
REVISTA DE GEOGRAFIA



AS CHUVAS NO SISTEMA CANTAREIRA: AVALIAÇÃO DOS REFLEXOS NO MANANCIAL VISANDO A SEGURANÇA HÍDRICA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO DURANTE E APÓS A CRISE HÍDRICA DE 2013-2015

RAINS IN THE CANTAREIRA SYSTEM: EVALUATION OF REFLECTIONS IN THE SYSTEM
AIMING FOR WATER SECURITY IN THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO DURING
AND AFTER THE WATER CRISIS OF 2013-2015

Pedro Augusto Breda Fontão

Professor Adjunto – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Laboclima/UFPR: Centro Politécnico da UFPR, Edifício João José Bigarella, sala 210, 2º andar.
e-mail: pedrofontao@ufpr.br

Rafaela Melissa Andrade Ferreira

Mestranda em Geografia – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Laboclima/UFPR: Centro Politécnico da UFPR, Edifício João José Bigarella, sala 210, 2º andar.
e-mail: rafaelamelissa@gmail.com

RESUMO

O presente estudo buscou avaliar a questão das chuvas no Sistema Cantareira e suas possíveis repercussões em um contexto pós crise hídrica de 2013-2015, período em que a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) foi afetada por uma seca meteorológica e hidrológica com reflexos nos mananciais de abastecimento urbano e impactos à população. Para tanto, foi feita uma avaliação das precipitações com base em postos pluviométricos do Sistema Cantareira e da RMSP, com o uso da técnica boxplot, além de uma análise de dados de chuva, armazenamento, vazões afluentes, produção e consumo de água disponibilizados pela Sabesp. Os resultados alertam para o aumento do consumo doméstico de água na RMSP e redução da dependência do Sistema Cantareira, com necessidade de se realizar uma gestão de riscos e secas na área.

Palavras-Chave: Precipitação; Seca; Crise Hídrica; Climatologia.

ABSTRACT

The present study sought to evaluate the issue of rainfall in the Cantareira System and its possible repercussions in a context after the 2013-2015 water crisis, a period in which the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP) was affected by a meteorological and hydrological drought with effects on the urban supply sources and impacts on the population. Therefore, an assessment of rainfall was carried out based on rainfall stations of the Cantareira System and RMSP, using boxplot technique, in addition to an analysis of data on rainfall, storage, inflows, production and consumption of water provided by Sabesp. The results point to an increase in domestic water consumption in the RMSP and a reduction in dependence on the Cantareira System, with the need to carry out risk and drought management in the area.

Keywords: Precipitation; Drought; Water Crisis; Climatology.

1. Introdução

A precipitação é um elemento fundamental do ciclo hidrológico, e compõe o processo natural que torna possível o retorno das águas à superfície terrestre. Em ambientes urbanos, as chuvas tornam-se ainda mais importantes e necessárias, a exemplo de grandes metrópoles em todo o planeta (SPINONI *et al.*, 2019), que devido ao rápido crescimento populacional passaram a enfrentar riscos e desafios neste segmento, como a degradação dos recursos hídricos e a escassez de água potável para abastecimento público. Dessa forma, passam a depender do armazenamento dessas águas em momentos de abundância de chuvas para abastecer sua população e poder garantir a segurança hídrica urbana (HOEKSTRA *et al.*, 2018; ABOELNGA *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, as chuvas tem como característica uma elevada variabilidade ao longo do tempo e espaço, inerentes à dinâmica do clima, e com reflexos diretos e indiretos para os seres humanos. Embora na maior parte do tempo a atmosfera origine condições de tempo habitualmente esperadas, alguns episódios excepcionais podem provocar eventos extremos de seca e chuva,

gerando condições para as quais a população local não está devidamente preparada. A ocorrência de episódios extremos de precipitação em cidades brasileiras vem despertado a atenção e provocado impactos, desastres e prejuízos à sociedade, a exemplo de inundações dos rios urbanos e deslizamentos, conforme retrataram Castro e Alvim (2022), Farias e Mendonça (2022), entre inúmeros outros estudos.

No entanto, vale ressaltar que a ausência de chuvas por períodos prolongados também pode ser um fator de risco para a sociedade, através da ocorrência de eventos extremos de secas. Para Wilhite (2000), a natureza complexa das secas as torna o *hazard* e o risco climático mais difícil de identificar e classificar, pois por não ser tão aparente em curto prazo, torna-se difícil perceber o desenrolar do evento. Em termos estruturais, Wilhite e Glantz (1985) propuseram uma classificação para dividir o conceito em quatro categorias: secas meteorológicas, secas agrícolas, secas hidrológicas e secas socioeconômicas.

Sem embargo de algumas discussões recentes, como a noção de seca ecológica e seus reflexos nos ecossistemas (CRAUSBAY *et al.*, 2017), em geral o fenômeno das secas pode ser visto 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). Conforme salienta Tsakiris *et al.* (2013), a questão meteorológica é vista como a causa inicial das demais categorias, principalmente no tocante à precipitação e evapotranspiração, podendo refletir posteriormente na vazão dos rios e no processo de recarga e armazenamento de represas, como é o caso de reservatórios destinados ao fornecimento de água para grandes cidades (WILHITE; PULWARTY, 2017).

No Brasil, os eventos de secas não são incomuns e ocorrem com certa frequência em algumas áreas, com destaque para a Região Nordeste (SANTOS *et al.*, 2019). Os demais domínios do país também estão sujeitos aos riscos desse fenômeno, com destaque para secas que ocorreram recentemente na Região Sul, onde houve escassez e racionamento de água em importantes metrópoles como Curitiba (FERNANDES *et al.*, 2021), e ainda eventos registrados nas últimas décadas em áreas tradicionalmente chuvosas como a região amazônica (BORMA; NOBRE, 2013). Entretanto, a escassez de recursos hídricos ocorrida no estado de São Paulo entre os anos de 2013 a 2015, e, mais especificamente, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), figurou enquanto episódio recente que chamou a atenção em nível nacional e internacional, tendo em vista que a iminente situação de crise quase colapsou os sistemas de abastecimento urbano de água (FONTÃO, 2018).

Por ser a maior e mais populosa metrópole do hemisfério sul do planeta, e famosa pelas enchentes e inundações urbanas que eventualmente afetam seus habitantes quase todos os anos,

eventos de crise hídrica, caracterizados, sobretudo, quando uma bacia sofre estiagem capaz de diminuir as precipitações pluviais além das esperadas para atender suas demandas (CESAR NETO, 2015), costumam provocar grande repercussão e ganhar forte destaque nos meios de comunicação. Tal eventualidade, como a supracitada acima, restringiu o acesso à água para a população e desencadeou perturbações econômicas na metrópole. De modo a complementar a problemática, Jacobi *et al.* (2021, p. 221) remontam que a “crise da água, mesmo com os impactos negativos, demanda repensar senão o modelo atual de gestão da água, pelo menos a prática deste modelo”, alegando que os aumentos do consumo de água e da população foram muito provavelmente os principais fatores associados à crise hídrica sistêmica, fato que reforça a importância da governança da água.

Diante desse cenário, mais precisamente entre o segundo semestre de 2013 até o mês de fevereiro de 2015, foram configurados os últimos episódios de seca, isto posto, torna-se interessante analisar qual o contexto atual do Sistema Cantareira, quais foram as mudanças no acesso à água e quais medidas de planejamento estão sendo feitas na RMSP para não expor a população paulistana ao risco de conviver com novas crises no futuro. Ademais, vale refletir se “os paradigmas de gestão da água na metrópole realmente sofreram alguma mudança” (FONTÃO, 2018, p. 203), passados quase uma década do início da crise. Dessa forma, com base nas perspectivas do ritmo climático e seus reflexos na dinâmica das chuvas, o presente estudo buscou analisar as precipitações ocorridas nos últimos anos e a intensidade das últimas duas secas por meio de dados de precipitação da área, avaliar a produção e o consumo de água na metrópole, e eventuais alterações feitas na disponibilidade hídrica do sistema de abastecimento, tendo como foco a segurança hídrica urbana.

1.1. O Sistema Cantareira e a problemática do abastecimento urbano na RMSP

A RMSP corresponde a um adensamento urbano com área total de 7.947,28 Km² e população de cerca de 22 milhões de pessoas, inserida no setor leste do Estado de São Paulo e tendo a capital paulista como sede de um total de 39 municípios conurbados entre si (SEADE, 2022). A metrópole paulistana no século XXI apresenta-se como uma região altamente complexa, com diversos problemas e vulnerabilidades de ordem socioambiental à população residente, a exemplo da baixa disponibilidade hídrica para o abastecimento urbano (ANA, 2010). Mello e Randhir (2017) atentam para uma alta dependência do aporte de água nos períodos chuvosos, o que pode ser um problema em eventos de secas meteorológicas (a exemplo de 2003-2004 e 2013-2015), com destaque para o Sistema Cantareira – o principal sistema de abastecimento da metrópole.

Em termos geográficos, a RMSP tem seus limites inseridos, quase a totalidade, dentro da bacia hidrográfica do Alto Tietê, um dos seis compartimentos da bacia do Tietê, fragmento localizado no setor centro/sudeste da Região Hidrográfica do Paraná (Figura 1). Cerca de 99,5% da população da RMSP localiza-se na área da bacia do Alto Tietê (FUSP, 2009), que conta com rios de grande importância para o surgimento e crescimento da cidade de São Paulo (rios Tietê e Pinheiros). Todavia, devido à elevada população e contaminação dessas drenagens, é considerada “uma das bacias com menor disponibilidade hídrica por habitante no Brasil” (WHATELY e DINIZ, 2009, p.17), levando São Paulo a buscar águas em outras bacias hidrográficas, como no Sistema Cantareira. A respeito dessa questão, Ross (2008, p. 346) reforça que “as águas de superfície dos rios Tietê e seus tributários de alto curso são totalmente poluídas pelos resíduos líquidos e sólidos nelas descartados e que transformaram estes rios em verdadeiros canais de esgoto a céu aberto”.

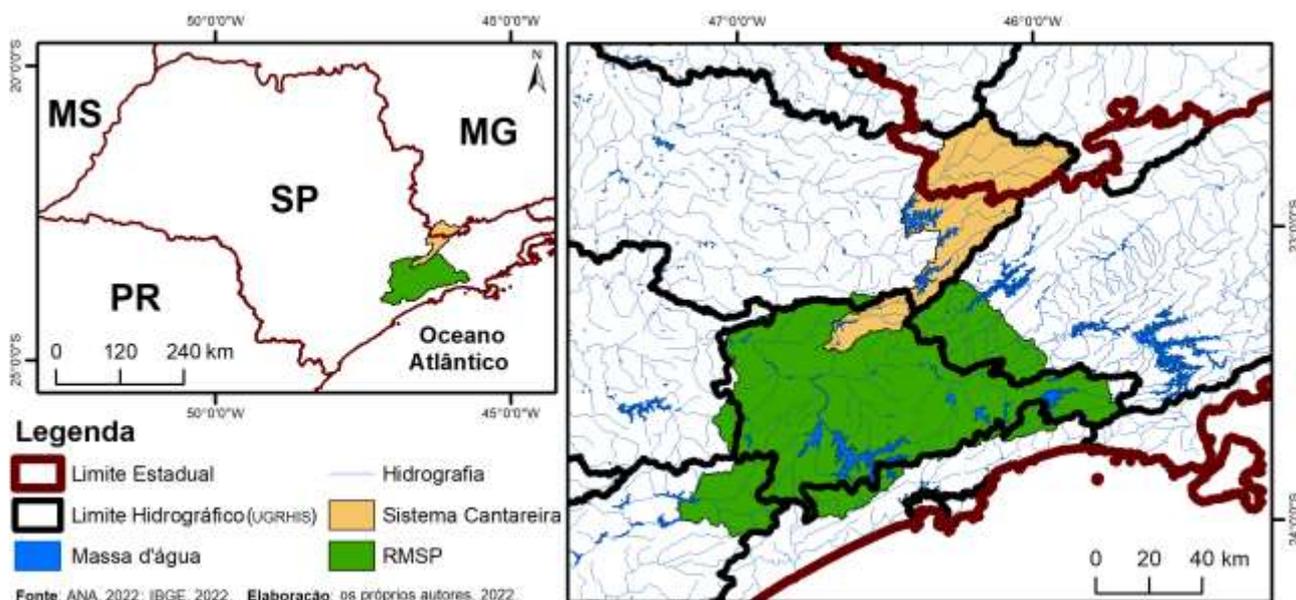


FIGURA 1. Localização da RMSP, do Sistema Cantareira e dos limites hidrográficos do Alto Tietê (UGRHIS – unidades de gerenciamento de recursos hídricos).

Nesse contexto, foram construídos o Sistema Cantareira e os demais reservatórios para abastecimento urbano, que atualmente compõe o Sistema Integrado Metropolitano (SIM) operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2022). Trata-se de um complexo sistema de mananciais composto por várias represas e atualmente sete principais sistemas produtores de água para o abastecimento das cidades, de maneira a articular e integrar esse serviço, armazenando a água durante períodos chuvosos para que o fornecimento à população possa ser mantido durante o restante do ano, inclusive durante as estiagens. Até antes da crise hídrica de 2013-2015, o Sistema Cantareira era responsável por produzir algo próximo de

33 mil litros de água por segundo, recurso suficiente para abastecer um número próximo da metade de toda a população da RMSP na época, cerca de 9 a 10 milhões (FONTÃO, 2018; SABESP, 2022).

Nesse sistema, que está inserido na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba-Capivari-Jundiá (PCJ), o primeiro reservatório está a 845 metros de altitude e recebe águas das microbacias dos rios Camanducaia e Jaguari, cujas nascentes estão localizadas no sul do Estado de Minas Gerais. Drenando por gravidade, as águas dos reservatórios Jaguari-Jacareí passam pelas represas Cachoeira e Atibainha, alimentadas neste trajeto por alguns importantes tributários, entre eles duas importantes drenagens que dão origem ao nome das represas, até chegar ao reservatório Paiva Castro. Através de bombeamento, em um desnível geográfico de cerca de 120 metros, as águas do Paiva Castro são transpostas pela estação elevatória de Santa Inês em direção ao reservatório Águas Claras, já na bacia do Alto Tietê. Desse último reservatório, responsável por manter o fluxo contínuo e regular a vazão, as águas drenam novamente por gravidade até a Estação de Tratamento de Água (ETA) Guaraú, já bem próxima a área urbana da RMSP, responsável pelo tratamento e distribuição destas para o abastecimento urbano. As Figuras 2 e 3 demonstram a dinâmica abordada.



Figura 2. O Sistema Cantareira, suas represas e limites hidrográficos. Fonte: SABESP, 2015; 2022.

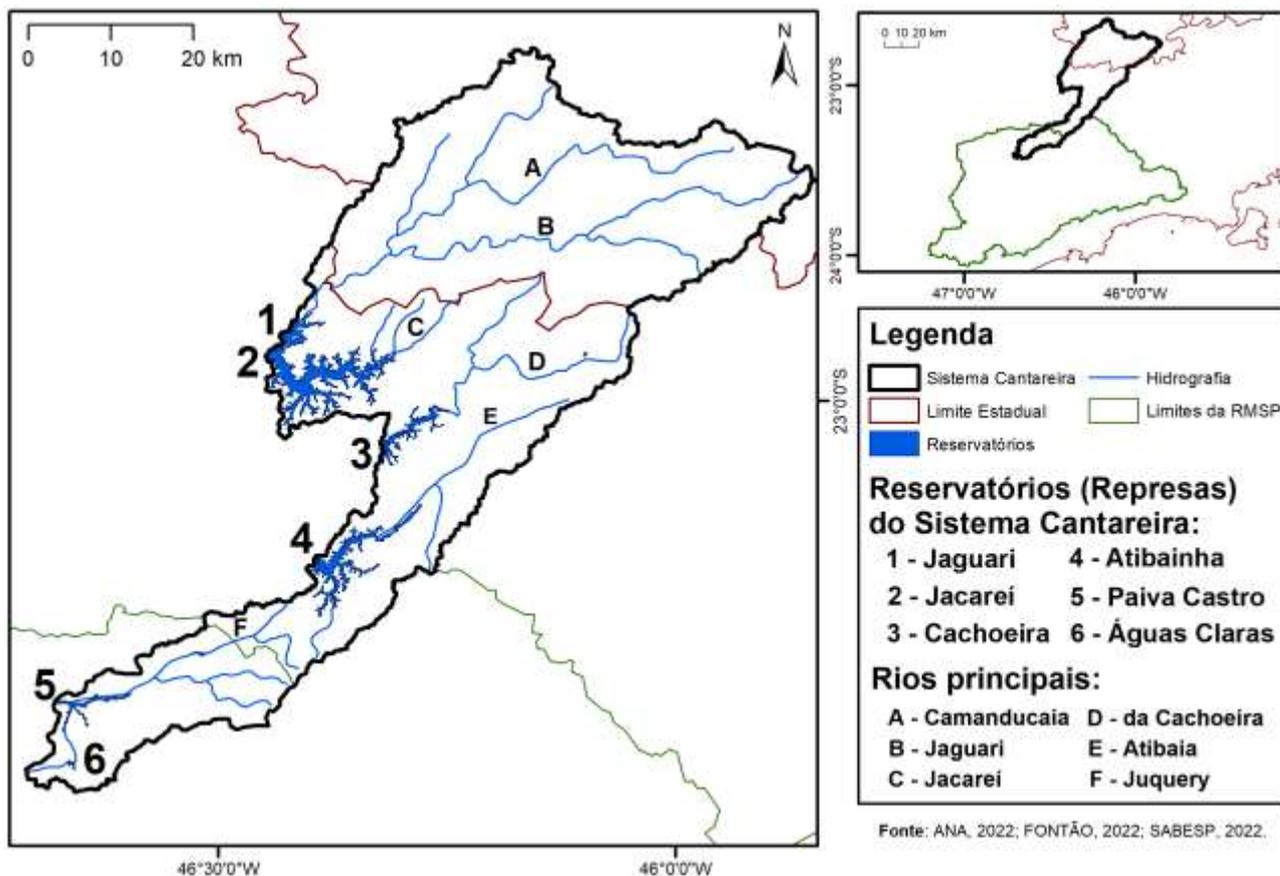


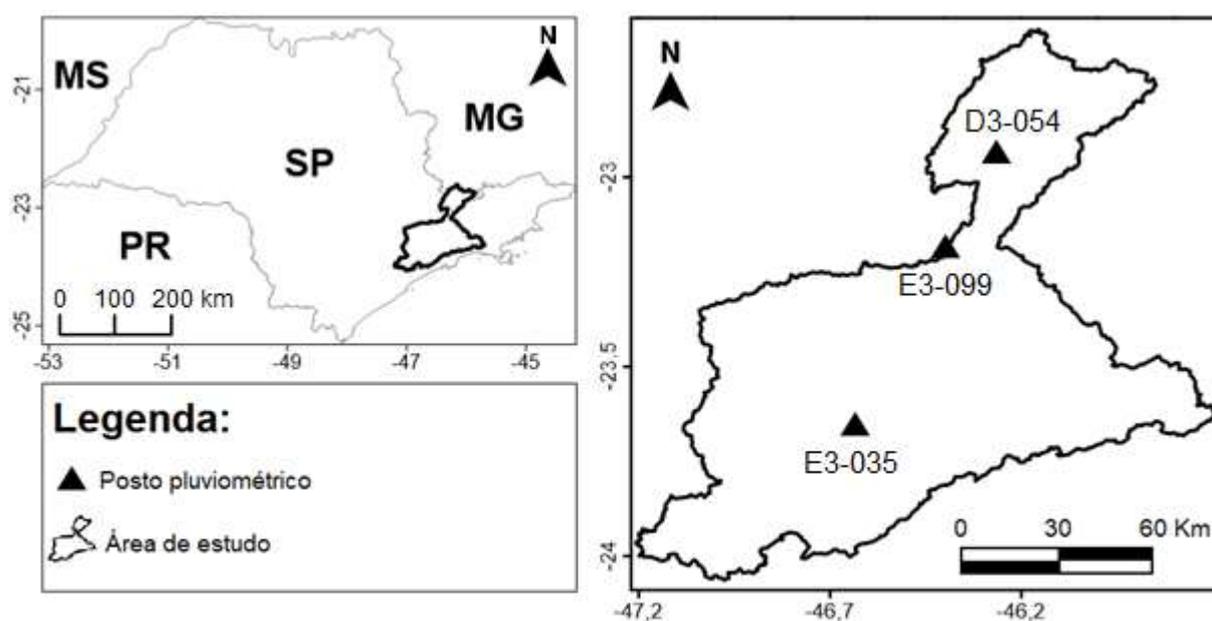
Figura 3. Sistema Cantareira: localização dos reservatórios e rios principais. Fonte: FONTÃO, 2018; SABESP, 2022.

Em termos gerais, a distância entre a RMSP e o Sistema Cantareira é relevante e pode-se considerar diferenças significativas em termos de precipitação. Monteiro (1973), a mais de meio século, já apontava a existência de uma faixa de transição móvel dividindo o Estado de São Paulo em duas porções e que, devido ao dinamismo atmosférico, definem-se dois grandes grupos climáticos em nível zonal. Tais limites passam nessa região do estado, nas proximidades da latitude 23° Sul, onde ao sul (na RMSP) predominam climas regionais úmidos, de maior regularidade pluviométrica ao longo do ano e grande influência do ar polar, enquanto ao norte (na maior parte do Sistema Cantareira) encontram-se os climas controlados por massas equatoriais e tropicais, com maior ou menor intensidade a existência de um período seco, e chuvas concentradas na primavera-verão. Alguns estudos mais recentes reforçam essa questão, a exemplo de Fontão (2018) e Zavattini e Fontão (2019).

2. Materiais e Métodos

2.1. Fonte dos dados e localização geográfica dos postos aproveitados

Considerando as questões expostas neste artigo, o presente estudo optou por analisar a dinâmica das chuvas e comparar postos pluviométricos localizados nas duas diferentes áreas (RMSP e Sistema Cantareira), no intuito de avaliar a variabilidade habitual e compreender o excepcional das precipitações, adotando um período recente que contemplou ao menos as duas últimas secas meteorológicas que ocorreram na região e alguns anos posteriores aos eventos. Para tanto, inicialmente foram selecionados e utilizados três postos representativos, pertencentes e operados pela rede do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE: Observatório IAG (E3-035), Joanópolis (D3-054) e Nazaré Paulista (E3-099). A Figura 4 apresenta localização geográfica de ambos e demais informações necessárias.



Posto **D3-054** - Joanópolis. Latitude: 22° 55' 56"; Longitude: 46° 16' 04"; Altitude: 920m.
Posto **E3-099** - Nazaré Paulista. Latitude: 23° 11' 04"; Longitude: 46° 24' 04"; Altitude: 810m.
Posto **E3-035** - Observatório IAG. Latitude: 23° 39' 04"; Longitude: 46° 37' 21"; Altitude: 800m.

Figura 4. Localização geográfica dos postos pluviométricos. Fonte: DAEE, 2022.

2.2. Estratégia metodológica

Optou-se por considerar pesquisas e resultados já obtidos em estudos anteriores em temáticas próximas, a exemplo de Fontão (2018), Mello e Randhir (2018), Zavattini e Fontão (2019) e He *et al* (2021) para complementar as análises aqui realizadas. Os dados pluviométricos foram organizados e analisados em nível mensal e anual. Para avaliar o habitual e os extremos em nível mensal, elaborou-se gráficos seguindo a ideia da técnica Boxplot para a série histórica dos anos de 1975-2021, revelando os quartis, a mediana e os valores extremos para cada um dos postos. Alguns estudos aplicados dessa técnica auxiliaram na interpretação (FONTÃO e ZAVATTINI, 2019; OLIVEIRA, 2020). De modo a explicitar concisamente no que consiste o referido modelo e na sua mais usual inserção em estudos climáticos, a construção do Boxplot pressupõe uma organização dos dados de forma crescente ou decrescente com o objetivo de distinguir as características próprias das precipitações mês a mês (SCHNEIDER e SILVA, 2014).

Sendo assim, para a presente pesquisa, tais informações procedimentais foram essenciais, uma vez que se tornou possível verificar o normal das chuvas nos períodos secos (abril a setembro) e chuvosos (outubro a março) na área de estudo, como forma de entender o regime pluviométrico em sua habitualidade e excepcionalidade (GALVANI e LUCHIARI, 2012), tendo em vista as características da área de estudo e a importância de verões chuvosos para a recarga dos mananciais e para a segurança hídrica (DELGADO, 2018). Além disso, conforme especificidades da técnica e como a Figura 5 reitera, para representar a porcentagem das observações, são utilizados quartis (Q1), (Q2) e (Q3) dentro de um retângulo, onde o (Q2) diz respeito a mediana dos dados observados, (Q1) à 25% das observações e (Q3), por sua vez, 75%. No que tange aos valores máximos do conjunto de dados, estes seguem limites pré-estabelecidos por cálculos, ao passo que os valores mínimos também respeitam a predefinição, cabe mencionar que tanto os *outliers* mínimos quanto os máximos são os dados que, justamente, são discrepantes aos valores mínimos e máximos.

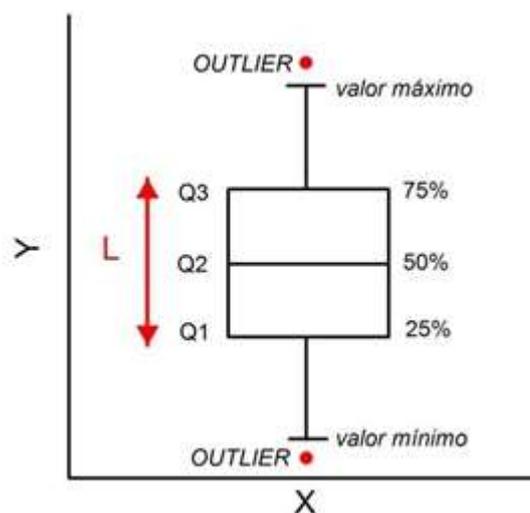


Figura 5. Elementos do Boxplot. Fonte: Oliveira e Galvani, 2017.

Em relação à questão que envolve o armazenamento hídrico, deve-se deixar claro que é um tema extremamente complexo e delicado, visto que envolve diversos elementos e fatores que podem influenciar nesse fluxo, inclusive do ponto de vista da modelagem hidrológica. O intuito dessa pesquisa é fazer uma análise exploratória e descritiva dessa questão, considerando como principal fator a dinâmica das chuvas e a segurança hídrica urbana da metrópole, tendo como principal fator a trajetória e as transformações recentes no Sistema Cantareira (SABESP, 2022). Diante disso, foram avaliados a dinâmica de vazões afluentes e armazenamento nos reservatórios, as chuvas ocorridas cinco anos após a crise hídrica, e as principais alterações feitas a partir desse evento, com foco na garantia da segurança hídrica urbana (HOEKSTRA *et al.*, 2018; ABOELNGA *et al.*, 2019).

O fluxograma da Figura 6 sintetiza o percurso metodológico da pesquisa. A respeito dos dados de vazão afluente, volume armazenado, produção e consumo hídricos, e de precipitação média no Sistema Cantareira, todos os valores foram coletados e fornecidos pela Sabesp (2022), tratando-se de dados oficiais e que respeitam as séries históricas fornecidas pela companhia. Algumas informações foram obtidas diretamente pelo website, outras foram fornecidas via lei de acesso a informações (Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011), buscando facilitar o processo. Em relação à confecção das figuras e gráficos, utilizou-se o software Microsoft Excel (2016) e, na elaboração dos diagramas pelo modelo Boxplot, empregou-se o *software R Project for Statistical Computing* 4.0.5.

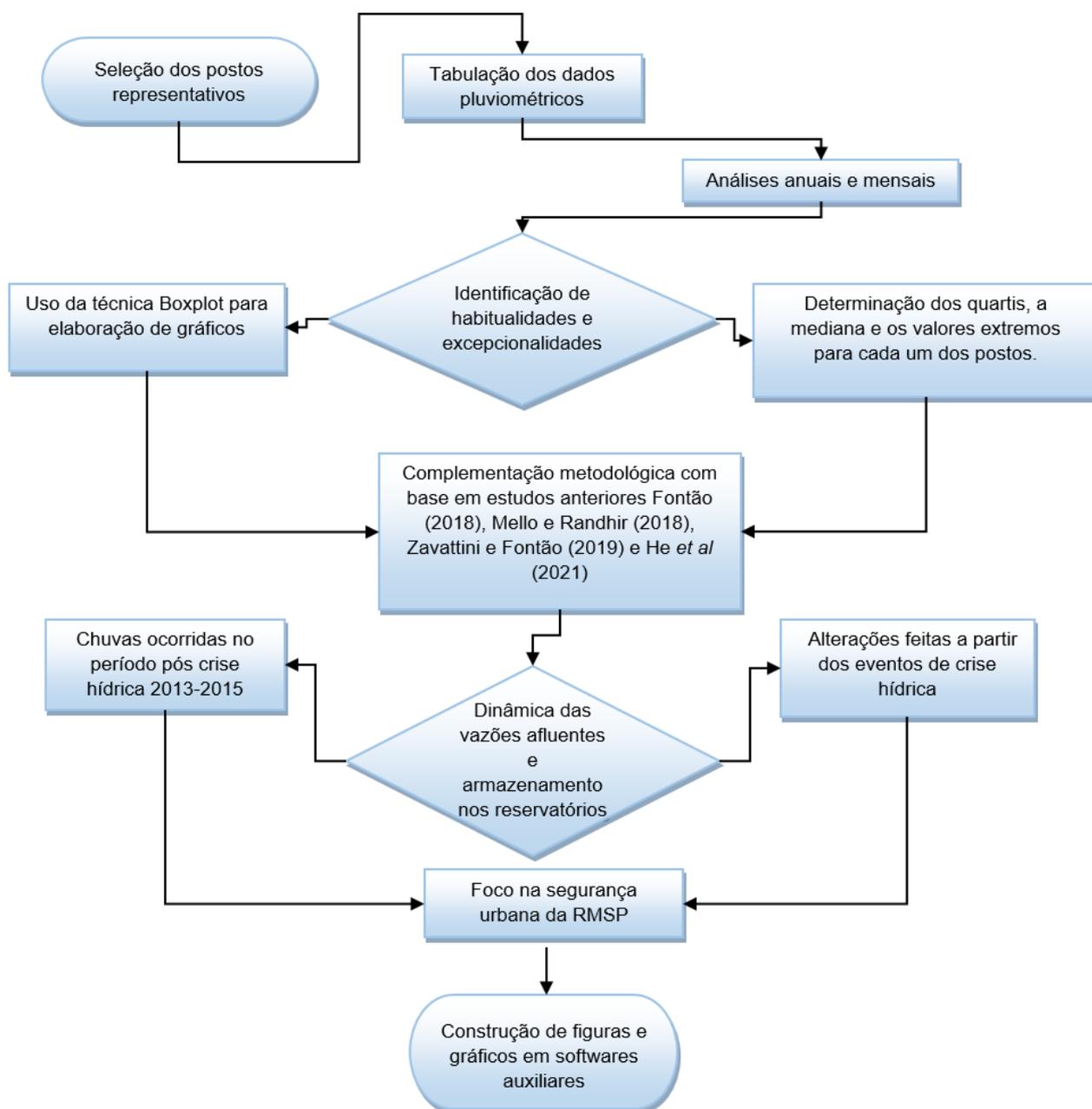


Figura 6. Fluxograma do percurso metodológico da pesquisa. Organização: Autores, 2022.

3. Resultados e Discussão

Os três postos selecionados na área de estudo apresentaram uma elevada variabilidade nos dados pluviométricos ao longo dos meses, com certa semelhança entre si no regime de chuvas. A Figura 7 apresenta os gráficos boxplot em que, no geral, os três evidenciam que o regime hídrico é

bem definido na região, e as chuvas tendem a se concentrar no período da primavera-verão (outubro a março). Também é possível notar uma presença significativa de *outliers*, representando valores extremos que reforçam a existência de meses bastante úmidos, com valores que podem superar os 600 milímetros no período (principalmente no mês de janeiro). Ademais, não foi possível notar diferença significativa entre o posto Observatório IAG e os demais, evidenciando que as diferenças de precipitação entre a RMSP e o Sistema Cantareira ocorrem mais em períodos e/ou momentos específicos, com destaque para o nível diário.

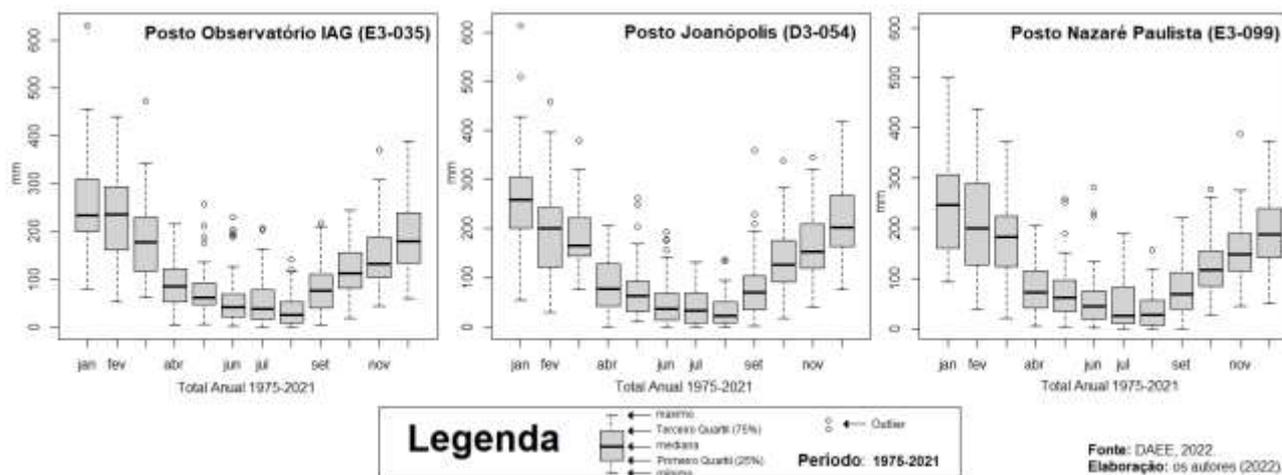


Figura 7. Variabilidade mensal das chuvas pelo modelo Boxplot (1975-2021) nos três postos. Fonte: DAEE, 2022.

No Sistema Cantareira, em específico, foi possível obter uma estimativa média da precipitação diária registrada em pluviômetros pertencentes à Sabesp (2022). A Figura 8 explicita a chuva diária que precipitou sobre o manancial entre os anos de 2003 e 2022, e logo abaixo o armazenamento hídrico do Sistema Cantareira. Vale destacar que o sistema possui um volume útil de 982 milhões de m³ e uma reserva técnica de 287,5 milhões de m³, que recebe a alcunha de “volume morto” (PORTO *et al.*, 2014), e pode ser utilizada em alguns momentos emergenciais. O volume total do Sistema Cantareira é de 1.269,5 milhões de m³.

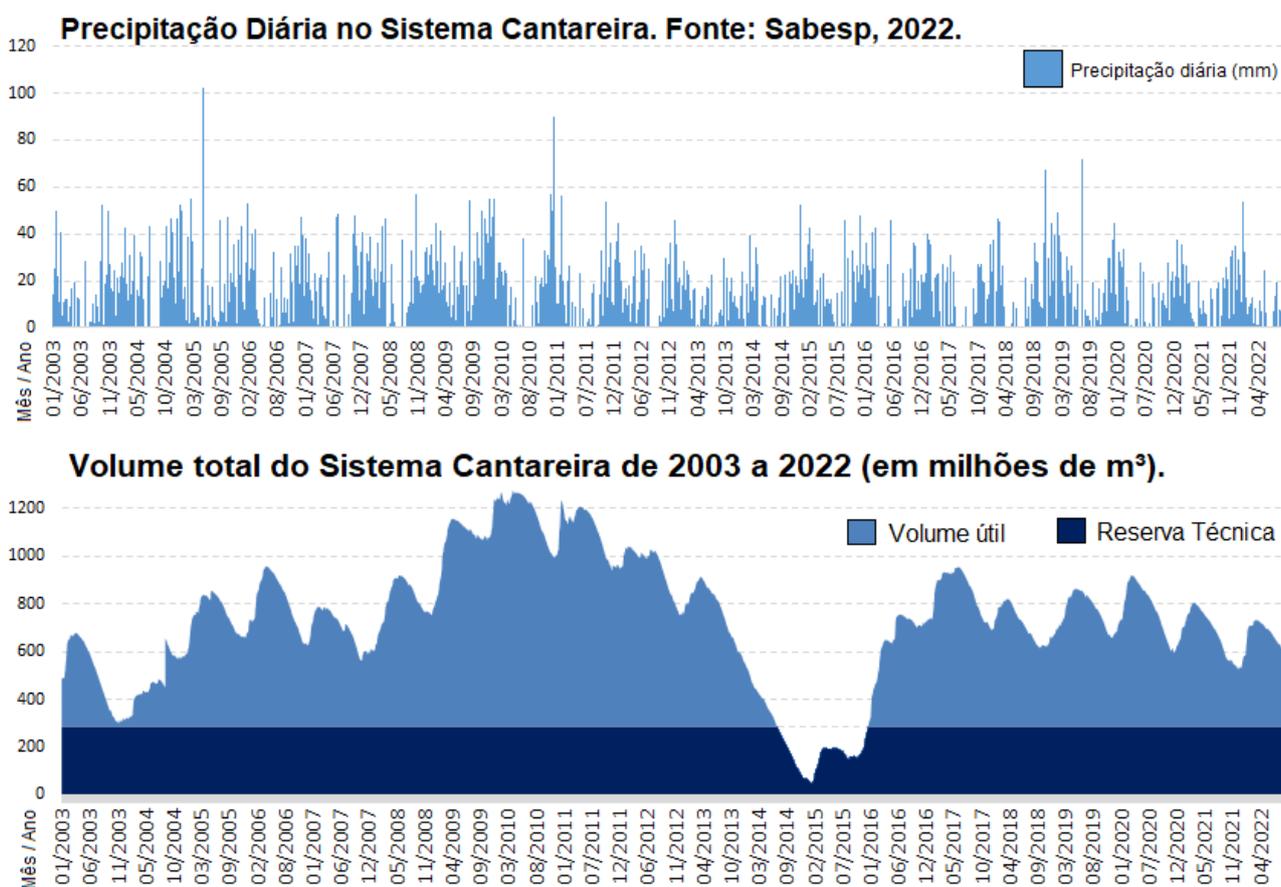


Figura 8. Precipitação diária e volume total do Sistema Cantareira (2003 a 2022). Fonte: SABESP, 2022.

Embora o gráfico sintetize as informações de quase uma década, é possível realizar uma análise mais detalhada dos eventos de muita chuva (e de estiagens), verificando também os eventos extremos de muita chuva em curtos períodos, a exemplo dos 102 milímetros registrados em 24 horas no dia 25 de maio de 2005. Embora tenham ocorrido dois eventos de seca meteorológica, a crise hídrica de 2013-2015 foi muito mais marcante para o armazenamento hídrico do Sistema Cantareira, pois quase esgotou a reserva técnica do Sistema. Além disso, é possível notar que os volumes totais vêm caído ano após ano desde 2020, considerando nesse caso o regime de chuvas da região.

Para detalhar um pouco mais os reflexos das chuvas nos mananciais, foram elaborados gráficos das vazões afluentes nos reservatórios do Sistema Cantareira, sintetizados na Figura 9. A localização geográfica de cada um deles pode ser conferida nesse estudo (Figura 3). A intensidade e flutuações da vazão ao longo dos ciclos hidrológicos anuais apresentou uma sazonalidade, muito próxima do regime de chuvas. Os gráficos boxplot auxiliam no entendimento dessa variabilidade. Em princípio, os meses de dezembro a março tenderam a concentrar os maiores picos de vazão

nos dados de ambas as drenagens, apesar de ser um elemento bastante variável, a depender da regularidade e da intensidade chuvas no sistema. A primavera-verão dos anos 2009 a 2011 excederam os valores habituais e destoaram nitidamente do padrão de referência, enquanto de meados de 2013 em diante, os valores seguiram excepcionalmente baixos até o mês de fevereiro de 2015, chegando inclusive a não ser possível distinguir claramente uma extremidade positiva nos dados do verão de 2014, e evidenciando que a recarga dos mananciais foi insuficiente (FONTÃO, 2018).

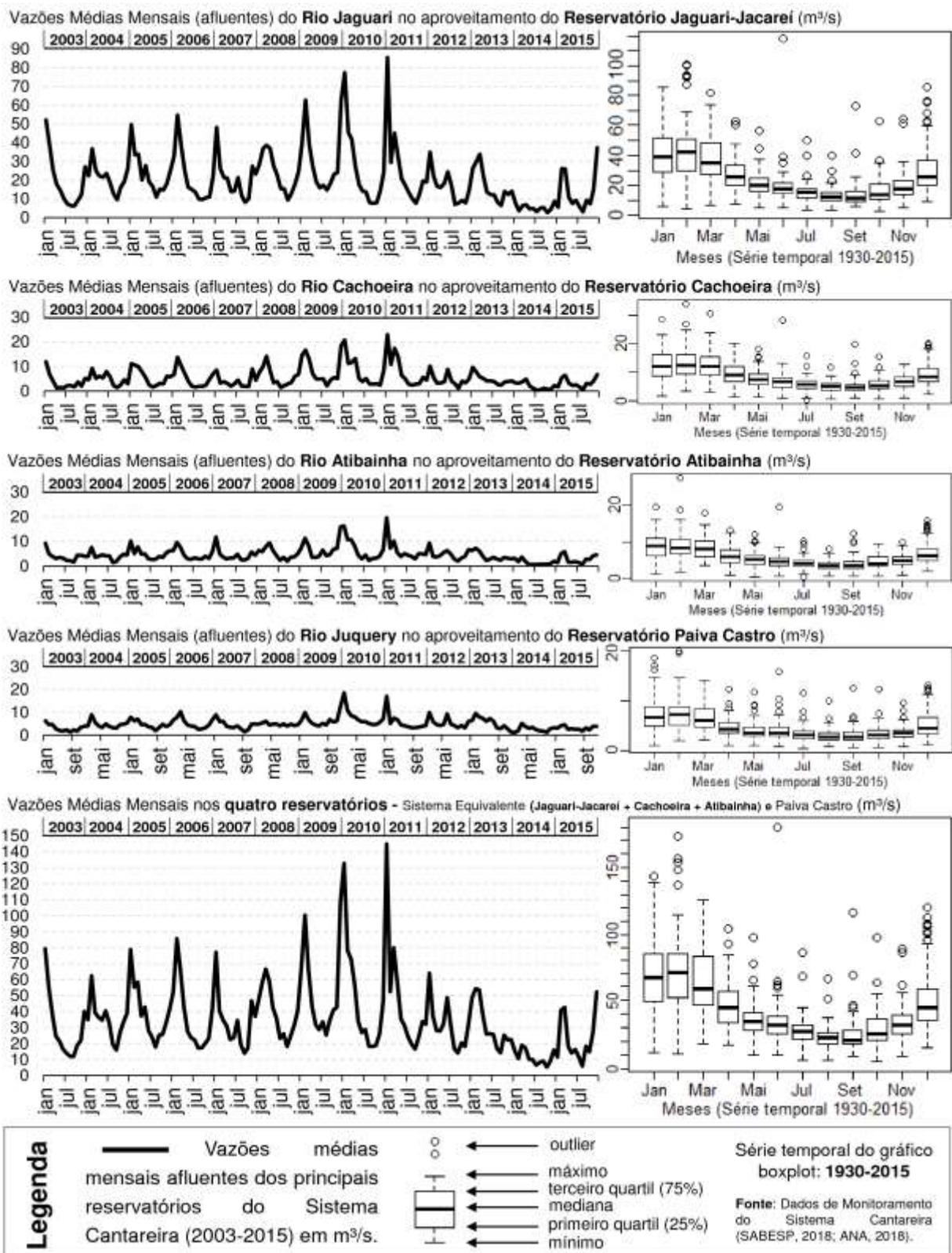
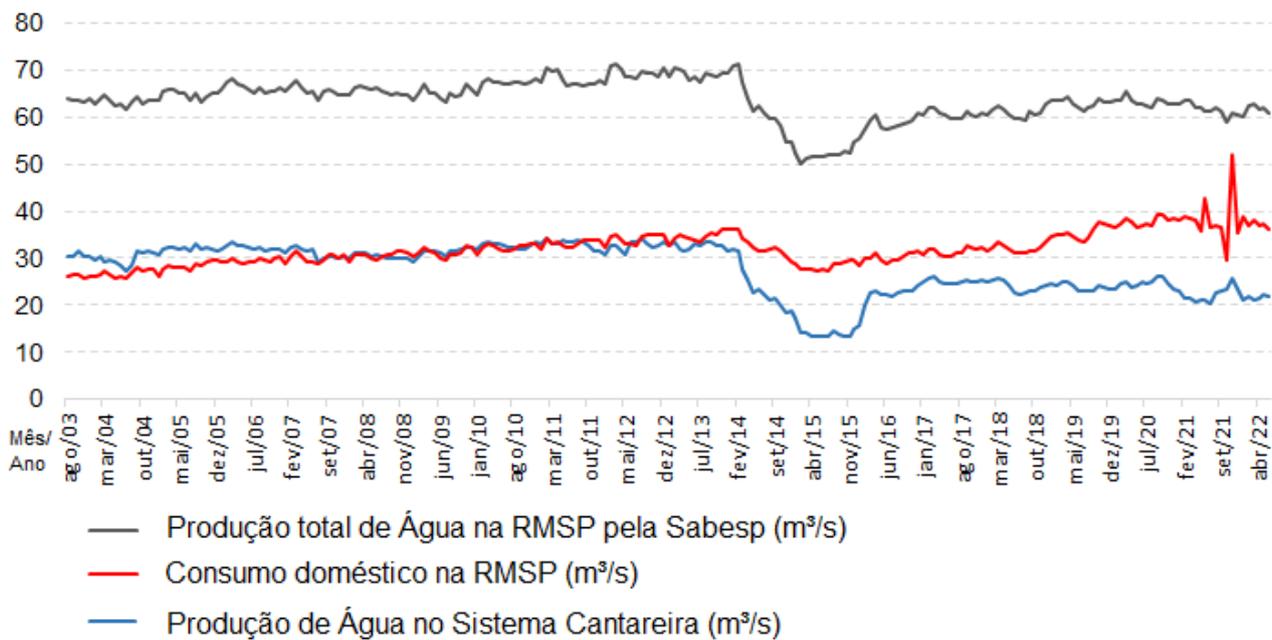


Figura 9. Vazões afluentes do Sistema Cantareira: série 2003-2015 e gráfico Boxplot (1930-2015). Fonte: FONTÃO, 2018; SABESP, 2022.

Desse modo, é necessário refletir sobre a sustentabilidade do abastecimento urbano na RMSP após a crise hídrica. Com o retorno das chuvas mais volumosas após o ano de 2015, os impactos foram minimizados e o problema da crise hídrica deixou de ser algo tão comentado na mídia em geral (MELLO e RANDHIR, 2018). No entanto, conforme Mannan *et al.* (2022) colocam, São Paulo deve aproveitar melhor as águas que possui, melhorando a gestão e sua relação com a população. A respeito disso Checco (2017, p. 955), que realizou uma avaliação das declarações dos agentes públicos de São Paulo em jornais de grande circulação sobre a gestão dos recursos hídricos, em plena crise hídrica (2013-2015), apontando que:

“A negação e não incorporação do assunto na agenda política implica situações tais quais as vividas até o momento: dependência do regime pluviométrico para saber se São Paulo deverá conviver com as enchentes históricas ou com as mais atuais dificuldades de abastecimento. Outra consequência é a insistência da gestão pública em atuar somente em ações emergenciais e se negar a pensar em planos estratégicos de médio e longo prazo” (CHECCO, 2017, p. 955).

Nesse aspecto, apesar da Sabesp (2022) ter aprimorado o SIM após a crise hídrica, com a construção do Sistema São Lourenço, o consumo de água na RMSP tende a aumentar conforme a população crescer e novas demandas por água forem surgindo. A Figura 10 exemplifica essa questão, mostrando, com dados recentes da Sabesp (2022), a produção total de água na RMSP, o consumo doméstico e a produção no Sistema Cantareira.



Observação: em novembro e dezembro de 2021, houve um período de transição devido a entrada do novo sistema, sendo normalizado a partir de dez/21.

Figura 10. Produção e consumo mensal de água na RMSP e produção hídrica no Sistema Cantareira (2003-2022).
 Fonte: Sabesp, 2022.

Conforme é possível notar no gráfico, o consumo doméstico de água na RMSP já superou os patamares alcançados em 2013, ou seja, a demanda aumentou e a população está utilizando mais recursos do que a cerca de dez anos atrás. Ao mesmo tempo, embora a dependência do Sistema Cantareira seja menor do que antes da crise hídrica de 2013-2015, a produção total não aumentou de forma significativa. Por um lado, denota que a água está sendo reservada, mas ao mesmo tempo a FUSP (2009) estimava, a mais de uma década atrás, que a disponibilidade hídrica na RMSP seria de 67,7 m³/s, e atualmente o quadro não é tão diferente. Em termos de segurança hídrica urbana (HOEKSTRA et al., 2018; ABOELNGA et al., 2019), a sustentabilidade a longo prazo deve ser a condição ideal em busca do planejamento e da gestão de riscos (MISHRA e SINGH, 2010), para evitar a gestão de crises e o impacto à população.

Diante desse contexto, a garantia da segurança hídrica da RMSP segue sendo um desafio para cenários de secas (meteorológicas e hidrológicas) e períodos de escassez de água, e o direito a essas informações e à transparência são fundamentais para a sociedade. O cenário complexo de disponibilidade hídrica da metrópole paulista (em quantidade e qualidade) resultou na busca de água em locais distantes, a exemplo do Sistema Cantareira, para atender a demanda e o consumo, conforme o modelo de gerenciamento adotado. Na última crise hídrica (2013-2015), Momm *et al.* (2021) avaliaram que as medidas adotadas mantiveram o modelo de planejamento das políticas

territoriais e de água, não se constituindo em uma transição para um modelo mais sustentável e capaz de reduzir vulnerabilidades. Da mesma forma, Richter e Jacobi (2018) reforçaram os conflitos existentes na região e apontam para a necessidade da construção de mecanismos que possam efetivamente contribuir para a segurança hídrica, tanto no aspecto da disponibilidade como de seus usos e participação dos diferentes atores sociais.

Assim, é importante considerar os aprendizados da última crise para reavaliar a governança e a segurança hídrica, a exemplo do apontado por Empinotti *et al.* (2019). Conforme a abordagem feita por Deusdará-Leal *et al.* (2020), avalia-se que o planejamento estratégico passa a ser essencial para diminuir a vulnerabilidade do Sistema Cantareira, e os eventuais descompassos entre oferta e demanda de água. Portanto, tendo como base os dados dos episódios que ocorreram no passado e possíveis cenários futuros, dentre eles a possibilidade de aumento dos eventos extremos de secas na região, enfatiza-se a conclusão apontada por Jacobi *et al.* (2021) a respeito da governança da água: “é fundamental a adoção de uma nova estratégia de gestão integrada e participativa da água, que considere a sociedade como parte integrante da tomada de decisão”, valorizando o planejamento, a transparência e o acesso à informação.

4. Considerações Finais

A proposta deste estudo é avaliar a atual situação hidroclimática do Sistema Cantareira gerar subsídios e reflexões acerca do abastecimento urbano na RMSP. Em geral, levantou-se dados e questões voltadas à gestão pública, buscando evitar que uma futura seca afete a região sem a devida advertência e provoque impactos na população, no âmbito da falta de água. Partindo da ideia de ritmo climático, onde há um retorno às determinadas condições atmosféricas ao longo do tempo, valoriza-se a importância de compreender a variabilidade do clima e seus possíveis reflexos em curto, médio e longo prazo, com consequências diretas à população.

Dessa maneira, recomenda-se um acompanhamento de perto da atual situação do abastecimento de água na RMSP. A questão da segurança hídrica urbana deve ser sempre avaliada e planejada com cautela, pois conforme foi possível verificar neste artigo, as chuvas são amplamente variáveis ao longo do tempo e espaço na região, os reflexos ocorrem de forma direta nos mananciais e há potencial para impactar a sociedade. O aumento do consumo doméstico de água a níveis acima do que se consumia antes da crise hídrica (2013) é um importante sinal de alerta para se valorizar a gestão de riscos na metrópole paulista.

Referências

- ABOELNGA, H. T. et al. Urban water security: definition and assessment framework. **Resources**, v. 8, n. 4, p. 178, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources8040178>
- ANA. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília: Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape, 2010.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico** (ANA). Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: ago. 2022.
- BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia**: causas e consequências. Oficina de Textos, 2013.
- BRANDELER, F. V. D.; GUPTA, J.; HORDIJK, M. Megacities and rivers: Scalar mismatches between urban water management and river basin management. **Journal of Hydrology**, v. 573, p. 1067-1074, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.001>
- CASTRO, A. C. V.; ALVIM, A. T. B. Urbanização e gestão de riscos hidrológicos em São Paulo. **Cadernos Metrópole**, v. 24, p. 669-696, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2022-5410>
- CESAR NETO, J.C. A crise hídrica no Estado de São Paulo. **GEOUSP – Espaço E Tempo** (Online), v. 19, n. 3, p. 479-484, 2015.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0292.1>
- DAEE. **Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/>. Acesso em: jun. 2022.
- DELGADO, J. A. S. **Segurança hídrica e a gestão de risco da RMS** (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo - IEA/USP, 2018.
- DEUSDARÁ-LEAL, K. R. et al. Implications of the new operational rules for cantareira water system: re-reading the 2014-2016 water crisis. **Journal of Water Resource and Protection** (United States), v. 12, p. 261-274, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4236/jwarp.2020.124016>
- EMPINOTTI, V. L.; BUDDS, J.; AVERSA, M. Governance and water security: the role of the water institutional framework in the 2013–15 water crisis in São Paulo, Brazil. **Geoforum**, v. 98, p. 46-54, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.09.022>
- FARIAS, A.; MENDONÇA, F. A. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717>
- FERNANDES, V. R. *et al.* Secas e os impactos na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 561-584, 2021. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v28i0.74717>
- FONTÃO, P. A. B. **Variações do Ritmo Pluvial na Região Metropolitana de São Paulo**: reflexos no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – IGCE/UNESP, Rio Claro - SP, 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, p. 43-54, 2019.

FUSP. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**: Relatório Final. FUSP: São Paulo, 2009.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. **Climatologia aplicada**: resgate aos estudos de caso. 1ed. Curitiba: CRV, 2012.

HE, C. et al. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25026-3>

HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; VAN GINKEL, K. C. H. Urban water security: A review. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 5, p. 053002, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaba52>

JACOBI, P. R.; BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo-desafios à luz das mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 209-226, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.013>

MANNAN, A. B.; VELASQUEZ, A.; SWATUK, L. São Paulo's Water System: A Megacity's Efforts to Fight Water Scarcity. In: **The Political Economy of Urban Water Security under Climate Change**. Palgrave Macmillan, Cham, 2022. p. 33-52.

MELLO, K.; RANDHIR, T. Diagnosis of water crises in the metropolitan area of São Paulo: policy opportunities for sustainability. **Urban Water Journal**, v. 15, n. 1, p. 53-60, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1395895>

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

MOMM, S. et al. Permanência e transição no planejamento e a crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo. **EURE** (Santiago), v. 47, n. 140, p. 199-219, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.7764/eure.47.140.10>

OLIVEIRA, M. R. P.; GALVANI, E. Eventos Extremos de Precipitação no Perfil Longitudinal Paraty (RJ) - Campos do Jordão (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, p. 58-66, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.133419>

OLIVEIRA, T. A. et al. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

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.

RICHTER, R. M.; JACOBI, P. R. Conflitos na macrometrópole Paulista pela perspectiva da crise hídrica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 20, p. 556-569, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2018v20n3p556>

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. **CHES** – 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: ago. 2022.

SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M. A.; RIBEIRO-NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.62018>

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A. O uso do modelo Box Plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.495>

SEADE. **Fundação Sistema Estadual de Análise de dados** - SEADE. Abrangência: Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <https://www.seade.gov.br/abrangencia/regiao-metropolitana-de-sao-paulo/>. Acesso em: set. 2022.

SPINONI, Jonathan et al. A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 22, p. 100593, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100593>

TSAKIRIS, G. et al. A system-based paradigm of drought analysis for operational management. **Water resources management**, v. 27, n. 15, p. 5281-5297, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0471-4>

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.

WILHITE, D. A. **Drought as a natural hazard**: concepts and definitions. London: Routledge, 2000.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. **Water International**, v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.

WILHITE, D.; PULWARTY, R. S. (Ed.). **Drought and water crises**: integrating science, management, and policy. CRC Press, 2017.

ZAVATTINI, J. A.; FONTÃO, P. A. B. As chuvas na grande São Paulo: implicações na produção de água para o abastecimento público. **Entre Lugar**, v. 10, p. 38-83, 2019.