



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS**

AUGUSTO FREDERICO JUNQUEIRA SCHMIDT

**TRANSPONDO ÁGUAS E REDISTRIBUINDO A ESCASSEZ: UM
ESTUDO DA HIDROMEGALÓPOLE SÃO PAULO-RIO DE JANEIRO**

**CAMPINAS
2021**

AUGUSTO FREDERICO JUNQUEIRA SCHMIDT

TRANSPONDO ÁGUAS E REDISTRIBUINDO A ESCASSEZ: UM ESTUDO DA
HIDROMEGALÓPOLE SÃO PAULO-RIO DE JANEIRO

Dissertação apresentada ao Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Demografia.

Orientador: PROF. DR. ROBERTO LUIZ DO CARMO

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO AUGUSTO
FREDERICO JUNQUEIRA SCHMIDT E
ORIENTADO PELO PROF. DR.
ROBERTO LUIZ DO CARMO.

CAMPINAS
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
Paulo Roberto de Oliveira - CRB 8/6272

Sch52t Schmidt, Augusto Frederico Junqueira, 1991-
Transpondo águas e redistribuindo escassez : um estudo da
Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro / Augusto Frederico Junqueira
Schmidt. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Roberto Luiz do Carmo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Filosofia e Ciências Humanas.

1. População. 2. Abastecimento de água. 3. Água - Consumo. 4. Escassez.
I. Carmo, Roberto Luiz do, 1966-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Transferring waters and redistributing scarcity : a study of the São Paulo-Rio de Janeiro Hydromegalopolis

Palavras-chave em inglês:

Population

Water supply

Water consumption

Scarcity

Área de concentração: Demografia

Titulação: Mestre em Demografia

Banca examinadora:

Roberto Luiz do Carmo [Orientador]

Ricardo Ojima

Álvaro de Oliveira D'Antona

Data de defesa: 25-02-2021

Programa de Pós-Graduação: Demografia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-1756-926X>
- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8581189378262619>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, composta pelos Professores Doutores a seguir descritos, em sessão pública realizada em 25 de fevereiro de 2021, considerou o candidato Augusto Frederico Junqueira Schmidt APROVADO.

Prof. Dr. Roberto Luiz do Carmo – Orientador

Prof. Dr. Ricardo Ojima – UFRN

Prof. Dr. Álvaro de Oliveira D'Antona – FCA/UNICAMP

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertações/Teses e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Demografia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa dissertação, especialmente neste contexto de isolamento, foi fruto da contribuição de uma vasta rede. Agradeço primeiramente ao Niklas e à nossa gata, meu domicílio - Obrigado por aguentarem tanto tempo trancados comigo!

Agradeço ao Roberto pela orientação sempre gentil – que por hora perdeu em contato presencial, mas ganhou em memes na internet. Agradeço também aos outros membros da banca, Ojima e Álvaro, pelas inspirações intelectuais. Agradeço ao Daniel Hogan, que se fez presente na defesa por meio desta tríade de orientados seus.

Agradeço à Mari que me trouxe para a Unicamp o para ciências humanas. Agradeço à Kelly que me recebeu na Demografia, no grupo de População e Ambiente. Agradeço a minha coorte, pelo apoio nos primeiros e tortuosos passos na disciplina: Andrews, Bruna, Carlos, Leonardo, Paula, Paulo, Thais e Yeda. Agradeço a Joice, Zé Marcos e Coleta, que construíram minha base de demógrafo. Agradeço a Glaucia, Luciana, Everton e Rosana, que me formaram nas suas áreas específicas.

Agradeço à Tathi pela parceria nas publicações, e pelo crescimento metodológico que isto me proporcionou. Agradeço também aos colegas que também pesquisam relações socioambientais: Ramon, pelos conhecimentos compartilhados; e Clarissa, pela companhia nas reuniões do grupo.

Agradeço aos outros professores do programa com quem não tive aula, mas pude ter contato nas reuniões do programa: Alberto, Ana Silvia e Tirza. Agradeço ao corpo técnico do Núcleo de Estudos de População “Elza Berquó” – Nepo/Unicamp, sinto falta do convívio neste espaço. Agradeço especialmente à Adriana, que foi o meu primeiro contato com o Nepo, me entregando uma bibliografia e desejando boa sorte no processo seletivo.

Agradeço aos outros colegas, de coortes distintas, pelo convívio no Nepo e nos botecos, em especial a Luiza (e Vandão), Thiago, Camila, Vinicius, Gustavo, Sofia, Raíssa, Natália, Joice, Miguel, Matheus, Thais e lanca. E aos meus vizinhos, os amigos que a quarentena me deu: Guilherme, Mayara, Arthur, Alex, Rafael e Amanda. E aos amigos que queremos ver mais em breve: Alyne, Pedro, Dalton, Erick, Robin, Desi, Chris e Bea.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. A pandemia reforçou a necessidade do investimento em ciência. Meu agradecimento às agências de pesquisa que viabilizaram minha trajetória.

E por fim à minha família, que me possibilitou perseguir cada oportunidade que se colocou em meu caminho. Jorge, Regina, Gabriel e Ana, meu eterno obrigado. Sem vocês nada disso teria nem sequer começado!

“Ninguém pode entrar duas vezes no mesmo rio, pois quando nele se entra novamente, não se encontra as mesmas águas, e o próprio ser já se modificou”.

(Heráclito)

RESUMO

Projetos de transposição de água, embora remontem à Roma antiga, têm sido apresentados cada vez mais como solução à crescente demanda pelo recurso. Apesar da viabilidade técnica, a dimensão social tem, por vezes, sido negligenciada no processo decisório. A transposição entre bacias ainda altera o território, e antagoniza a unidade espacial da gestão integrada dos recursos hídricos. É analisado o caso da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro, uma espacialidade que conecta diversas regiões metropolitanas (RMs) a partir de obras de infraestrutura hídrica. A interdependência destas RMs de um mesmo sistema de abastecimento constitui uma espacialidade cada vez mais recorrente, e demanda mais estudos que analisem as consequências de tais arranjos para a população, principalmente as mais vulneráveis e que não usufruem de segurança hídrica satisfatória. A Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro, que conecta as águas das bacias do Paraíba do Sul e Piracicaba-Capivari-Jundiáí implica em mudanças no território hidrossocial, e impacta as condições de escassez do recurso que são construídas a partir de processos sociais, demográficos e espaciais. Esta dissertação se insere no debate sobre consumo, elemento de mediação nas relações entre População e Ambiente (P-A), e apresenta dados demográficos e estimativos de demanda de água dos municípios que compõem a área de estudo. A evolução dos processos de distribuição espacial da população e o aumento no uso de água concomitante configuram a espacialidade e as relações que podem gerar conflitos pelo uso do recurso. Muito embora o uso doméstico urbano seja proeminente, visto que a região estudada incorpora as duas maiores cidades brasileiras e assim muitos usuários, parte deste recurso é perdido no transporte pela rede. Foi conduzida uma investigação da relação entre esse importante estressor (as perdas de água) a elementos da distribuição da população como urbanização. As análises dos processos de mudança de uso e cobertura da terra e as dinâmicas demográficas que vêm sendo observadas, onde o número de domicílios cresce a uma taxa superior a população, demanda uma ampliação da rede. Consequentemente há um aumento nas perdas associado a uma rede mais extensa. A condição de segurança hídrica também foi analisada, a partir da construção de índices que incorporam dimensões diversas do saneamento. A forte escassez experienciada entre 2013 e 2015 impactou a segurança hídrica dos municípios da Hidromegalópole de forma distinta no decorrer do período e durante a posterior retomada. A análise destes elementos dá base para a discussão da gestão de águas numa escala regional, onde estruturas de infraestrutura hídrica conectam bacias distintas, e evidencia uma complexificação nos sistemas de abastecimento.

Palavras-chave: População; Abastecimento de água; Água – Consumo; Escassez.

ABSTRACT

Interbasin water transfer projects, although dating back to ancient Rome, have increasingly been presented as a solution to the growing demand for the resource. Despite their technical feasibility, the social dimension has at times been neglected in the decision-making process. The transposition between basins still alters the territory, and antagonizes the spatial unity of the integrated management of water resources. The case of the São Paulo-Rio de Janeiro hydromegalopolis is analyzed here. This spatiality connects several metropolitan regions (MRs) through water infrastructure projects. The interdependence of these MRs in the same supply system constitutes an increasingly prevalent spatiality, and demands further studies to analyze the consequences of such arrangements for the population, especially the most vulnerable and those who do not enjoy adequate water security. The São Paulo-Rio de Janeiro hydromegalopolis, which connects the waters of the Paraíba do Sul and Piracicaba-Capivari-Jundiaí basins, brings about changes in the hydrosocial territory, and impacts the conditions of scarcity of the resource that are shaped by social, demographic, and spatial processes. This thesis is inserted in the debate about consumption, an element of mediation in the relations between Population and Environment (P-A), and presents demographic data and estimates of water demand of the municipalities that make up the study area. The evolution of the processes of spatial distribution of the population and the concomitant increase in water use configure the spatiality and the relationships that can lead to conflicts over the use of the resource. Although urban domestic use is predominant, because the studied region comprises the two largest Brazilian cities and thus many consumers, part of this resource is lost in the transmission through the network. An investigation of the relationship between this important stressor (water losses) and elements of population distribution such as urbanization was conducted. The analysis of the processes of change in land use and coverage and the demographic dynamics that have been observed, where the number of households grows at a rate higher than the population, demand an expansion of the network. Consequently, there is an increase in losses associated with a more extensive network. In addition, the condition of water security was analyzed, using indicators that incorporate several dimensions of sanitation. The severe shortage experienced between 2013 and 2015 has impacted the water security of the municipalities of the Hydromegalopolis differently during the period and the subsequent recovery. The analysis of these elements provides a basis for the discussion of water management on a regional scale, where water infrastructure structures connect distinct basins, and highlights a complexification in supply systems.

Keywords: Population; Water supply; Water Consumption; Scarcity.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALAP	Associação Latino-Americana de População
ANA	Agência Nacional de Águas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
GIRH	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISAccess	Índice de Segurança de Acessibilidade
ISCob	Índice de Segurança de Cobertura
ISH	Índice de Segurança Hídrica
ISOf	Índice de Segurança de Oferta
ISQuali	Índice de Segurança de Qualidade
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RMBS	Região Metropolitana Baixada Santista
RMC	Região Metropolitana de Campinas
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RMS	Região Metropolitana de Sorocaba
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RMVPLN	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização da área de estudo	18
FIGURA 2 – População humana e sua relação com os ambientes natural e construído	24
FIGURA 3 – Marco conceitual população-ambiente	27
FIGURA 4 – Influência recíproca da concentração populacional e da transferência de água	43
FIGURA 5 – A Região Hidropolitana do México.....	47
FIGURA 6 – Representação Esquemática do Sistema da Cantareira	53
FIGURA 7 – Sistemas de abastecimento da RMSP, e suas ligações com a RMC e RMBS.....	54
FIGURA 8 – Volume mensal de água armazenado (em %) nos sistemas: A) Cantareira, B) Guarapiranga, e C) Alto Tietê, no período de 2010-2018.....	55
FIGURA 9 – Sistemas de abastecimento da RJ.....	58
FIGURA 10 – Representação Esquemática do Sistema do Paraíba do Sul	60
FIGURA 11 – Volume de água armazenado (em hm ³) nos reservatórios Santa Branca, Jaguari, Funil e Paraibuna do sistema Paraíba do Sul no período de 2014-2020	61
FIGURA 12 – Localização das bacias hidrográficas consideradas na composição da Hidromegalópole	62
FIGURA 13 – Variáveis do SNIS que compõem as dimensões analisadas	71
FIGURA 14 – Evolução da vazão do consumo de água por uso para os municípios não metropolitanos entre o ano de 1931 e 2030.....	79
FIGURA 15 – Evolução do consumo de água por uso para RMs do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente, entre o ano de 1931 e 2030.....	80
FIGURA 16 – Evolução do consumo de água por uso para a RMBS, RMC, RMS e RMVPLN, respectivamente, entre o ano de 1931 e 2030	81
FIGURA 17 – Mapas com (A) vazão de retirada e (B) consumo total por município em 2018	84
FIGURA 18 – Mapas com vazão de retirada da (A) agricultura e (B) indústria por município em 2018	86
FIGURA 19 – Mapas com vazão de retirada para o consumo humano por domicílio para os anos de 1991, 2000 e 2010.....	87
FIGURA 20 – Mapas representando as perdas estimadas por município para os anos 2000 e 2010	88
FIGURA 21 – Médias das perdas de água por domicílio, resultantes do teste ANOVA para os anos (A) 2000 e (B) 2010	91

FIGURA 22 – Índice de Segurança Hídrica (ISH) para os municípios da Hidromegalópole, em diferentes períodos.....	94
FIGURA 23 – Distribuições dos municípios da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro, por Índice de Segurança Hídrica (ISH), em diferentes períodos	95
FIGURA 24 – Distribuições dos municípios da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro (apenas municípios das regiões metropolitanas), por Índice de Segurança Hídrica (ISH) (2012 a 2018)	97
FIGURA 25 – Distribuições dos municípios da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro (exceto municípios das regiões metropolitanas), por Índice de Segurança Hídrica (ISH) (2012 a 2018)	98
FIGURA 26 – Painel de observações da segurança hídrica dos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro	100
FIGURA 27 – Painel de observações da segurança hídrica dos municípios de Campinas e Vinhedo	101
FIGURA 28 – Tarifa média de água para os municípios da Hidromegalópole, diversos anos	103

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 – Dados utilizados, por período, análise e fonte de origem	64
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Evolução do volume populacional, proporção relativa e crescimento das RMs e municípios não metropolitanos da Hidromegalópole, por situação de domicílio de 1970 a 2010	74
TABELA 2 – Evolução do número de domicílios, proporção relativa e crescimento nas RMs e municípios não metropolitanos da Hidromegalópole de 1991 a 2010.....	76
TABELA 3 – Número médio de pessoas por domicílio nas RMs da Hidromegalópole, para os anos 1991, 2000 e 2010.....	78

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1 – A DEMOGRAFIA E O USO DA ÁGUA	23
1.1 População, Consumo e Ambiente	23
1.2 Escassez Hidrossocial	30
1.3 Territórios das Águas, dos Humanos e o Hidrossocial.....	34
1.3.1 Regionalização dos Recursos Hídricos: Aspectos Naturais e Institucionais.....	34
1.3.2 A Dimensão Humana: Pessoas, Domicílios, Região Metropolitana, Região Hidropolitana.....	37
1.3.3 Hidromegalópole: Território Hidrossocial Regiões Hidropolitanas como Processos Conectados	41
CAPÍTULO 2 – ABORDAGEM METODOLÓGICA	50
2.1 Área de Estudo	50
2.2 Dados e Métodos	64
2.2.1 Dados Censitários e Limites Municipais.....	65
2.2.2 Consumo de Água por Setores.....	66
2.2.3 Uso e Cobertura da Terra	67
2.2.4 Variáveis do Sistema de Abastecimento.....	68
2.2.5 Construção do Índice de Segurança Hídrica.....	69
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.1 Crescimento Populacional.....	72
3.2 Usos de Água.....	78
3.2.1 Consumo de Água nas RMs da Hidromegalópole	78
3.1.2 Uso da Água por Município da Hidromegalópole	83
3.3 Análise de Regressão Espacial.....	87
3.4 Análises dos Indicadores de Segurança Hídrica	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS	108

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água nos grandes aglomerados urbanos tem sido respondida através de soluções técnicas; como por exemplo, a implementação de projetos de transferência de água entre bacias hidrográficas. Desta forma, novas regiões passam a ter dinâmicas hídricas interdependentes, definindo assim novas territorialidades, tal qual a intitulada “Hidromegalópole” (CARMO; ANAZAWA, 2017). Nota-se que essas novas definições contrapõem a unidade de gestão dos recursos hídricos definida no momento anterior à transposição de águas (NIEMANN, 2008). A transferência de águas não é uma solução nova. Pelo contrário, projetos de transferência de água foram implementados na Roma antiga (CARMO, 2002) e China (ELVIN, 1998). Mas projetos desse tipo têm sido apresentados cada vez mais como solução às crises hídricas (MCDONALD et al., 2014), e no Brasil existem também casos emblemáticos como a transposição do rio São Francisco (AB’SÁBER, 2006; CASTRO, 2011).

Este crescimento do consumo de água, gera uma configuração de interdependência regional sobre a disponibilidade de água, que afeta a vida de um amplo conjunto da população. As soluções apresentadas para o caso do abastecimento das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro têm se dado principalmente a partir da transposição de bacias hidrográficas. No entanto, essa solução tende a priorizar certos usos ou localidades de maneira desigual. Assim, a configuração do espaço modifica a relação de consumo que se estabelece entre as populações e o ambiente (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002).

As diferentes atividades econômicas (industriais, agrícolas, pecuária etc.) e as formas de organização socioespacial da população interferem na dinâmica pelo uso da água, especialmente frente contextos de conexão entre bacias que reforçam as conexões entre áreas e dinâmicas urbanas e rurais. Logo, este processo precisa ser entendido, a partir de uma perspectiva demográfica, e analisando o aumento da demanda por água associado a dinâmicas como: urbanização, desenvolvimento das atividades econômicas, e crescimento (populacional e domiciliar). Frente à escassez hídrica, as regiões adjacentes que contribuem para o abastecimento de água das

metrópoles também são impactadas. Com isso, a investigação proposta se dá no nível regional, já que a dinâmica do uso de água dos grandes centros cria relações de dependência para além dos limites urbanos via projetos de transposição de água.

Ao alterar as dinâmicas territoriais, a transposição de bacias também complexifica a gestão das águas. E, a tensão entre os usos de água dos diferentes setores econômicos e grupos populacionais desencadeia condições de escassez socialmente construídas, ou hidrossociais (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016; FACCENDINI, 2019). Neste processo onde dinâmicas econômicas e sociais distintas contribuem para a formação das espacialidades, pode-se lançar mão do conceito de territórios hidrossociais, que são recortes especiais definidas a partir dos usos da água e suas intensidades em escalas interconectadas (BOELEN et al., 2016).

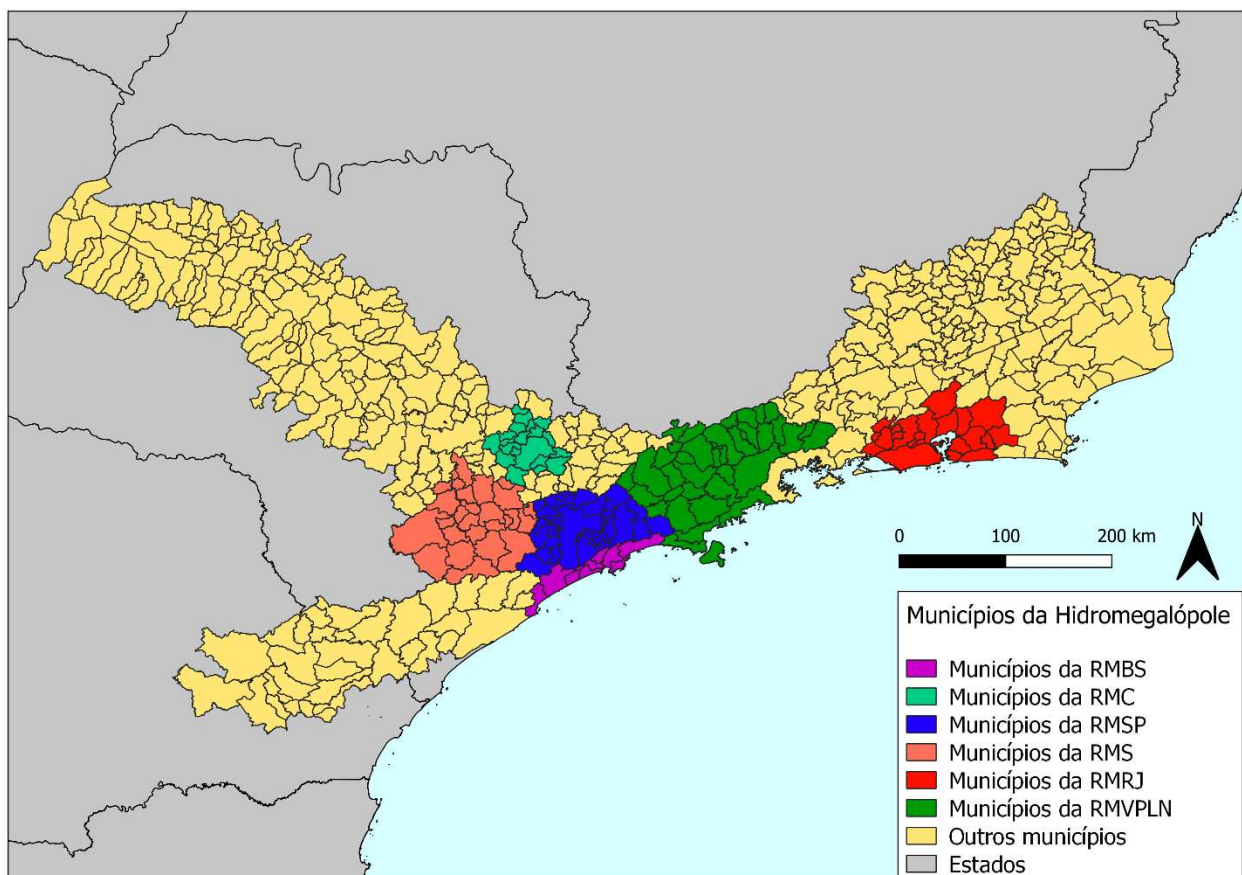
As principais perguntas que este trabalho se propõe a investigar são: Quais dinâmicas de consumo configuram o abastecimento de água no espaço da Hidromegalópole? Como a distribuição populacional implica em um aumento da demanda de água? A solução pela transposição de bacias responde ao problema de uma escassez que é socialmente construída?

Defende-se aqui a hipótese que o consumo de água se configura dentro do espaço e assim reflete as dinâmicas de uso do recurso, mediado por fatores demográficos, econômicos e políticos que se expressam em diferentes escalas (local, metropolitana, regional e global). A segunda hipótese é se a distribuição da população no espaço, e a conseqüente concentração e desconcentração da população, implicam em mudanças no consumo de água. À medida em que a população passa a ocupar o espaço de maneira mais dispersa, é demandada também a expansão da rede de infraestrutura. Isto pois, o modelo centralizado de sistemas de abastecimento de água, aumenta o comprimento da tubulação na medida em que a população se espalha pelo território. Assim, induzem-se maiores perdas totais de água nas redes. A terceira hipótese diz respeito à relação entre regiões e bacias que são incorporadas ao mesmo sistema de abastecimento. Mesmo que a transposição de bacias se apresente viável no momento de “crise”, a demanda também cresce nas áreas consumidoras interligadas, e com isso configuram-se cenários com crescente possibilidades de conflitos pelo uso da água.

O objetivo geral desta pesquisa é identificar, de forma mais ampla como as atividades econômicas nas diferentes escalas e as formas de organização socioespacial da população interferem na dinâmica pelo uso da água. Assim, as escalas regional e local se relacionam a partir dos fenômenos associados à água e configuram o “território hidrossocial” (BOELEN et al., 2016), dando luz a uma espacialidade definida pela conexão entre bacias.

Esta pesquisa faz uso de dados quantitativos e qualitativos de diversas fontes. O objeto de estudo, a Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro, é uma espacialidade que surge da conexão dos sistemas de abastecimento de água das duas maiores regiões metropolitanas do Brasil. A Figura 1 traz a localização da área de estudo, seu contorno e as Regiões Metropolitanas e municípios integrantes.

FIGURA 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE.

Os Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1970 a 2010 foram utilizados para obtenção de dados como o volume populacional e a condição de domicílio, separado entre rural e urbano. Para os anos de 1991, 2000 e 2010 foi utilizada também a informação tamanho médio dos domicílios. Tais elementos ajudam a compreender como a distribuição da população e das atividades econômicas exercidas se relacionam com o ambiente e, mais especificamente, com o uso da água. O consumo, seja direto ou indireto, é um importante fator na mediação entre população e ambiente, pois, os diferentes grupos e usos acessam os recursos de maneira distinta (HOGAN, 1993).

O tema consumo é sempre tangenciado pelos estudos que analisam a interface entre população e meio ambiente, até mesmo porque na grande maioria das vezes é o consumo – em especial de recursos hídricos e de terra através da análise da mudança da sua cobertura e uso em conexão com a urbanização, o avanço das fronteiras e o desmatamento – que serve como “gancho” ou conexão entre os dois temas (MELLO; HOGAN, 2007).

Assim, a análise é majoritariamente baseada nos dados de estimativa da demanda média anual por diferentes usos na série histórica 1931-2030 no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA). Essa informação do consumo de água é espacializada no nível municipal, buscando identificar pontos de maior pressão sobre o recurso, a partir de seus usos separados e combinados. A sobreposição entre os diferentes usos deve ser relativizada mediante outras características (demográficas, espaciais e referentes infraestrutura da rede) quando possível. Assim, buscou-se uma abordagem crítica ao pensamento malthusian¹, mas que levasse em consideração a importância do crescimento populacional especialmente nos processos de formação de grandes metrópoles² como São Paulo e Rio de Janeiro.

¹ O pensamento malthusiano relaciona população e ambiente ao propor que “sobrevivência humana estava ameaçada pelo crescimento populacional devido a uma hipotética escassez de alimentos” (DIÓGENES; OJIMA, 2020, p. 429).

² O texto de Costa (2012) define as relação entre os termos metrópole e região metropolitana: “A região metropolitana, versão institucional da metrópole, formada por um conjunto de municípios, traz consigo uma ambiguidade intrínseca: enquanto realidade socioterritorial, compreende um único conjunto urbano que funciona de forma articulada, por vezes desconhecendo fronteiras político-administrativas; e, enquanto representação política e de governo e estrutura de poder, corresponde a um conjunto de governos locais e autônomos” (COSTA, 2012, p. 113).

Os dados são investigados mediante análise descritiva dos dados classificados em histogramas e sua espacialização. São utilizadas variáveis prontas e outras foram construídas a partir de variáveis, como as perdas na rede. Esta pesquisa relaciona dados populacionais, dados sobre o uso setorial de água e dados sobre o sistema de abastecimento. Além disso, foi construído um índice de segurança hídrica, adaptado e atualizado de Anazawa (2017) para analisar as condições de consumo da população no momento anterior, durante e após a escassez hídrica de 2013 a 2015 no Sudeste brasileiro. Uma versão dessa discussão foi apresentada por Schmidt, Anazawa e Carmo (2021).

Os resultados indicam que medidas como a transferência de água podem não ser uma solução suficiente a longo prazo. As análises indicam que ao captar água de outras bacias para suprir o crescimento da demanda somente se transfere a pressão sobre o recurso para áreas mais distantes. Estas áreas também estão inseridas em suas próprias dinâmicas e desafios quanto ao uso da água, que terão de ser solucionados agora com uma oferta mais escassa deste recurso. Ainda, em momentos de escassez hídrica, ambas as regiões envolvidas podem enfrentar situação de estresse hídrico simultaneamente, aumentando o potencial de conflitos.

A dispersão urbana, associada ao modelo do sistema de abastecimento hídrico, gera grandes perdas na rede de distribuição. A solução a partir da transposição de bacias para as áreas de maior demanda, não resolve esta dimensão do problema, e especialmente em cenários de crise, parte substancial do recurso que deveria garantir o abastecimento humano é perdido. A transferência de água ainda perpetua desigualdades espaciais quanto aos sistemas de abastecimento, ao priorizar o investimento em infraestrutura em regiões onde a concentração populacional é maior, garantindo condições de crescimento e expansão (NIEMANN, 2008).

Os municípios-sede da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e a Região Metropolitana Rio de Janeiro (RMRJ) são os maiores consumidores, por uma grande margem, em diversos tipos de uso. Dessa forma, os municípios-sede se inserem historicamente em fluxos provenientes de dinâmicas da globalização, relacionados a ciclos produtivos agrícolas e industriais. Estes dois municípios têm sua formação espacial em resposta a esta cadeia global, aumentando seu volume

populacional ao ponto de formarem aglomerados urbanos de mais de 10 milhões de habitantes. As cidades formam diversos arranjos como Regiões Metropolitanas e a partir de relações com outras regiões, com fluxos de bens, serviços e gestão, e interagem também através do consumo de água.

A Hidromegalópole forma uma nova espacialidade com limites mais fluídos entre rural e urbano a partir das transposições de bacia. Esse trabalho toma como base o conceito apresentado por Carmo e Anazawa (2017), expandindo a área de estudo proposta pelos autores de modo a incorporar relações em níveis maiores de bacias hidrográficas. Com isso busca identificar tanto os efeitos sentidos a montante a partir da exploração de novos mananciais e quanto aqueles redistribuídos ao longo dos cursos dos rios, a jusante.

As transposições de bacia antagonizam os princípios da gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH) que têm como unidade principal e arena para o gerenciamento de conflitos a bacia hidrográfica (NIEMANN, 2008). Isso traz implicações para as pesquisas demográficas em ambiente e população porque é necessário incorporar duas áreas anteriormente não conectadas. Assim, esse recorte de um território hidrossocial visa evidenciar especificidades das regiões metropolitanas e municípios não metropolitanos, e como estas se integram na dinâmica de abastecimento de água e saneamento básico.

O presente trabalho compartilha da análise do processo de formação de uma espacialidade que conecta São Paulo e Rio de Janeiro por infraestrutura de recursos hídricos com trabalhos como os de Carmo e Anazawa (2017), Anazawa (2017) e Ribeiro (2018). Estes trabalhos tratam do processo de formação da espacialidade ao longo do tempo e, especialmente a conjuntura no período de escassez no sudeste brasileiro entre 2013 e 2015.

A análise aqui proposta remonta também elementos históricos dos sistemas de abastecimento das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Mas propõe uma análise no campo das relações entre População e Ambiente (P-A), mediados pelo consumo. A partir de novos dados de estimativa de usos por setor da Agência Nacional de Águas (ANA), foi possível analisar o processo de formação da Hidromegalópole a partir da demanda por água. Além disso, foram atualizados os

indicadores propostos por Anazawa (2017), para incorporar resultados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e verificar os efeitos durante a escassez mais acentuada e nos anos seguintes a ela.

A estrutura deste trabalho está dividida da seguinte forma: no Capítulo 1 são revisadas categorias fundamentais para a discussão demográfica sobre recursos hídricos. São tratados a relação População, Consumo e Ambiente, o conceito de escassez hidrossocial, e a formação do território da Hidromegalópole. No Capítulo 2 são apresentados aspectos metodológicos da pesquisa como a área de estudo, e os dados utilizados em mais profundidade. Estes incluem, além dos dados populacionais dos Censos, dados de consumo de água da Agência Nacional de Águas (ANA), dados cobertura da terra do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas³) e dados técnicos sobre o abastecimento do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Fundamentado nestes elementos, é construído um índice de segurança hídrica e determinado novas variáveis, como as perdas na rede. O Capítulo 3 apresenta na primeira seção a análise dos indicadores de segurança hídrica, para a investigação das condições durante o evento que viabiliza a formação do espaço da Hidromegalópole. Os dados utilizados, como os tipos de consumo e uso divididos por RMs e municípios não metropolitanos, são analisados a fim de determinar especificidades entre as RMs. São avaliadas também as perdas nas redes de abastecimento de água destes municípios por meio de testes estatísticos. A base de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento foi utilizada para estabelecer as perdas no abastecimento. Estas são relacionadas à desconcentração populacional, de modo a determinar se há relação entre estes fenômenos. Finalmente na conclusão é feita uma reflexão sobre as implicações desses achados.

³ Projeto MapBiomas - é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto encontra-se em <http://mapbiomas.org>.

CAPÍTULO 1 – A DEMOGRAFIA E O USO DA ÁGUA

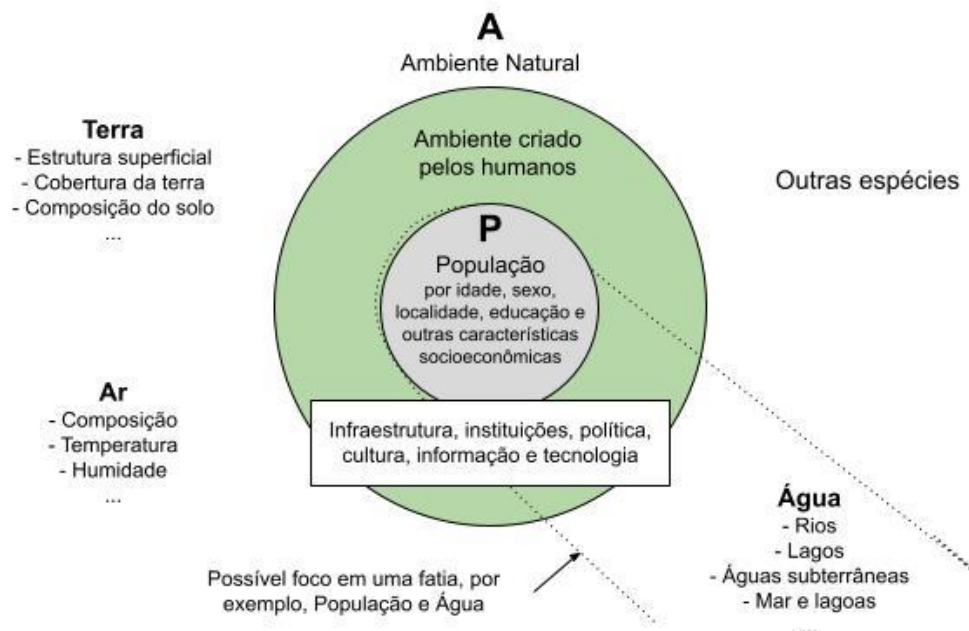
Neste capítulo é apresentada a revisão de literatura sobre os principais conceitos em relação aos fenômenos que configuram as relações entre população e água, assim como os elementos que se relacionam no espaço da Hidromegalópole. Serão desenvolvidos os elementos que fundamentam as relações de consumo, que permeiam essa intrínseca relação entre população e ambiente; a maneira como as populações sofrem com a falta de água; a evolução da forma urbana que é um estressor fundamental para o processo de formação do objeto desta pesquisa e as escalas que interagem na gestão dos recursos hídricos.

1.1 População, Consumo e Ambiente

A preocupação com o crescimento populacional e a pressão exercida no ambiente natural não é uma questão recente. Ela tem sido apresentada desde os primórdios da demografia, no início do século XIX, por Thomas Malthus e mais tarde em 1968 por Paul Ehrlich, com um tom também alarmista (LAM, 2011). Mais recentemente o debate tem evoluído levando ao entendimento de que as relações entre população e ambiente não se dão de forma linear, ou como sistemas autônomos e independentes (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002). Assim, além das simples correlações de variáveis demográficas, é essencial compreender como as diferentes populações, com sua diversidade cultural, econômica e ecológica, se apropriam e gerenciam os recursos naturais (HOGAN, 1993; DE SHERBININ et al., 2007).

Lutz, Prskawetz e Sanderson (2002) trazem uma representação que considera a população humana, circunscrita em sua totalidade no ambiente, na Figura 2. As pessoas são os agentes no ambiente, natural ou construído, pois são responsáveis por desenvolver atividades, tradições, culturas, conhecimento e infraestrutura que o modificam.

FIGURA 2 – População humana e sua relação com os ambientes natural e construído



Fonte: Adaptado de: Lutz; Prskawetz e Sanderson (2002).

O tamanho da população, e suas características sociodemográficas, como idade, sexo, local de residência, nível educacional e situação socioeconômica se encontram no menor círculo. Essa posição não deve, no entanto, ser interpretada como uma centralidade do homem, e sim para garantir o entendimento de que a espécie humana é parte integral do ambiente (SANTOS et al., 2017). Por sua vez, o ambiente não é simplesmente representado como um círculo de raio maior. A dimensão do ambiente natural é a totalidade, pois inclui desde os níveis de ozônio nas camadas mais distantes da atmosfera, até a disposição de resíduos sólidos na superfície terrestre (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002).

Enfatiza-se que as dinâmicas naturais englobam a população, e todas as atividades humanas (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002). Entre as dimensões do ambiente natural e a população, existe uma divisão intermediária, referente ao

ambiente construído pelos humanos. Este ambiente integra o natural, e é também o espaço onde se dão as relações de ordem social e coletiva, em suas diversidades culturais, políticas e institucionais. Deste modo, “[a]s interações entre a população humana e o meio ambiente natural vão em ambas as direções e, em ambos os casos, os impactos são mediados através da infraestrutura, desenvolvimento e instituições feitas pelo homem” (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002, p. 5). Assim, como mostrado no destaque e pontilhado na Figura 2, tem-se o recorte temático que estabelece a relação entre População e Água, mediadas por infraestruturas como a de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e instituições responsáveis pela gestão do serviço de abastecimento público, mas também as decisões políticas e outros diversos elementos mediadores.

Lutz, Prskawetz e Sanderson (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002, p. 5) justificam ainda a inserção da população no círculo do ambiente construído pelo homem, pois é onde se inserem as atividades econômicas e sociais, de modo que “não há população humana sem produção e consumo”. Apesar disso, Mello e Hogan (2007) apontam que a perspectiva demográfica sobre consumo é ainda incipiente frente à forte relação que desempenha. A dimensão do consumo é frequentemente a conexão entre população e ambiente, e os autores salientam especialmente os casos de consumo de recursos hídricos e de terra frente a processos como a urbanização, o avanço das fronteiras e o desmatamento (MELLO; HOGAN, 2007).

Especificamente em relação à água, é sabido que a urbanização e o desenvolvimento econômico aumentam o consumo per capita deste recurso (CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014; BELL, 2015) pelo setor doméstico, mas também pelas atividades dos setores agrícolas ou industriais. Porém também geram emprego e renda, tornando imprescindível a análise das relações entre População e Ambiente (P-A) a partir da mediação de fatores sociais, políticos e econômicos.

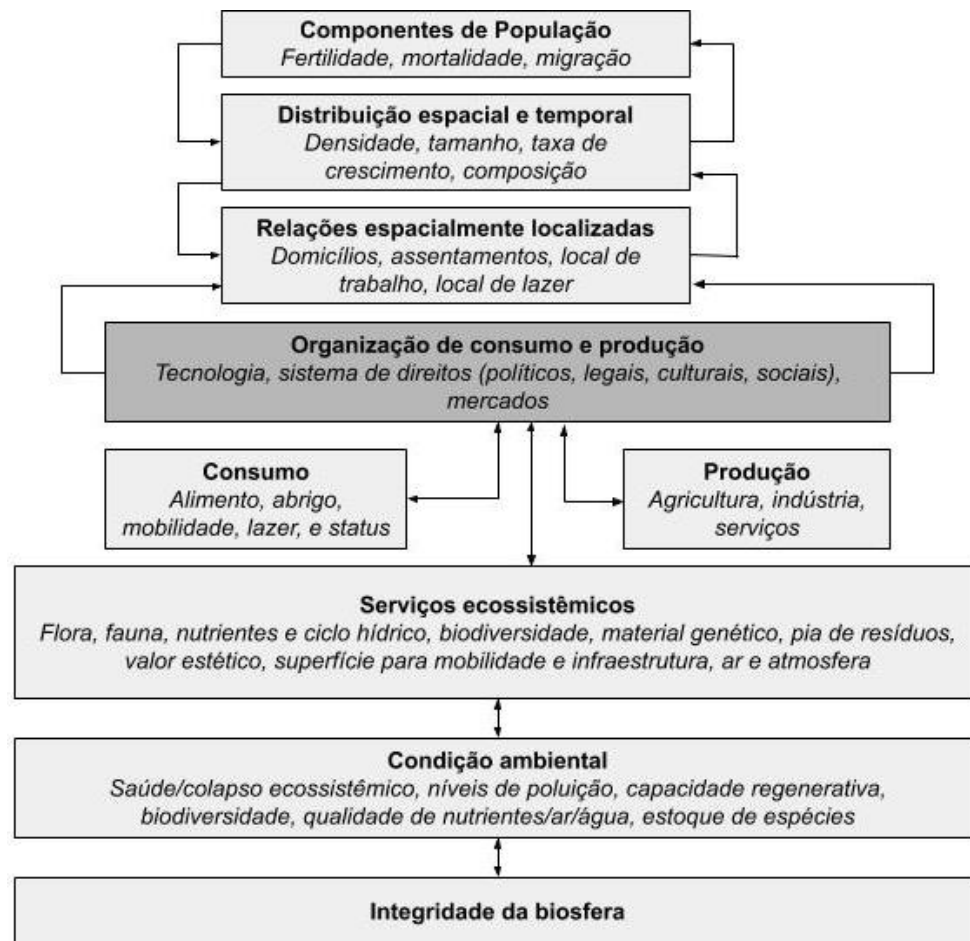
Houve um aumento de consumo de modo geral bastante significativo nos países do Sul Global ao longo do século XX. Porém as taxas de crescimento de consumo de água não acompanharam as taxas de crescimento médio anual da população no mesmo período. Apesar de que grande parte desse consumo pode ser atribuído ao acréscimo de atividades agrícolas que são os principais consumidores de

água no mundo, continua uma estreita relação com um consumo direto ou indireto de água por parte da população como um todo (HOGAN; MARANDOLA JR. JR.; OJIMA, 2010).

Hummel e colaboradores (2013) destacam que, usando esta lente teórica, as mudanças demográficas estão sistematicamente relacionadas com a questão da provisão de bens, recursos e serviços ambientais para a sociedade. O ponto de partida dos autores é a suposição de que o número de pessoas em uma determinada sociedade implica requisitos regulatórios para os sistemas de abastecimento, resultando em problemas socioecológicos. Entretanto, um argumento normativo central é que não é a dinâmica populacional e o número absoluto de habitantes que gera esses problemas, mas a capacidade adaptativa das estruturas de abastecimento para enfrentar as mudanças demográficas (HUMMEL et al., 2013).

Segundo Curran e De Sherbinin (2004) uma miríade de fatores influencia nessa dinâmica. Entendendo a relação oferta e demanda como mediador central dessa relação, os autores sugerem cinco categorias principais. Além dos fatores populacionais, são propostos fatores econômicos, de *marketing*, normas culturais e fatores relacionados a políticas e governança que, por sua vez, também se influenciam mutuamente. Do lado dos recursos naturais (terra, água, energia, minerais, florestas, biodiversidade e pesca), a mediação com os mercados se dá a partir dos chamados "serviços ambientais". Representam os usos múltiplos e específicos pelas populações como por exemplo a provisão de alimentos, saneamento, geração de eletricidade ou a produção de papel. Na Figura 3 são apresentados os elementos que se relacionam no marco conceitual P-A, evidenciando relações mais específicas entre os aspectos populacionais, espaciais e sociais que se relacionam ao ambiente, mediados pela organização do consumo e da produção.

FIGURA 3 – Marco conceitual população-ambiente



Fonte: Adaptado de: Curran e De Sherbinin (2004).

A influência da população nos serviços ambientais se dá pela organização do consumo e da produção, assim, determina-se a eficiência tecnológica de extração e uso dos recursos, como os regimes de direito mediam o acesso da alocação de recursos ambientais e como os mercados distribuem os serviços ambientais (CURRAN; DE SHERBININ, 2004). Os serviços ambientais são a dimensão que representam o uso de recursos pelos humanos, e as formas de consumo afetam, por conseguinte as próprias condições ambientais (CURRAN; DE SHERBININ, 2004).

[...] o consumo, sobretudo nos países em desenvolvimento, aumentou significativamente ao longo do século XX. Nesse período, as taxas de crescimento médio anual da população foram muito mais baixas do que as taxas de crescimento de consumo de água, por exemplo, no mesmo período. Mesmo que consideremos que grande parte desse consumo tenha se dado pelo acréscimo de atividades agrícolas (principais consumidores de água), não se deixa de ter uma estreita relação com um consumo direto ou indireto de água por parte da população como um todo” (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010, p. 38).

A organização do consumo, por sua vez se relaciona mutuamente com a produção, seja esta agrícola, industrial ou de serviços, mas também influencia e é influenciada por uma cadeia de elementos demográficos e espaciais. As principais variáveis populacionais (fecundidade, mortalidade e migração) se desdobram em padrões de distribuição da população e das relações sociais no tempo e espaço (CURRAN; DE SHERBININ, 2004).

Enquanto a pesquisa população-ambiente tem se concentrado principalmente em estudos de nível micro em economias rurais de subsistência, a agenda consumo-ambiental normalmente aborda padrões de consumo entre populações urbanas nas quais se supõe que a maioria dos recursos são importados de fora da área imediata em que o consumo está ocorrendo (CURRAN; DE SHERBININ, 2004).

Hummel e Lux (2005) elencam alguns elementos da dinâmica demográfica que agem sobre o consumo de água, como: volume populacional; tamanho do domicílio; número de domicílios e densidade populacional; e mudanças no padrão etário e estilos de vida. Lux (2008), adapta esta lista para incluir os efeitos produzidos pela suburbanização, além de analisar separadamente o número de domicílios e densidade populacional. Nestes dois artigos as autoras analisam principalmente os efeitos que a redução da população tem sobre a rede de abastecimento.

Enquanto os efeitos do envelhecimento populacional e diversificação dos estilos de vida ainda devem ser mais explorados (HUMMEL; LUX, 2005; LUX, 2008) os outros elementos listados apresentam relações mais diretas no impacto na demanda por água, evidenciando a relevância de fenômenos que relacionam a distribuição populacional do espaço sobre os recursos naturais. O volume populacional é a variável mais comumente utilizada para estimativas e projetos de abastecimento de água. Mas outros elementos demográficos, devem ser considerados como por exemplo, a

configuração e tamanho do domicílio que impactam no consumo de água, visto que domicílios menores são mais ineficientes no uso da água (HUMMEL; LUX, 2005). Isso se deve a economias de escala que, também no nível domiciliar fazem com que cada indivíduo adicional representa um acréscimo cada vez menor no consumo total. Cozinhar, lavar roupas e louças são exemplos de atividades que geralmente são organizados coletivamente em cada domicílio, diminuindo assim o consumo individual. Um crescimento no número total de domicílios pode intensificar esses efeitos de aumento relativo no consumo de água nos domicílios menores (LUX, 2008).

A suburbanização tende a aumentar o uso de água nas áreas periféricas ou adjacentes, e novos padrões de uso podem surgir, seja induzindo um aumento no volume ou por meio de soluções alternativas como o uso de cisternas para o uso de água da chuva atenuando este impacto (LUX, 2008). A queda da densidade populacional se relaciona a um aumento no consumo referentes a questões técnicas das redes, que demandam água para a limpeza da tubulação de água e esgoto, além da perda do potencial da economia de escala, desconcentrando o fornecimento de água (LUX, 2008).

Estes fatores relacionados a distribuição da população no espaço implicam em diferentes padrões na formação do espaço, assim, a distinção do local de residência entre rural e urbano também é um fator importante na maioria dos contextos que permeiam a relação entre População e Ambiente (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002). Os espaços rurais e urbanos diferem no consumo de água doméstico, a partir da organização espacial da população, mas as atividades econômicas também são distribuídas de maneiras distintas nos dois casos. As atividades agrícolas se concentram no espaço rural, enquanto a atividade industrial é mais concentrada nas áreas urbanas, muito embora o número de indústrias nas áreas rurais tenha crescido e aumentando a demanda em novos espaços (BOBERG, 2005). Em contrapartida, aponta-se a associação da produção de novos espaços urbano/metropolitano à ampliação do consumo como desafios do planejamento e regulação ambiental (COSTA, 2012).

Uma vez que os arranjos em que se inserem as populações urbanas têm as suas demandas por recursos, como água, alimento e energia, a mediação entre os

âmbitos social e natural são dadas através de sistemas de abastecimento (HUMMEL et al., 2008). A mediação entre usuários e recursos dentro dos sistemas de abastecimento inclui principalmente fatores de conhecimento, prática, instituições e tecnologia que devem ser considerados em análises de sistemas socioecológicos. Os ambientes hídricos são de natureza socio-física e construídos historicamente, tanto em termos da dimensão social, quanto da ambiental (SWYNGEDOUW, 2009).

1.2 Escassez Hidrossocial

A Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu o direito humano à água e ao saneamento, no ano de 2010, na Resolução 64/292 da Assembleia Geral e no Conselho dos Direitos Humanos (BROWN; NEVES-SILVA; HELLER, 2016). Declara-se o acesso à água segura e limpa e ao saneamento básico como um direito humano essencial para aproveitamento da vida (ONU, 2010), e fica determinado que direito à água e ao esgotamento sanitário, que seja acessível a todos, de qualidade aceitável e economicamente viável a todos, sem discriminação (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016).

Segundo a ONU Água (2013), as questões associadas a água se constituem em problemas multidimensionais e são um pré-requisito para alcançar a segurança humana, uma vez que esta é necessária para que outras seguranças sejam alcançadas. Isto inclui elementos como níveis de saúde e bem-estar adequado, ambiente seguro e saudável, e proteção e realização dos direitos fundamentais e liberdades básicas. Além disso, deve-se pensar também que as seguranças são alcançadas desde o acesso ao abastecimento de água do indivíduo até a partilha da gestão de águas transfronteiriças, sejam estas internacionais ou internas, mais ou menos porosas. A ONU passa a promover uma agenda que busca combater as desigualdades de acesso a serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, como entre populações rurais ou urbanas, ou diferenciais de renda (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016).

No Brasil, a universalização do acesso é destacada no artigo 2º da Lei Federal 11.445/2007 como principal fundamento dos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2007). No entanto, embora o 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e

Esgotos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) aponta que a cobertura total de abastecimento de água alcança 83,6% no país, o avanço é lento e de 2017 para 2018 o crescimento na cobertura foi de somente 0,1% (SNIS, 2019). Considerando a população urbana, o índice de cobertura em 2018 foi 0,2% menor quando comparado com relatório anterior (SNIS, 2019).

A Agência Nacional das Águas aponta que os serviços de saneamento brasileiros carecem especialmente de redes coletoras de esgoto, e o tratamento de efluentes sanitários é precário ou ausente. Assim evidencia-se mais um ponto crítico nas discussões sobre as águas no Brasil: o lançamento de esgotos nos trechos urbanizados dos rios (ANA, 2017). Segundo o último diagnóstico do SNIS, fica evidente que a cobertura nacional da rede de coleta e tratamento de esgotos ainda é inferior à de abastecimento de água. O atendimento total de redes de esgoto no país no ano de 2018 atingiu uma média de 53,2%, e desta parcela de esgoto que é coletada 74,5% recebe algum tratamento antes do seu lançamento (SNIS, 2019). Ao considerar todo o esgoto gerado, apenas 46,3% do total de esgotos sanitários de origem doméstica é tratado corretamente (SNIS, 2019).

O serviço de tratamento e abastecimento de água teve um crescimento muito maior que o de coleta e tratamento de esgoto neste período. Por um lado, a capacidade de investimentos em infraestrutura em um contexto de acelerado crescimento da população urbana, como ocorreu na América Latina ao longo dos anos de 1960, teve impactos dessa expansão desequilibrada; mas um dos aspectos econômicos envolvidos, e que favoreceram a ampliação do sistema de abastecimento de água em detrimento da coleta e tratamento de esgoto, é justamente a sua relação de consumo (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010).

O país ainda enfrenta grandes desafios no que diz respeito a garantir o direito à água em todo o seu território em contextos tão desiguais. No Brasil, a cobertura dos serviços de abastecimento de água apresenta diferenciais regionais importantes, onde as regiões Norte e Nordeste apresentam as menores taxas. O índice de abastecimento de água foi 57,1% para o total da região Norte e 69,6% considerando somente a população urbana, e os índices para a região Nordeste foram 74,2% e 88,7%, considerando respectivamente o total da população e a parcela urbana (SNIS, 2019). Estes dois casos são ainda mais emblemáticos, pois, estas regiões representam dois extremos naturais, onde a região Norte é que apresenta maior disponibilidade

hídrica e o Nordeste é onde a disponibilidade hídrica per capita é a menor do país. Mas, segundo Faccendini (2019), a ideia de que a escassez ocorre apenas como resultado de climas secos, áridos ou semiáridos é equivocada.

Quando situações precárias de acesso a água são atribuídas a causas naturais, outra realidade fica oculta, na qual os “recursos hídricos estão presentes, e o que falta são as ações políticas para os tornar acessíveis como um direito humano universal e um bem comum a todos os cidadãos” (FACCENDINI, 2019, p. 33). Segundo Costa (2012), o enfrentamento de escassez ou outros problemas relacionados aos bens naturais ganham destaque quando estes são atribuídos ao imponderável na forma dos chamados eventos extremos. Mas existem processos urbanos onde a natureza é desconsiderada, e as situações de vulnerabilidade são construídas por “práticas sedimentadas de exclusão e irresponsabilidade territorial” (COSTA, 2012, p. 112). Faccendini (2019) define, então, a “escassez social de água” como produto da combinação de fatores sociais e critérios de apropriação do recurso.

A recente escassez hídrica verificada entre 2013 e 2015 mostrou que as grandes metrópoles da região Sudeste do país apresentaram condições de vulnerabilidade à falta de água. Mostrou também que as instâncias de gestão não estavam preparadas para enfrentar a gravidade daquela situação. Os conflitos foram explicitados entre os diferentes usuários da água (residencial, industrial, agropecuária), e entre regiões (com maior e menor disponibilidade hídrica) (CARMO; ANAZAWA, 2017). O caso da estiagem que atingiu o Sudeste brasileiro entre 2013 e 2015, evidenciou ainda o papel central da gestão como mediador nesta relação (CARMO; ANAZAWA, 2017). Assim, as situações de crise têm sua raiz na omissão da administração pública, cuja responsabilidade social sobre a infraestrutura necessária para o acesso à água é assumida pelo Estado (FACCENDINI, 2019). Desta forma fica evidente o papel do Estado e dos atos políticos e sociais, na resposta à escassez.

Então entende-se que sociedades devem gerenciar a provisão de bens e serviços necessários para assegurar as necessidades básicas da sua população, bem como a qualidade de vida destas pessoas. Além de prover educação, saúde e transporte, é necessário alimento, água, moradia e energia, os quais dependem fortemente de uso e apropriação dos recursos naturais, como solo e corpos hídricos

(HUMMEL et al., 2008). Nesta dinâmica, a dimensão ambiental tem grande influência, visto que se deve assegurar a preservação dos recursos naturais de modo a garantir o abastecimento de bens e serviços dependentes, e garantir a reprodução da sociedade e seu desenvolvimento. Caso contrário, dada a importância social de um bem de consumo tão básico como a água, pode-se incorrer em problemas enquanto a segurança hídrica de tal magnitude que o ecossistema pode se tornar debilitado a ponto de colapsos de ordem não somente natural, mas também econômica e social (HUMMEL et al., 2008).

Nessa relação próxima onde sistemas humanos e hídricos se desenvolvem de maneira acoplada (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012), surgem novas abordagens interdisciplinares que destacam o fator humano ao analisar as relações ambientais que envolvem a água. A “socio-hidrologia” inclui os seres humanos e os *feedbacks* de suas ações sobre o ciclo da água com o objetivo de prever a dinâmica mútua entre ambos (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012). Swyngedouw (2004a, 2006, 2009) propõe o “ciclo hidrossocial”, onde a circulação da água se dá como um processo físico e social onde natureza e sociedade se mostram indissociáveis.

De forma similar Britto; Formiga-Johnsson e Carneiro (2016) afirmam que os processos de acesso e exclusão do recurso hídrico são construídos socialmente e historicamente. Assim a exclusão de certos grupos sociais em situações diversas de maior vulnerabilidade, inserida no “ciclo hidrossocial” (SWYNGEDOUW, 2004a), configura-se como uma “escassez hidrossocial” (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016). Pois a construção social do ciclo hidrológico implica então em considerar os elementos sazonalidade das chuvas, deterioração hidrológica, poluição, regras de distribuição, formas de aplicação da irrigação e organização social (VARGAS-VELÁZQUEZ, 2019) na composição dos cenários de escassez. A abordagem do ciclo hidrossocial estabelece as relações de poder visíveis num rearranjo de escalas buscando identificar quem exerce maior o controle da água através do controle da infraestrutura hídrica (VARGAS-VELÁZQUEZ, 2019).

Estas abordagens trazem a ação humana como elemento essencial para entender a dinâmica dos recursos hídricos. Mas, da mesma forma que não se podem atribuir as “crises” a fenômenos naturais, deve-se garantir que sejam levados em conta

não somente o volume populacional, mas também outros fatores que mediam as relações entre a população e o ambiente, pois, o abastecimento da população geralmente exige infraestrutura e tecnologia, seja devido à distância dos corpos hídricos ou por serem subterrâneos (FACCENDINI, 2019).

1.3 Territórios das Águas, dos Humanos e o Hidrossocial

Curran e De Sherbinin (2004) argumentam que, enquanto as lentes observacionais são expandidas a países, regiões ou nações, as relações entre população e ambiente ficam cada vez mais difusas. Esse é um princípio essencial para qualquer tentativa de observar processos em larga escala como proposto aqui. A implicação dessas observações é que indivíduos, famílias, comunidades e nações são conjuntos aninhados de relações sociais dentro de ecossistemas inter-relacionados. Clarificar a natureza, as condições e o caráter das ligações entre os níveis de análise são fundamentais para superar a imprecisão analítica (CURRAN; DE SHERBININ, 2004).

Para tanto, trata-se aqui de observar variados aspectos naturais, institucionais e os diferentes processos da regionalização dos recursos hídricos para pincelar a complexa questão das escalas interconectadas do estudo de caso da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro.

1.3.1 Regionalização dos Recursos Hídricos: Aspectos Naturais e Institucionais

As duas maiores RMs do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro, no decorrer dos seus respectivos processos de desenvolvimento, passaram a captar água para além dos limites de suas bacias hidrográficas. Contudo, após o intenso período de estiagem vivenciado no Sudeste entre 2013 e 2015, e a conseqüente crise na gestão dos sistemas de abastecimento de água da RMSP, a transposição entre as bacias é apresentada como solução para complementar o Sistema Cantareira. Assim, conectaram-se as duas maiores RMs brasileiras, demandando um esforço ainda maior para a gestão de dois sistemas de abastecimento de água já complexos e que agora se influenciam mutuamente de maneira ainda mais evidente (CARMO; ANAZAWA, 2017).

O desafio e descompasso na gestão não são apenas pelo fato de Estados distintos se conectarem, mas justamente por divisões territoriais administrativas serem estabelecidas distintamente das bacias hidrográficas, que têm sua configuração determinada a partir de características do relevo. Assim, essas unidades territoriais delimitadas pela natureza, segundo Hogan (1996, p. 162), são uma “escolha estratégica para observação e análise de relações sociodemográfico-ambientais”, pois, nesta espacialidade se manifestam os efeitos da atividade humana. Além disso, as atividades econômicas se apresentam com certa homogeneidade dentro desta unidade territorial (HOGAN, 1996). Outra questão é que no estado de São Paulo a Constituição Estadual de 1989 preconizava a adoção de uma regionalização a partir de bacias hidrográficas para a gestão das águas. O estado foi pioneiro, já que medida análoga só foi implementada nacionalmente em 1997, com a Lei Federal nº 9.433 que instituiu a Política Nacional Gerenciamento de Recursos Hídricos (CARMO, 1998).

Hogan (2005) aponta a necessidade de repensar a unidade apropriada de análise, de modo a incorporar as dinâmicas da natureza aos processos de organização social. Segundo Carmo (1998), a importância dos recursos hídricos para as atividades humanas torna clara a escolha das bacias como unidade de planejamento. “Essas maneiras diferenciadas de compreender e agir sobre o espaço físico exigem que se pense em novas formas de considerar o espaço, que sejam capazes de contemplar as duas dimensões: ambiental e político-administrativa” (CARMO, 1998, p. 80).

No Brasil, arranjos institucionais que visam observar as especificidades da região, em resposta ao crescimento do uso da água pelos diversos setores industriais, agrícolas, saneamento básico, energia, bem como o crescimento das cidades são instituídos os Comitês de Bacias Hidrográficas (MESQUITA, 2018). A Lei Águas (Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997) determina que os Comitês são “os órgãos públicos responsáveis por discutir e deliberar sobre os assuntos de interesse comum aos diversos usuários da água de uma bacia hidrográfica” (TRINDADE; SCHEIBE, 2019, p. 4), entes que visam promover a integração das comunidades locais a tomada de decisão (MESQUITA, 2018).

O principal instrumento de gestão dos comitês são os planos de bacias hidrográficas. Segundo levantamento por Trindade e Scheibe (2019) a Região sudeste

conta com melhores condições e atuação significativa, e apresentam melhor completude destes dispositivos. Especialmente os estados de São Paulo, que possui planos de bacias para todos os 21 comitês estaduais, e Rio de Janeiro, que possui planos para 8 dos 9 comitês (TRINDADE; SCHEIBE, 2019).

No entanto, as bacias cruzam limites estaduais, e níveis superiores não são considerados. É salientado o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) interestadual do Rio Paraíba do Sul, pois, é um esforço no sentido de vencer as barreiras administrativas e promover a coordenação entre sub-bacias integrantes de uma bacia maior, incluindo municípios de três estados distintos: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Posicionando a água como um direito humano, questiona-se sobre o acesso, as condições deste e a desigualdade e injustiça no acesso a ela e seus serviços básicos; a segurança hídrica; a qualidade da água; conflitos sociais relacionados ao recurso; política tarifária (CASTRO; HELLER; MORAIS, 2015). Esses apontamentos podem ser intensificados, dado um quadro de escassez hídrica. Dessa forma, ao pensar na água enquanto direito humano, as questões relacionadas à água devem ser contextualizadas junto ao conceito de segurança humana (ANAZAWA, 2017). O conceito mais amplo da segurança, após o foco limitado às questões estratégicas e militares, foi ampliado, com um direcionamento à segurança humana permitindo que a água possa ser entendida como um elo entre várias dimensões da segurança humana, tais como política, saúde, econômica, pessoal e meio ambiente (ZEITOUN, 2011).

Costa (2012, p. 119) destaca que para o planejamento urbano a introdução de debates em torno das águas urbanas trouxe novos desafios de olhar para "a cidade e o processo de urbanização a partir da água, reforçando a percepção de novas territorialidades" que estariam "ancoradas no conceito de bacia hidrográfica [...] exigindo outra ontologia de organização territorial e de intervenção pública". Seguindo essa perspectiva, a regionalização dos recursos no presente estudo de caso precisa ser entendida na sua interligação profunda com os processos de urbanização. Assim, podem-se relacionar os elementos populacionais e sociais, a dinâmica dentro das bacias hidrográficas e em diferentes níveis de bacias, numa dinâmica hidrossocial. Na sequência são apresentados os elementos relacionados as dinâmicas populacionais e formação do espaço, e como isso influencia o uso da água.

1.3.2 A Dimensão Humana: Pessoas, Domicílios, Região Metropolitana, Região Hidropolitana

Segundo Hogan, Marandola Jr. e Ojima (2010), existem outras duas escalas interessantes para as análises das dimensões populacionais dos problemas ambientais: as cidades e as regiões. Há apenas algumas décadas, as grandes aglomerações urbanas do mundo ficavam concentradas nos países do Norte Global, um cenário que vem se alterando recentemente com a emergência das maiores cidades no Sul Global (ONU-DESA, 2019). As regiões metropolitanas (RMs) de São Paulo e do Rio de Janeiro estão entre os exemplos latino-americanos desse processo de aglomeração vivenciado pelo Sul Global (ONU-DESA, 2019).

O mundo se torna cada vez mais urbanizado e que está passando por uma transição urbana. Com isso, não só mais pessoas vivem em cidades, mas também o tamanho médio das maiores cidades cresce. Em 1800, as cem maiores cidades do mundo tinham em média apenas 165.000 habitantes (MONTGOMERY et al., 2003). Essa média ultrapassou os 6 milhões já em 2000. O segmento superior da distribuição do tamanho das cidades é ocupado pelas megacidades, que são convencionalmente definidas como aglomerações com populações de 10 milhões ou mais de habitantes (MONTGOMERY et al., 2003). Entre 1960 e 1991 as grandes aglomerações urbanas se formaram no Brasil e tiveram suas maiores taxas de crescimento, além do crescimento do mercado de consumo pela modernização que trouxe situações insustentáveis para muitas localidades (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010).

A tendência de urbanização continua a ocorrer com maior intensidade em países da África e da Ásia, e menor no Brasil que já completou seu ciclo da transição urbana, e desde os anos 2000 é mais de 80% urbanizado (RIPSA, 2008). Este fenômeno é atribuído ao fato das cidades serem mais produtivas do que as áreas rurais desde o fenômeno da industrialização, sem mencionar que as cidades podem oferecer maior quantidade e diversidade de oportunidades, mesmo em países que têm uma forte economia agrícola, como o Brasil (MARTINE; MCGRANAHAN, 2010). Além disso, a industrialização aliada às forças de eficiência e produtividade presentes na economia de mercado e a concentração de terras continuam a reduzir a demanda por mão-de-obra nos setores agrícolas, podendo influenciar as pessoas a se deslocarem das áreas

rurais para as cidades. Esse rápido crescimento das cidades é um dos fatores que impõem desafios socioeconômicos em termos de prover empregos suficientes, e cria numerosos problemas urbanos que podem favorecer a desigualdade, acentuando ainda mais a própria taxa de desemprego e a pobreza (MARTINE; MCGRANAHAN, 2010; ZHANG, 2016).

Zhang (2016) aponta para a forte relação entre níveis de urbanização e degradação ambiental, especialmente em termos de água, o que pode ser atribuído à má gestão dos resíduos domésticos, efluentes industriais e outros resíduos que são despejados diretamente nos rios. Esses impactos vão muito além da própria área urbana, criando pressão sobre uso e ocupação do solo, alterando os padrões de precipitação, afetando a qualidade do ar e promovendo as mudanças climáticas. Além disso, uma intensa urbanização geralmente está associada à crescente população nas cidades, aumentando assim a demanda por água, não somente para o uso doméstico. Assim são requeridos maiores investimentos na infraestrutura sanitária e captação dos recursos hídricos (HOGAN, 1993). Frente a situações de escassez de água em muitas partes do mundo, e historicamente tem-se enfrentado este problema pela realização de obras públicas para o transporte de água por longas distâncias. No entanto, a complexidade da organização social e os conflitos causados pelo aumento da demanda ficam em evidência ao implementar soluções via transporte de água de uma região para outra (CARMO; ANAZAWA, 2017).

Em muitas cidades do mundo os sistemas urbanos de água e saneamento na sua configuração atual facilitam níveis altos de consumo de água (BELL, 2015). Carmo; Dagnino e Johansen (2014) observaram que existe uma correlação significativa entre o aumento da renda com o consumo de água, implicando que o desenvolvimento econômico das cidades pode levar a uma maior porcentagem da população com acesso à água potável, mas também que essa população pode contribuir para um aumento da tendência de consumo. Através do processo de urbanização, novos padrões de consumo e estilos de vida emergem dentro da própria cidade, portanto os governos locais devem promover padrões de consumo e produção responsáveis, não apenas para a água, mas para todos os recursos naturais para alcançar um desenvolvimento mais sustentável em termos econômicos, ambientais, físicos e sociais

(ZHANG, 2016). O crescimento das populações urbanas e o conseqüente crescimento do consumo per capita significam que muitas cidades estão violando os limites dos recursos hídricos disponíveis (BELL, 2015).

Segundo Hogan, Marandola Jr. e Ojima (2010), os grandes centros urbanos metropolitanos reproduzem e assimilam padrões de consumo globais. Ojima (2009, p. 43) ainda destaca que “o urbano se desenvolve com a dispersão do padrão de consumo”. Uma determinada condição social e espacial distinta se configurou nas aglomerações urbano-metropolitanas e se consolidou no final do século XX. Nesse processo a região se destaca sobre as dimensões econômicas locais (OJIMA, 2009).

Curran e De Sherbinin (2004) acrescentam que as pesquisas sobre o uso da terra e as mudanças de cobertura da terra podem contribuir para a literatura sobre consumo-ambiente desenvolvendo índices ou medidas de como determinadas coberturas de terra ou mudanças no uso da terra podem ser caracterizadas em termos de consumo de recursos. Seguindo essa linha, a presente pesquisa propõe o uso de ferramentas de geoprocessamento para espacializar as relações consumo-ambiente. A questão do espaço é pertinente também à metropolização, onde as dinâmicas demográficas definem processos de conurbação e expansão (COSTA, 2012) ou concentração desconcentrada. Nesse arranjo, os empreendimentos do setor imobiliário implicam em processos demográficos, e impactos ambientais associados (COSTA, 2012).

Ax reflexão sobre a dispersão urbana em termos de “expansão periférica dos polos tradicionais, principalmente por parte da população mais pobre em direção às áreas urbanas de menor valorização econômica” apresenta um ponto chave no entendimento da radicalização da transformação do tecido urbano das metrópoles brasileiras (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010, p. 43). Este processo inclui uma gama de outras dimensões da vida social, e portanto, “a cidade como espaço do consumo moderno é o local onde se expressam as principais transformações sociais e dos padrões de consumo” (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010, p. 43).

É discutido aqui como uma mudança nos padrões de consumo hídrico nas cidades poderia ser mais bem entendida por abordagens de modelagem. Lutz et al. (1994) desenvolveram modelos de população-desenvolvimento-ambiente de países em

desenvolvimento, e afirma que os modelos anteriores de uso e ocupação da terra que têm explorado prováveis cenários futuros de mudanças na cobertura de terra sob diversas suposições. Demógrafos e outros pesquisadores na área de população e ambiente poderiam contribuir para o desenvolvimento de modelos integrados com cenários explícitos de impacto ambiental fazendo uso do atual entendimento de famílias como unidades de consumo, tendências de renda e valores sociais, e pegadas ecológicas. De acordo com Lutz; Prskawetz e Sanderson (2002) abordagens mais dinâmicas de modelagem já estão sendo previstas, sendo necessário ainda uma maior atenção para uma gama mais ampla de resultados ambientais.

De acordo com Ojima (2009) está em curso uma segunda etapa da transição urbana no Brasil. Com os processos de dispersão urbana contemporâneos e uma ocupação de áreas cada vez maiores para ocupar um volume populacional cada vez menos intenso. Com isto há uma diminuição nas taxas de crescimento populacional. A ocupação das áreas urbanas cada vez mais extensas se deu não só pela expulsão de camadas sociais baixas (segregação socioespacial), mas também por uma dispersão mais geral de todas as camadas sociais sob uma nova orientação dos padrões de consumo. Os autores citam o exemplo dos condomínios e loteamentos fechados que ocupam áreas mais afastadas das áreas centrais.

Frente o acelerado crescimento da população urbana da América Latina ao longo dos anos 1960, o abastecimento de água se apresentou como desafio à gestão para a tomada de caminhos adequados ou sustentáveis (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010). Exemplo disso é a relação de consumo que intensificou o investimento e expansão no sistema de abastecimento de água em detrimento do sistema de esgotamento sanitário (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010).

A próxima sessão tratará do ciclo da água, que, nas discussões aqui citadas tem frequentemente priorizado os aspectos de abastecimento. No entanto, é argumentado aqui que os elementos do descarte são igualmente importantes. Essas relações vão implicar na disponibilidade de água em qualidade adequada para consumos a jusante, para diversos usos. Além de prejudicar a captação dentro de bacias altamente urbanizadas, como a do Tietê. Para isso, deve ser compatibilizar os fenômenos populacionais e urbanos e as atividades econômicas em suas escalas

municipais, metropolitanas e regionais com as escalas pertinentes aos fenômenos “naturais”, como um bioma, floresta, ou bacia hidrográfica.

1.3.3 Hidromegalópole: Território Hidrossocial Regiões Hidropolitanas como Processos Conectados

Sugere-se assim que a questão hídrica tem o potencial de analiticamente aproximar um recorte para discutir as interconexões entre diferentes escalas. O ciclo hidrossocial e a circulação da água devem ser vistos de múltiplas perspectivas, reconhecendo os múltiplos níveis de realidade, o contexto social histórico e atual, e devem ser tornadas visíveis e reconhecidos os resultados da gestão, pois os efeitos das ações e das decisões são inquestionavelmente refletidos no território (MACÍAS, 2019). A Hidromegalópole é uma conceitualização possível de descrever a complexa interconexão entre escalas no exemplo dos recursos hídricos (CARMO; ANAZAWA, 2017).

Para melhor entender as complexas dinâmicas do gerenciamento de recursos hídricos, é necessário analisar os marcos políticos e históricos dentro dos quais se desdobraram as decisões que levaram os sistemas a situações de escassez. Esse subcapítulo aborda uma breve evolução da ocupação do espaço das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, relacionando os processos que configuram Regiões Hidropolitanas (PERLÓ; GONZÁLEZ REYNOSO, 2009) a partir do seu próprio processo de formação ou definição de um território hidrossocial (BOELEN et al., 2016) constituídos da ligação de bacias por infraestrutura de uso da água. Essas abordagens que evidenciam as relações sociais e suas implicações com os bens naturais ajudam a configurar o espaço analítico definido como a Hidromegalópole.

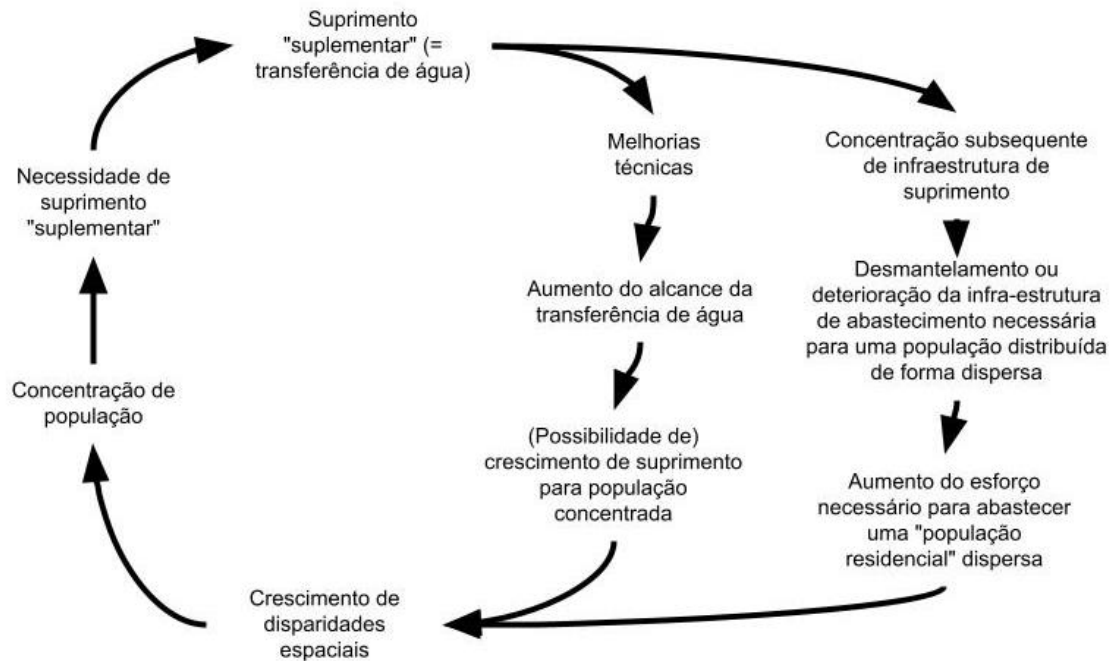
Meireles e Sanches (2018), analisam os principais atributos de uma megalópole encontrados na literatura. Dentre estes, três incorporam questões relacionadas ao saneamento, dos quais os dois primeiros estão relacionados ao sistema de coleta de resíduos urbanos, e ao sistema de reservatórios de água. O terceiro levanta a provisão de serviços públicos em um sentido mais amplo, como por exemplo água, eletricidade, internet, esgotos e coleta de lixo (MEIRELES; SANCHES, 2018). Tendo em vista a necessidade de provisão de água, segundo Niemann (2008, p.

108), “no futuro, os projetos de transferência de água em larga escala serão uma das mais importantes medidas tomadas para evitar estrangulamentos no abastecimento de água às megalópoles do mundo”.

As tendências nos padrões de consumo urbano de água, são determinadas por mudanças na concentração populacional, o uso per capita da água (CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014), alterações do clima, e retenção por serviços ecossistêmicos (DARREL JENERETTE; LARSEN, 2006), além de atividades econômicas e perdas nas redes (CARMO, 2002; BELL, 2015). Tais tendências têm levado à captação de recursos hídricos cada vez mais distantes (MCDONALD et al., 2014). McDonald e colaboradores (2014) analisaram o estresse hídrico de aglomerações urbanas de populações superiores a 750.000 habitantes analisadas pelo relatório *World Urbanization Prospects 2010* conduzido pela Divisão de População das Nações Unidas (ONU-DESA). Foi identificado que estes municípios, considerados grandes, juntos transportam 504 bilhões de litros de água por dia numa distância acumulada em torno de 27.000 km. E com a progressão da expansão urbana, prognosticada pelos relatórios analisados pelos autores, a extensão da infraestrutura urbana de água deve aumentar ainda mais (MCDONALD et al., 2014).

A demanda crescente de expansão da rede de abastecimento de água é fruto de uma concentração desconcentrada, pois são áreas que concentram grandes populações, mas atuam também processos de suburbanização que redistribui a população (LUX, 2008; HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010). Em grandes áreas urbanas o saldo do crescimento populacional pode não ser mais tão expressivo, mas em decorrência da queda de fecundidade as famílias tendem a ser menores e com isso os domicílios apresentam taxas de crescimento superiores. Então, para suprir a demanda, há uma reorganização territorial que pode induzir até mesmo a necessidade de implementação de novos sistemas que complementem o fornecimento de água (NIEMANN, 2008). A Figura 4, mostra a tendência pela qual as populações que não se encontram dentro dos centros urbanos seguem negligenciadas enquanto os sistemas de abastecimento direcionam esforços para a metrópole, gerando assim disparidades no espaço.

FIGURA 4 – Influência recíproca da concentração populacional e da transferência de água



Fonte: Adaptado: Niemann (2008).

A concentração populacional nas metrópoles, por sua vez, leva a uma demanda por melhorias técnicas gerando um potencial por sucessivos arranjos de transferência de água, o que proporciona os pré-requisitos técnicos para o abastecimento de uma população cada vez maior. Embora as qualidades ambientais (tanto sociais como físicas) possam ser melhoradas em alguns lugares e para algumas pessoas, isto leva frequentemente a uma deterioração das condições sociais e físicas em outros lugares. Os processos de mudança socioambiental nunca são, portanto, social ou ecologicamente neutros (SWYNGEDOUW, 2009).

A transposição, em última instância, expande a área da região hidropolitana. Assim, o crescimento das desigualdades espaciais apontados no quadro teórico proposto por Niemann (NIEMANN, 2008), ainda crescem em abrangência, pois, outras bacias e as populações que nelas residem também passam a integrar esta dinâmica. Segundo Costa (2012), os processos de periferização reforçam a lógica metropolitana na medida em que os municípios que possuem infraestrutura mais precária e terra mais barata, favorecendo o crescimento populacional. Da mesma forma, estes são os municípios que sofrem maior pressão por desregulação ambiental ou por equipamentos

metropolitanos indesejáveis, mostrando como a produção do espaço atende a interesses mercantis e transpõe limites territoriais (COSTA, 2012).

No entanto, a complexidade da organização social e os conflitos causados pelo aumento da demanda tornaram cada vez mais difícil a solução a partir de transporte de água de uma região para outra (CARMO, 2002). Isto pois, regiões e bacias adjacentes podem participar de dinâmicas similares, ou seja, também sofrem aumento na sua demanda com o avanço da urbanização e desenvolvimento das atividades econômicas (CARMO, 2002), e especialmente nos momentos de estiagem a escassez pode atingir ambas as áreas simultaneamente.

Para analisar a dinâmica decorrente das transferências de bacia, devem-se então considerar também processos que ocorrem nas diversas escalas relacionadas. Assim, da mesma forma os diversos níveis de bacia, onde as maiores se agrupam compõe novas espacialidades. Os municípios se agrupam em regiões, metropolitanas ou não, e internamente se dividem em áreas urbanas e rurais. Estes por sua vez integram contíguos e voltam a se relacionar em escalas mais altas. Ainda, todos estes processos se relacionam com cadeias globais e nacionais. Por isso, a questão da escala é essencial para compreensão deste fenômeno. Um ponto importante é que as escalas não são dadas, mas sim estabelecidas, e politicamente construídas a partir da dinâmica hídrica e social (SWYNGEDOUW, 2009). Com esta abordagem pode-se incorporar a maior fluidez aos processos que ultrapassam diferentes limites naturais, administrativos e sociais.

O planejamento ambiental trouxe novos recortes de atuação, não limitados somente aos limites administrativos, mas considerando características físico-geográficas e biológicos no espaço (COSTA, 2012). Assim, a bacia se coloca como unidade de análise, planejamento e intervenção, suscitando relação e debate com o planejamento urbano e metropolitano (COSTA, 2012). No caso da água, os processos de territorialização são ligados sistemas de governança que divergem (BOELENS et al., 2016).

Um dos desafios chave do campo é a ligação de estudos em diferentes escalas para ter uma imagem completa das interações entre População e Ambiente (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002). Ambas as forças na escala do

comportamento individual e comunitário, acumuladas nos impactos nacionais de um lado e mudanças globais como as mudanças climáticas afetam as vidas de comunidades e indivíduos. No entanto, o nível nacional sempre continua desempenhando um papel fundamental por causa dos mecanismos institucionais, econômicos e políticos que operam nele (LUTZ; PRSKAWETZ; SANDERSON, 2002).

Tais reivindicações sobre a necessidade de integração multiescalar têm se materializado cada vez mais, como mostra o exemplo da Hidromegalópole. A discussão sobre esta nova espacialidade tem foco em população e recursos hídricos, resultado da junção física a partir da transposição de águas envolvendo duas megacidades brasileiras, São Paulo e Rio de Janeiro, como a solução apresentada para enfrentar as crises hídricas cada vez mais frequentes. A Hidromegalópole é uma nova espacialidade proposta a partir da ligação entre os sistemas de abastecimento de água que servem as duas megacidades, conectando fisicamente os dois maiores centros urbanos brasileiros, bem como outras regiões metropolitanas do estado de São Paulo (CARMO; ANAZAWA, 2017; RIBEIRO, 2018).

No estado de São Paulo, a dinâmica decorrente do processo de expansão urbana e econômica do estado, aumentou a pressão sobre a rede de abastecimento, especialmente nas bacias mais densamente urbanizadas da capital e da região de Campinas. Desde o início da década de 1960, a RMSP enfrentava crises de abastecimento nos períodos de seca, e a partir deste cenário a solução apresentada foi o projeto iniciado entre 1967-68 que desvia águas dos rios Atibaia e Jaguari para o sistema Cantareira (OJIMA, 2003).

Além de São Paulo, outro caso emblemático na perspectiva da gestão de recursos hídricos é a Cidade do México. Hernández (2015), realizou um estudo comparativo entre Cidade do México e São Paulo para analisar as relações que permeiam a expansão dos sistemas hídricos das duas cidades latino-americanas. Para isto, Hernández (2015) utiliza o conceito de Região Hidropolitana (RHP) desenvolvido por Perló e González Reynoso (2009), em que a Cidade do México enfrenta um paradigma hidráulico e opta por resolver a escassez através da importação de bacias vizinhas o que drena água em excesso para proteger assim a Cidade do México de inundações. Essa região hidropolitana incorpora bacias, estados, municípios e

comunidades localizadas nas encostas do Oceano Pacífico e do Golfo do México que foram artificialmente unidas por obras de infraestrutura hídrica (PERLÓ; GONZÁLEZ REYNOSO, 2009). A Figura 5 traz o mapa da RHP da Cidade do México e os sistemas que integram essa dinâmica são sinalizados como flechas azuis para os sistemas de abastecimento e amarelo, laranja, e vermelho para os sistemas de drenagem.

O caso brasileiro se distingue da Cidade do México, pois, a transposição em questão conecta os sistemas de abastecimento de água da RMSP e RMRJ e configura uma região mais ampla e de caráter policêntrico. Essa configuração remete à ideia inicial da megalópole proposta por Gottmann (1957) que se estabelece a partir da urbanização, ao longo da costa nordeste dos Estados Unidos, criando um contíguo espacial de Boston a Washington. Gottmann (1957) atribui o fenômeno em parte ao tamanho dos seus principais núcleos urbanos, Nova Iorque e Filadélfia, onde os processos de expansão urbana preencheram os espaços entre as cidades maiores.

Os territórios das águas, embora sejam frequentemente considerados naturais, são construídos historicamente relacionando elementos sociais, tecnológicos e naturais (BOELEN et al., 2016). Boelens e colaboradores (2016) conceituam, então, o "território hidrossocial", concepção de uma espacialidade multiescalar onde a gestão da bacia hidrográfica, fluxos de água, sistemas de uso da água e ciclos hidrológicos são mediados por estruturas de governança e intervenções humanas que entrelaçam o biofísico, o tecnológico, o social e o político. Estes territórios estão interagindo com outros territórios em escalas administrativas, culturais, jurídicas, hidrológicas e organizativas, distintas (BOELEN et al., 2016).

Essas relações se redefinem em termos de extensão, relevância, e suas conexões, e rompem então com as noções de hierarquia das diversas escalas (SWYNGEDOUW, 2004b). Para tanto, compreende-se o recorte como parte de um espaço maior onde continuidades e rupturas operam, e a articulação das escalas traz a compreensão do fenômeno a partir das diversas relações que o criam a partir das tensões, disputas e os conflitos (PIRES DO RIO, 2019).

FIGURA 5 – A Região Hidropolítana do México



Fonte: Perló e González Reynoso (2009).

A partir destas reflexões, o conceito da Hidromegalópole que forma a base metodológica dessa discussão foi cunhado por Carmo e Anazawa (CARMO; ANAZAWA, 2017). Neste trabalho, os autores iniciam a discussão sobre uma nova espacialidade com foco em população e recursos hídricos, resultado da junção física a partir da transposição de águas das duas megacidades brasileiras, São Paulo e Rio de Janeiro, como a solução apresentada para enfrentar as crises hídricas cada vez mais frequentes. Pensando no caso da escassez hídrica do Sudeste brasileiro entre 2014 e 2015, foi proposta uma nova conexão nos sistemas de abastecimento de água da RMSP pela transposição de águas da bacia do rio Paraíba do Sul (represa Jaguari) para a bacia Piracicaba-Capivari-Jundiaí (represa Atibainha) (CARMO; ANAZAWA, 2017). Assim, fica previsto uma nova expansão da infraestrutura de abastecimento hídrico da RMSP, anexando no território hídrico da Grande São Paulo a parte da região hídrica da RMRJ.

Dentro do caso proposto, a RMSP incorpora novos territórios para o seu próprio abastecimento de água, sendo o mais recente configurado pela a transposição de águas da bacia do rio Paraíba do Sul (represa Jaguari) para a bacia Piracicaba-Capivari-Jundiaí (represa Atibainha) (CARMO; ANAZAWA, 2017). Influenciando assim a dinâmica da bacia do Paraíba do Sul, onde o sistema já servia como “produtor de água” para a RMRJ. A conexão, que se dá a partir dos recursos hídricos, onde as Regiões Hidropolitanas, ou seja, diferentes regiões hidrológicas, conectadas com base em transferências de água para seu abastecimento e descarga de águas residuais (PERLÓ; GONZÁLEZ REYNOSO, 2009), de São Paulo e do Rio de Janeiro se expandem e reconfiguram o espaço.

As políticas de água estão subordinadas às necessidades, demandas que existem e surgiram nas áreas irrigadas e em grandes zonas urbanas-industriais, e entre estes, especialmente os interesses das grandes cidades, particularmente as que se tornaram grandes polos de concentração populacional (VARGAS-VELÁZQUEZ, 2019). Assim, ao incorporar a RMSP e RMRJ, as únicas duas maiores RMs brasileiras, a espacialidade policêntrica, materializa um protótipo de aglomerado urbano, como a megalópole descrita nos anos 1950 por Gottmann (GOTTMANN, 1957). Dessa forma, a região é batizada de Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro (CARMO; ANAZAWA, 2017).

A Hidromegalópole consiste em um sistema integrado por bacias hidrográficas, regiões metropolitanas e municípios. Essas delimitações não necessariamente coincidem com as delimitações político-administrativas dos municípios e das regiões metropolitanas. A falta de correspondência espacial, territorial e de gestão de uma bacia hidrográfica (“natural”) e uma região metropolitana (“administrativa”) pode potencializar problemas em um dado contexto de escassez hídrica. Entender o funcionamento desse sistema hídrico e suas interligações é de fundamental importância para discutir também o impacto deste sobre uma população heterogênea, com diferentes padrões de consumo, responsável por metade do PIB do país e que ocupa espaços diferenciados, mas que utilizam um mesmo recurso fundamental: a água (ANAZAWA, 2017, p. 89).

Muitos outros olhares já conectavam as regiões metropolitanas no estado de São Paulo, como no caso da Macrometrópole Paulista (RICHTER; JACOBI, 2018). Essa definição territorial, pensada também sobre a ótica dos recursos hídricos, corresponde à porção do estado de São Paulo da Hidromegarregião Rio de Janeiro-

São Paulo (RIBEIRO, 2018), que é definida também a partir da autorização de uma nova transposição do Vale do Paraíba para o sistema Cantareira. Este trabalho parte da definição de Hidromegalópole de Carmo e Anazawa (2017), mas investiga uma região composta de um número maior de municípios. Assim, leva em conta as relações que se estabelecem entre as RMs como no recorte original, mas a expande para incorporar dinâmicas do ciclo da água em maiores áreas de bacia hidrográfica. É preciso cada vez mais incorporar dinâmicas que avançam os limites dos municípios, e configuram novas espacialidades. Assim, podem se levar em conta processos de diferentes escalas. E esta visão é extremamente rica e vantajosa para as questões ambientais, pois as escalas desses sistemas também não são correspondentes aos limites municipais, ou aos limites do sistema de saneamento, especialmente quando estes passam a incorporar diferentes bacias na mesma dinâmica.

Neste capítulo foram então estabelecidas a relação não linear entre população e ambiente por meio do consumo dos recursos hídricos. Foi argumentado que a mediação dessa relação pelo consumo precisa ser entendida principalmente como processo social e político e por tanto como tarefa do estado. Esse processo se expressa de forma peculiar no caso da Hidromegalópole em qual fica evidente a organização social nas diferentes escalas que contribui para a formação do espaço, em que a privação de serviços ambientais é construída a partir da perpetuação de desigualdades sociais. A Hidromegalópole, constitui-se em um território hidrossocial, ou seja, “espaços social, natural e politicamente constituídos que são (re)criados através das interações entre práticas humanas, fluxos de água, tecnologias hidráulicas, elementos biofísicos, estruturas socioeconômicas e instituições culturais-políticas” (BOELEN et al., 2016, p. 1). No Capítulo 2 será abordada a metodologia aplicada a este problema com uma descrição mais detalhada do estudo de caso, os dados e as variáveis usadas para a análise e a proposta de um índice de segurança hídrica.

CAPÍTULO 2 – ABORDAGEM METODOLÓGICA

A metodologia utilizada nesse estudo parte da construção de uma espacialidade configurada pelos sistemas de transporte de água, sejam projetos de transposição feitos pelo homem ou as dinâmicas naturais dos corpos hídricos nas bacias. Isto responde ao problema da falta de um recorte espacial para analisar de forma consolidada as interações população ambiente no caso dos recursos hídricos e os espaços urbanos, visto que novas conexões expandem o território hidrossocial e configuram novos conflitos. O caso é construído a partir de uma transposição que conecta as suas duas maiores cidades, São Paulo e Rio de Janeiro, a fim de verificar os processos em que transcende unidades espaciais administrativas como o município, o estado ou o comitê de bacia, e apresentado na sequência. Neste capítulo ainda serão apresentados os dados utilizados e os métodos de análise.

2.1 Área de Estudo

A determinação da área de estudo parte do entendimento do território hidrossocial (BOELEN et al., 2016) como um processo. Assim, leva-se em consideração o caráter policêntrico da espacialidade, como na megalópole (GOTTMANN, 1957), e a relação com ciclo hidrossocial. Portanto a construção da Hidromegalópole parte dos maiores aglomerados urbanos incluídos na dinâmica, São Paulo e Rio de Janeiro.

A cidade de São Paulo hoje é a segunda maior cidade da América Latina e uma megacidade em qualquer definição. Mesmo que a história de São Paulo tenha elementos únicos, ela pode servir de exemplo para as mudanças em curso nas cidades do mundo inteiro. Em 1890, quando o Rio de Janeiro podia ostentar uma população de mais de meio milhão de habitantes, apenas 65.000 pessoas viviam em São Paulo. Foram as melhorias na agricultura – o cultivo de café difundido na região – que inauguraram a primeira era de prosperidade de São Paulo. No início dos anos 1900 a manufatura havia se estabelecido na cidade, principalmente em conexão com o processamento e a comercialização do café (MONTGOMERY et al., 2003). Embora São

Paulo tenha crescido em um ritmo mais acelerado do que o Rio de Janeiro, ambas cidades continuaram se desenvolvendo, inclusive além dos limites municipais admirativos e hoje são sedes das duas maiores RMs brasileiras.

No decorrer da primeira metade do século XX a capital paulista se consolidava nos seus papéis de centralidade tanto econômica quanto demográfica. A região que mais tarde viria a ser a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), em 1940 já somava mais de 21% da população e 64% do Valor da Transformação Industrial de todo o estado (CUNHA, 2015). A partir da segunda metade do século, a industrialização passou a ganhar uma dimensão ainda maior, com o desenvolvimento impulsionado pelo colapso dos preços mundiais do café, o que levou os grandes proprietários de terras e os grandes empreendedores a procurarem formas de diversificação (MONTGOMERY et al., 2003). No ano de 1956 foi implantado o Plano de Metas, considerado por Cunha (2015) um “divisor de águas” que possibilitou grandes mudanças na estrutura industrial do país e promoveu a indústria de bens de produção na RMSP (CUNHA, 2015).

Em 1950 São Paulo assume, então, sua posição atual como o principal centro industrial do Brasil. A industrialização acelerou-se ainda mais, estimulada pela estratégia governamental de substituição de importações e pela construção de um sistema de transporte que tornou a cidade um ponto central. A taxa de crescimento populacional da cidade nesta época foi bastante expressiva (MONTGOMERY et al., 2003). Para além do município São Paulo, algumas zonas da Região do Grande ABC⁴, também se beneficiaram do investimento viário e foram responsáveis por receber parte da indústria, diversificando e intensificando suas atividades produtivas (CUNHA, 2015). Com isso, a expansão urbana se consolida, redistribuindo a mão de obra no espaço da RMSP e ao mesmo tempo iniciando o processo de periferização da população (CUNHA, 2015).

Na década de 1950, São Paulo era uma das áreas metropolitanas que mais cresciam no mundo (MONTGOMERY et al., 2003). A região metropolitana (RMSP) foi decretada em 1967 (Decreto SP 47.863) e se constitui, além do município-polo, de mais 38 municípios que ocupam 3,24% do território do estado (7.947 km²) e, de acordo com

⁴ Santo André (A), São Bernardo do Campo (B) e São Caetano do Sul (C).

os dados do último Censo Demográfico em 2010, abrange 47,7% da sua população (CUNHA; D'OTTAVIANO, 2018).

Os processos de expansão das áreas urbanizadas na RMSP seguem padrões distintos para a população de renda mais alta, que se encontra na porção oeste da metrópole, e a população que se encontra em áreas irregulares, dentro da área de proteção das represas Billings e Guarapiranga, região entre os municípios de São Paulo, Diadema, São Bernardo do Campo e Santo André (CUNHA; D'OTTAVIANO, 2018). Mas não é somente por meio da ocupação de áreas de mananciais que a dinâmica urbana interfere no sistema de abastecimento. Pois, concomitante ao processo de expansão urbana, a rede de abastecimento de São Paulo, especialmente nas bacias mais densamente urbanizadas da capital e da região de Campinas, dá sinais de insuficiência para atender a demanda hídrica a várias décadas (OJIMA, 2003).

A RMSP enfrentava crises de abastecimento nos períodos de seca desde o início da década de 1960, e a partir deste cenário a solução apresentada foi o projeto iniciado entre 1967-68 que desvia águas dos rios Atibaia e Jaguari para o sistema Cantareira (OJIMA, 2003). O sistema Cantareira é representado na Figura 6, onde pode-se observar o perfil topográfico e as conexões entre as seis represas que compõem o sistema.

O sistema tem crescido em anos subsequentes, fazendo dele um arranjo de engenharia muito complexo, que transporta a água por 80 km por gravidade ao longo dos reservatórios Jaguari-Jacaréí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro até a estação de tratamento. Em seguida é elevado até o reservatório de Águas Claras, e então a água continua por gravidade até a Estação de Tratamento de Água de Guaraú, que, com uma capacidade de produção de 33 m³/s, abastece metade da população da RMSP (SOUZA FILHO et al., 2018). Na RMSP, o sistema é responsável pela provisão de água das porções norte, central, e parte do leste e oeste da capital paulista, além de fornecer também para os municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Osasco, Carapicuíba e São Caetano do Sul, além de parte de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André, totalizando o atendimento a cerca de 8,8 milhões de pessoas (CARMO; JOHANSEN; ANAZAWA, 2014).

FIGURA 6 – Representação Esquemática do Sistema da Cantareira

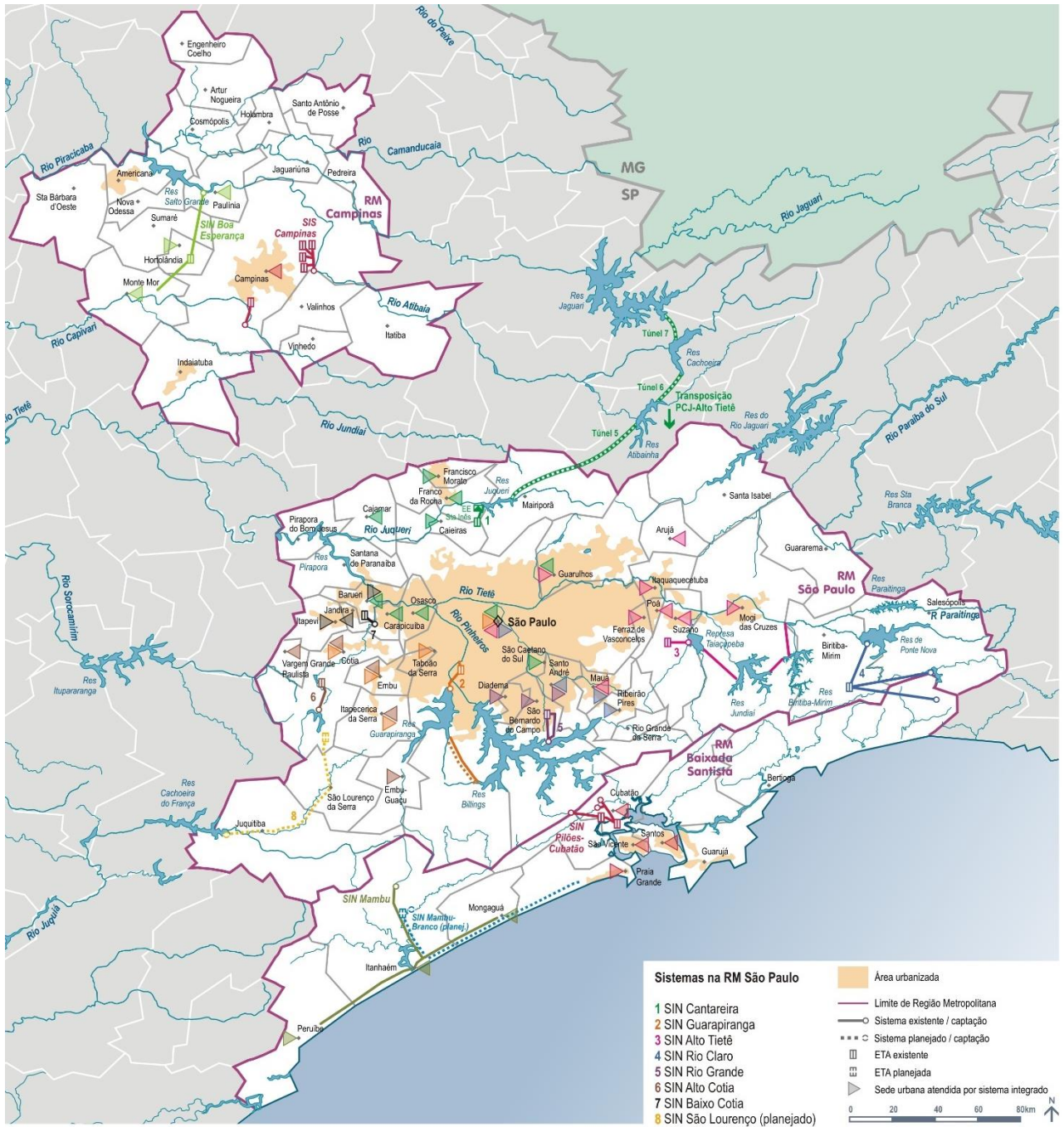


Fonte: Sabesp (2021a).

O abastecimento da RMSP conta atualmente com oito sistemas: Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê, Rio Grande, Rio Claro, Alto Cotia, Baixo Cotia e São Lourenço (ANA, 2010). Os sistemas de abastecimento que servem a RMSP, bem como as ligações existentes na rede hídrica com outras RMs do estado, a RM de Campinas (RMC) e a da Baixada Santista (RMBS) estão representadas na Figura 7.

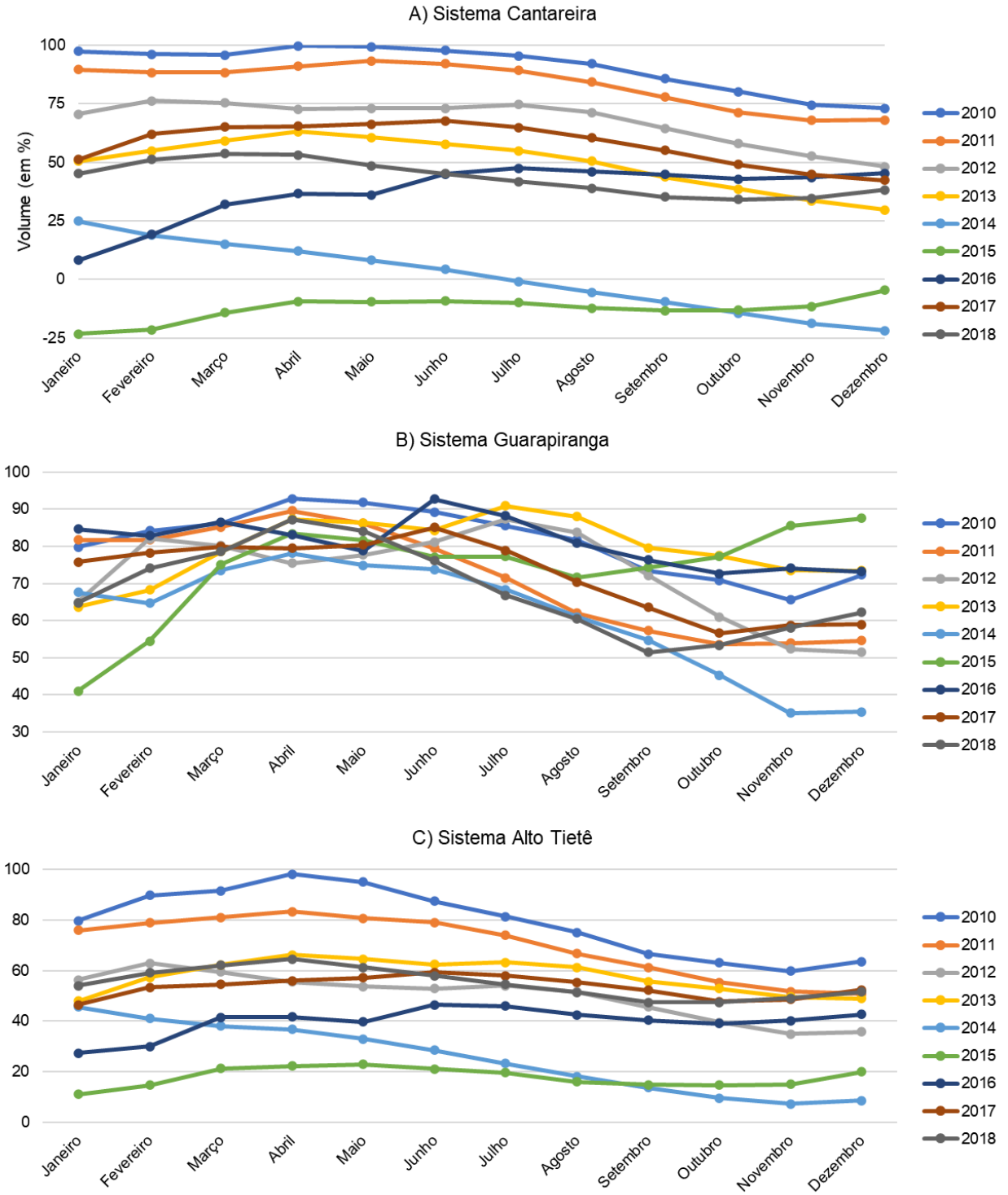
O sistema da Cantareira é o maior dos sistemas de abastecimento da RMSP. Já os sistemas Guarapiranga e Alto Tietê têm uma capacidade de produção de água tratada de 15 m³/s cada e somados ao sistema Cantareira são responsáveis por aproximadamente 85% da vazão, fazendo que a provisão de água dependa majoritariamente destes sistemas (SOUZA FILHO et al., 2018). Na Figura 8 são apresentados os volumes médios mensais armazenados nos reservatórios destes três principais sistemas de abastecimento, durante o período entre os anos de 2010 e 2018.

FIGURA 7 – Sistemas de abastecimento da RMSP, e suas ligações com a RMC e RMBS



Fonte: ANA (2010).

FIGURA 8 – Volume mensal de água armazenado (em %) nos sistemas: A) Cantareira, B) Guarapiranga, e C) Alto Tietê, no período de 2010-2018



Fonte dos dados: Sabesp (2021b).

O comportamento dos gráficos aponta que todos os reservatórios sofreram com a estiagem de 2013-2015, onde são observados os menores volumes de reservatório, embora as proporções sejam distintas. Na Figura 8.B é possível verificar que o volume do sistema Guarapiranga, localizado na porção sudoeste da RMSP, começa a diminuir em outubro de 2014 e as menores médias foram as observadas nos dois meses seguintes, novembro e dezembro, mas em março de 2015 os valores já estavam acima de 70%. Já a Figura 8.C, referente ao sistema do Alto Tietê, aponta um período mais prolongado de escassez hídrica, com queda dos níveis dos reservatórios no início de 2014, durante todo o ano de 2015 e até o mês de março de 2016, quando o volume médio era novamente superior a 40%.

No sistema Cantareira, o comportamento observado (Figura 8.A) é similar ao do Alto Tietê, mas ainda mais prolongado, pois no final de dezembro de 2013 já operava próximo de 25%, e somente a partir de meados de 2016 volta a operar próximo de 50%. A situação do sistema Cantareira se apresentou bastante crítica, pois, só volta a operar acima dos 50% em 2017, mas já no ano seguinte apresenta queda e os volumes médios foram inferiores em todos os meses de 2018. Essa tendência se manteve, e no final de 2020 os valores observados foram os menores desde 2015 (SP1, 2020).

A RMRJ, por sua vez, tem uma população metropolitana de 11.835.708 (IBGE, 2010) habitantes distribuída em 19 municípios, concentra 74% da população do Estado do Rio de Janeiro e é hoje a segunda maior conurbação do Brasil, a terceira na América do Sul. Seu crescimento depois da época de capital se deu muito em função da industrialização e suburbanização ao longo dos corredores de transporte e em conjunto com parques industriais como o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) no Leste da Baixada Fluminense (IPEA, 2015).

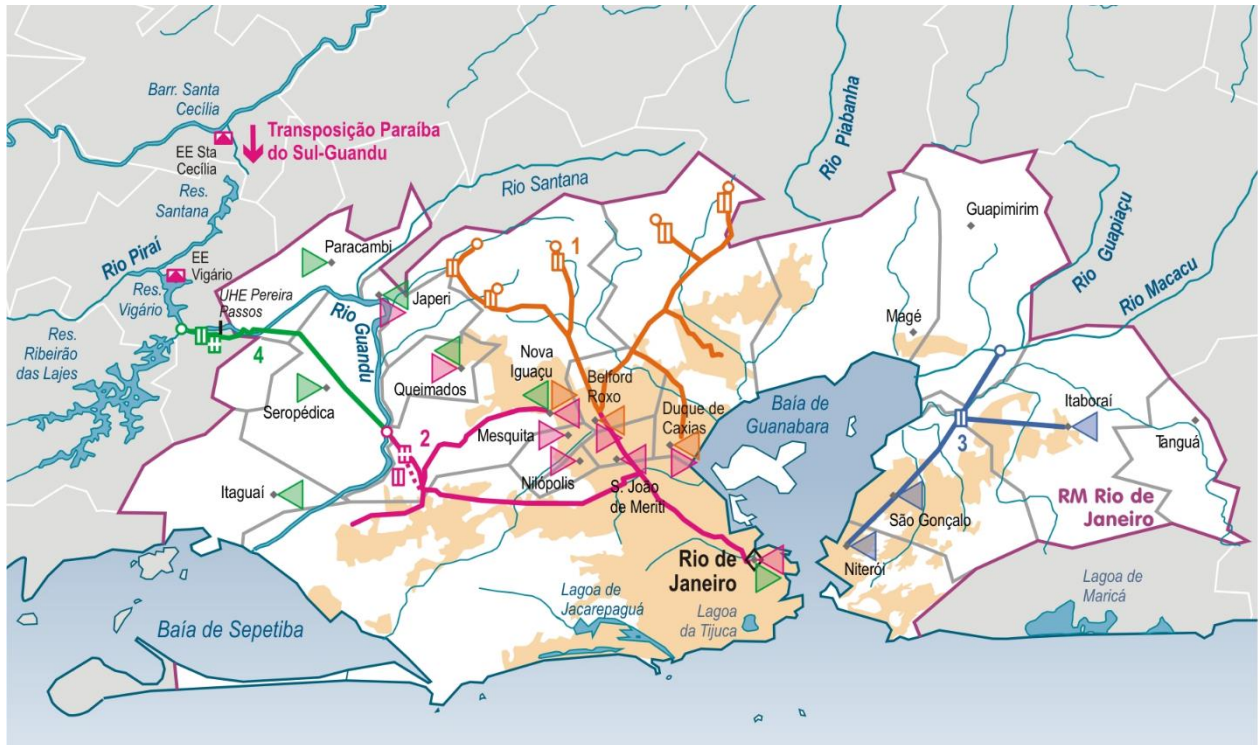
As condições hídricas desta região metropolitana são descritas na literatura como muito díspares, já que têm sido enfrentados desafios de abastecimento em certas áreas da RMRJ (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016). Essas também levaram os tomadores de decisão à construção de obras de transposição de bacias. A região ainda não conta com universalização dos serviços de saneamento e a situação de abastecimento fica precária em alguns dos municípios. Os autores (BRITTO;

FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016) exemplificam casos como Duque de Caxias, que tem racionamento de água 3-4 dias por semana, e Itaboraí, que conta com grande crescimento populacional recente, de acordo com o IBGE (2010), o percentual de população atendida era de apenas 27% em 2010, deixando grande parte do município atendido pelo Sistema Autônomo de Água e Esgoto. Esse apresenta uma situação precária, funcionando com base em poços artesianos e captações em mananciais superficiais locais com águas sem nenhum tipo de tratamento (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016).

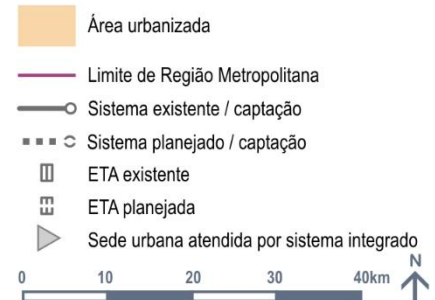
Para dar conta da provisão, a RMRJ conta com dois macrossistemas para suprir a maioria da sua água potável: o Sistema Imunana-Laranjal para o leste metropolitano e o Sistema Guandu-Lajes-Acari na parte oeste. Os sistemas são descritos em seguida, e sua configuração pode ser observada na Figura 9.

Operado pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), o Sistema Imunana-Laranjal atende aos municípios de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí e a Ilha de Paquetá desde o final de 1999, com uma população urbana total de 1.701.973 habitantes (IBGE, 2010). A captação do Sistema ocorre pelo Canal de Imunana, em Guapimirim, que é alimentado pelas bacias hidrográficas dos rios Macacu e Guapi-Açu. A ETA do sistema Laranjal tem uma capacidade máxima para tratar a vazão de 7.000 l/s. Além de Niterói, que recebe dessa ETA uma vazão de 1.800 l/s pela concessionária Águas de Niterói, todos os demais municípios são atendidos diretamente pela CEDAE. No entanto, mesmo sendo um sistema menor e desconectado do resto do abastecimento RM, o sistema Imunana-Laranjal não produz uma vazão suficiente para atender a demanda atual tornando necessária a ampliação da produção de água em 4.700 l/s (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016).

FIGURA 9 – Sistemas de abastecimento da RJ



- 1 SIN Acari
- 2 SIN Guandu
- 3 SIN Imunana-Laranjal
- 4 SIN Ribeirão das Lajes



Fonte: ANA (2010).

O sistema de Ribeirão das Lajes entrou em operação em 1940 captando água de Lajes e são transportadas para o reservatório do Pedregulho, em Benfica, no município do Rio de Janeiro. As águas deste sistema não se misturam com as águas provenientes da transposição do rio Paraíba do Sul, pois abastecem porções distintas da RMRJ (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016).

O Sistema Acari, inaugurado em 1909, foi originalmente construído para atender a antiga capital. Possui cinco linhas que captam água na Serra do Tinguá. A

infraestrutura teve grande importância para amenizar problemas de abastecimento da cidade na época de sua construção (RITTA, 2009). Com uma vazão de 1,9 m³/s, hoje sua área de influência fica limitada às regiões próximas das captações em Nova Iguaçu e Duque de Caxias, abastecendo somente algumas áreas no município de Belford Roxo (INEA, 2014). Graças à sua origem de mananciais preservados em áreas de Mata Atlântica, as águas do sistema passam apenas por uma desinfecção. Em diversos pontos suas águas se misturam com as da ETA Guandu, mostrando aqui novamente a grande complexidade do sistema de abastecimento da Baixada Fluminense.

O oeste metropolitano é suprido pelos sistemas Guandu, Lajes e Acari, que formam uma interligação sistêmica complexa. As adutoras transportam a vazão total de 5.500 l/s abastecendo parte dos municípios de Paracambi (104,50 l/s), Seropédica (319 l/s), Queimados (44 l/s), Japeri (154 l/s), Nova Iguaçu (38,50 l/s), Rio de Janeiro (4.510 l/s) e Itaguaí (330 l/s). Cerca de 8 km após a ETA Guandu, as adutoras do Sistema de Ribeirão das Lajes se interligam às adutoras de água tratada do Sistema Guandu formando um único sistema (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016).

O Rio Guandu, que nas suas condições naturais era um rio de pequeno porte, tornou-se um rio volumoso após a transposição das águas dos rios Paraíba do Sul e Piraí, na década de 1950, inicialmente com o objetivo de produzir energia elétrica e para uso industrial. Hoje abastece a maior parte da população da RMRJ. A ETA Guandu localizada no município de Nova Iguaçu, trata e distribui uma vazão de 45.000 l/s e a partir dela conta com dois subsistemas: Marapicu e Lameirão para a Zona Oeste e Zona Norte assim como para a Baixada Fluminense (vazão máxima de 15.100 l/s) em partes existem interligações entre esses subsistemas e o sistema Acari. Do subsistema Lameirão a água é desviada através de vários sistemas de transposição, abastecendo ao longo dos seus 33 km, os bairros da Zona Oeste, Zona Norte, Centro e Zona Sul, além do município de Nilópolis na Baixada Fluminense (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016). A ETA Guandu tem alta dependência do sistema do Paraíba do Sul, visto que a estação de tratamento recebe em média 43.000 l/s de água para o tratamento, valor bastante próximo da capacidade total de fornecimento da ETA (ANA, 2017). A Figura 10 traz a representação do sistema do Paraíba do Sul e sua conexão com a bacia do rio Guandú.

FIGURA 10 – Representação Esquemática do Sistema do Paraíba do Sul

SISTEMA HIDRÁULICO DO PARAÍBA DO SUL

SISTEMA EQUIVALENTE

Volume útil total: 4.342 milhões de m³

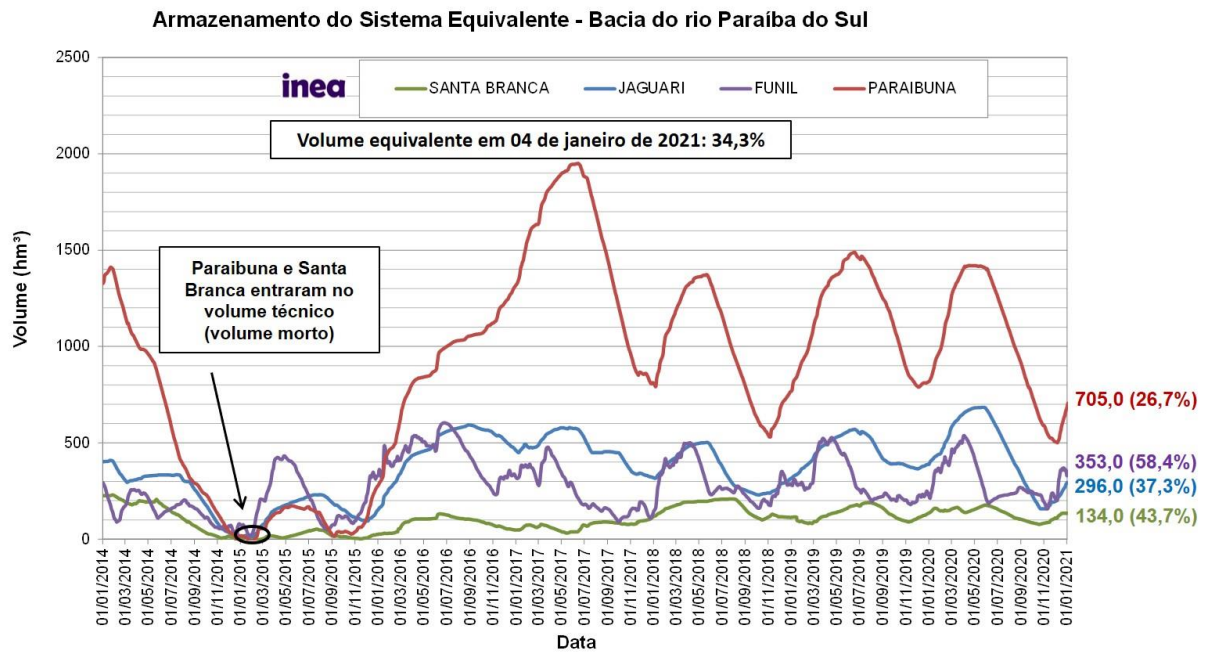
-  Represa Federal
-  Represa Estadual
-  Túnel
-  Rios da União
-  Rios Estaduais



Fonte: ANA (2017).

Os níveis dos reservatórios do sistema do Paraíba do Sul para o período de 2014 até o final de 2020 estão representados na Figura 11. Os reservatórios de Paraibuna e Santa Branca chegaram a operar abaixo de seus níveis mínimos operacionais, utilizando o volume morto no início de 2015 (ANA, 2017; INEA, 2021). Na atualização do dia 1 de janeiro de 2021, o sistema opera com um volume útil inferior a 35% do total.

FIGURA 11 – Volume de água armazenado (em hm³) nos reservatórios Santa Branca, Jaguari, Funil e Paraibuna do sistema Paraíba do Sul no período de 2014-2020



Fonte: INEA (2021).

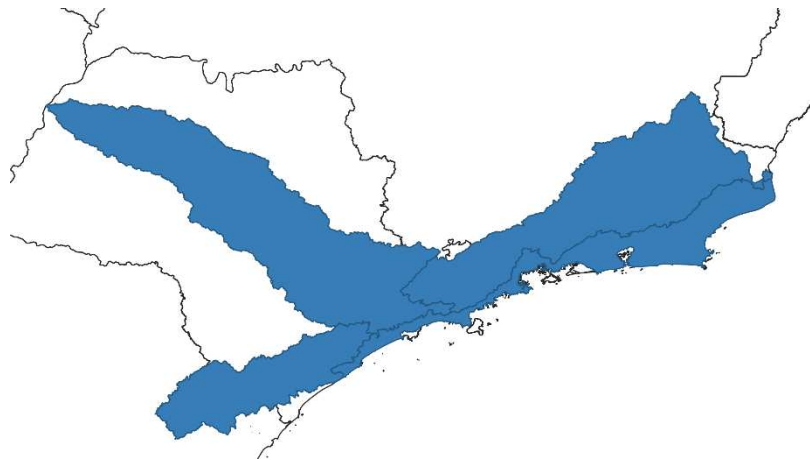
Após uma contextualização das RMs de SP e RJ e seus conjuntos de interligações de recursos hídricos, este trabalho apresenta como área de estudo a Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro. Este recorte evidencia as interligações e conexões entre municípios, não somente em termos da questão física (as transposições de água e seus sistemas), mas também os processos de gestão dos recursos hídricos.

A definição da espacialidade da Hidromegalópole consiste na incorporação das diversas escalas em que as relações entre a população e as dinâmicas dos recursos hídricos se relacionam. O presente trabalho parte da área de estudo originalmente proposto e visa incorporar níveis de bacia maiores para englobar não somente o lado do abastecimento, como proposto também por outros autores (RIBEIRO, 2018; RICHTER; JACOBI, 2018), mas também aspectos de saneamento no território hídrico. Além das conexões do sistema de abastecimento de água, por meio de infraestrutura, consideram-se as bacias hidrográficas como espaço natural das águas. Por este motivo a Hidromegalópole foi construída a partir da seleção de bacias

hidrográficas que além de incorporar a totalidade dos municípios das RMSP e RMRJ, sejam grandes o suficiente para dar luz a fenômenos hídricos mais amplos.

A bacia do Vale do Paraíba, que conecta São Paulo e Rio de Janeiro pelos recursos hídricos é também gerida por um comitê de bacia interestadual. A abrangência desse comitê pode ser representada por uma bacia Ottocodificada de nível 4. A Ottocodificação é um método de classificação de bacias hidrográficas que considera o número de contribuintes de cada corpo hídrico e foi instituído oficialmente para codificação das bacias brasileiras pela Resolução nº 30/2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (ANA, 2013). Como esse comitê, tem um papel e responsabilidades importantes na dinâmica regional, foram selecionadas ao todo as quatro bacias de mesmo nível, como mostradas na Figura 12.

FIGURA 12 – Localização das bacias hidrográficas consideradas na composição da Hidromegalópole



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANA.

Foram incluídas mais bacias, de modo a incorporar todas que incluam algum município das duas regiões metropolitanas principais. Estas, quando continham um município sede de outra RM, esta RM foi incorporada integralmente no estudo, dando luz à escala regional em que se estabelece a dinâmica metropolitana e sua interação com os bens naturais. Por esse critério foram incluídos os dois municípios de Itapetininga e São Miguel Arcanjo para incluir a totalidade da Região Metropolitana de Sorocaba, cujo município sede está situada dentro da bacia selecionada.

A conexão entre a RMSP e RMRJ foi autorizada, mesmo como resposta a uma crise que afetou ambas RMs. A solução apresentada envolve a reversão de águas da bacia do rio Paraíba do Sul para o sistema PCJ, para suprir a demanda do sistema Cantareira (CARMO; ANAZAWA, 2017). A solução, que passou por um acordo dos governos dos três estados envolvidos (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) será mediada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica Interestadual do Paraíba do Sul. Ainda que não se saiba se a estrutura do Comitê vai ser suficiente para mediar os conflitos entre recursos hídricos entre as duas maiores metrópoles brasileiras, a realidade se mostra ainda mais complexa, visto que outras bacias se conectam a estas duas RMs, e influenciam indiretamente a pressão sobre a região do Vale do Paraíba.

Os processos descritos mostram como o desenvolvimento das RMSP e RMRJ aumentaram a demanda por captação de água, e alteraram o território hidrossocial. Dessa forma, estes processos culminam na dependência de uma mesma região (o Vale do Paraíba) para o abastecimento de água, e configura a espacialidade em questão: a Hidromegalópole. A Figura 1 (na página 18) mostra a Hidromegalópole com 530 municípios, de quatro estados (Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro), e abriga um total de população de 52.959.739 habitantes, em 2010 (IBGE, 2010), representando 27,76% do total da população brasileira. Sua área territorial é de 207 mil km² (2,43% do território nacional). Destes 530 municípios, 163 são os que integram as Regiões Metropolitanas⁵: da Baixada Santista (RMBS – 9 municípios), de Campinas (RMC – 20 municípios), de São Paulo (RMSP – 39 municípios), de Sorocaba (RMS – 27 municípios), do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN – 39 municípios) e do Rio de Janeiro (RMRJ – 22 municípios). O restante dos municípios, os não-metropolitanos, foram incorporados à Hidromegalópole por estarem inseridos nas bacias hidrográficas selecionadas e interconectadas nessa espacialidade por meio de infraestrutura construída ou fluxos naturais de água.

⁵ Foram incluídos todos os municípios das 6 RMs, mas cabe ressaltar que o processo de criação das RMs se deu em momentos distintos, e algumas RMs também alteraram sua composição ao longo do tempo.

2.2 Dados e Métodos

Para analisar as dinâmicas de uso dos recursos hídricos e sua relação com a distribuição espacial da população, foram utilizados os seguintes dados: 1) volume populacional e total de domicílios por situação rural e urbana dos Censos Demográficos do IBGE; 2) retirada, consumo e retorno de água da série histórica 1931-2030 do Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil; 3) uso e cobertura da terra por município do Mapa Anual de Ocupação do Solo do Brasil do MapBiomas; e, 4) dados SNIS para a estimativa das perdas na rede urbana. E ainda com dados do relatório anual SNIS, como a tarifa média de água e a estimativa das perdas na rede, além de outras variáveis avaliadas por um Índice de Segurança Hídrica (ISH), construído para este trabalho. O Quadro 1 traz os dados elencados por anos que foram utilizados, análise aplicada e fonte.

QUADRO 1 – Dados utilizados, por período, análise e fonte de origem

Dado	Período	Análise	Fonte
Demanda média anual de água	1931 - 2030	Qualitativa e Descritiva	ANA
População por situação (urbano/rural)	1970, 1980, 1991, 2000, 2010		IBGE
Domicílios por situação (urbano/rural)	1991, 2000, 2010	Descritiva, Regressão Espacial	MapBiomas
Uso e cobertura da terra	2000, 2010, 2018		SNIS
Perdas na rede, Tarifa praticada, e Consumo por domicílio	2000, 2010, 2018		
Variáveis de Segurança Hídrica	2012 – 2018	Construção de Indicadores	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise dos dados foi executada mediante análise descritiva dos dados histogramas e espacialização dos dados, utilizando os *softwares* Excel, QGIS e RStudio. Para a obtenção de dados tabulares e vetoriais (*shapefiles*) do IBGE foram utilizados os

pacotes sidrar (PRADO SIQUEIRA, 2020) e geobr (PEREIRA; GONCALVES, 2020), respectivamente. Para a realização dos mapas foram utilizados os pacotes cartography (GIRAUD; LAMBERT, 2016, 2017), sf (PEBESMA, 2018) e tmap (TENNEKES, 2018). Foram realizadas também análises de regressão espacial no software GeoDa⁶ utilizando as variáveis domicílios por município e evolução do uso e cobertura da terra (classe Infraestrutura Urbana) como variáveis explicativas e relacionando-as à perda de água na rede de distribuição. Por fim, foi construído o Índice de Segurança Hídrica, utilizando os dados do SNIS para analisar como os diferentes municípios enfrentaram a escassez entre 2013-2015, bem como os momentos anterior e posterior a crise.

2.2.1 Dados Censitários e Limites Municipais

As informações da população e domicílios em áreas rural e urbana nos municípios foram levantadas pelos Censos Demográficos do IBGE. Os dados sobre a evolução do volume populacional e de domicílios estão disponíveis pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) e foram acessados pelo pacote sidrar (PRADO SIQUEIRA, 2020) ou no próprio sistema online⁷. Os dados de população urbana e rural ajudam a elucidar o processo de formação do espaço das RMs, especialmente a RMSP e RMRJ, as maiores do país. Assim, uma análise descritiva do crescimento populacional dos municípios das regiões metropolitanas e dos municípios não metropolitanos que integram a Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro.

Os limites municipais para a representação espacial resultantes foram obtidos a partir de dados vetoriais em formato *shapefile* disponibilizados pelo IBGE, e foram obtidos por meio do pacote geobr (PEREIRA; GONCALVES, 2020) ou diretamente na página da Malha Municipal do IBGE⁸. Além disso, alguns *shapefiles* de bacias hidrográficas em diversos níveis fornecidos pela ANA foram utilizados na construção da espacialidade.

⁶ Disponível em: <https://geodacenter.github.io/>

⁷ Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipp/brasil>

⁸ Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>

As representações gráficas da Hidromegalópole são apresentadas em mapas produzidos no QGIS e R. Os dados referentes às informações populacionais auxiliam na contextualização do processo de formação da Hidromegalópole. Contudo, a demanda por água não parte apenas das atividades exercidas e usufruídas diretamente pela população, para tal serão analisados estimativa da demanda pelos usos além do doméstico.

2.2.2 Consumo de Água por Setores

O Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil⁹, publicado em 2019 pela ANA, traz estimativas da demanda média anual de água, para uma série histórica dos anos de 1931 até 2018, e projeções de 2018 a 2030, divididas por tipo de uso (doméstico rural e urbano; industrial; agricultura irrigada; uso animal). As estimativas apresentadas são: vazão de retirada de cada atividade, vazão consumida e vazão de retorno aos corpos hídricos. Elas se relacionam pela Equação 1.

$$\text{Vazão de Consumo} = \text{Vazão de Retirada} - \text{Vazão de Retorno} \quad (1)$$

Os dados selecionados para a presente discussão foram o consumo humano, disponível para a população dividida entre condição de domicílio urbana e rural para os municípios da Hidromegalópole. Além das atividades domésticas foram consideradas os seguintes dados de atividades produtivas: uso industrial, abastecimento animal e agricultura irrigada.

O abastecimento humano é dividido entre urbano e rural, e é construído a partir de informações censitárias do IBGE, e coeficientes técnicos em que consideram o uso médio per capita e o percentual estimado de perdas na rede, informações obtidas no SNIS (ANA, 2019). O abastecimento animal para atividades agropecuárias é estimado a partir de dados dos Censos Agropecuários e os indicadores técnicos que compõem o dado são obtidos através de literatura especializada para determinar o consumo específica de cada tipo de rebanho (ANA, 2019).

⁹ Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf

A estimativa do uso de água para o setor industrial considera os trabalhadores da indústria baseado em dados do Censo Industrial e do Relatório Anual de Informações Sociais, assim como coeficientes de retirada e de consumo, modelados com dados provenientes do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos e Ministério do Meio Ambiente (ANA, 2019). O uso da agricultura irrigada é determinado a partir de dados climáticos, do tipo de cultura e do sistema de irrigação utilizado, exceto cana de açúcar e arroz inundado que são estimados com metodologias específicas (ANA, 2019).

Estes dados são analisados juntamente com os dados populacionais, com uma abordagem descritiva. Dessa forma pode-se compreender o desenvolvimento das diferentes atividades e a sua distribuição no território, assim como a distribuição espacial da população que se desloca em função das dinâmicas produtivas. A dinâmica de formação do espaço da Hidromegalópole surge ainda da dinâmica de concentração do uso dos recursos, especialmente nas Regiões Metropolitanas. Essa análise pretende determinar como a demanda das RMs se insere da dinâmica em uma escala de nível superior.

2.2.3 Uso e Cobertura da Terra

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, realizado pelo MapBiomias, disponibiliza dados anuais de área de cobertura e uso do solo por bioma e estado e município em uma série histórica de 1985 a 2019. As informações de cobertura e uso do solo são produzidas a partir da classificação de imagens de satélites *Landsat* por técnica de *machine learning* e com plataforma *Google Earth Engine* (PROJETO MAPBIOMAS, 2021). O MapBiomias disponibiliza estas informações de diversas formas, mas no presente trabalho foram utilizados os dados de cobertura do solo no nível municipal, disponível na página dos dados estatísticos do MapBiomias¹⁰. Foi utilizada a classe de uso Infraestrutura Urbana, tabulada em hectares.

Essa informação é uma das variáveis explicativas na análise espacial, em que se pretende verificar a relação da forma urbana e distribuição da população no

¹⁰ Disponível em: <https://mapbiomas.org/estatisticas>

espaço sobre o uso de água, ou seja, qual a intensidade do aumento na área urbana sobre o aumento das perdas na rede de distribuição. Além destes dados foram utilizados o número de domicílios como variável explicativa, e ambas foram relacionadas as perdas na rede no *software* GeoDa, um pacote que realiza análise de dados espaciais. A construção da variável que esta análise visa explicar é apresentada na sequência.

2.2.4 Variáveis do Sistema de Abastecimento

São utilizadas duas variáveis do SNIS para estimar a vazão, em m^3/s , das perdas na rede de abastecimento, para avaliar o impacto que as perdas na rede proporcionam no aumento da demanda. A variável é calculada pela Equação 2 com base nos volumes macromedido e micromedido, ou seja, a diferença entre o volume anual medido na entrada da rede e volume medido pelos hidrômetros nas economias de água ativas. A variável é medida em $1.000 m^3/ano$, para garantir a comparabilidade com os dados de consumo água da ANA, deve-se convertê-la para m^3/s , dividindo por 31.536.

$$Perdas na Rede = (AG012 - AG008) / 31536 [m^3/s] \quad (2)$$

Onde, AG012 é a soma dos volumes anuais de água medidos nas saídas das estações de tratamento de água ou de desinfecção simples, de poços e em pontos de entrada de água trada importada; e AG008 é a soma dos volumes anuais de água medidos pelos hidrômetros instalados nas ligações ativas de água.

Os dados foram tratados de modo a não assumir medições negativas de Perdas na Rede, estes casos foram descartados. Então a variável foi analisada por meio do método de regressão espacial no *software* GeoDa, considerando a variação das Perdas e da área de Infraestrutura Urbana entre 2000 e 2010, para os municípios da Hidromegalópole. O método foi repetido para os anos entre 2010 e 2018, para verificar a evolução do processo. Uma terceira análise foi realizada, considerando o crescimento de domicílios, para o período entre 2000 e 2010, visto que não há informação mais atualizada no nível municipal.

2.2.5 Construção do Índice de Segurança Hídrica

Na construção do Índice de Segurança Hídrica (ISH)¹¹, foram utilizados dados secundários obtidos junto ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019). Estes dados, analisados em conjunto, procuram refletir o cenário de segurança hídrica dos municípios da Hidromegalópole entre 2012 e 2018. Esse período foi delimitado por sua importância e relação com a escassez hídrica na Hidromegalópole, englobando os anos de 2013 a 2015. Foi considerado um ano anterior ao período de escassez hídrica (2012), seguido de 2013 que apresentou o início da estiagem ocorrida neste período, atingindo o momento de maior intensidade da escassez hídrica em 2014. O ano de 2015, já reflete o momento com maiores índices pluviométricos em relação ao ano anterior. Os anos seguintes de análise foram considerados para analisar os desdobramentos desse processo, terminando em 2018, sendo o ano que apresenta os dados disponibilizados mais recentes.

A partir das variáveis selecionadas, referentes aos componentes água, esgoto e resíduos sólidos, apresentados no banco de dados do SNIS, foram calculados os indicadores que compõem quatro dimensões de análise, gerando por fim o ISH, que buscou verificar se os municípios forneciam uma condição de segurança hídrica para a população.

Adaptado do modelo de Anazawa (2017), foram definidas as quatro dimensões de análise que consistem em:

- 1) Segurança de acessibilidade (ISAccess): além de fornecer água em quantidade e qualidade, a gestão deve garantir as condições necessárias para que a população consiga ter acesso a esse recurso.
- 2) Segurança de qualidade (ISQuali): a dimensão da segurança de qualidade buscou verificar se o contexto institucional dos recursos hídricos, forneceu uma condição de segurança humana considerando a qualidade da água distribuída e dos seus serviços envolvidos.
- 3) Segurança de oferta (ISOof): esta dimensão tem como objetivo verificar se o contexto institucional proporcionou condições de segurança hídrica

¹¹ A construção deste Índice consiste em uma versão com modificações e período de análise estendido, do Índice de Segurança Hídrica Institucional (ISHI), proposto por Anazawa (2017).

fornecendo água em quantidade para garantir o acesso básico da população.

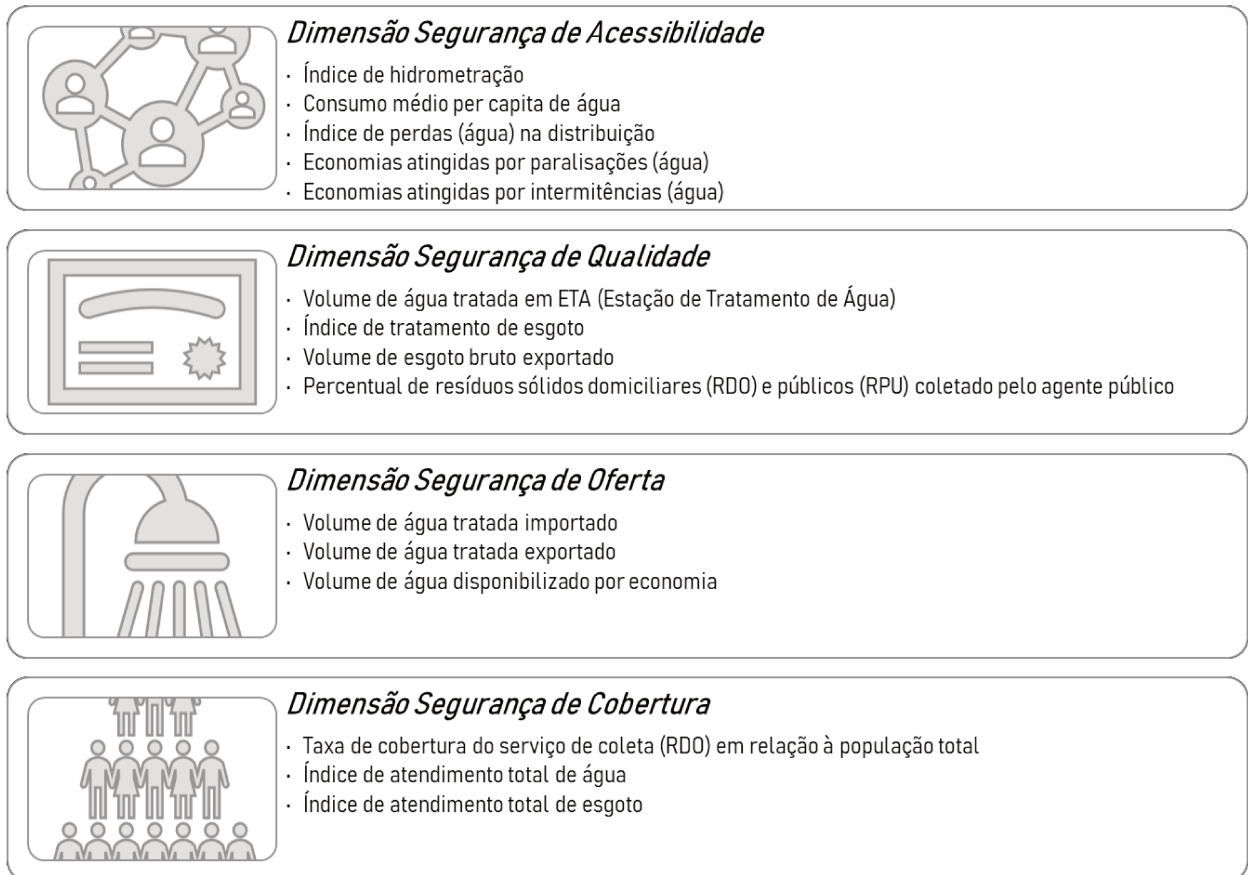
- 4) Segurança de cobertura (ISCob): o objetivo desta dimensão foi verificar a cobertura dos serviços de saneamento básico e coleta de resíduos sólidos. Quanto maior a cobertura dos serviços, maior a segurança hídrica para a população.

As variáveis que compõem cada uma das dimensões de análise são mostradas na Figura 13. A justificativa¹² de escolha das variáveis reflete o objetivo de suas respectivas dimensões de análise.

Após o cálculo dos indicadores em suas respectivas dimensões de análises, estes passaram por transformação linear dos indicadores. Nesta escala, o número “1” descreve a localização (municípios) na qual os sistemas de gestão referentes a cada localidade fornecem melhor condição de segurança hídrica à população. A transposição dos indicadores para estas escalas de representação utiliza como suporte matemático uma transformação linear ($y = ax + b$). Esta equação da reta tem como denominador a amplitude dos dados, ou seja, o valor máximo observado menos o valor mínimo observado referente aos valores de cada índice. Além da normalização, alguns indicadores, para apresentar a semântica acima descrita (valor “1” referente à condição de melhor segurança), sofreram inversão (com os devidos cálculos apresentados junto às fichas dos indicadores). Após as devidas transformações sobre os indicadores simples, estes são somados e escalonados para compor índices compostos que representam cada uma das quatro dimensões de segurança. Estes índices compostos, por sua vez, são também somados e escalonados para dar origem a um índice sintético final, o ISH.

¹² Para maiores detalhes das justificativas de seleção de variáveis, ver Anazawa (2017).

FIGURA 13 – Variáveis do SNIS que compõem as dimensões analisadas



Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de formação da Hidromegalópole parte da expansão dos sistemas de abastecimento de água das RMSP e RMRJ. O aumento da demanda e a incapacidade dos sistemas da época de proverem água para a população destas metrópoles, configurou o cenário que levou a adoção de projetos de transferência de água entre bacias. Assim, a infraestrutura atua, alterando o território hidrossocial, e como a região hidropolitana do México, as RMSP e RMRJ passam a depender de mananciais e reservatórios de diversas bacias hidrográficas.

Neste capítulo são apresentados e discutidos os dados referentes a (1) evolução do volume populacional e de número de domicílios da Hidromegalópole por situação rural e urbana para as RMs, na sequência é discutida a (2) evolução do uso de água divididos em Domícia urbano e rural, industrial, agrícola e pecuária. Ainda é apresentada a (3) variável de perdas na rede e os resultados da regressão espacial que apontam o efeito proveniente da urbanização. Por fim é analisado o (4) índice de segurança hídrica para os períodos de antes, durante e depois da escassez hídrica de 2013-2015, e algumas de suas componentes detalhadas para alguns municípios selecionados.

3.1 Crescimento Populacional

Para avaliar o crescimento populacional na Hidromegalópole e as RMs que a integram, leva-se em conta também que Hogan e Carmo (2017) avaliam que os trabalhos publicados na Revista Brasileira de Recursos Hídricos não têm avançado substancialmente no entendimento de relações entre o consumo de água e variáveis que vão além do volume populacional. A perspectiva de que os recursos hídricos se mantêm constantes e o crescimento populacional é o elemento que exerce pressão sobre os recursos é neomalthusiana (CARMO, 2002; HUMMEL; LUX, 2005), e deixa de lado outros fatores demográficos importantes. Por este motivo, neste capítulo será apresentada, além dos dados referentes ao crescimento populacional, a evolução da quantidade de domicílios segundo o número de moradores.

A Tabela 1 apresenta os dados referentes ao crescimento populacional dos municípios integrantes da Hidromegalópole agrupados por RM, além do conjunto de municípios não metropolitanos e o total da Hidromegalópole. A área compreendida pela Hidromegalópole, que contava com quase 52 milhões de habitantes no Censo 2010, tinha menos da metade deste volume no início da década de 1970 (24.242.334 habitantes). O período entre 1970 e 1980 foi o que apresentou o maior crescimento populacional médio anual, tanto para a população urbana quanto para o total. Isso se dá, pois, o crescimento da população rural na época já era bem menos expressivo do que o crescimento nas áreas urbanas, e devido a processos de reclassificação. Podem ser observados até mesmo valores negativos, como a RMBS que perdeu 14,2% da sua população rural ao ano no mesmo período.

De modo geral, a população que vive no rural é bem menor quando comparada à porção urbana da Hidromegalópole. No último período disponível, ano de 2010, o valor reduzido da população rural não chega a 4% da população total da Hidromegalópole. E até mesmo os municípios não metropolitanos, que em 1970 correspondiam a 69% da população rural da Hidromegalópole, perde população rural e ganha população urbana a cada período analisado, chegando a corresponder por 63% do total rural em 2010. As RMs que apresentaram maior população rural no período mais recentemente foram a RMSP e RMS, cada uma com aproximadamente 11% da população rural da Hidromegalópole. Internamente, no entanto, a população rural da RMSP corresponde somente a 1%, mas a população rural continua expressiva na RM de Sorocaba, onde cerca de 11% de sua população é classificada como rural.

TABELA 1 – Evolução do volume populacional, proporção relativa e crescimento das RMs e municípios não metropolitanos da Hidromegalópole, por situação de domicílio de 1970 a 2010

(continua)

Ano/Período		1970		1970/1980		1980		1980/1981		1991	
Região Metropolitana		Volume Pop.	Proporção	Cresc. (a.a.)	Volume Populacional	Proporção	Cresc. (a.a.)	Volume Populacional	Proporção		
Urbano	da Baixada Santista	629 661	3%	4,3%	956 075	3%	2,2%	1 215 004	3%		
	de Campinas	552 920	3%	7,5%	1 135 418	4%	4,2%	1 780 806	5%		
	de São Paulo	7 865 982	38%	4,5%	12 183 715	40%	2,0%	15 112 493	39%		
	de Sorocaba	419 576	2%	6,5%	719 251	2%	3,7%	1 071 582	3%		
	do Rio de Janeiro	6 859 988	33%	2,6%	8 854 883	29%	1,1%	10 029 212	26%		
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	622 663	3%	5,6%	1 069 274	4%	3,2%	1 513 078	4%		
	Municípios não Metropolitanos	3 724 931	18%	4,0%	5 521 971	18%	3,1%	7 699 948	20%		
	Hidromegalópole	20 675 721	100%	3,9%	30 440 587	100%	2,1%	38 422 123	100%		
Rural	da Baixada Santista	23 769	1%	-14,2%	5 168	0%	0,1%	5 245	0%		
	de Campinas	132 938	4%	1,1%	147 911	5%	-4,1%	93 429	4%		
	de São Paulo	273 723	8%	4,0%	405 030	13%	-1,8%	332 448	14%		
	de Sorocaba	187 602	5%	-1,2%	166 762	5%	1,0%	185 658	8%		
	do Rio de Janeiro	276 562	8%	-2,2%	221 479	7%	-6,3%	108 274	4%		
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	211 989	6%	-3,3%	151 947	5%	-0,8%	138 516	6%		
	Municípios não Metropolitanos	2 460 030	69%	-2,1%	1 996 245	65%	-2,0%	1 593 861	65%		
	Hidromegalópole	3 566 613	100%	-1,4%	3 094 542	100%	-2,1%	2 457 431	100%		
Total	da Baixada Santista	653 430	3%	3,9%	961 243	3%	2,2%	1 220 249	3%		
	de Campinas	685 858	3%	6,5%	1 283 329	4%	3,5%	1 874 235	5%		
	de São Paulo	8 139 705	34%	4,5%	12 588 745	38%	1,9%	15 444 941	38%		
	de Sorocaba	607 178	3%	3,9%	886 013	3%	3,2%	1 257 240	3%		
	do Rio de Janeiro	7 136 550	29%	2,4%	9 076 362	27%	1,0%	10 137 486	25%		
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	834 652	3%	3,9%	1 221 221	4%	2,8%	1 651 594	4%		
	Municípios não Metropolitanos	6 184 961	26%	2,0%	7 518 216	22%	1,9%	9 293 809	23%		
	Hidromegalópole	24 242 334	100%	3,3%	33 535 129	100%	1,8%	40 879 554	100%		

TABELA 1 – Evolução do volume populacional, proporção relativa e crescimento das RMs e municípios não metropolitanos da Hidromegalópole, por situação de domicílio de 1970 a 2010

		(conclusão)					
Ano/Período		1991/2000	2000	2000/2010	2010		
Região Metropolitana		Crescimento (a.a.)	Volume Populacional	Proporção	Crescimento (a.a.)	Volume Populacional	Proporção
Urbano	da Baixada Santista	2,1%	1 470 777	3%	1,2%	1 660 862	3%
	de Campinas	2,8%	2 276 891	5%	1,9%	2 735 666	5%
	de São Paulo	1,4%	17 120 099	38%	1,3%	19 459 583	38%
	de Sorocaba	2,9%	1 388 967	3%	1,8%	1 663 791	3%
	do Rio de Janeiro	1,2%	11 138 061	25%	0,9%	12 146 857	24%
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	2,3%	1 850 821	4%	1,4%	2 131 164	4%
	Municípios não Metropolitanos	2,4%	9 522 201	21%	1,6%	11 204 671	22%
	Hidromegalópole	1,7%	44 767 817	100%	1,3%	51 002 594	100%
Rural	da Baixada Santista	1,6%	6 043	0%	-5,9%	3 274	0%
	de Campinas	-3,0%	71 168	3%	0,3%	73 240	4%
	de São Paulo	9,6%	759 898	28%	-11,5%	224 392	11%
	de Sorocaba	1,6%	214 238	8%	-0,3%	207 371	11%
	do Rio de Janeiro	0,8%	115 965	4%	-2,0%	94 592	5%
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	0,2%	141 289	5%	-0,6%	133 430	7%
	Municípios não Metropolitanos	-1,4%	1 397 552	52%	-1,3%	1 227 550	63%
	Hidromegalópole	1,1%	2 706 153	100%	-3,2%	1 963 849	100%
Total	da Baixada Santista	2,1%	1 476 820	3%	1,2%	1 664 136	3%
	de Campinas	2,5%	2 348 059	5%	1,8%	2 808 906	5%
	de São Paulo	1,6%	17 879 997	38%	1,0%	19 683 975	37%
	de Sorocaba	2,7%	1 603 205	3%	1,6%	1 871 162	4%
	do Rio de Janeiro	1,2%	11 254 026	24%	0,8%	12 241 449	23%
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	2,1%	1 992 110	4%	1,3%	2 264 594	4%
	Municípios não Metropolitanos	1,8%	10 919 753	23%	1,3%	12 432 221	23%
	Hidromegalópole	1,7%	47 473 970	100%	1,1%	52 966 443	100%

Fonte dos dados: IBGE.

TABELA 2 – Evolução do número de domicílios, proporção relativa e crescimento nas RMs e municípios não metropolitanos da Hidromegalópole de 1991 a 2010

Ano/Período		1991		1991/2000	2000		2000/2010	2010	
Região Metropolitana		Número de domicílios	Proporção	Crescimento (a,a,)	Número de domicílios	Proporção	Crescimento (a,a,)	Número de domicílios	Proporção
Urbano	da Baixada Santista	321 051	3%	2,8%	423 199	3%	2,2%	526 676	3%
	de Campinas	453 458	5%	3,6%	644 020	5%	2,9%	853 541	5%
	de São Paulo	3 885 994	39%	2,1%	4 802 602	38%	2,3%	6 028 298	37%
	de Sorocaba	263 787	3%	3,6%	377 448	3%	2,9%	502 981	3%
	do Rio de Janeiro	2 749 075	27%	1,9%	3 326 553	26%	1,9%	4 008 294	25%
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	365 994	4%	3,1%	497 880	4%	2,6%	645 060	4%
	Municípios não Metropolitanos	1 971 835	20%	3,2%	2 706 646	21%	2,8%	3 564 795	22%
	Hidromegalópole	10 011 194	100%	2,5%	12 778 348	100%	2,4%	16 129 645	100%
Rural	da Baixada Santista	1 382	0%	2,2%	1 710	0%	-3,9%	1 144	0%
	de Campinas	21 337	4%	-1,6%	18 097	3%	1,7%	21 449	4%
	de São Paulo	74 849	13%	9,9%	192 331	27%	-10,8%	61 549	11%
	de Sorocaba	43 464	8%	2,3%	54 379	8%	1,0%	59 787	10%
	do Rio de Janeiro	26 304	5%	1,9%	31 812	5%	-0,9%	28 939	5%
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	32 514	6%	1,3%	36 845	5%	0,7%	39 520	7%
	Municípios não Metropolitanos	375 381	65%	-0,1%	370 879	53%	0,0%	370 066	64%
	Hidromegalópole	575 231	100%	2,1%	706 053	100%	-1,9%	582 454	100%
Total	da Baixada Santista	322 433	3%	2,8%	424 909	3%	2,2%	527 820	3%
	de Campinas	474 795	4%	3,4%	662 117	5%	2,8%	874 990	5%
	de São Paulo	3 960 843	37%	2,3%	4 994 933	37%	2,0%	6 089 847	36%
	de Sorocaba	307 251	3%	3,5%	431 827	3%	2,7%	562 768	3%
	do Rio de Janeiro	2 775 379	26%	1,9%	3 358 365	25%	1,9%	4 037 233	24%
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	398 508	4%	3,0%	534 725	4%	2,5%	684 580	4%
	Municípios não Metropolitanos	2 347 216	22%	2,7%	3 077 525	23%	2,5%	3 934 861	24%
	Hidromegalópole	10 586 425	100%	2,4%	13 484 401	100%	2,2%	16 712 099	100%

Fonte dos dados: IBGE.

A Hidromegalópole, então, passa de uma população 85% em 1970 urbana para mais de 96% em 2010. Esse caráter urbano é esperado, pois reflete o fato de a espacialidade estar majoritariamente inserido na região sudeste que a mais populosa e urbanizada do país. O peso da população urbana é ainda potencializado, visto que a espacialidade se cria a partir do aumento da demanda de água nas RMs, em especial a RMSP e RMRJ. Juntas, as duas maiores RMs somam mais 63% no início do período observado, em 1970, alcança quase 65% no censo seguinte, em 1980. A partir de 1991, essa proporção passa a diminuir, chegando a 60% em 2010, e esse processo é mais expressivo na RMRJ, que apresenta as menores taxas de crescimento anuais da população total dentre todos os conjuntos de municípios, exceto quando comparado aos não metropolitanos no período entre 1970 e 1980. A RMSP apresenta maiores taxas de crescimento anual, e por isso passa de 34% da população total da área total para 38% já em 1980 e só apresenta leve queda em 2010, quando corresponde a 37% da população total da Hidromegalópole.

Esta análise foi complementada a partir dos dados de número de domicílios também divididos em situação rural e urbana, disponíveis desde o censo de 1991. O resultado pode ser observado na Tabela 2, onde estão descritas as informações sobre os domicílios, de maneira análoga aos dados de população. Pode-se observar que o número de domicílio segue distribuição proporcional bastante semelhante ao volume populacional, para a área de estudo e para os anos considerados (1991, 2000, 2010). Apesar disso é importante salientar que as taxas de crescimento médio anual do número de domicílios são maiores do que as taxas de crescimento populacional para o mesmo período, em todas os conjuntos de municípios.

Este processo, em que o crescimento do número de domicílios é maior do que crescimento populacional em si, decorre da diminuição do tamanho médio dos domicílios. A Tabela 3 mostra o tamanho médio dos domicílios para os conjuntos de municípios para os anos de 1991, 2000 e 2010. É possível verificar este processo ocorrendo para todos os conjuntos de municípios, que passam de um tamanho médio próximo a 4 pessoas por domicílio no ano de 1991, e em 2010 ficam mais próximos de 3 pessoas por domicílio, onde a maior média é apresentada pela RMVPLN, com 3,3 moradores em média.

TABELA 3 – Número médio de pessoas por domicílio nas RMs da Hidromegalópole, para os anos 1991, 2000 e 2010

Ano/Período		1991	2000	2010
Região Metropolitana	da Baixada Santista	3.78	3.48	3.15
	de Campinas	3.95	3.55	3.21
	de São Paulo	3.90	3.58	3.23
	de Sorocaba	4.09	3.71	3.32
	do Rio de Janeiro	3.65	3.35	3.03
	do Vale do Paraíba e Litoral Norte	4.14	3.73	3.31
	Municípios não Metropolitanos	3.96	3.55	3.16
Hidromegalópole		3.86	3.52	3.17

Fonte dos dados: IBGE.

3.2 Usos de Água

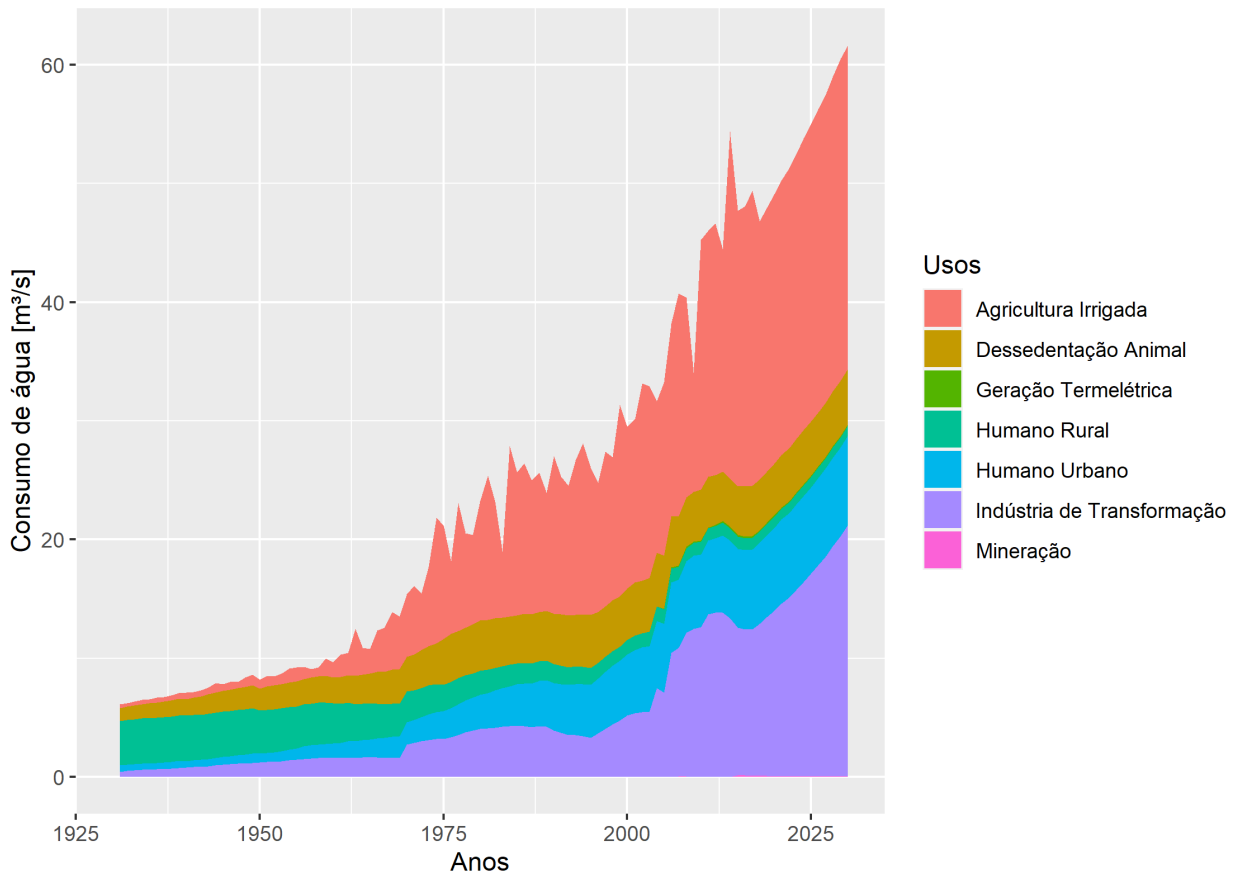
Neste item será discutido, primeiramente, a vazão de água dos diferentes usos consuntivos para os municípios agrupados nas regiões metropolitanas integrantes da Hidromegalópole, e no grupo de municípios do interior, ou seja, os que não fazem parte de RMs. A segunda análise será baseada na descrição da vazão de retirada de água, para os diferentes usos nos municípios.

3.2.1 Consumo de Água nas RMs da Hidromegalópole

Neste subcapítulo são analisados os gráficos nas Figuras 14, 15 e 16 que mostram a vazão média anual dos diversos usos consuntivos dos recursos hídricos dos municípios agrupados em RMs e municípios não metropolitanos da Hidromegalópole.

FIGURA 14 – Evolução da vazão do consumo de água por uso para os municípios não metropolitanos entre o ano de 1931 e 2030

Consumo de água por uso dos municípios não metropolitanos



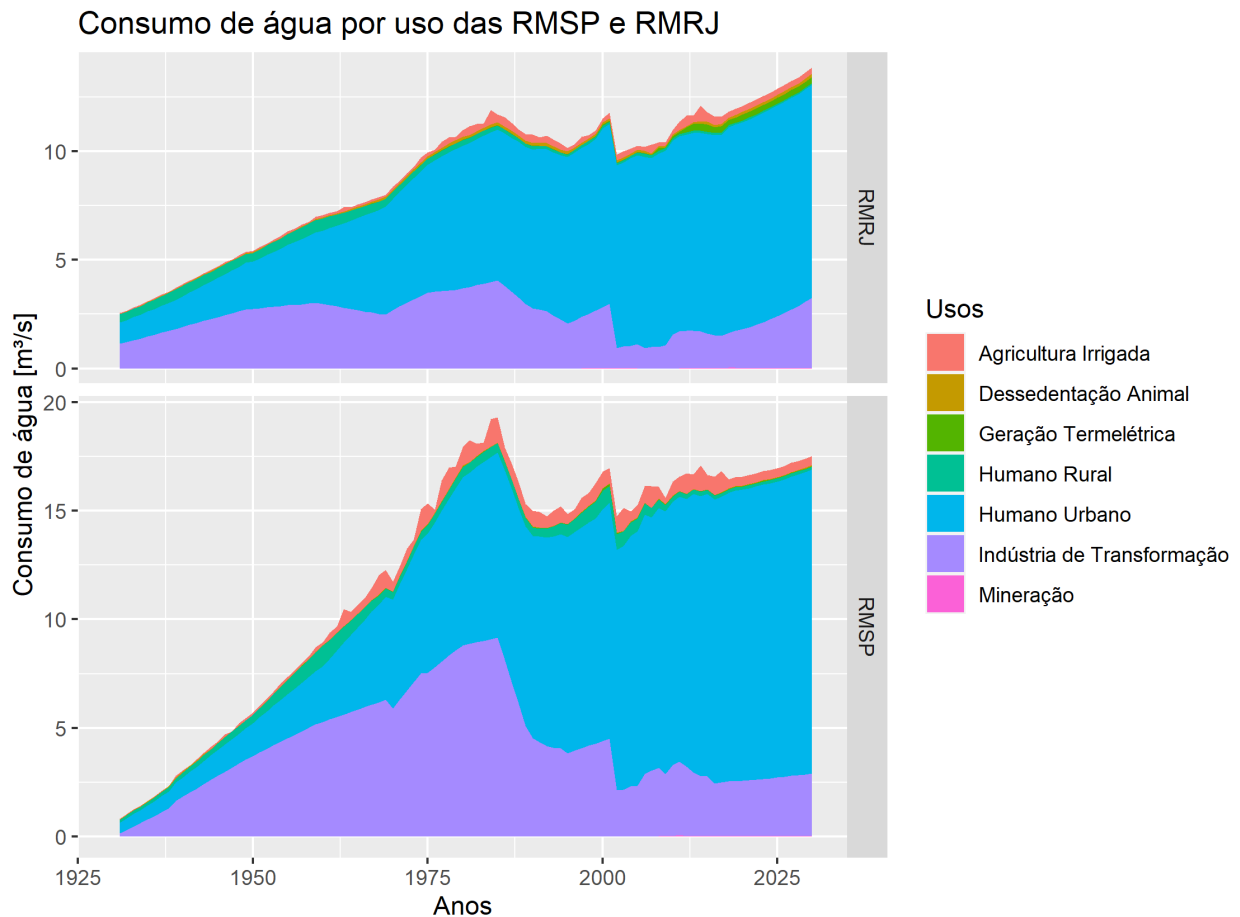
Fonte de dados: ANA (2019). Elaboração própria.

Na Figura 14 é possível verificar que os municípios não metropolitanos apresentam, de forma geral, grande consumo de água nos setores agrícolas. Sendo a atividade da pecuária mais expressiva até a década de 1960. A partir de então, a agricultura irrigada aumenta vertiginosamente seu consumo, e a pecuária se mantém estável. O consumo de água da população rural está associado a esta dinâmica, visto que era a vazão mais expressiva até o período entre 1960 e 1970.

A partir da década de 1970 o uso doméstico rural passa a perder expressividade, frente a fenômenos associados à urbanização, industrialização e modernização da agricultura. Estes processos são refletidos no consumo destes setores, mas como são municípios não metropolitanos, o consumo da população urbana cresce mais lentamente que a agricultura irrigada, que tem seu crescimento

associado a intensas transformações no uso do solo para uma produção agora mais mecanizada. Já o uso de água pela indústria de transformação nestes municípios cresce em 1970, mas se mantém estável até a segunda metade da década de 2000. Neste período se dá o maior aumento no consumo, e a projeção é de um crescimento, em um ritmo ligeiramente mais atenuado.

FIGURA 15 – Evolução do consumo de água por uso para RMs do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente, entre o ano de 1931 e 2030

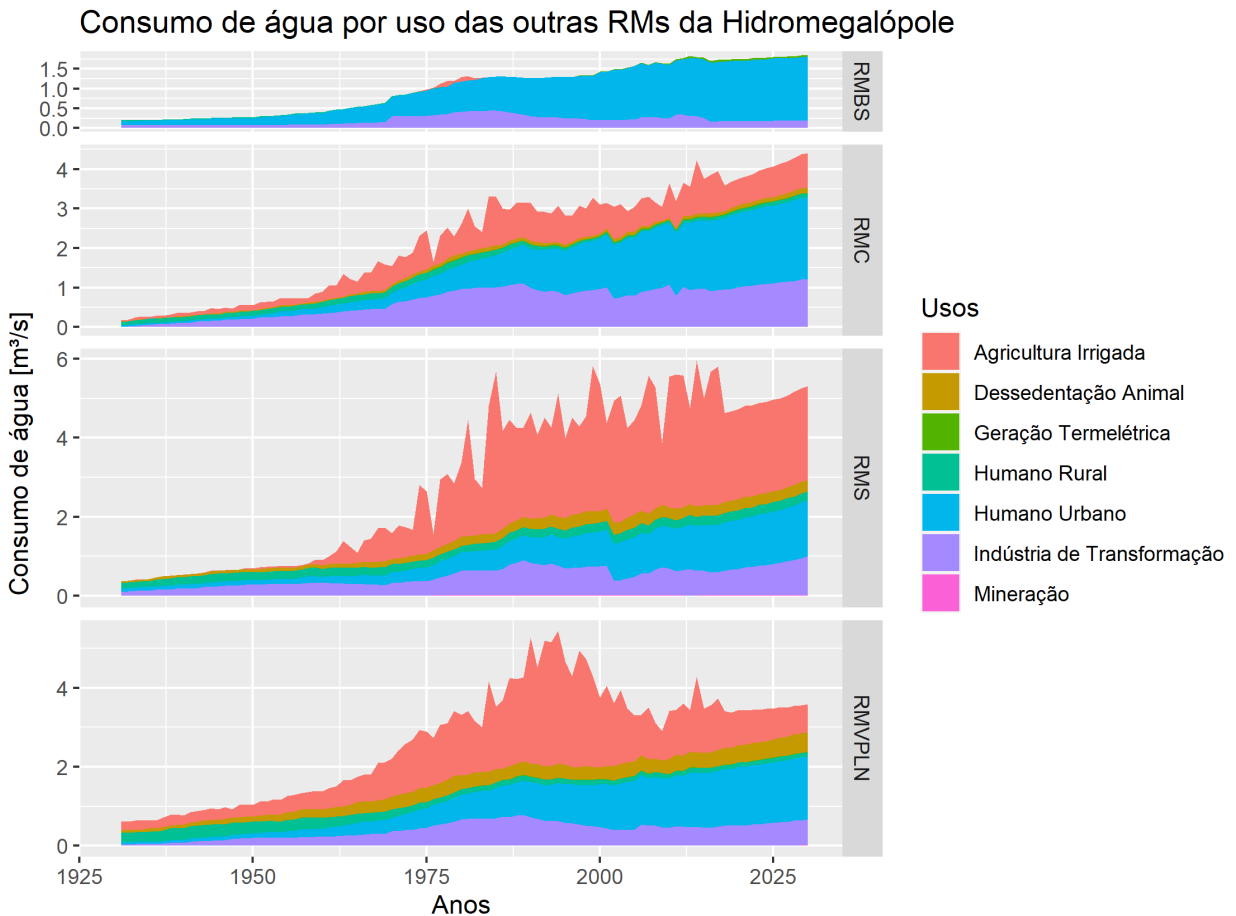


Fonte de dados: ANA (2019). Elaboração própria.

O consumo das duas maiores RMs, RMSP e RMRJ estão representados nos gráficos da Figura 15. Há uma disparidade de tamanho entre estas duas RMs e as outras RMs paulistas (Figura 16), e isto é refletido especialmente nos usos majoritariamente urbanos. Tanto o uso doméstico para a população urbana, quanto o uso industrial são os mais expressivos em toda a série temporal. A RMSP apresenta

demanda maior que a RMRJ, e os momentos de máxima utilização dos recursos hídricos acontece na década de 1980 para as duas RMs. No momento seguinte ocorre uma queda na demanda até 1995 e leve retomada no decorrer deste quinquênio. Nos anos seguintes ao 2000 há ainda uma nova queda no consumo de água, e estes movimentos são reflexo de alterações no setor industrial, que apesar de a projeção ser para um novo aumento na demanda por água, apresentou queda vertiginosa desde os anos 1980. As dinâmicas das duas RMs representadas na Figura 13 serem bastante similares, mas cabe salientar que a RMSP apresenta maior consumo em toda a série e também as maiores variações no consumo industrial.

FIGURA 16 – Evolução do consumo de água por uso para a RMBS, RMC, RMS e RMVPLN, respectivamente, entre o ano de 1931 e 2030



Fonte de dados: ANA (2019). Elaboração própria.

Os gráficos da Figura 16 mostram a dinâmica do consumo de água para as regiões metropolitanas da Hidromegalópole, exceto a RMSP e RMRJ. O perfil do consumo na RMBS não sofreu muita alteração no decorrer dos anos, a predominância sempre foi para o abastecimento da população urbana. Nesta RM, o consumo industrial também é expressivo, mas desde a década de 1990 a demanda tem diminuído lentamente. As outras RMs também representadas na Figura 16, diferentemente da RMBS, apresentam também um relevante consumo de água para atividades agrícolas. Isto pois, a produção agrícola fica prejudicada dada a sua configuração geográfica estreita, comprimida entre o oceano e a Serra do Mar.

Muito embora a RMC demande recursos hídricos para a agricultura irrigada, especialmente após a década de 1960, a atividade econômica que apresenta maior consumo é a industrial. Este setor cresceu em uso de água até o início da década de 1990, e desde então mantém-se neste patamar, inclusive na projeção de 2019 a 2030. O tipo de uso que mais aumenta o consumo é o doméstico urbano.

A RMVPLN, mesmo incorporando uma parcela litorânea e tendo um relevo bastante íngreme em grande parte da sua abrangência, desenvolve uma agricultura com um intenso consumo de água a partir da década de 1970 e atinge seu máximo na década de 1990. Após este período, a demanda por água decresce até atingir uma relativa estabilidade a partir do ano 2000. O setor industrial que se desenvolve mais rapidamente a partir de 1975, e atinge o pico de consumo de água antes de 1990. Após uma leve queda, a projeção é de incremento paulatino no consumo.

A RMS apresenta um perfil de consumo similar ao da RMVPLN. Uma pequena diferenciação pode ser feita quanto ao ritmo mais acelerado no crescimento do uso de água pela indústria de transformação para a projeção a partir de 2019. Além disso, a agricultura irrigada passa a demandar mais recursos até antes de 1970, e permanece estável até 2018 e na projeção.

A partir dessa análise é possível perceber que todas as RMs têm um grande peso no aumento do consumo de água impulsionado, mesmo que de maneira paulatina, pelo crescimento da população urbana. Algumas RMs do estado de São Paulo apresentam ainda grande demanda para a agricultura, e se encontram entre a capital do estado e grande parte dos municípios não metropolitanos da Hidromegalópole, que

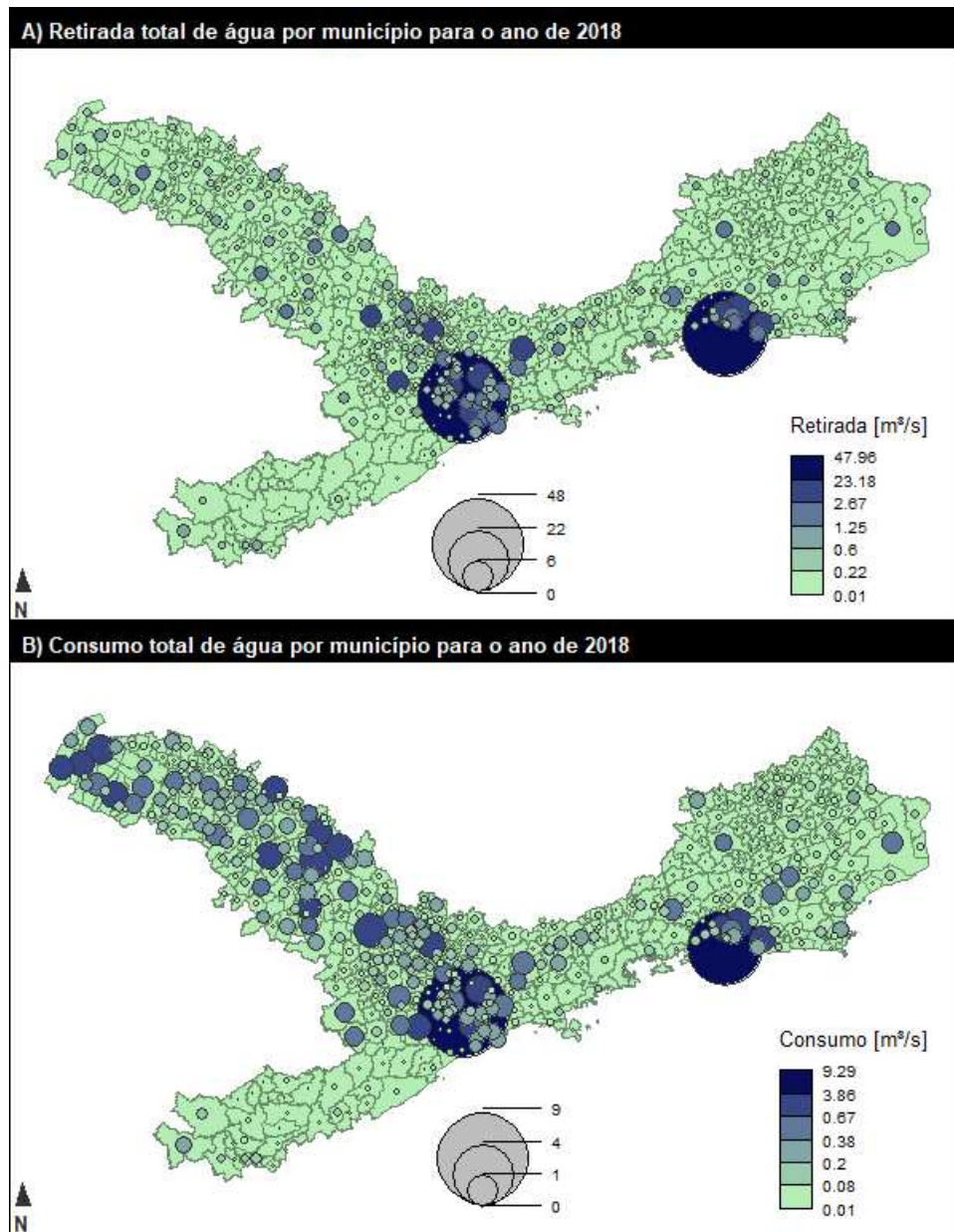
por sua vez são ainda bastante associados à dinâmica rural, mas apresentaram um rápido crescimento industrial a partir do ano 2000. Esta combinação pode indicar que o crescimento está relacionado ao processamento e beneficiamento de produtos agrícolas e outras atividades rurais.

3.1.2 Uso da Água por Município da Hidromegalópole

Na sessão anterior foram apresentadas as vazões de consumo de água, ou seja, o saldo entre a retirada de água e a vazão de retorno. Essencialmente, a demanda de água está relacionada à retirada, visto que é necessária a captação integral para exercer as atividades, mesmo que o consumo seja menor. A Figura 17 traz então os mapas que mostram a retirada total e consumo total de água para o ano de 2018, último período em que a estimativa dos dados da ANA não é baseada em projeções. Na representação há ainda uma redundância nas escalas, onde cor e tamanho do círculo remetem à mesma informação, para facilitar a visualização de valores intermediários no mapa.

As escalas das Figuras 17.A e 17.B foram definidas pelo método “k-médio”, uma técnica de *machine learning* para criar hierarquias e que melhor realça os valores intermediários. As escalas são também distintas entre os dois mapas, mas apesar disso é possível perceber a diferença entre a vazão de retirada e a vazão consumida, visto que o maior valor de retirada é 47,96 m³/s, mais que quatro vezes o maior valor de consumo total (9,29 m³/s). No entanto, é possível perceber uma distribuição bastante distinta entre os mapas de consumo e retirada, indicando que os usos são bastante heterogêneos no espaço da Hidromegalópole, especialmente os municípios do Oeste de São Paulo, que apresentam um consumo relativo maior do que a retirada, fazendo com que vários círculos de coloração azul sejam representados nesta região na Figura 17.B.

FIGURA 17 – Mapas com (A) vazão de retirada e (B) consumo total por município em 2018



Fonte dos dados: ANA (2019).

Para determinar algumas diferenças e características desse padrão de consumo no território, a Figura 18 traz a vazão de retirada de água espacializada por município das principais atividades econômicas consumidoras, a agricultura irrigada e industrial. As atividades agrícolas (Figura 18.A) apresenta alguns pontos de consumo ao norte da RMRJ, na RMVPLN e entre as RMSP e RMS, mas a grande concentração da retirada de água pela agricultura na Hidromegalópole está concentrada no Oeste de São Paulo. As atividades industriais (Figura 18.B) são mais intensas, em relação à

retirada de água, nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, sendo que na porção paulista a demanda por água avança para além da RMSP, em direção a RM de Campinas. O oeste paulista novamente aparece com alguns polos também de uso industrial.

Segundo Thomaz Jr. (2010) o Oeste de São Paulo é uma região de plantação canavieira, em franca expansão, e é também acompanhada das indústrias associadas, para a produção de álcool e açúcar. Nos dados de uso de água da ANA, as culturas de cana-de-açúcar são estimadas a partir de uma metodologia específica, justamente pelo alta demanda do recurso (ANA, 2019).

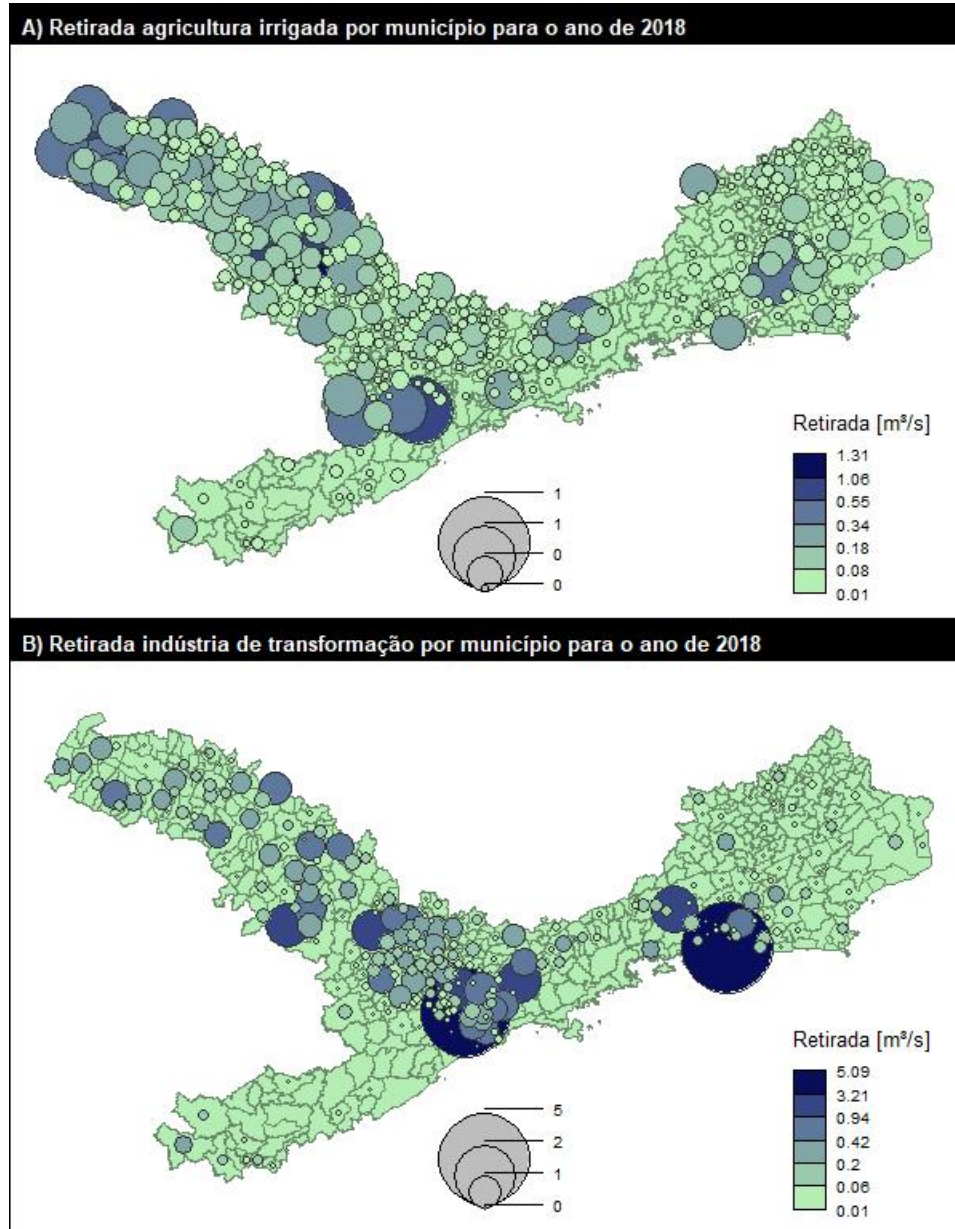
A dinâmica dos negócios agropecuários, particularmente vinculados à expansão e consolidação da cana-de-açúcar, das plantas agroprocessadoras, na medida de sua estreita vinculação à apropriação privada da terra e das fontes de água ou dos recursos hídricos, estimula-nos a operar/aperfeiçoar o conceito de agronegócio. Ou seja, o sucesso do agronegócio não pode ser atribuído somente à sua fixação à territorialização e/ou monopolização das terras, mas também ao acesso e controle da água [...] (THOMAZ JUNIOR, 2010, p. 97).

Os municípios de São Paulo e Rio de Janeiro apresentam vazões em níveis muito superiores em determinados usos. A Figura 18.B é um exemplo, onde a atividade industrial é bem mais intensa nestas duas cidades. O consumo doméstico é também concentrado nestas duas cidades, visto que são as duas cidades mais populosas do país. Por este motivo, na Figura 19 são apresentadas as vazões de retirada para o abastecimento humano relativizado pelo número de domicílios para os anos de 1991, 2000 e 2010.

Os mapas apontam que há uma diminuição na demanda por captação de água para o consumo humano, quando relativizado por domicílios no decorrer do tempo. No entanto não é possível afirmar se há de fato uma melhora na eficiência do sistema de captação e transporte da água, ou se é efeito da estimativa de demandas a partir do volume populacional. Dessa forma, a dinâmica demográfica atual (em que o ritmo de crescimento no número de domicílios é maior que o populacional) é um elemento que não é incorporado nas estimativas de consumo doméstico. Além disso, nos dados de demanda da ANA, é estimado que o consumo humano urbano corresponde a 20% da água captada para esta finalidade (ANA, 2019). Por ser o uso de menor aproveitamento

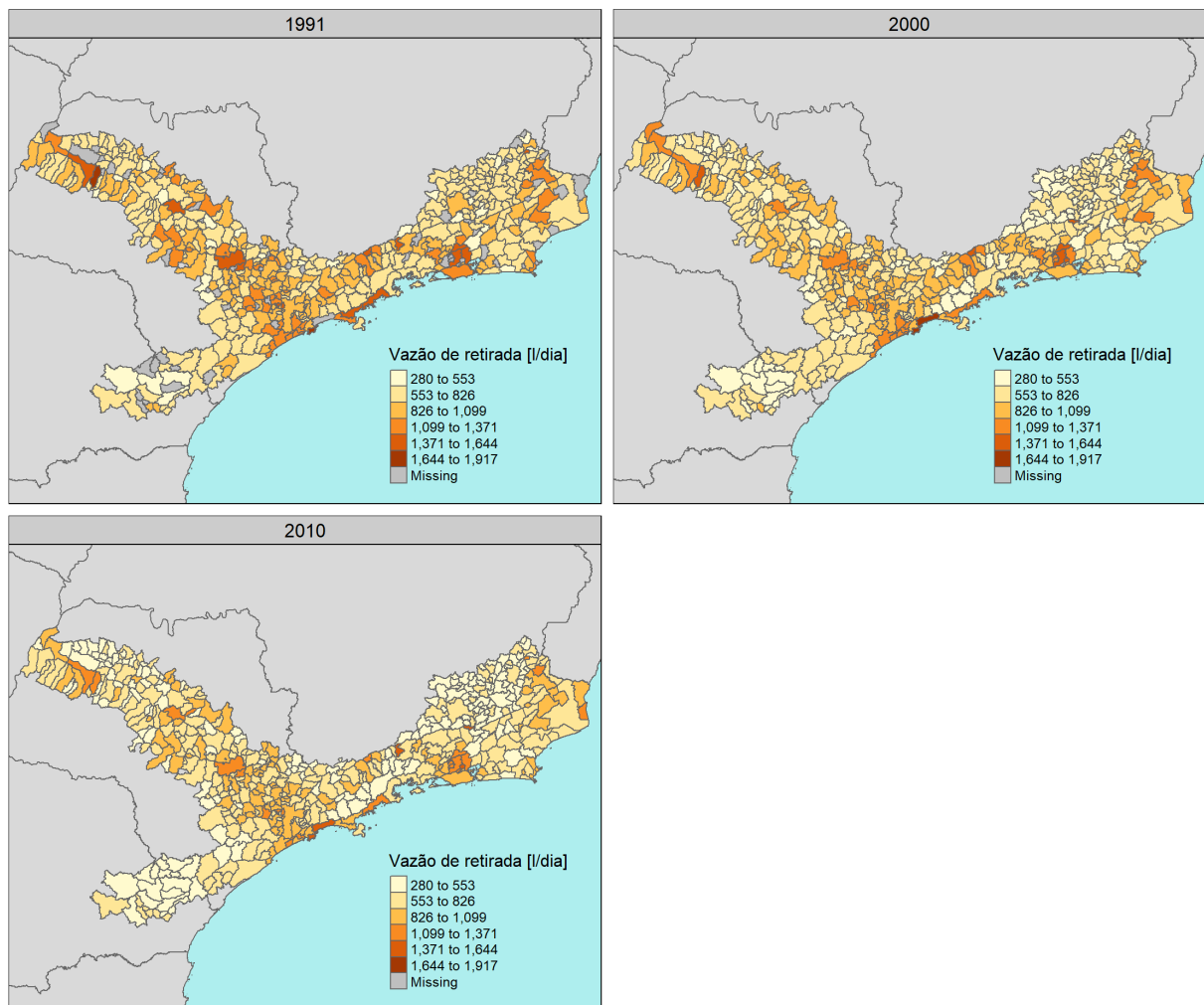
do recurso dentre os estudados, e parte mais expressiva da retirada de água nas RMs, salvo a RMS (ver Figuras 15 e 16), foi investigado mais a fundo a questão das perdas na rede de abastecimento.

FIGURA 18 – Mapas com vazão de retirada da (A) agricultura e (B) indústria por município em 2018



Fonte dos dados: ANA (2019).

FIGURA 19 – Mapas com vazão de retirada para o consumo humano por domicílio para os anos de 1991, 2000 e 2010



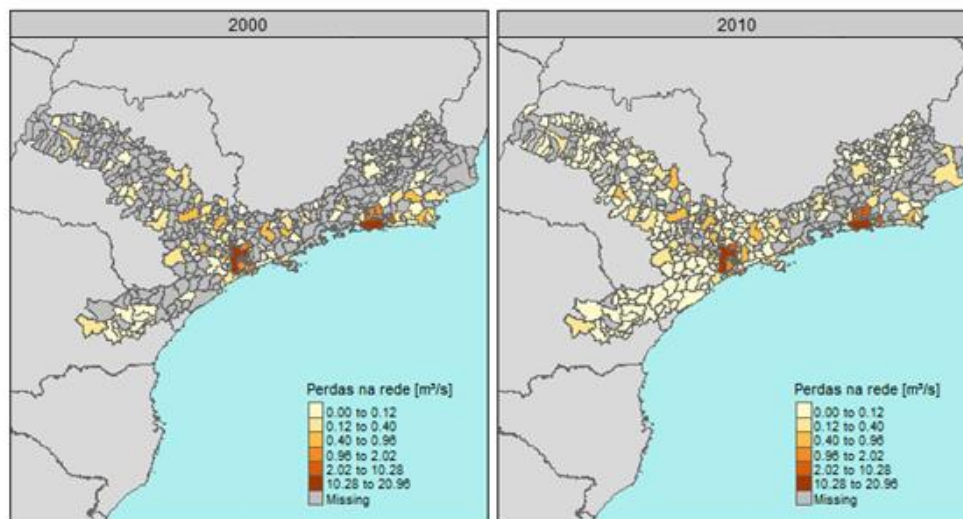
Fonte dos dados: ANA (2019).

3.3 Análise de Regressão Espacial

Esta seção traz os resultados da análise espacial que relaciona o aumento das perdas na rede de abastecimento, estimadas com base nos dados do SNIS, com o avanço da urbanização, pela classificação de uso e cobertura da terra pelo MapBiomas, e o crescimento domiciliar, com dados do IBGE. Primeiramente são apresentados mapas com os dados das perdas, e seguidos dos resultados da análise de regressão espacial. Por fim, é feita uma análise de variância para determinar se há grande diferença nas perdas entre as diferentes RMs da Hidromegalópole.

Para determinar os efeitos da urbanização e mudança do uso do solo sobre as perdas de água na rede foram realizadas análises de regressão espacial. Os dados disponibilizados anualmente pelo SNIS possuem problemas de completude para algumas informações, como pode ser observado no caso das variáveis utilizadas para estimar as perdas, na Figura 20, especialmente nos anos anteriores. Por este motivo foi necessário expandir a análise para incorporar a evolução das perdas em dois momentos: entre os períodos de 2000 e 2010 (t1), e entre 2010 e 2018 (t2).

FIGURA 20 – Mapas representando as perdas estimadas por município para os anos 2000 e 2010



Fonte dos dados: SNIS (2020).

O relatório do teste seguinte, referente ao período t2, indicou um menor valor de p para o modelo LM (lag) ($p = 0,00067$), embora o valor de p do modelo LM (error) também seja significativo e da mesma grandeza. De maneira inversa, o indicador AIC foi menor no modelo LM (error), dificultando a escolha do modelo que oferece o melhor ajuste. Segundo o modelo LM (error) para o período t2 o valor de R^2 obtido foi de 0,192394, indicando que a variável independente tem um poder explicativo menor do que no período anterior. Tal fator pode também sofrer influência da amostra, que para t2 é neste caso, para cada hectare acrescido na área urbana do município, o modelo indica um aumento de aproximadamente 83.500 m³ de água por ano. O modelo LM (error) indica que algumas características não foram observadas ou incluídas no modelo

de regressão, e estas podem levar a um padrão espacialmente correlacionado nos erros do modelo (WARD; GLEDITSCH, 2007). Para isso foi aplicada novamente a regressão, no intuito de incluir mais uma variável explicativa, o crescimento do número de domicílios.

A informação sobre a evolução dos domicílios a ser incorporada no modelo, é disponibilizada para os anos censitários. Dessa forma, a análise com duas variáveis fica restrita ao período t1. No modelo com duas variáveis, o relatório aponta um valor de $p = 0,00397$ para o modelo LM (lag) como o mais significativo. Este modelo também apresenta menor valor de AIC, e o $R^2 = 0,501886$, representando um ganho de 10% no poder explicativo do modelo de perdas de água para o período t1. Os resultados indicam que para cada hectare de área urbana acrescido há um aumento de 9.300 m³/ano, enquanto para cada novo domicílio as perdas aumentam aproximadamente 60 m³/ano. Esse valor convertido é 164 l/dia, uma quantia significativa pois é um valor dentro da média do consumo per capita indicado nos manuais de engenharia (HELLER; PÁDUA, 2006).

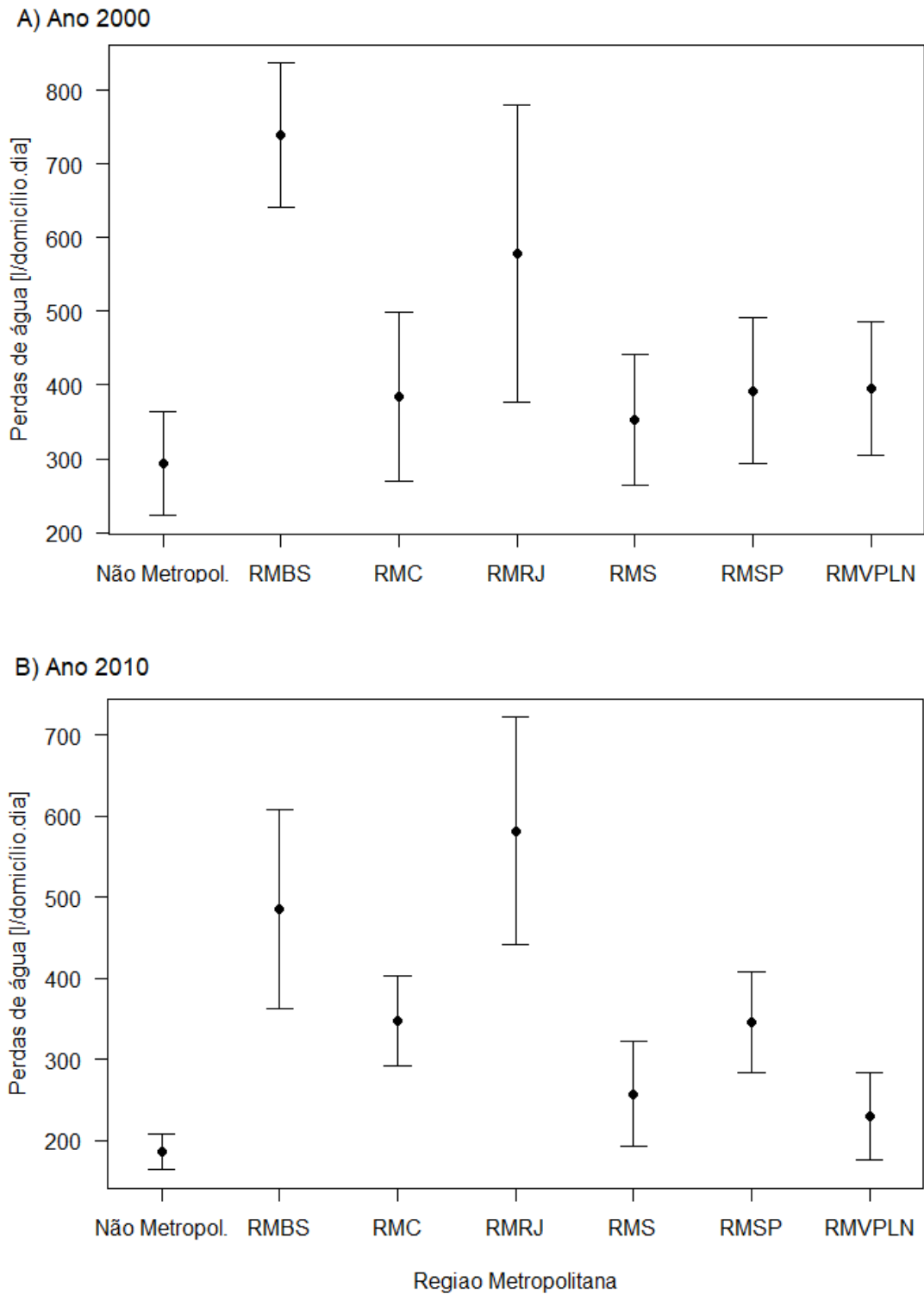
O modelo, com a adição de uma variável, apresenta um melhor ajuste quando comparado aos modelos de uma variável. A realização do próximo censo possibilitará que se faça uma análise mais completa do fenômeno considerando a variável domicílios em dois momentos. Não se sabe se isso será suficiente para diminuir a grande discrepância entre os períodos analisados, que em parte se justifica também pela disponibilidade dos dados de perdas. Para o primeiro período, somente 169 dos 530 municípios da Hidromegalópole fornecem dados suficientes e consistentes para a estimativa das perdas. Enquanto para o período entre 2010 e 2018 foram considerados 401 casos.

Ainda trabalhando as perdas na rede e sua relação com o número de domicílios, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA). Para os anos de 2000 e 2010 foram determinadas as perdas médias relativizadas por domicílio, ou seja, a divisão entre a variável Perdas na Rede pelo número de domicílios no município. O teste ANOVA aplicado verifica se as perdas por domicílio para cada conjunto de municípios (RMs e não metropolitanos) apresentam médias estatisticamente distintas entre si. A Figura 20 mostra os gráficos com os resultados para os anos 2000 e 2010.

No ano de 2010 (Figura 20.A) a RM que apresenta as maiores perdas é a da Baixada Santista, com um valor médio em torno de 750 l/domicílio por dia. Em seguida a RMRJ apresenta as maiores perdas, uma média próxima dos 600 l/domicílio.dia, mas diferentemente da RMBS, a RMRJ não é estatisticamente superior às médias das outras RMs, e mostra somente maiores perdas médias do que o conjunto dos municípios não metropolitanos com 95% de confiança. Em 2010 (Figura 20.B) apresenta uma melhora no quadro da RMBS, e piora em RMRJ, e as duas RMs trocam de posição. A RMRJ, que apresenta as maiores perdas médias, se mostra então, com perdas em média superiores a todos os outros conjuntos de municípios, exceto a RMBS pois nesse caso não é possível determinar com significância. A RMBS por sua vez tem média superior as das RMS, RMVPLN e municípios não metropolitanos.

Essa análise pode incluir discrepâncias entre os dois períodos devido ao tamanho da amostra e completude dos dados do SNIS utilizados para o cálculo das perdas. Assim, as variações entre os dois períodos podem sofrer alterações devido a inclusão de novos casos em 2010. Com essa ressalva, pode-se verificar uma piora nas perdas nas RMSP e RMC no período, e uma melhora nas RMVPLN, RMS, RMBS e municípios não metropolitanos. Os municípios-sede das RMSP e RMRJ são representativos da evolução das perdas de suas RMs, visto que ao estimar a porcentagem que as perdas representam da vazão de retirada estimada pela ANA, verifica-se uma melhora no município de São Paulo, que perdia mais de 48% da água captada para o abastecimento urbano em 2000 passa a perder 45% em 2010. O município do Rio de Janeiro faz um movimento inverso, e as perdas que já estavam em torno de 80% em 2000, chegam a 89% da vazão de retirada em 2010.

FIGURA 21 – Médias das perdas de água por domicílio, resultantes do teste ANOVA para os anos (A) 2000 e (B) 2010



Fonte dos dados: SNIS e IBGE.

3.4 Análises dos Indicadores de Segurança Hídrica

Os Indicadores de Segurança Hídrica foram calculados e normalizados de modo que 1 representa a maior e 0 a menor segurança hídrica. Uma das formas de representação consiste em superfícies de segurança hídrica, ou seja, representadas por um mapa, que orienta a análise da situação síntese, seus índices e indicadores. Foram analisados também as distribuições de frequência (histogramas) para os ISH referentes ao período analisado.

Outra forma de representação gráfica das condições de segurança hídrica é dada pelos Perfis de Segurança, que são apresentados na forma de um losango onde os eixos, que possuem sua origem no centro e terminam nos vértices do losango, são utilizados como barras de escala que mede o grau de segurança de cada dimensão do ISH. Essa forma de representação gráfica é complementar às superfícies de segurança hídrica, por se apresentar como uma forma de decomposição do índice sintético, evidenciando assim as diferenças encontradas nos municípios.

Para as superfícies de segurança hídrica foram selecionados 4 momentos distintos, de 2012 a 2018, como pode ser observado na Figura 22. A espacialização do ISH pode então ser observada, permitindo uma análise exploratória inicial da segurança hídrica na Hidromegalópole, no decorrer do período. Dentre os anos selecionados, o de 2014 (Figura 22.B) é o que apresenta os ISHs mais baixos, representados por tons mais claros de azul. Esse resultado é coerente, pois, o ano foi justamente o pico da crise, como pode ser observado em mais detalhes na Figura 23.

A visualização espacial em diversos momentos também permitiu a escolha de quatro casos para serem analisados com mais detalhes por meio de Perfis de Segurança, nas Figuras 26 e 27. Os municípios selecionados foram São Paulo e Rio de Janeiro por serem os mais populosas e capitais de estado, e os maiores consumidores de água. São Paulo, de maneira geral, é classificado na pior faixa dentre os municípios da RMSP. Rio de Janeiro, por sua vez, apresenta ISH superiores à maioria da RMRJ para os anos analisados. Além disso, foram selecionados Campinas e Vinhedo, para verificar diferenças entre dois municípios que fazem parte da mesma RM, e se inserem

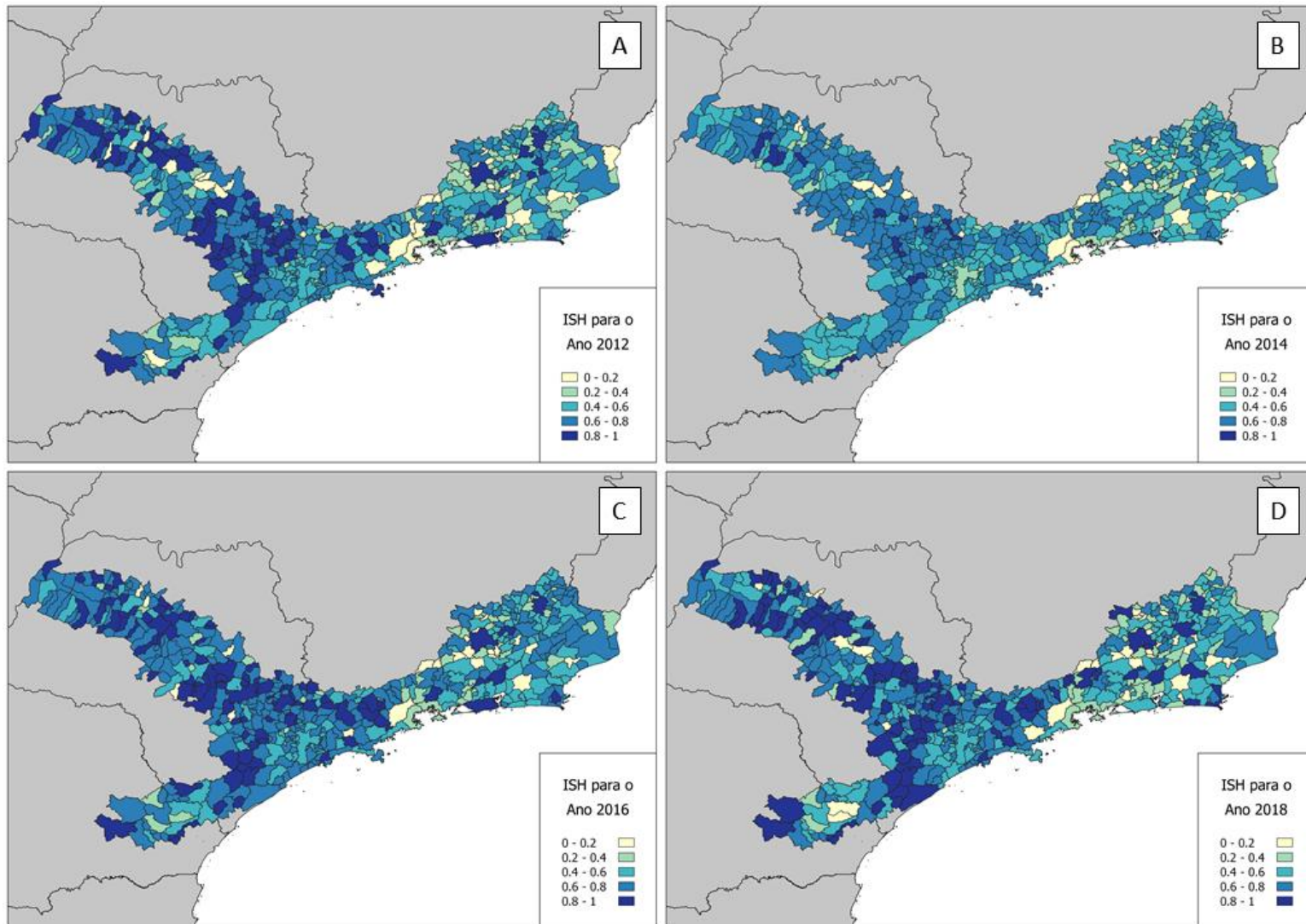
na mesma dinâmica intraurbana. Investigando, assim variações no comportamento dos indicadores entre um município da RMC e sua sede.

Para complementar a análise da espacialização dos ISH, foram construídas representações gráficas para verificar a distribuição dos municípios da Hidromegalópole quanto à sua condição de segurança hídrica (Figura 23), comparando dois períodos: (i) anos de 2012, 2014 e 2015, indicando o período anterior (2013) ao momento de maior intensidade de escassez hídrica (2014) e o período posterior (2015); (ii) anos de 2016, 2017 e 2018, indicando o período posterior a escassez hídrica, que permitiu verificar os desdobramentos ocorridos.

Analisando o primeiro período (Figura 23.A), ao comparar a distribuição da medida construída para os municípios da Hidromegalópole, notou-se que em 2013 havia uma concentração de municípios com valores altos de condição de segurança hídrica (entre 0,6 e 0,9), com ênfase na extremidade com melhores condições de segurança hídrica (valores próximos a 1). Já para o ano de 2014, houve um deslocamento dessa concentração de municípios para valores entre 0,5 e 0,8, indicando que um conjunto maior de municípios sofreu com o período de escassez hídrica, diminuindo sua condição de segurança hídrica. Destaca-se que a extremidade com melhores condições de segurança hídrica (valores próximos a 1) já não apresenta uma concentração de municípios como visto no ano anterior. Em 2015, os municípios já se concentram na faixa de 0,6 e 0,7, indicando uma melhora nas condições de segurança hídrica, pós momento intenso de escassez. No entanto, foi possível observar um aumento no número de municípios concentrados nas faixas 0,2 a 0,4, que não foram apresentadas nos anos anteriores, indicando um aumento de municípios com condições de insegurança hídrica.

A Figura 23.B mostra o segundo período analisado, indicando semelhanças de condições de segurança hídrica entre os municípios. O diferencial encontrado está na maior concentração dos municípios, que, para o ano de 2016 ocorreu na faixa de 0,6 a 0,7. Já para o ano de 2017, a concentração ocorreu entre 0,8 e 0,9. E em 2018, a concentração ocorreu na mesma faixa do ano anterior, com um diferencial indicando um aumento de municípios concentrados nas faixas que indicam condições de segurança hídrica.

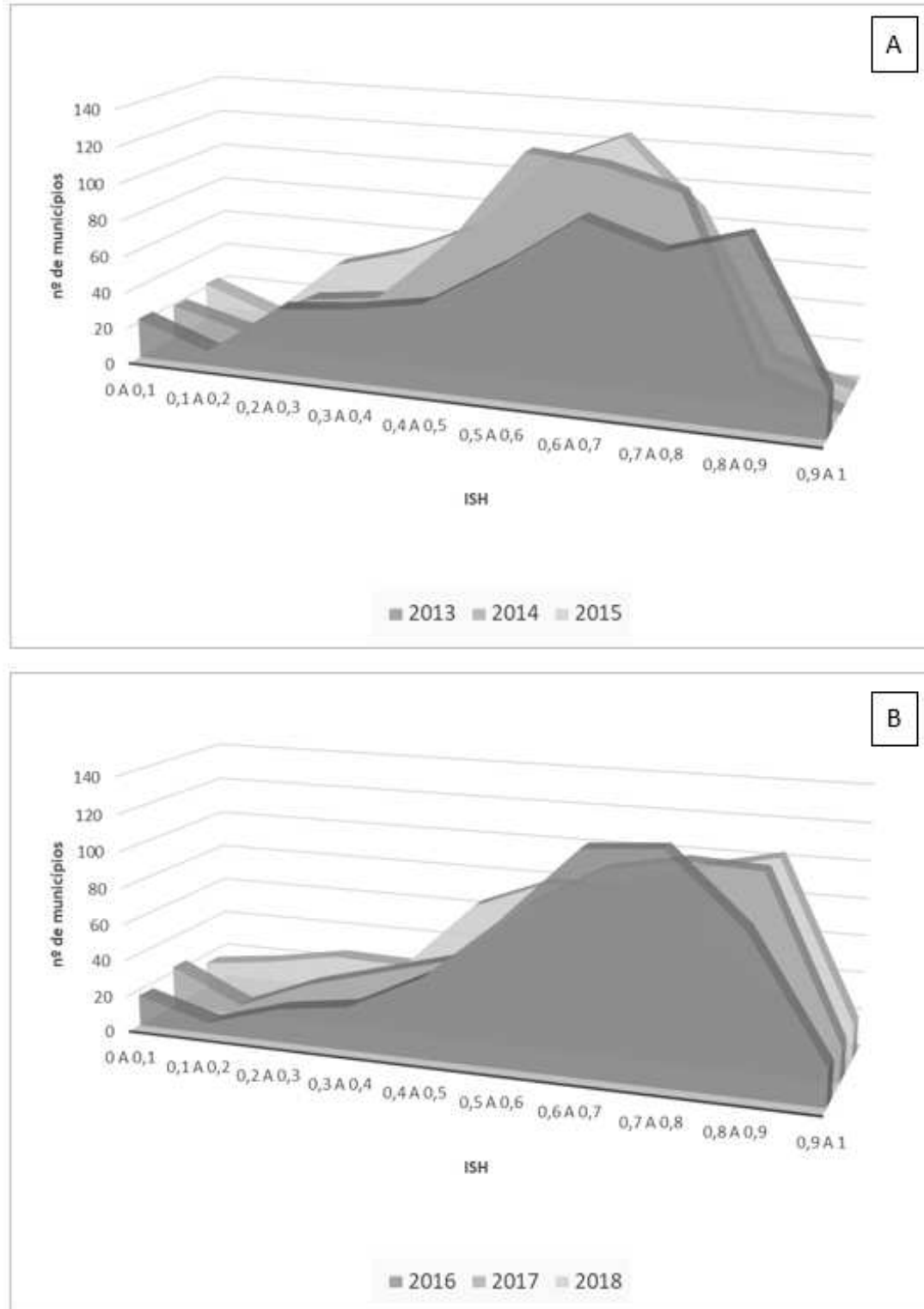
FIGURA 22 – Índice de Segurança Hídrica (ISH) para os municípios da Hidromegalópole, em diferentes períodos



Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

FIGURA 23 – Distribuições dos municípios da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro, por Índice de Segurança Hídrica (ISH), em diferentes períodos

Legenda: [A] ISH 2013, 2014 e 2015; [B] ISH 2016, 2017 e 2018



Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

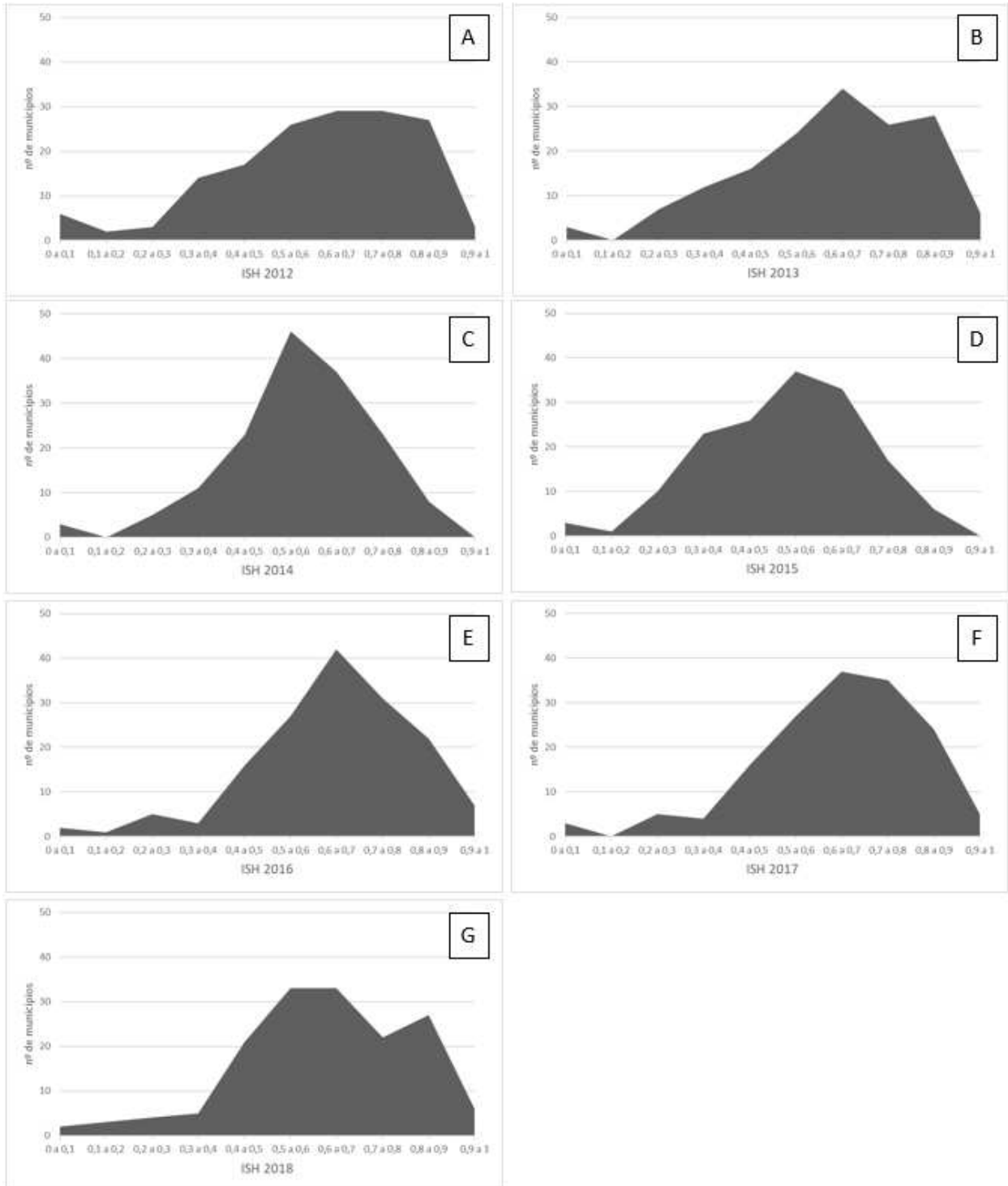
Para tentar captar diferenciais existentes entre municípios que compõem Regiões Metropolitanas (RM) e municípios que não estão inseridos nestas, foram construídas representações gráficas para as distribuições dos municípios da Hidromegalópole quanto à sua condição de segurança hídrica. Ao observar a Figura 24, referente às distribuições dos municípios inseridos em RM, os anos de 2012 (Figura 24.A) e 2013 (Figura 24.B) apresentam condições semelhantes de segurança hídrica, com municípios concentrados nos valores altos de condição de segurança hídrica (nas faixas de 0,6 a 0,9). Já em 2014 (Figura 24.C), a concentração se deslocou para a faixa de 0,5 a 0,7, indicando uma piora das condições de segurança hídrica dos municípios das RM, no momento de maior intensidade de escassez hídrica. Para os anos posteriores, foi possível observar que há uma melhora nas condições de segurança hídrica, de acordo com o deslocamento gradual das concentrações de municípios da RM em valores maiores de condições de segurança hídrica.

Comparando com os municípios que não estão inseridos em RM, os gráficos da Figura 25 mostram um comportamento semelhante com os municípios não metropolitanos: o deslocamento da concentração para o ano de 2014 (Figura 25.C). No entanto, este deslocamento ocorreu de uma forma mais sutil, alterando a faixa de concentração de 0,6 a 0,9 para 0,5 a 0,8. A partir de 2015 (Figura 25.D), assim como mostrado para os municípios de RM, houve um retorno para as condições de segurança hídrica semelhantes aos anos anteriores a escassez hídrica. Destaca-se que também a partir de 2015, houve um aumento, ainda que sutil, na concentração de municípios com piores condições de segurança hídrica (entre as faixas de 0,2 a 0,4).

A primeira leitura realizada, do índice sintético, sua espacialização, suas diferenças temporais e sua distribuição conforme mostraram os histogramas, reflete um olhar integrado, mas que não permite distinguir os diferenciais de segurança hídrica quando observados seus elementos constituintes separadamente. Isso significa que municípios que estão em melhores condições de segurança humana podem apresentar diferenças na composição dessa segurança.

FIGURA 24 – Distribuições dos municípios da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro (apenas municípios das regiões metropolitanas), por Índice de Segurança Hídrica (ISH) (2012 a 2018)

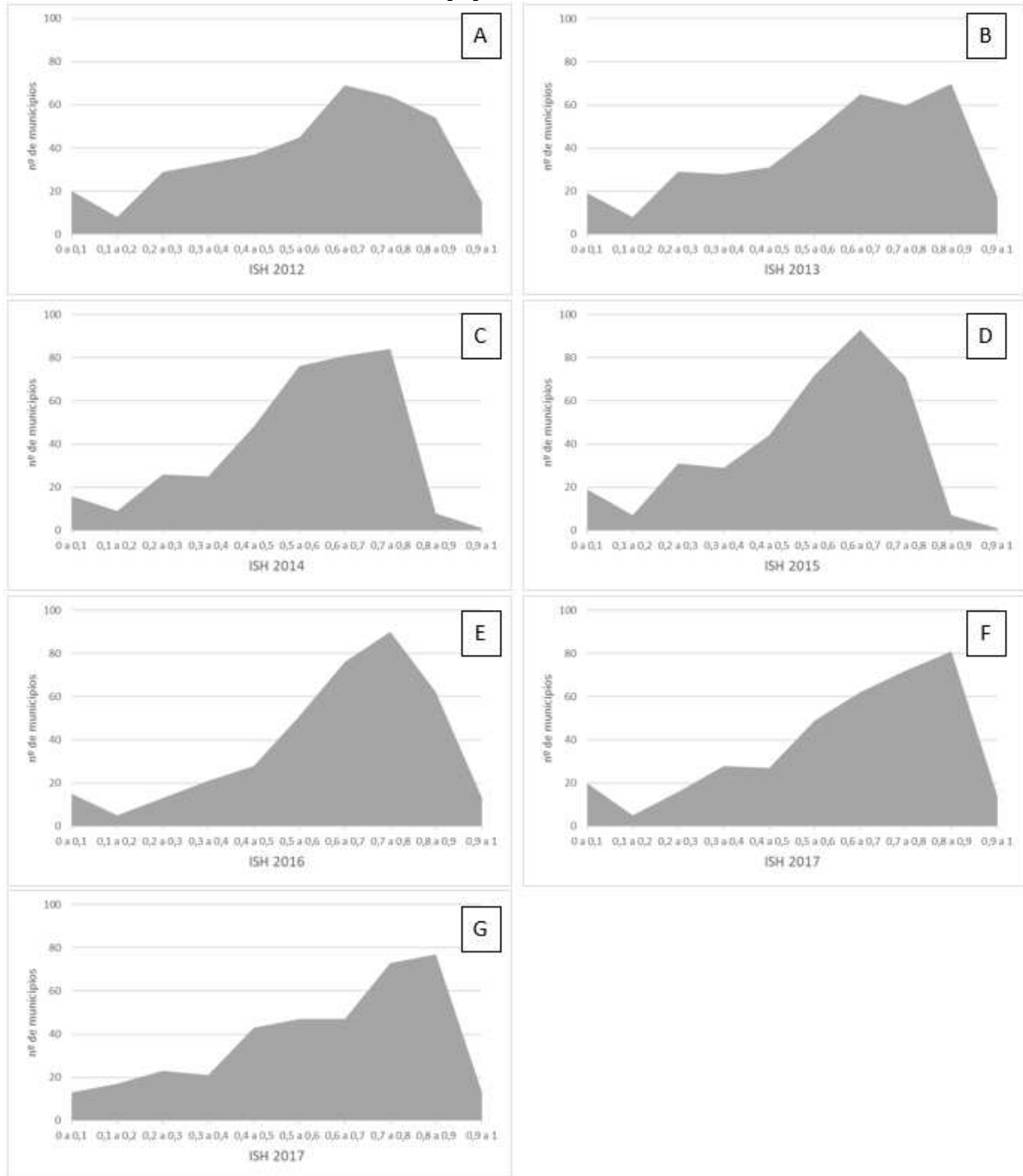
Legenda: [A] ISH 2012; [B] ISH 2013; [C] ISH 2014; [D] ISH 2015; [E] ISH 2016; [F] ISH 2017; [G] ISH 2018



Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

FIGURA 25 – Distribuições dos municípios da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro (exceto municípios das regiões metropolitanas), por Índice de Segurança Hídrica (ISH) (2012 a 2018)

Legenda: [A] ISH 2012; [B] ISH 2013; [C] ISH 2014; [D] ISH 2015; [E] ISH 2016; [F] ISH 2017; [G] ISH 2018



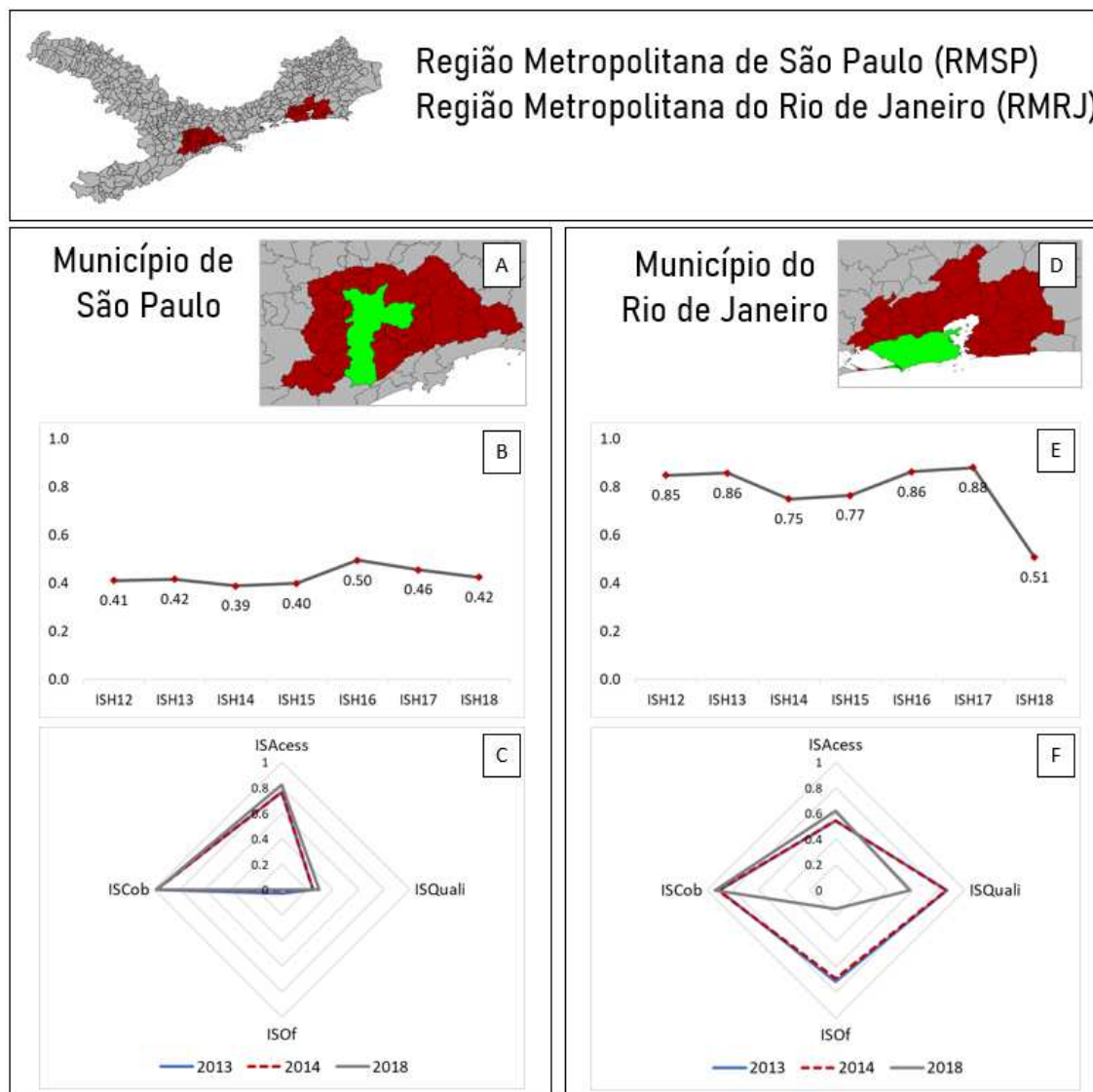
Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

As medidas construídas isoladamente e suas leituras muitas vezes simplistas, decorrente de índices sintéticos, podem diminuir a capacidade de análise de problemas complexos porque escondem detalhes fundamentais para a compreensão de um determinado cenário. Assim sendo, um problema complexo, como é o caso da segurança hídrica, que envolve múltiplas dimensões de análises, necessita de novas formas de visualização integradas. Para isso, foram construídos os Painéis de Observações, proposto por Anazawa (2017), que consiste em um conjunto de formas de representação gráfica (imagens, esquemas, gráficos) e tem sido construído para compreender os mais diversos processos complexos. Neste caso, fornecem uma leitura sobre as condições de segurança hídrica dos municípios da Hidromegalópole.

A Figura 26 mostra o Painel de Observações de dois municípios centrais na conformação da Hidromegalópole: São Paulo e Rio de Janeiro (Figuras 26.A e 26.D, respectivamente). O município de São Paulo, considerando o contexto da Hidromegalópole, obteve um valor médio de condições de segurança hídrica (ISH variando na faixa de 0,4 a 0,5 - Figura 26.B), indicando menor capacidade de resposta do município, frente à escassez hídrica ocorrida, quando comparado com o município do Rio de Janeiro, que apresentou valores maiores de condições de segurança hídrica com o ISH variando na faixa de 0,7 a 0,8, exceto para o ano de 2018 (Figura 26.B). Os dois municípios analisados apresentam uma queda na condição de segurança hídrica no momento mais intenso da escassez hídrica, mas retomam às condições de segurança encontrada anteriormente.

O Perfil de Segurança mostrou que o ISH, ao ser decomposto para o município de São Paulo (Figura 26.C), destacou que a composição dos Índices é semelhante para o período analisado (2013, 2014 e 2018), com pequeno aumento nos valores do Índice de Segurança de Acessibilidade (ISAccess) e Índice de Segurança de Qualidade (ISQuali) para o ano de 2018, em relação aos demais. Já o Perfil de Segurança do Rio de Janeiro (Figura 26.F) mostrou que a composição dos Índices é semelhante para os anos de 2013 e 2014. Já para o ano de 2018, foi possível observar uma diminuição expressiva nos Índices de Segurança de Qualidade (ISQuali) e Oferta (ISO_f).

FIGURA 26 – Painel de observações da segurança hídrica dos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro



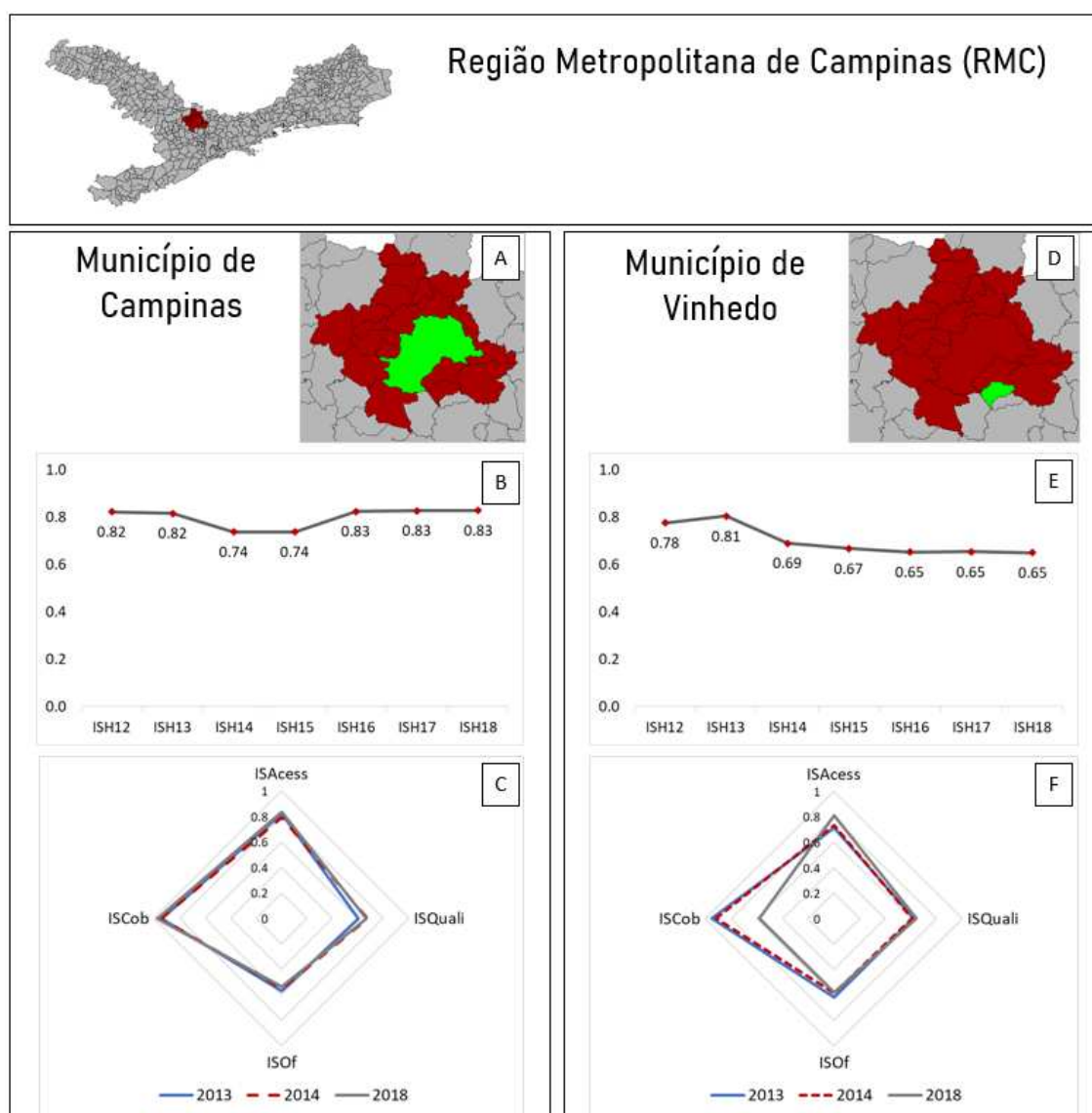
Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

O município de Campinas (Figura 27.A), considerando o contexto da Hidromegalópole, obteve um valor alto de condições de segurança hídrica (ISH variando na faixa de 0,8), como mostra a Figura 27.B., indicando um potencial capacidade de resposta do município frente à escassez hídrica ocorrida. O município de Campinas apresentou condições de segurança hídrica antes do período mais crítico da escassez hídrica (anos de 2012 e 2013), diminuindo essa condição devido ao momento mais intenso de escassez hídrica (2014), não conseguindo retomar esta mesma

condição no ano seguinte, em 2015. No entanto, a retomada dos altos valores ocorreu em 2016 e se manteve nessa situação até 2018.

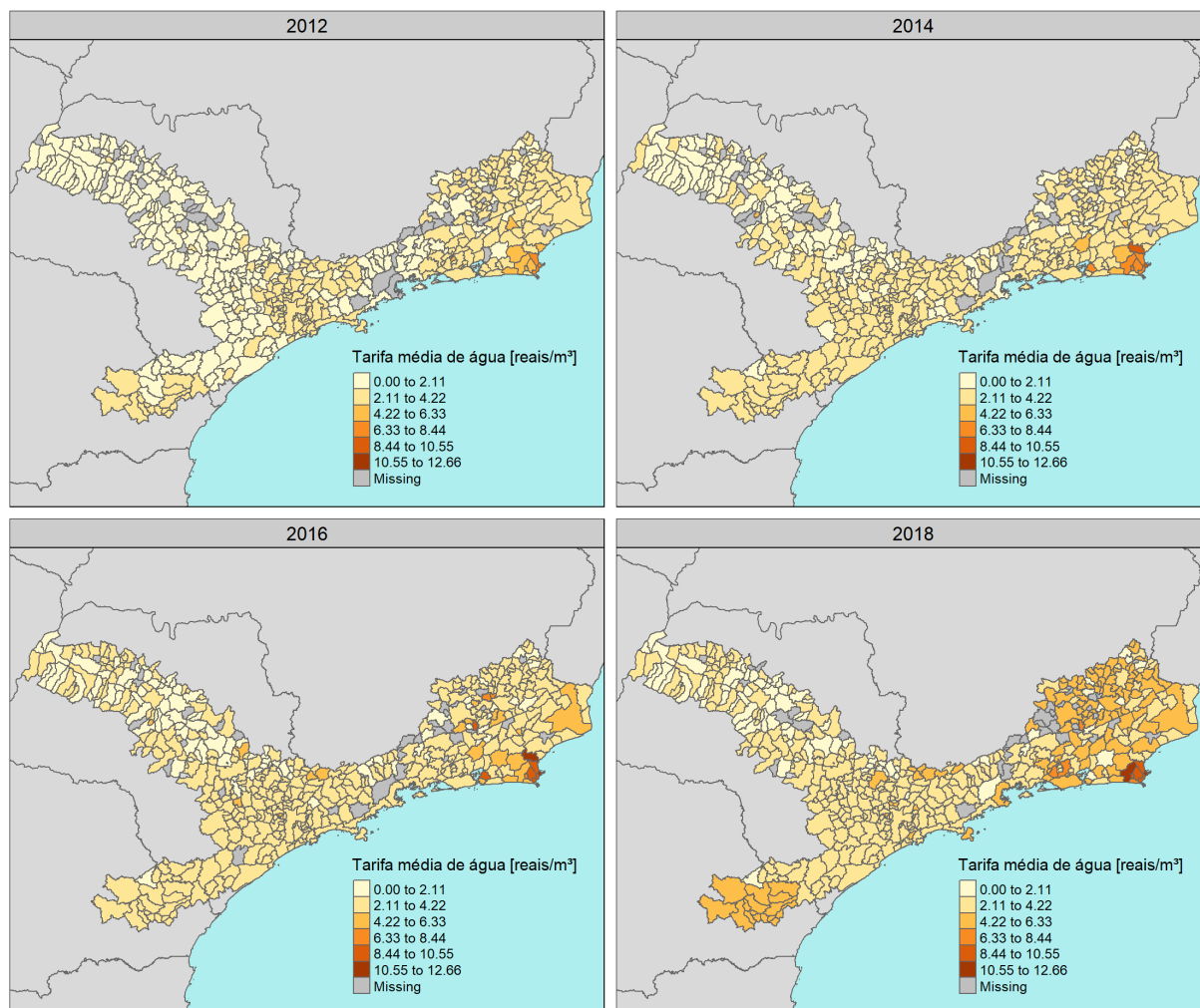
Por outro lado, o município de Vinhedo (Figura 27.D), apesar de apresentar condições de segurança hídrica alta (Figura 27.E), antes do momento mais intenso da escassez hídrica (anos 2012 e 2013), após este momento, a condição de segurança hídrica foi diminuída e permaneceu com valores semelhantes até 2018. Ao contrário do município de Campinas, Vinhedo não conseguiu retomar sua condição de segurança hídrica antes do momento mais intenso de escassez hídrica.

FIGURA 27 – Painel de observações da segurança hídrica dos municípios de Campinas e Vinhedo



Fonte: Schmidt; Anazawa e Carmo (2021).

Já o Perfil de Segurança mostra que o ISH, ao ser decomposto para o município de Campinas (Figura 27.C), destacou que embora pequena, houve variação no Índice de Segurança de Acessibilidade (ISAccess), com diminuição em 2014, devido, principalmente, ao aumento das economias atingidas por paralisações e intermitências em 2014 e 2015. Por outro lado, o Índice de Segurança de Qualidade (ISQuali) apresentou aumento no período analisado. O Perfil de Segurança de Vinhedo (Figura 27.F) mostrou que a composição dos Índices é semelhante para os anos de 2013 e 2014, indicando que o Índice de Segurança de Cobertura (ISCob) diminuiu para o final do período analisado (2018), o que contribuiu para a diminuição da condição de segurança do município.

FIGURA 28 – Tarifa média de água para os municípios da Hidromegalópole, diversos anos

Fonte de dados: SNIS. Elaboração própria.

Por fim, na Figura 28 são representadas as tarifas médias praticadas pelo serviço de abastecimento de água para verificar flutuações no tempo inclusive durante o período de escassez. As tarifas médias apresentaram, de maneira geral, um crescimento acelerado entre 2012 e 2018. Os maiores acréscimos, no entanto, se deram de maneira desigual no espaço. Os municípios localizados no Leste do Rio de Janeiro, na região de mananciais da bacia do Rio Paraíba do Sul e nos municípios litorâneos vizinhos a RMRJ, já praticavam as tarifas mais altas em 2012, e se mantem ao longo do período. A porção dos municípios paranaenses, a jusante em sua bacia, passam a praticar maiores tarifas durante e após a escassez hídrica de 2013 e 2015. Os municípios do oeste paulista também estão a jusante, mas apresentam menor

crescimento na tarifa média. Os municípios sede São Paulo e Rio de Janeiro, maiores demandantes, não apresentam grandes variações no período.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É apresentada aqui a Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro em sua versão atualizada e expandida, com base na proposta inicial de Carmo e Anazawa (2017). Em sua nova conformação, foram selecionados 530 municípios conectados pela questão hídrica, além de áreas delimitadas por quatro bacias hidrográficas, nas quais estão situadas as RMs. Além das RMs, áreas mais urbanas, a região de estudo se estende a montante e a jusante nas bacias selecionadas e engloba também dinâmicas rurais. Foram exploradas dimensões populacionais, de consumo hídrico, de saneamento e urbanização para evidenciar as interconexões existentes na dinâmica regional destes municípios, e foi proposta uma possível dimensão de análise para a segurança hídrica frente à escassez experienciada pela Região Sudeste entre 2013 e 2015.

Em diversos momentos na história os sistemas de abastecimento das RMSP e RMRJ deram sinais de insuficiência no atendimento da população e das atividades econômicas. As sucessivas transposições de bacias que foram as soluções apresentadas até então para a escassez hídrica, mas não têm levado em conta que tais soluções são paliativas. A tendência apontada por Niemann (2008) corrobora a expansão do sistema de abastecimento da RMSP, onde é privilegiado o abastecimento para as áreas de grande concentração populacional, muito embora existam diferenciais intrametropolitanas e intramunicipais que não foram analisados aqui, mas que tampouco devem ser negligenciados.

A respeito dos recursos hídricos, a forte autonomia dos municípios no Brasil faz com que a cooperação intermunicipal ainda seja um grande desafio prático (CASSILHA et al., 2020). As instâncias supra municipais que asseguram uma governança duradoura necessária para o gerenciamento sustentável de recursos ambientais que tem seus próprios ciclos, distintos, mas indissociáveis das dimensões humanas devem acompanhar mudanças nos territórios hidrossociais. O maior desafio é então compatibilizar as superfícies de gestão e da rede de abastecimento, com as capacidades político-administrativas (PIRES DO RIO, 2019). Como apontado por Costa (2012), existem ambiguidades intrínsecas entre os fenômenos socioterritoriais

contínuos no espaço e os limites político-administrativos dos governos locais que dificultam a integração de agendas. Essa falta de articulação gera potencial de conflitos, especialmente dada a dinâmica regional dos recursos hídricos e as demandas crescentes.

Foi observado que o consumo de água se configura dentro de um espaço supra municipal, supra metropolitano e até mesmo supra bacias. As dinâmicas de uso do recurso são mediadas por fatores demográficos, econômicos e políticos que expressam em diferentes interesses. Os processos decorrente das mudanças nos padrões de fecundidade tem configurado domicílios menores, e dessa forma pode haver impacto no consumo de água mesmo em cenários de decréscimo populacional. No caso da Hidromegalópole, ainda é verificado um crescimento populacional positivo, mesmo que com taxas menores no decorrer tempo. Dessa forma, diversos municípios ainda se urbanizam e crescem de modo a abarcar esse novo contingente de domicílios, o que demanda infraestrutura de abastecimento de água em novas localidades.

A própria distribuição da população no espaço implica em mudanças no consumo de água, visto que ao ocupar o espaço de maneira mais dispersa, implica também na expansão da área urbana. O modelo centralizado dos sistemas de abastecimento de água, vis-à-vis os processos de urbanização e desconcentração populacional gera maior comprimento das tubulações e conseqüentemente mais perdas. Enquanto é reconhecido que a mudança do modelo de infraestrutura não é trivial, é necessário atentar para padrões demográficos e espaciais que, associados a sistemas de abastecimento em moldes datados (BELL, 2015) continuam a exercer pressão sobre os recursos, mesmo frente a um baixo crescimento populacional ou até mesmo num futuro cenário de crescimento negativo.

A análise do Índice de Segurança Hídrica para os municípios que compõem a Hidromegalópole, entre 2012 e 2018, apontam que as regiões e bacias que são conectadas por transposições de bacias sofrem os efeitos da escassez simultaneamente, mesmo que em níveis distintos. Assim, soluções baseadas em investimentos em grandes obras, propostas por motivações tecnocráticas que se apresentam viáveis no momento de “crise”, têm potencial para aumentar os conflitos pelo uso da água ao invés de reduzi-los.

O recorte espacial proposto com a Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro, ajuda a enquadrar as tendências globais de urbanização, em contextos de crescente desigualdade. Com novos marcos temáticos e novas espacialidades vislumbram-se questões que não são possíveis de serem compreendidas meramente dentro dos marcos político-administrativos existentes. Perspectivas e análises que partem dos sistemas de recursos naturais podem também ajudar a guiar políticas e soluções que tenham o potencial de quebrar ciclos de propagação de desigualdade ambiental e exaustão dos bens naturais.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. **A transposição de águas do São Francisco: análise crítica.** Revista USP, São Paulo, SP, n. 70, p. 6, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13527>.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil.** Brasília, DF, 2019.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2017.** Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.caf2236b.pdf.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. Divisão hidrográfica por ottocodificação. In: ANA. **Atlas geográfico digital de recursos hídricos do Brasil.** Brasília, DF, 2013.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Atlas Brasil: abastecimento urban de água – resultados por Estado.** Brasília, DF, 2010. Disponível em: [http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo Executivo/Atlas Brasil - Volume 2 - Resultados por Estado.pdf](http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%20-%20Resultados%20por%20Estado.pdf).
- ANAZAWA, T. M. **A grave escassez hídrica e as dimensões de um desastre socialmente construído: a Região Metropolitana de Campinas entre 2013-2015.** 2017. 369f. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2017. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/325075>.
- ANSELIN, L. **Exploring spatial data with GeoDa: a workbook center for spatially integrated social science.** [S. l.]: Center for Spatially Integrated Social Science, 2005. Disponível em: <http://sal.uiuc.edu/http://www.csiss.org/>.
- BELL, S. Renegotiating urban water. **Progress in Planning, london**, v. 96, p. 1-28, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305900614000403>.
- BOBERG, J. **Liquid assets: how demographic changes and water management policies affect freshwater resources.** [S. l.]: RAND, 2005.
- BOELEN, R. et al. Hydrosocial territories: a political ecology perspective. **Water International**, US, v. 41, n. 1, p. 1-14, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2016.1134898>.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.
- BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; CARNEIRO, P. R. F. Water supply and hydrosocial scarcity in the Rio de Janeiro Metropolitan Area. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, SP, v. 19, n. 1, p. 183-206, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n1/pt_1809-4422-asoc-19-01-00183.pdf.
- BROWN, C.; NEVES-SILVA, P.; HELLER, L. Direito humano à água e ao esgotamento

- sanitário: uma nova perspectiva para as políticas públicas. **Ciencia & Saude Coletiva**, Rio de Janeiro, RJ, v. 21, n. 3, p. 661-670, 2016.
- CARMO, R. L.; ANAZAWA, T. M. Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro: escassez hídrica, sobreposição de espacialidades e conflitos. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Rio de Janeiro, RJ, n. 2016, p. 61-68, 2017.
- CARMO, R. L.; DAGNINO, R. S.; JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Populacao**, Rio de Janeiro, RJ, v. 31, n. 1, p. 169-190, 2014.
- CARMO, R. L.; JOHANSEN, I. C.; ANAZAWA, T. M. Metrôpoles bipolares: aspectos da dinâmica socioambiental e demográfica do excesso e da falta de água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 19., 2014, São Pedro, SP. **Anais...** Belo Horizonte, MG: ABEP, 2014. Disponível em: <https://abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/download/2237/2192>.
- CARMO, R. L. Population and water resources in Brazil. In: HOGAN, D. J.; BERQUÓ, E.; COSTA, H. S. M. (ed.). **Population and environment in Brazil: Rio+10**. Campinas, SP: NEPO/UNICAMP; CNPD; ABEP, 2002. p. 167-182.
- CARMO, R. L. Dinâmica migratória e demanda por recursos hídricos no Estado de São Paulo. In: NEPO/UNICAMP. Redistribuição da população e meio ambiente: São Paulo e Centro-Oeste, 1. **TEXTOS NEPO 33**. Campinas, SP, 1998. p. 75-96.
- CASSILHA, S. A. et al. O papel das instituições subnacionais na aderência da agenda de integração hídrica: Lições da governança hídrica metropolitana de Curitiba. **Cidades. Comunidades e Territórios**, Lisboa, Portugal, v. 40, p. 200-218, 2020.
- CASTRO, C. N. **Transposição do Rio São Francisco**: análise de oportunidade do Projeto. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2011. (Textos para Discussão, n. 1577). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD_1577.pdf.
- CASTRO, J. E.; HELLER, L.; MORAIS, M. P. **O direito à água como política pública na América Latina**: uma exploração teórica e empírica. Brasília, DF: IPEA, 2015.
- COSTA, H. S. M. Planejamento e ambiente em regiões metropolitanas. In: MARTINE, G. (ed.). **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais**: contribuições para uma agenda brasileira. Belo Horizonte, MG: ABEP, 2012.
- CUNHA, J. M. P.; D'OTTAVIANO, C. Região metropolitana de São Paulo. In: CUNHA, J. M. P. (ed.). **Dinâmica demográfica e socioespacial no Brasil metropolitano**: convergências e especificidades regionais. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2018. p. 33-66.
- CUNHA, J. M. P. **Mobilidade populacional e expansão urbana**. São Paulo, SP: Librum, 2015.
- CURRAN, S. R.; DE SHERBININ, A. Completing the picture: the challenges of bringing "consumption" into the population-environment equation. **Population and Environment, New York, NY**, v. 26, n. 2, p. 107-131, 2004.
- DARREL JENERETTE, G.; LARSEN, L. A global perspective on changing sustainable urban water supplies. **Global and Planetary Change**, Amsterdam, v. 50, n. 3-4, p. 202-211, 2006.

DE SHERBININ, A. et al. Population and environment. **Annual Review of Environment and Resources**, US, v. 32, n. 1, p. 345-373, 2007. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.32.041306.100243>.

DIÓGENES, V. H. D.; OJIMA, R. Análise do impacto da transição da estrutura etária no consumo de energia elétrica domiciliar do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, PR, v. 54, p. 428-448, 2020.

ELVIN, M. The environmental legacy of imperial China. **The China Quarterly**, [S. l.], n. 156, p. 733-756, 1998. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/656123>.

FACCENDINI, A. **La nueva humanización del agua**. Buenos Aires: CLACSO, 2019.

GIRAUD, T.; LAMBERT, N. Reproducible cartography. In: PETERSON, M. (ed.). **Advances in cartography and GIScience**. Cham, Switzerland: Springer, 2017. p. 173-183.

GIRAUD, T.; LAMBERT, N. Cartography: create and integrate maps in your r workflow. **The Journal of Open Source Software**, [S. l.], v. 1, n. 4, p. 54, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21105/joss.00054>.

GOTTMANN, J. Megalopolis or the Urbanization of the northeastern seaboard. **Economic Geography**, London, v. 33, n. 3, p. 189-200, 1957.

HERNÁNDEZ, M. H. **Prácticas ciudadanas e institucionales en la gestión de agua potable y saneamiento en dos regiones hidropolitanas de México y Brasil**. 2015. 422f. Tese (Doutorado) – CIESAS, México, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ciesas.edu.mx/handle/123456789/391%09>.

HOGAN, D. J.; CARMO, R. L. Dinâmica demográfica e gestão dos recursos hídricos. In: BERQUÓ, E. (ed.). **Demografia na Unicamp: um olhar sobre a produção do Nepo**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2017. p. 505-515.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR., E.; OJIMA, R. **População e ambiente: desafios à sustentabilidade**. São Paulo, SP: Blucher, 2010.

HOGAN, D. J. Mobilidade populacional, sustentabilidade ambiental e vulnerabilidade social. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, SP, v. 22, n. 2, p. 323-338, 2005.

HOGAN, D. J. Desenvolvimento sustentável na bacia hidrográfica do rio Piracicaba: limites e possibilidades. In: FERREIRA, L. C.; VIOLA, E. (ed.). **Incertezas de sustentabilidade na globalização**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1996. p. 161-176.

HOGAN, D. J. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. **Lua Nova – Cultura e Política**, São Paulo, SP, n. 31, p. 57-78, 1993.

HUMMEL, D. et al. Inter-and transdisciplinary approaches to population-environment research for sustainability aims: a review and appraisal. **Population and Environment**, New York, NY, v. 34, n. 4, p. 481-509, 2013.

HUMMEL, D. et al. The analytical framework. In: HUMMEL, D. (ed.). **Population dynamics and supply systems: a transdisciplinary approach**. Frankfurt: Campus, 2008. p. 11-69.

HUMMEL, D.; LUX, A. Population decline and infrastructure: the case of the German water supply system. **Vienna Yearbook of Population Research**, Vienna, v. 5, n. 1, p. 167-191, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Sistema Hidráulico Paraíba do Sul. Rio de Janeiro, RJ, 2021. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/seguranca-hidrica/monitoramento-dos-reservatorios-do-paraiba-do-sul/>. Acesso em: 04 fev. 2021.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, 2014. (Relatório Final).

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Governança metropolitana no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 2015. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca_metropolitana/150820_relatorio_arranjos_riode_janeiro.pdf.

LAM, D. How the world survived the population bomb: lessons from 50 years of extraordinary demographic history. **Demography**, New York, NY, v. 48, n. 4, p. 1231-1262, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s13524-011-0070-z>.

LUTZ, W.; PRSKAWETZ, A.; SANDERSON, W. Introduction (Population and Environment: Methods of Analysis). **Population and Development Review**, New York, NY, v. 28, n. 28, p. 1-21, 2002.

LUTZ, W. et al. (ed.). **Population — Development — Environment**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1994.

LUX, A. Shrinking cities and water supply. In: HUMMEL, D. (ed.). **Population dynamics and supply systems: a transdisciplinary approach**. Frankfurt: Campus Verlag, 2008. p. 161-180.

MACÍAS, L. Gestión comunitaria del agua: aproximación hacia la transformación socioambiental en la microcuenca Sauz de Guadalupe, Pinal de Amoles, Querétaro. In: PLATAS, D. A. F.; SÁNCHEZ, I. O.; BUSSO, G. (ed.). **Agua: territorialidades y dimensiones de análisis**. Ciudad de México: Editorial Resistencia, 2019. p. 223-259.

MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G. **Brazil's early urban transition: what can it teach urbanizing countries?** New York, NY: UNFPA; IIED, 2010.

MCDONALD, R. I. et al. Water on an urban planet: urbanization and the reach of urban water infrastructure. **Global Environmental Change**, Inglaterra, v. 27, n. 1, p. 96-105, 2014.

MEIRELES, M.; SANCHES, C. Atributos que caracterizan una megalópolis. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, PR, v. 10, (Supl. 1), p. 1-19, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/urbe/v10s1/2175-3369-urbe-2175-3369010SUPL1AO02.pdf>.

MELLO, L. F.; HOGAN, D. J. População, consumo e meio ambiente. In: HOGAN, D. J.

(org.). **Dinâmica populacional e mudança ambiental:** cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas, SP: Nepo/Unicamp, 2007.

MESQUITA, L. F. G. River basin committees and integrated management in the brazilian national water resources policy. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, PR, v. 45, p. 56-80, 2018.

MONTGOMERY, M. R. et al. **Cities transformed:** demographic change and its implications in the developing world. Washington, DC: National Research Council, 2003.

NIEMANN, S. Spatial aspects of supply: migration, water transfer, and IWRM. In: HUMMEL, D. (ed.). **Population dynamics and supply systems:** a transdisciplinary approach. Frankfurt: Campus Verlag, 2008.

OJIMA, R. Perspectivas para adaptação frente às mudanças ambientais globais no contexto da urbanização brasileira: cenários para os estudos de população. In: HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR., E. (org.). **População e mudança climática:** dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas, SP: Nepo/Unicamp, 2009. p. 11-24.

OJIMA, R. **Instituições políticas e mudança ambiental:** os novos arranjos institucionais na gestão de recursos hídricos e suas interfaces políticas. 2003. 167f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/281525>.

ONU ÁGUA. **Water security & the global water agenda:** the UN-Water analytical brief. New York, NY: United Nations, 2013.

ONU. **The human right to water and sanitation:** resolution. New York, NY: United Nations, 2010. Disponível em: <http://digitallibrary.un.org/record/687002>.

ONU-DESA. **World urbanization prospects:** the 2018 revision. New York, NY, 2019.

PEBESMA, E. Simple features for R: standardized support for spatial vector data. **The R Journal**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 439, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>.

PEREIRA, R. H. M.; GONCALVES, C. N. **geobr:** loads shapefiles of official spatial data sets of Brazil. [S. l. : s. n.], 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=geobr>.

PERLÓ, M. C.; GONZÁLEZ REYNOSO, A. E. **¿Guerra por el agua en el Valle de México?:** estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México. 2. ed. México: Fundación Friedrich Ebert, 2005.

PIRES DO RIO, G. Há espaço ideal para a gestão de águas? **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 64, n. 1, p. 220-238, 2019.

PRADO SIQUEIRA, R. **sidrar:** an interface to IBGE's SIDRA API. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=sidrar>.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.** [S. l.]: SEEG/OC, 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 20 jan. 2021.

RIBEIRO, C. R. **Das metrópoles sedentas à Hidromegarregião Rio de Janeiro–São Paulo**: a construção de uma escala regional de gestão das águas? 2018. 296f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.

RICHTER, R. M.; JACOBI, P. R. Conflitos na Macrometrópole Paulista pela perspectiva da crise hídrica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Recife, PE, v. 20, n. 3, p. 556-569, 2018.

RIPSA – REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÃO PARA A SAÚDE. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil**: conceitos e aplicações. 2. ed. Brasília, DF: OPAS, 2008.

RITTA, J. S. **A água do Rio**: do Carioca ao Guandu – A história do abastecimento de água da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ: Synergia, 2009.

SABESP. **Sistema Cantareira**. São Paulo, SP, 2021a. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=132>. Acesso em: 04 fev. 2021.

SABESP. **Situação dos Mananciais**. São Paulo, SP, 2021b. Disponível em: <http://mananciais.sabesp.com.br/Situacao>. Acesso em: 04 fev. 2021.

SANTOS, L. C. O. et al. A integração natural-técnico: um olhar CTS para a urbanização além do antropocêntrico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE, 7., 2017, Brasília, DF. **Anais...** [S. l.]: Esocite.BR, 2017. Disponível em: http://esocite2017.com.br/anais/beta/trabalhoscompletos/gt/4/esocite2017_gt4_leticiaCostaDeOliveiraSantos.pdf.

SCHMIDT, A. F. J.; ANAZAWA, T. M.; CARMO, R. L. Inseguranças e incertezas no abastecimento de água da Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICA DE POBLACIÓN – ALAP, 9., 2020, Puebla. **Anais...** [S. l.]: ALAP, 2020. Disponível em: <https://congresosalap.com/alap2020/index.htm>.

SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: a new science of people and water. **Hydrological Processes**, Inglaterra, v. 26, n. 8, p. 1270-1276, 2012.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília, DF, 2019.

SP1. Sistema Cantareira chega ao menor nível desde a crise hídrica de 2015; Sabesp descarta desabastecimento. **G1**, São Paulo, SP, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/12/21/sistema-cantareira-chega-ao-menor-nivel-desde-a-crise-hidrica-de-2015-sabesp-descarta-desabastecimento.ghtml>.

SOUZA FILHO, F. A. et al. From drought to water security: brazilian experiences and challenges. In: WORLD WATER COUNCIL (ed.). **Global water security**. water resources development and management. Singapore: Springer, 2018. p. 233-265.

SWYNGEDOUW, E. The political economy and political ecology of the hydro-social cycle. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, [S. l.], v. 142, n. 1, p. 56-60, 2009. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1936-704X.2009.00054.x>.

SWYNGEDOUW, E. Science as culture circulations and metabolisms: (Hybrid) natures and (Cyborg) cities circulations and metabolisms: (Hybrid) natures and (Cyborg) cities. **Science as Culture**, London, v. 15, n. 2, p. 37-41, 2006.

SWYNGEDOUW, E. **Social power and the urbanization of water: flows of power**. New York, NY: Oxford University Press, 2004a.

SWYNGEDOUW, E. Globalisation or 'glocalisation'? Networks, territories and rescaling. **Cambridge Review of International Affairs**, Cambridge, v. 17, n. 1, p. 25-48, 2004b.

TENNEKES, M. {tmap}: thematic maps in {R}. **Journal of Statistical Software**, Austria, v. 84, n. 6, p. 1-39, 2018.

THOMAZ JR., A. O agrohidronegócio no centro das disputas territoriais e de classe no Brasil do século XXI. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, MG, v. 5, n. 10, p. 92-122, 2010.

TRINDADE, L. D. L.; SCHEIBE, L. F. Water management: constraints to and contributions of brazilian watershed management committees. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, SP, v. 22, p. 1-20, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/asoc/v22/pt_1809-4422-asoc-22-e02672.pdf.

VARGAS-VELÁZQUEZ, S. Paisaje hidrosocial de la gestión comunitaria del agua en Morelos. In: PLATAS, D. A. F.; SÁNCHEZ, I. O.; BUSSO, G. (coord.). **Agua. Territorialidades y dimensiones de análisis**. Ciudad de México: Editorial Resistencia, 2019. p. 43-80.

WARD, M. D.; GLEDITSCH, K. S. **An introduction to spatial regression models in the social sciences**. Washington, DC: Colchester, 2007. Disponível em: https://dces.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/128/2013/08/W4_W7_WardGleditsch.pdf.

ZEITOUN, M. The global web of national water security. **Global Policy**, Reino Unido, v. 2, n. 3, p. 286-296, 2011.

ZHANG, X. Q. The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. **Habitat International**, Oxford, v. 54, Part 3, p. 241-252, 2016.