água do Sistema Cantareira”

Dessa forma, pode-se avaliar que já havia desde 2003 uma situação de vulnerabilidade no abastecimento de água na RMSP, porventura ofuscada pela abundância de chuvas que precipitaram sobre a área investigada no ínterim entre os dois episódios de seca, fator este que levou todos os sistemas a atingir o volume máximo de armazenamento em 2010. Entretanto, o risco de secas ainda existia na metrópole, fenômeno que ocorreu efetivamente a partir da diminuição da frequência e intensidade das chuvas a partir do segundo semestre de 2012 e que foi crucial para a redução dos volumes hídricos dos reservatórios, sobretudo no Sistema Cantareira.

Apesar da falta de chuvas ter sido reiterada como principal causadora da seca hidrológica durante a crise hídrica, pode-se aferir que tal fator não foi a única e exclusiva razão de todos os problemas enfrentados. É inegável a excepcionalidade pluviométrica negativa do período, contudo deve-se considerar também a realidade e as características geográficas do local (aumento progressivo do consumo de água, situação de estresse hídrico, alertas emitidos por diversas entidades, dentre outras) e, sobretudo, o planejamento hídrico deficiente por parte dos órgãos gestores frente aos riscos de secas. Nesse caso, por exemplo, pode-se citar a entrevista divulgada no dia 20 de fevereiro de 2014 no Estadão, com o então presidente do Conselho Mundial da Água, Benedito Braga (2014, p. 22):

“A crise da falta d'água é esperada no Estado de São Paulo há mais de uma década e vai além da seca extrema deste verão. Só que sempre que começa a chover, todo mundo esquece o risco e volta a gastar água de modo inconsequente. (...) Há uns quatro anos ou mais já venho dizendo isso. Em 2004 tivemos uma situação semelhante, o reservatório estava com 20%, mas começou a chover após a concessão da outorga e todo mundo se esqueceu do problema. Mas, quando se faz uma análise de longo prazo, vemos que nos últimos 15 anos o

sistema vem recebendo menos contribuição de água da bacia do que a média histórica. Ele não consegue se recuperar. Pode ser que estejamos num ciclo de vazões baixas naquela bacia. Esses períodos de variabilidade climática acontecem e temos de estar preparados para isso. É hora de a classe política entender que água é importante. Mas depois que a crise passa, todo mundo esquece”.

Deve-se ressaltar que, desde 2004, ainda com a escassez hídrica recente na memória, houve a renovação da outorga do Sistema Cantareira buscando solucionar eventuais conflitos pela água com as regiões vizinhas. No caso, determinou-se a vazão de retirada máxima de 31 m³/s de água do sistema para abastecer a RMSP, além de resguardar 5 m³/s para a bacia do PCJ, estabelecendo a possibilidade de rateio entre as bacias através de um banco de águas que permitiria o armazenamento do volume não utilizado no período de chuvas para o uso na estiagem, ou seja, “funciona como uma poupança para as regiões utilizarem em períodos mais críticos” (WHATELY e CUNHA, 2007, p. 14).

A medida adotada mostrou-se adequada para o contexto de abundância hídrica vivenciado nos anos seguintes. No entanto, diante das fortes perdas no volume hídrico do sistema desde o final de 2013, e em meio à situação aterradora do biênio 2014-2015, tal medida deixou de ser respeitada para não provocar um eventual colapso do Sistema Cantareira. Nessa perspectiva, a Figura 6 ilustra, na forma gráfica e contínua, os dados fornecidos pela SABESP (até setembro/2019) a respeito das variáveis produção e consumo de água na RMSP e a produção hídrica na Estação de Tratamento de Água Guaraú, responsável por tratar e distribuir as águas do Cantareira.

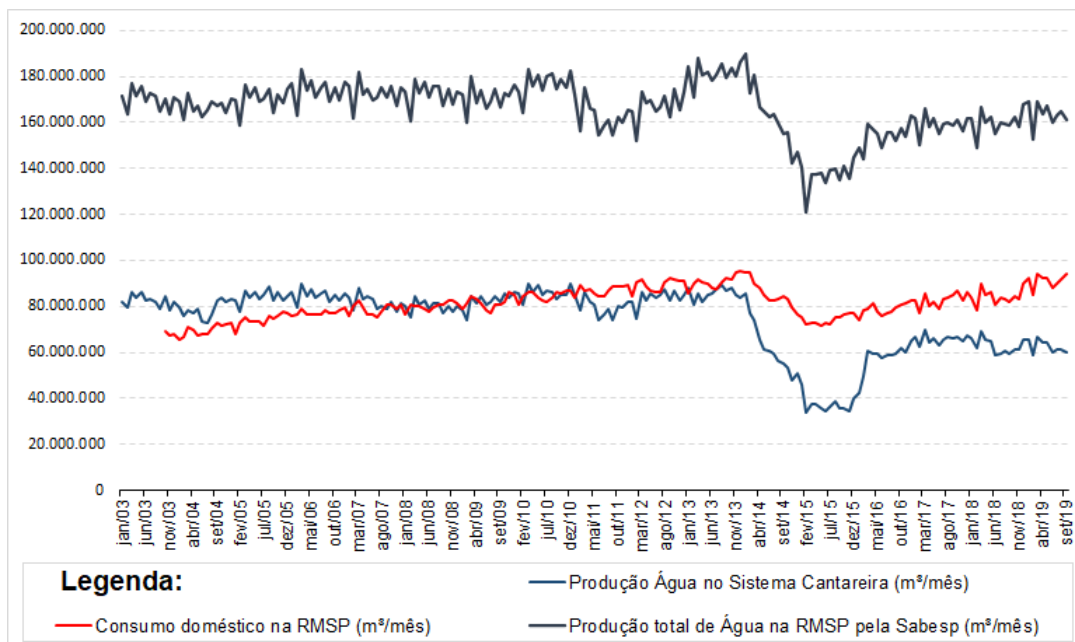


Figura 6 – Produção e consumo mensal de água na RMSP e produção hídrica no Sistema Cantareira.

O gráfico presente na Figura 6 permite constatar que a produção total de água na metrópole e no Cantareira permaneceu mais ou menos estável desde o início de 2003 até o início da crise hídrica em janeiro de 2014, realçando apenas uma estreita variabilidade sazonal ao longo dos meses do ano. Entretanto, o consumo doméstico apresentou uma leve tendência de alta no período, saltando de algo em torno de 65 milhões de m³/s no mês de janeiro de 2004 para um valor próximo a 95 milhões de m³/s em janeiro de 2014. Ou seja, mesmo numa situação em que havia aumento no consumo e um risco significativo de seca, poucas foram as medidas adotadas ao longo destes praticamente dez anos acerca da oferta de água e, inclusive, de melhorias na gestão dos recursos hídricos. Somente após o final de 2015, com a situação sob controle, houve algumas medidas para redução da dependência do Sistema Cantareira, no entanto, desde 2019 o consumo já voltou ao patamar pré-Crise Hídrica e segue crescendo.

Ao traçar um paralelo entre as figuras 5 e 6, é possível constatar que, a despeito da redução no consumo e do fornecimento de água do Cantareira desencadeado pela crise em 2014, o sistema permaneceu diminuindo seu volume hídrico até meados de fevereiro de 2015, numa tendência contínua de redução que quase esgotou a reserva técnica e, conseqüentemente, liquidaria a sua capacidade produtiva. Tal situação de colapso, caso viesse a se concretizar efetivamente, indubitavelmente teria causado impactos ainda mais intensos à população paulistana, algo que, felizmente, não se consumou. Ribeiro (2011, p. 130), alguns anos antes da crise hídrica, já alertava para esse cenário de estresse hídrico no uso da água na RMSP, ao afirmar que “embora majoritariamente ele se destine ao setor do abastecimento público, é insuficiente e pode entrar em colapso em curto prazo, a manterem-se os níveis de crescimento do consumo da água”.

Ainda que a seca hidrológica tenha sido superada ao final de 2015, houve inúmeros transtornos e impactos diretos e indiretos aos cidadãos da maior metrópole brasileira nesse período, sobretudo no âmbito a falta d'água, resultante de medidas adotadas pela SABESP (2015), como é o caso da redução de pressão da água fornecida em alguns horários. Acerca disso, a repórter Paula Felix (2014, p. 18) relatou no dia 15 de outubro de 2014 que:

“A falta d'água que virou queixa frequente de moradores e comerciantes de bairros em pontos mais altos da capital se espalhou e, agora, atinge residências por toda a cidade. A crise hídrica está afetando até o Parque do Ibirapuera, na zona sul, que ficou sem água nos bebedouros. Desde o último fim de semana, moradores de Perdizes e Pompeia, na zona oeste, de Aclimação, Cambuci, Consolação e Pacaembu, na região central, Limão e Vila Nova Cachoeirinha, na zona norte, e Vila Guarani e Jardim Ângela, na zona sul, ficaram com as torneiras vazias à noite e até durante o dia pela primeira vez”

Assim, as medidas emergenciais acabaram por afetar a população em geral, com destaque para as de maior vulnerabilidade social, que eventualmente acabam por não ter caixa d'água na sua residência e recursos para comprar água num ambiente externo. Mesmo os setores de indústria, comércio e serviços não estavam completamente preparados, como destacou o repórter Eduardo Geraque (2014, p. 06) na matéria publicada no jornal Folha de São Paulo em 21 de novembro: "Empresas de São Paulo não têm plano para seca", indicando que mais de 95% delas não previam ações para falta de água. Diante do exposto, pode-se entender que a Crise Hídrica ocasionou uma situação de insegurança aos moradores, típica de uma seca socioeconômica, e avalia-se que a gestão dos riscos de secas na metrópole se mostrou deficiente e insuficiente para lidar com essa situação, elevando a exposição da população aos impactos decorrentes desse tipo de evento extremo.

O desfecho da Crise Hídrica contou com o apoio da dinâmica climática que, felizmente, amparou com muita chuva os sistemas de abastecimento urbano de água entre 2015 e 2016. As medidas emergenciais adotadas pelas SABESP (2015) contribuíram para atenuar os efeitos momentâneos da escassez hídrica, ainda enraizadas num paradigma de gestão de crises. Apesar disso, a situação de alta exposição e sensibilidade a um período de seca ainda perduram na metrópole, devendo ser consideradas e levadas sempre em conta. Por conseguinte, o enunciado a seguir encaixa-se muito bem nesse contexto, em que Monteiro (2015, p. 120) assinalou que:

"Ora, é sabido que, por diversos motivos, das mais variadas naturezas, as cidades e áreas metropolitanas brasileiras apresentam deficiências congênicas e crônicas: crescem em proporção inversa à capacidade administrativa e planejá-las e dotá-las de infraestrutura. Nesse ponto, a grande metrópole nacional – São Paulo – na região economicamente mais desenvolvida, não difere muito de Recife – metrópole nordestina. O uso do solo, entre nós, é mais uma questão de livre-arbítrio de uma especulação imobiliária desenfreada que danifica a cidades tanto do ponto de vista ecológico quanto social. Pelo menos as cidades novas e, sobretudo, as criadas, deveriam merecer grande atenção nesse sentido".

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, a Seca Meteorológica na RMSP mostrou-se um evento recorrente ao longo do tempo e inerente à variabilidade das chuvas. Inclusive, na própria série histórica da pesquisa, o fenômeno foi registrado ao longo da década de 1960 com uma maior duração e intensidade que durante a Crise Hídrica de 2014-2015. Outrossim, notou-se que justamente no posto Joanópolis, inserido nos limites hidrográficos do Sistema Cantareira, a vulnerabilidade às secas meteorológicas mostrou-se mais elevada em relação à área urbana da capital. Desse modo, é possível considerar esse ritmo de sucessão para aprimorar o planejamento e a gestão de

riscos de secas na metrópole, tendo em conta que eventos climáticos extremos acabam por motivar secas na região e uma série de distúrbios e efeitos de ordem hidrológica e socioeconômica.

De fato, o nível de impacto de uma seca também está relacionado não apenas à frequência e intensidade de queda das chuvas, mas também à maneira como as sociedades se relacionam com o ambiente, no âmbito do gerenciamento e exploração dos recursos hídricos e do desenvolvimento de estratégias e ferramentas para lidar com o problema. Durante a crise hídrica, outras regiões do estado de São Paulo também sofreram com a falta de chuvas, em diferentes níveis de intensidade do ponto de vista hidrológico, agrícola e socioeconômico. No caso da metrópole, a elevada vulnerabilidade decorrente do estresse hídrico condicionou sua sensibilidade ao fenômeno, resultando em diversos impactos à população principalmente relacionados à falta d'água.

Diante do exposto, o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento de riscos naturais deverá levar em conta os novos paradigmas de gestão e a busca por cidades mais resilientes. Assim, torna-se importante considerar todos esses fatores analisados neste artigo para a interpretação dos riscos de secas na RMSP e, dessa maneira, aprimorar o planejamento dos recursos hídricos na região e apoiar o desenvolvimento de novas medidas, procedimento e estratégias para lidar com as vulnerabilidades existentes na metrópole.

Agradecimentos

O presente artigo contou com apoio da *Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado (AUIP)* através do Programa de Bolsas de Mobilidade entre Universidades Andaluzas e Iberoamericanas 2018.

V. REFERÊNCIAS

AGUDO, P. A. La nueva cultura del agua del siglo XXI. Zaragoza-España: Sociedad Estatal Zaragoza Expoagua, 2008.

ALMEIDA, L. Q.; CARVALHO, P. F. Representações, riscos e potencialidades de rios urbanos: análise de um (des) caso histórico. *Caminhos de Geografia*, v. 11, n. 34, 2010.

ANA. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília: Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape, 2010.

BRAGA, B. Deveríamos economizar água desde 2004. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, Metrópole, p. 22, 20 fev. 2014.

BRASIL. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e Dá Outras Providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1997.

BUKOWSKI, J. The science-policy interface: perceptions and strategies of the Iberian 'new water culture' expert community. *Water Alternatives*, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2017.

BUKOWSKI, J. A "new water culture" on the Iberian Peninsula? Evaluating epistemic community impact on water resources management policy. *Environment and Planning C: Government and Policy*. vol. 35, n. 2, p. 239-264, 2016.

BUURMAN, J.; MENS, M. J. P.; DAHM, R. J. Strategies for urban drought risk management: a comparison of 10 large cities. *International Journal of Water Resources Development*, v. 33, n. 1, p. 31-50, 2017.

CAPOBIANCO, J. P. R.; WHATELY, M. Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2002.

CHECCO, G. B. Análise da gestão hídrica em São Paulo à luz do referencial de Joan Subirats. *Revista de Políticas Públicas*, v. 21, n. 2, p. 939-958, 2018.

CRAUSBAY, S. D. et al. Defining Ecological Drought for the Twenty-First Century. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 98, n. 12, p. 2543-2550, 2017.

CUSTÓDIO, V. A crise hídrica na região metropolitana de São Paulo (2014-2015). *GEOUSP: Espaço e Tempo*, v. 19, n. 3, p. 445-463, 2015.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2020.

DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. Secas no Brasil: política e gestão proativas. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE, 2016.

EMPLASA. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

ESLAMIAN, S.; OSTAD-ALI-ASKARI, K.; SINGH, V. P.; DALEZIOS, N. R.; GHANE, M.; YIHDEGO, Y.; MATOUQ, M. A review of drought indices. *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering (IJCRCE)*, v. 3, n. 4, p. 48-66, 2017.

FAVERO, E.; DIESEL, V. A seca enquanto um hazard e um desastre: uma revisão teórica. *Aletheia*, n. 27, p. 198-209, 2008.

FELIX, P. Falta d'água atinge até os bebedouros do Parque do Ibirapuera. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, MetrÓpole, p. 18, 15 out. 2014.

FONTÃO, P. A. B. Variações do ritmo pluvial na Região Metropolitana de São Paulo: reflexos no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2018.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. A 'crise hídrica' na Região Metropolitana de São Paulo: análise da variabilidade pluvial e a repercussão hídrica no Sistema Cantareira. *Estudos Geográficos*, v. 17, n. 1, p. 43-54, 2019.

GERAQUE, E. Empresas de São Paulo não têm plano para seca. *Folha de São Paulo*, São Paulo, Cotidiano, p. 6, 21 nov. 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/indicePrecipitacaoPadronizada>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

JACOBI, P. R. Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. *Revista de Ciências Sociais-Política & Trabalho*, v. 25, 2006.

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Katálysis*, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2007.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba: Organic Trading, 2006.

MAGALHÃES JR., A. P. *A nova cultura de gestão da água no século XXI: lições da experiência espanhola*. São Paulo: Ed. Blucher, 2017.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relation of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, p. 179-184, 1993.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

MENDONÇA, F. A. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. *Mercator*, v. 9, n. 1, 2010.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, v. 391, n. 1, p. 202-216, 2010.

MONTEIRO, C. A. F. (Org.) *A construção da Climatologia Geográfica no Brasil*. 1ª Edição. Campinas, SP: Editora Alínea, 2015.

PANEQUE, P. Drought Management Strategies in Spain. *Water*, v. 7, n. 12, p. 6689-6701, 2015.

PANEQUE, P.; VARGAS, J. Drought, social agents and the construction of discourse in Andalusia. *Environmental Hazards: Human and Policy Dimensions*, vol. 14, n. 3, p. 224-235, 2015.

PEDRO-MONZONÍS, M.; SOLERA, A.; FERRER, J.; ESTRELA, T.; PAREDES-ARQUIOLA, J. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, v. 527, p. 482-493, 2015.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. *Coping with water scarcity*. Paris: UNESCO e IHP-VI, 2002.

PORTO, R. L.; PORTO, M. F. A.; PALERMO, M. A ressurreição do volume morto do Sistema Cantareira na Quaresma. *Revista DAE*, v. 197, p. 18-25, 2014.

QUIRING, S. M. Developing objective operational definitions for monitoring drought. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 48, n. 6, p. 1217-1229, 2009.

REINACH, F. Ressuscitando morto com caneta. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, MetrÓpole, p. 95, 10 mai. 2014.

RIBEIRO, W. C. *Geografia política da água*. São Paulo: Annablume Editora, 2008.

- RIBEIRO, W. C. Oferta e estresse hídrico na Região Metropolitana de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 25, n. 71, p. 119-133, 2011.
- ROSS, J. L. S. Problemas ambientais das regiões metropolitanas: as águas na grande São Paulo. *Sociedade e Território*. v. 20, n. 2, p. 335-346, 2008.
- SABESP. CHESSE – crise hídrica, estratégia e soluções da Sabesp para a Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, 2015.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.
- SAURÍ, D.; DEL MORAL, L. Recent developments in Spanish water policy. Alternatives and conflicts at the end of the hydraulic age. *Geoforum*, v. 32, n. 3, p. 351-362, 2001.
- SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*. v.10, n.47, p. 129-145, 2003.
- SONNETT, J. et al. Drought and declining reservoirs: comparing media discourse in Arizona and New Mexico, 2002-2004. *Global Environmental Change*, v. 16, p. 95-113, 2006.
- TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Revista USP*, n. 70, p. 24-35, 2006.
- VARGAS, J.; PANEQUE, P. Challenges for the integration of water resource and drought-risk management in Spain. *Sustainability*, v. 11, n. 2, p. 308, 2019.
- WHATELY, M.; CUNHA, P. Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: ISA, 2007.
- WHATELY, M.; DINIZ, L. T. Água e esgoto na grande São Paulo: situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.
- WHATELY, M.; CAMPANILI, M. O século da escassez: Uma nova cultura de cuidado com a Água: Impasses e Desafios. São Paulo: Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2016.
- WILHITE, D. A. Drought management and policy: Changing the paradigm from crisis to risk management. *European Water*, v. 60, p. 181-187, 2017.
- WILHITE, D. A.; BUCHANAN-SMITH, M. Drought as hazard: understanding the natural and social context”. In: WILHITE, D. A. (Ed.). *Drought and Water Crisis: Science, Technology, and Management Issues*. Boca Raton, LA: Taylor & Francis, p. 3-29, 2005.
- WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.
- WWAP. Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos – ONU-Agua. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. Paris: UNESCO, 2018.
- ZARGAR, A.; SADIQ, R.; NASER, B.; KHAN, F. I. A review of drought indices. *Environmental Reviews*, v. 19, p. 333-349, 2011.
-