

## RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS SOCIOECONÔMICOS, AMBIENTAIS E DE QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – MINAS GERAIS, BRASIL

*Relationship Between Socioeconomic, Environmental and Water Quality Parameters in Paraíba do Sul Water Basin – Minas Gerais, Brazil*

Sofia Luiza Brito<sup>1\*</sup>

Orcione Aparecida Vieira Pereira<sup>2</sup>

### RESUMO

O objetivo deste artigo é verificar a relação entre os parâmetros socioeconômicos, ambientais e índices de qualidade de água de municípios das sub-bacias hidrográficas dos rios Preto-Paraibuna (PS1) e dos rios Pomba-Muriaé (PS2), situadas na Zona da Mata de Minas Gerais, que compõem a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Foram selecionados municípios com pontos de monitoramento de qualidade de água pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) nestas sub-bacias para averiguar o efeito dos aspectos socioeconômicos e ambientais nos mananciais, totalizando desta forma 24 municípios selecionados para este estudo. Para tanto, utilizou-se os dados disponibilizados pelo *site* Cidades do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os referentes aos Índice de Qualidade de Águas (IQA), Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT) e o Índice de Estado Trófico (IET) no relatório anual de monitoramento do Igam, através da análise de componentes principais (ACP). Os resultados apontam que, necessariamente, nem sempre maior desenvolvimento econômico se converte em garantia de qualidade de água. Portanto, municípios que apresentam valores considerados altos de Produto Interno Bruto - PIB *per capita* e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM também apresentam índices ruins em relação à qualidade de água. Assim, sugere-se que outros estudos sejam realizados com o intuito de verificar se nestes municípios há políticas públicas que preconizam como os esgotos domésticos e industriais devem ser despejados, no sentido de minimizar a poluição dos rios, preservar os recursos hídricos e melhorar a qualidade da água e de vida para a população.

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos. Saneamento. Gestão Sustentável.

<sup>1</sup>Doutora em Ecologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ibitaré (UEMG) – e-mail: sofialuizabrito@gmail.com \* Autora correspondente

<sup>2</sup>Doutora em Ciências Sociais pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ubá (UEMG) – e-mail: orcionep@hotmail.com

## ABSTRACT

*The aim of this work is to verify the relationship between socioeconomic and environmental parameters and water quality indexes of municipalities in the sub-basins of Preto-Paraibuna (PS1) and Pomba-Muriaé (PS2) rivers, located in the Zona da Mata from Minas Gerais, which integrate the Paraíba do Sul River basin. Municipalities with water quality monitoring points by the Institute of Water Management of Minas Gerais (IGAM) in these sub-basins were selected to confirm the effect of socioeconomic and environmental aspects on water sources, thus totalizing 24 municipalities for this study. For that, data available on the website Cities of Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and those referring to Water Quality Index (IQA), Toxic Contamination Index (TCI) and Trophic State Index (TSI) in the IGAM annual report were used through principal component analysis (PCA). The results show that, necessarily, not always greater economic development becomes a guarantee of water quality. Therefore, municipalities that presented values considered high of Gross National Product - GNP per capita and Municipal Human Development Index - MHDI also have low indexes in relation to water quality. Thus, it is suggested that other studies be carried out in order to verify whether these municipalities have public policies that determine how domestic and industrial sewage should be discharged, aiming to minimize river pollution, preserve water resources and improve quality in water and life for population.*

**Keywords:** *Water Resources. Sanitation. Sustainable Management.*

Data de submissão: 18/05/2021

Data de aprovação: 09/06/2021

## 1 INTRODUÇÃO

Vários são os problemas que estão relacionados à água e estes podem ser caracterizados desde a carência absoluta até o desperdício, bem como a contaminação orgânica e química que comprometem sua qualidade e a degradação dos recursos hídricos de água doce que afeta tanto sua quantidade, quanto sua qualidade, principalmente nas proximidades das cidades (VIVEIROS *et al.*, 2015).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, em seu Capítulo I, estabeleceu que a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado e que seu uso em caso de escassez deve ser priorizado ao consumo humano e à dessedentação de animais (BRASIL, 1997). De acordo com o Art. 1º, “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação [desta Política] e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

Nas palavras de Bacci e Patacca (2008, p. 220), as bacias hidrográficas são as unidades básicas de planejamento do uso, da conservação, recuperação e manutenção dos recursos hídricos e afirmam que é “[...] na bacia hidrográfica que os diversos atores sociais se encontram para a negociação dos usos múltiplos” da água. Os autores sugerem que os estudos sobre esse tema, devido à sua complexidade, comecem a partir do conhecimento sobre as bacias hidrográficas que congregam a história do ambiente local e conjugam os fatores naturais (geológicos, físicos, químicos, geográficos e biológicos, entre outros) e antrópicos (relativos à ação do homem, tais como os sociais, culturais, políticos, econômicos, etc.), o que possibilita uma visão contextualizada e ampla.

“A preservação e a utilização racional dos recursos hídricos são aspectos importantes para a resolução de problemas agudos relacionados à questão hídrica, visando ao bem-estar de todos e à preservação do meio ambiente” (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM, 2019, p. 16). Ocorre que o aumento das atividades econômicas e o crescimento populacional desordenado têm causado diversos problemas aos recursos hídricos na atualidade.

Neste sentido, este trabalho objetiva verificar a relação entre parâmetros socioeconômicos, ambientais e índices de qualidade de água nas sub-bacias hidrográficas dos rios Preto-Paraibuna (PS1) e Pomba-Muriaé (PS2) situadas na Zona da Mata de Minas Gerais e que compõem a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

## **1.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**

De acordo com o relatório da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019), o Brasil apresenta uma das maiores quantidades de água doce no mundo, porém este recurso hídrico é distribuído de forma desigual em seu território. Para orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, isto é, as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis no país, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) por meio da Divisão Hidrográfica Nacional estabeleceu como critério a divisão em doze Regiões Hidrográficas brasileiras com a publicação da Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. As regiões hidrográficas compreendem as bacias, um conjunto de bacias próximas ou sub-bacias hidrográficas próximas e “com características naturais, sociais e econômicas heterogêneas ou similares [...]” (CNRH, 2003).

A Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste ocupa 2,5% do território nacional e abrange os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. É a segunda região hidrográfica mais populosa do país com aproximadamente 28 milhões de habitantes, de acordo com os dados do Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), abrange 595 municípios, uma grande gama de atividades econômicas, sendo uma das regiões mais desenvolvidas do país e está dividida em cinco unidades hidrográficas: Doce; Litorânea RJ/ES; Litorânea SP/RJ; Ribeira de Iguape e Paraíba do Sul (ANA, 2015).

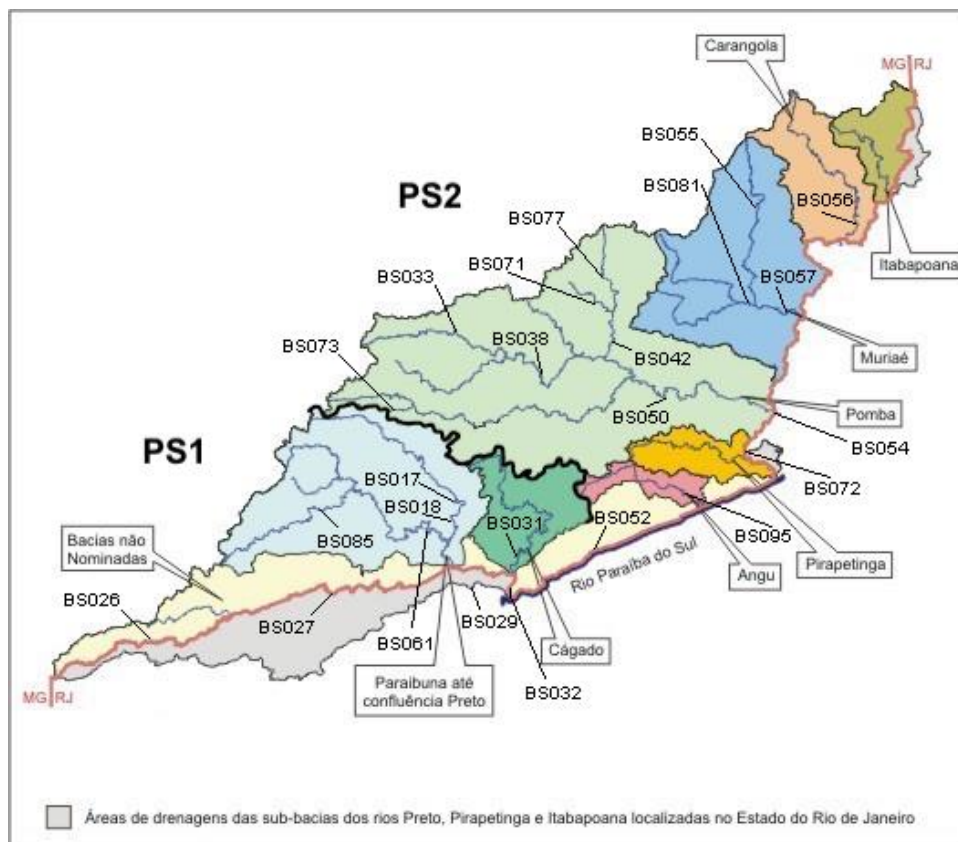
Em relação às demandas hídricas da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, os principais usos de água foram para abastecimento urbano (49%), irrigação (27%) e indústria (20%), entre outros. As principais ameaças à qualidade da água nesta região são: o tratamento insuficiente dos esgotos derivados de áreas abundantemente povoadas; a poluição gerada pelas indústrias; o possível aumento dos índices de poluição difusa e eutrofização por causa do detrimento da cobertura vegetal; e os “riscos de acididades ambientais” (ANA, 2015, p. 71).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul possui aproximadamente 60 mil km<sup>2</sup> de extensão, está localizada na região Sudeste do país e abrange os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. O principal rio é o Paraíba do Sul que possui uma extensão aproximada de 1.130 km, nasce no estado de São Paulo e deságua no Oceano Atlântico, no estado do Rio de Janeiro. Esta bacia fornece água para aproximadamente 14 milhões de pessoas em 185 municípios, além de seus rios também servirem de irrigação e geração de energia elétrica (ANA, 2015).

No estado de Minas Gerais, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul se divide em duas sub-bacias (MAPA 1). A primeira é a sub-bacia hidrográfica dos Rios Preto e Paraibuna (PS1) com uma área de 7.199 km<sup>2</sup> e densidade populacional de 86,8 hab./km<sup>2</sup>; e a segunda sub-bacia é a dos Rios Pomba e Muriaé (PS2) que possui uma área de 13.519 km<sup>2</sup>, correspondendo a 65,25% do território total, e densidade demográfica de 61,11 hab./km<sup>2</sup> (IGAM, 2020).

Os municípios que estão situados na bacia do rio Paraíba do Sul na Zona da Mata Mineira possuem diferentes setores e atividades econômicas, entre as quais as mais comuns são as indústrias – alimentícias, de móveis, de rações, papel/papelão, de vernizes, entre outras –, o abate de animais, os laticínios, galvanoplastia e a extração de pedras, cascalho e areia. Entre os principais problemas, destacam-se as secas ou escassez hídrica, as cheias causadas por alagamentos, enchentes e/ou inundações, e a poluição hídrica decorrente do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento e de efluentes industriais (ANA, 2015; 2019).

Mapa 1 – Principais afluentes do rio Paraíba do Sul no estado de Minas Gerais e pontos de monitoramento de qualidade de água do Igam considerados neste trabalho



Fonte: Adaptado de UFV (2011)

Nota: a linha densa informa a divisão entre as sub-bacias do PS1 (esquerda inferior) e PS2 (direita superior)

O monitoramento da qualidade das águas no estado de Minas Gerais é realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) através do Programa Águas de Minas que monitora e contou, no ano de 2018, com 600 estações de amostragem na Rede Básica distribuídas pelas bacias hidrográficas do Estado. Entre os principais objetivos desse programa, destaca-se o de “conhecer e avaliar as condições da qualidade das águas superficiais” (IGAM, 2019, p. 10). O monitoramento da qualidade das águas nos rios do Estado ocorre por meio de campanhas trimestrais, nas quais acontecem a coleta das amostras nos pontos definidos pelo Igam. Na parte da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul que perpassa a Zona da Mata Mineira, o Igam contém 44 pontos de coletas. A partir da análise das amostras dos cursos de água, o Instituto apresenta um panorama da qualidade das águas desta e de todas as outras bacias situadas em Minas Gerais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

Foram selecionados municípios com pontos de monitoramento de qualidade de água pelo Igam na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, em Minas Gerais. Nesta bacia, o Igam possui 44 Estações na Rede Básica, nas quais ocorrem a coleta de águas para monitorar os índices que contribuem para traçar o panorama da qualidade das águas superficiais.

A sub-bacia Preto-Paraibuna (PS1) abrange 30 municípios e contém 20 pontos de coletas de amostras de águas do Igam. A sub-bacia Pomba-Muriaé (PS2) abrange 65 municípios e 24 pontos de coletas do Igam. No critério adotado para a seleção, o ponto de monitoramento deve estar localizado à jusante da sede de cada município para se verificar o efeito de aspectos socioeconômicos e ambientais nos mananciais, totalizando desta forma 24 municípios selecionados para esta pesquisa, sendo dez municípios da PS1 e 14 municípios da PS2.

O Quadro 1 apresenta os municípios pesquisados e a identificação dos pontos de monitoramento do Igam.

Quadro 1 – Relação dos municípios e pontos à jusante de monitoramento de qualidade de água do Igam considerados neste trabalho

(Continua)

Municípios	Pontos IGAM
<b>PS1 - Preto-Paraibuna</b>	
Além Paraíba	BS052
Belmiro Braga	BS061
Bocaina de Minas	BS026
Chiador	BS032
Juiz de Fora	BS017
Lima Duarte	BS085
Matias Barbosa	BS018
Rio Preto	BS027
Santana do Deserto	BS031
Simão Pereira	BS029
<b>PS2 - Pomba-Muriaé</b>	
Carangola	BS056
Cataguases	BS050
Guarani	BS038
Mercês	BS033
Muriaé	BS081
Palma	BS054

(Conclusão)

PS2 - Pomba-Muriaé	
Patrocínio do Muriaé	BS057
Pirapetinga	BS072
Santos Dumont	BS073
São Francisco do Glória	BS055
Tocantins	BS042
Ubá	BS071
Visconde do Rio Branco	BS077
Volta Grande	BS095

Fonte: Elaborado pelas autoras baseado em IGAM (2019)

## 2.2 Procedimentos

Foram utilizados os dados disponibilizados pelo *site* do IBGE Cidades@ (2020) para analisar os aspectos socioeconômicos e os aspectos ambientais. Nos aspectos socioeconômicos, foram usadas as variáveis: população estimada para o ano de 2019; densidade demográfica em hab./km<sup>2</sup> (2010); taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (2010); número de domicílios da área urbana (2010); número de domicílios da área rural (2010); salário médio mensal dos trabalhadores formais em salário(s) mínimo(s) (2017); Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* em reais (R\$) do ano de 2017; Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do ano de 2010; e o número de empresas atuantes em cada município do ano de 2017.

As variáveis correspondentes aos aspectos ambientais utilizadas foram: volume de água tratada distribuída por dia, em metros cúbicos (2008); internações por diarreia por mil habitantes (2016); lavouras permanentes em hectares (2017); lavouras temporárias em hectares (2017); matas ou florestas naturais em hectares (2017); florestas plantadas em hectares (2017); e a frequência de domicílios com esgotamento sanitário adequado (2010).

Para a qualidade de água, foram considerados o Índice de Qualidade de Águas (IQA) Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2011), o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT) (Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) e Conselho Estadual De Recursos Hídricos de Minas Gerais (COPAM/CERH-MG, 2008) e o Índice de Estado Trófico (IET) (LAMPARELLI, 2004), cujos valores foram extraídos do resumo anual de monitoramento do ano de 2018 (IGAM, 2019). Estes índices de qualidade de água, bem como os parâmetros socioeconômicos e ambientais disponíveis foram pesquisados nas bases de dados dos governos estadual e federal, sendo estes os mais recentes disponibilizados para a consulta.

O Índice de Qualidade de Águas (IQA) é calculado com base nos valores de nove parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato total, fosfato total, turbidez, sólidos totais e variação de temperatura) e metodologias com duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Os resultados obtidos após as variáveis serem calculadas em uma equação própria são distribuídas nas classes Excelente, Bom e Médio que têm como significado “águas apropriadas para tratamento convencional visando ao abastecimento público”, e as classes Ruim e Muito Ruim que significam “águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados” (IGAM, 2019, p. 21). Este índice reflete a contaminação por esgotos, principalmente os domésticos, bem como outros materiais orgânicos.

O Índice Contaminação por Tóxicos (ICT) avalia a presença de 13 substâncias tóxicas nas amostras de água (arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre e cianeto total, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total) e seus resultados são analisados e comparados com os limites definidos nas classes determinadas pelos Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG). As classes utilizadas pelo Igam para determinar a contaminação das águas superficiais por tóxicos são: a) Baixa que se refere à ocorrência da concentração de até 20% de substâncias tóxicas na amostra do corpo de água por estação de coleta; b) Média que corresponde à faixa de concentração de 20% a 100%; e c) Alta que se refere às concentrações que excedem 100% dos limites estabelecidos (IGAM, 2019).

O Índice de Estado Trófico (IET) objetiva “classificar corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton [...]” (IGAM, 2019, p. 22). Considerando a transparência da água (profundidade do disco de Secchi), e as concentrações de fósforo total e de clorofila-a), as classes deste índice são denominadas: a) Ultraoligotrófica; b) Oligotrófica; c) Mesotrófica; d) Eutrófica; e) Supereutrófica e f) Hipereutrófica. Para os rios, as classes Ultraoligotrófica e Oligotrófica compreendem corpos d’água com águas límpidas (mínimo de 1,7 metros de transparência) e com baixas concentrações de fósforo (até 35  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e clorofila (até 1,31  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ). Já em ambientes Mesotróficos as concentrações de fósforo (até 137  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e clorofila (até 2,96  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) atingem valores intermediários com transparência reduzida (abaixo de 1,7 metros de transparência). Por outro lado, os ambientes Eutróficos, Super e

Hipereutróficos apresentam valores acima dos limites estabelecidos para os ambientes Mesotróficos, com transparência comprometida, e altíssimas concentrações de nutrientes.

A coleta dos dados no *site* do IBGE Cidades@ e no resumo anual de monitoramento do Igam ocorreu nos meses de abril e maio de 2020. As informações foram organizadas em uma planilha do *Microsoft Excel*, a partir da qual realizou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando os índices de qualidade de água para avaliar o efeito das variáveis socioeconômicas e ambientais nos principais mananciais do rio Paraíba do Sul nos municípios selecionados.

As variáveis com baixa amplitude de variação nos dados ou redundância informativa não foram empregadas na ACP, tais como a taxa de escolaridade da população, o volume de água tratada, a área de matas naturais do município, entre outras, após uma análise prévia por meio de correlação (Pearson), permanecendo as que foram descritas acima.

Os dados para as variáveis IQA, IET, ICT, população em 2019, PIB *per capita*, IDHM, número de empresas atuantes e esgotamento sanitário foram centralizados e a análise foi realizada utilizando o programa IBM SPSS *Statistics Subscription* versão trial (2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para caracterizar os municípios analisados, verificou-se que a população estimada no ano de 2019 variou de 2.615 habitantes em Simão Pereira até 568.873 habitantes em Juiz de Fora. O valor médio de habitantes nos municípios estudados é de 47.901 e, entre eles, 20 possuem população de até 50.000 habitantes, um entre 50.000 e 100.000 habitantes e três mais de 100.000 habitantes. A densidade demográfica variou de 8,66 hab./km<sup>2</sup> no município de Belmiro Braga até 359,59 hab./km<sup>2</sup> em Juiz de Fora. Outros municípios que apresentaram densidades demográficas consideráveis foram Cataguases (141,85 hab./km<sup>2</sup>), Visconde do Rio Branco (155,91 hab./km<sup>2</sup>) e Ubá (249,16 hab./km<sup>2</sup>). Todos os municípios têm uma taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade acima de 96%, com destaque para o município de Chiador que apresentou 100% de escolarização de crianças e adolescentes com estas idades. Os municípios que possuíam os maiores números de domicílios situados na área rural foram Belmiro Braga, Bocaina de Minas e Santana do Deserto. Os outros municípios pesquisados possuíam mais domicílios situados na área urbana, quando comparados aos números da área rural.

Quando analisado o valor do salário médio mensal dos trabalhadores formais calculados com base no valor do salário mínimo do ano de 2017, os trabalhadores dos municípios ganharam em média 1,76 sal./mensal (R\$ 1.659,12), sendo que os trabalhadores dos municípios de Palma e Rio Preto recebiam em média 1,4 sal./mensal (R\$ 1.311,80) e os de Juiz de Fora 2,4 sal./mensal (R\$ 2.248,80). O PIB *per capita* calculado no ano de 2017 variou de R\$ 9.898,75 no município de Santana do Deserto até R\$ 54.136,96 no município de Pirapetinga. O valor médio do PIB *per capita* dos municípios estudados foi de R\$ 18.912,86. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) calculado no ano de 2010 variou de 0,638, do município de Simão Pereira, a 0,778 no de Juiz de Fora. Em relação aos municípios pesquisados, constatou-se que 50% tinham IDHM médio, entre 0,600 e 0,699, e 50% tinham IDHM alto, entre 0,700 e 0,799. O município que apresentou o menor número de empresas no ano de 2017 foi Chiador (n = 45), e os que apresentaram os maiores números foram Ubá (n = 3.580), Muriaé (n = 4.191) e Juiz de Fora (n = 19.930).

Com relação aos aspectos ambientais, o volume de água tratada é relativamente proporcional ao tamanho da população nos municípios ( $r = 0,588$ ;  $p < 0,05$ ). Já para a frequência de domicílios com esgotamento sanitário adequado, em Juiz de Fora a coleta ocorre em quase todos (94,1%). Sete municípios apresentaram coleta de esgoto nos domicílios maior que 80%, oito municípios acima de 70%, seis municípios acima de 60% e dois municípios (Belmiro Braga e Bocaina de Minas) com coleta em torno de 45% dos domicílios. Contudo, os maiores números de internação por diarreia ocorreram em Palma e Visconde do Rio Branco, com média de 7,65 por mil habitantes; seguidos por Rio Preto e Ubá, com média de 3,25, e Pirapetinga com 2,8 internações por mil habitantes. Os demais municípios apresentaram números de internações por diarreia menor que 2,0.

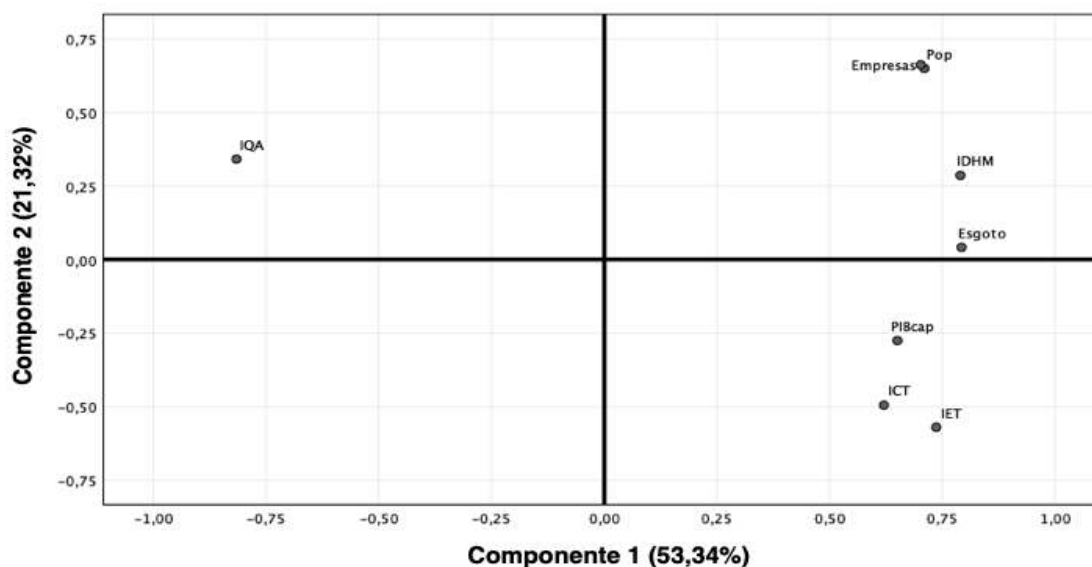
Sobre a agricultura, os municípios com maior área de lavoura permanente (acima de mil hectares) foram Carangola (5.470 ha), São Francisco do Glória (2.137 ha), Muriaé (1.773 ha) e Tocantins (1.040 ha), enquanto os com menores áreas (abaixo de 100 hectares) foram Lima Duarte (64 ha), Volta Grande (52 ha), Chiador (41 ha) e Santana do Deserto (21 ha). Em relação às lavouras temporárias, os municípios com as maiores áreas plantadas foram Tocantins (2.162 ha), Visconde do Rio Branco (2.099 ha), Santos Dumont (1.678 ha), Matias Barbosa (1.327 ha), Chiador (1.082 ha), Bocaina de Minas (1.073 ha), Mercês (1.028 ha), Rio Preto (1.022 ha) e Volta Grande (1.004 ha) e os com as menores áreas, abaixo de 200 hectares, foram Lima Duarte (181 ha) e Ubá (178 ha).

Os municípios com as maiores áreas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal foram Juiz de Fora (15.781 ha), Lima Duarte (12.403 ha), Além Paraíba (8086 ha) e Muriaé (7.345 ha), por outro lado, São Francisco do Glória foi aquele com menor área preservada, com apenas 985 hectares.

Considerando os índices de qualidade de água, o IQA variou entre 23,8 e 71,8, sendo o menor valor no município de Visconde do Rio Branco, com qualidade Muito Ruim e outros 5 municípios com qualidade Ruim: Juiz de Fora, Matias Barbosa, Muriaé, Santos Dumont e Ubá. A maioria dos municípios apresentou IQA entre 50 e 70 pontos, ou seja, qualidade de água Média e apenas dois com qualidade Boa: Belmiro Braga (70,7) e Bocaina de Minas (71,8). A maioria dos municípios apresentou Baixa contaminação por tóxicos (excedendo no máximo em 20% concentrações limites), sendo Juiz de Fora e Santos Dumont com contaminação Média (excedendo entre 20% e 100% das concentrações limites), e Matias Barbosa, Simão Pereira, Ubá e Visconde do Rio Branco com contaminação Alta (excedendo acima de 100% das concentrações limites). Com relação ao IET, este índice variou entre 49,3 e 65,5. Oito municípios apresentaram águas Oligotróficas ( $47 < \text{IET} < 52$ ); em doze foram classificadas como Mesotróficas ( $52 < \text{IET} < 59$ ); Santos Dumont, Tocantins e Ubá apresentaram águas Eutróficas ( $59 < \text{IET} < 63$ ) e apenas Visconde do Rio Branco apresentou estado Supereutrófico ( $63 < \text{IET} < 67$ ).

A análise de componentes principais considerando o IQA, o IET, o ICT e os aspectos socioeconômicos e ambientais apresentou uma porcentagem de explicação de 74,66% da variância dos dados utilizados (GRÁFICO 1, TABELA 1).

Gráfico 1 – Análise de Componentes Principais entre os parâmetros de qualidade de água e aspectos socioeconômicos e ambientais para municípios da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, MG



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020)

Nota: Pop = população estimada em 2019; PIBcap = PIB *per capita*; Empresas = número de empresas atuantes e Esgoto = frequência de domicílios com esgotamento sanitário adequado nos municípios estudados.

O componente 1 (53,34%) representa justamente o efeito dos aspectos socioeconômicos sobre a qualidade de água onde observa-se as correlações significativas do IQA e do IET e a população estimada, IDHM, empresas e esgotamento sanitário com o eixo.

É importante salientar que a correlação do IQA é negativa com os demais parâmetros, uma vez que seus valores são progressivos (menor valor, pior qualidade de água) e que os municípios com maior população ( $r = -0,6971$ ;  $p < 0,05$ ), geralmente apresentam maior número de empresas ( $r = -0,6723$ ;  $p < 0,05$ ); apesar do maior IDHM ( $r = -0,5617$ ;  $p < 0,05$ ) e esgotamento sanitário adequado ( $r = -0,5532$ ;  $p < 0,05$ ). Por outro lado, o IET correlacionou-se positivamente com estas variáveis ( $r = 0,6317$ ;  $0,6400$ ;  $0,6863$  e  $0,6148$ ; respectivamente para  $p < 0,05$ ), pois seus valores são regressivos (menor valor, melhor qualidade de água).

O componente 2 (21,32%) representa aspectos socioeconômicos como a concentração de empresas e nos municípios com maior população, ainda que esta relação não seja significativa na análise (TABELA 1). Por fim, o ICT e o PIB *per capita* não apresentaram correlação significativa com os dois componentes ainda que os coeficientes sejam relativamente altos (acima de 0,6) para o componente 1.

Tabela 1 – Correlação das variáveis com os componentes principais

Variável	Componente 1	Componente 2
IQA	<b>-0,816</b>	0,341
ICT	0,620	-0,495
IET	<b>0,737</b>	-0,57
Pop	<b>0,710</b>	0,649
PIBcap	0,650	-0,275
IDHM	<b>0,790</b>	0,286
Empresas	<b>0,702</b>	0,662
Esgoto	<b>0,793</b>	0,041

Fonte: elaborada pelas autoras (2020)

Nota: Pop = população estimada em 2019; PIBcap = PIB *per capita*; Empresas = número de empresas atuantes e Esgoto = frequência de domicílios com esgotamento sanitário adequado nos municípios estudados, 2020.

Valores em negrito representam correlações significativas com os componentes ( $p < 0,05$ ).

Entre os municípios é possível observar alguns grupamentos, recebendo destaque aquele formado por Juiz de Fora, Ubá e Muriaé, que, apesar do desenvolvimento socioeconômico e ambiental apontando pelos maiores valores de IDHM e maior frequência de domicílios com esgotamento sanitário (acima de 87%), o fato de possuírem as maiores populações (acima de 100.000 habitantes) e o maior número de empresas cadastradas (mais de 3.500) reflete nos piores índices de qualidade de água da bacia do Paraíba do Sul que perpassa a Zona da Mata mineira (GRÁFICO 2). Este fato pode estar relacionado às concentrações de efluentes (no caso de esgotos domésticos) e tipo de poluentes neles contidos (considerando os lançamentos industriais).

Outro grupo que se destaca são os municípios de Além Paraíba, Carangola, Santos Dumont e Visconde do Rio Branco, também populosos (entre 30.000 e 50.000 habitantes), com mais de mil empresas cadastradas, valores de IDHM em torno de 0,700; contudo os dois últimos apresentam pelo menos dois índices abaixo dos padrões de qualidade de água. Com valores intermediários a estes dois grupos, encontra-se isoladamente o município de Cataguases: população acima de 75.000 habitantes, com pouco mais de duas mil empresas cadastradas, e qualidade de água mediana, considerando os três índices.

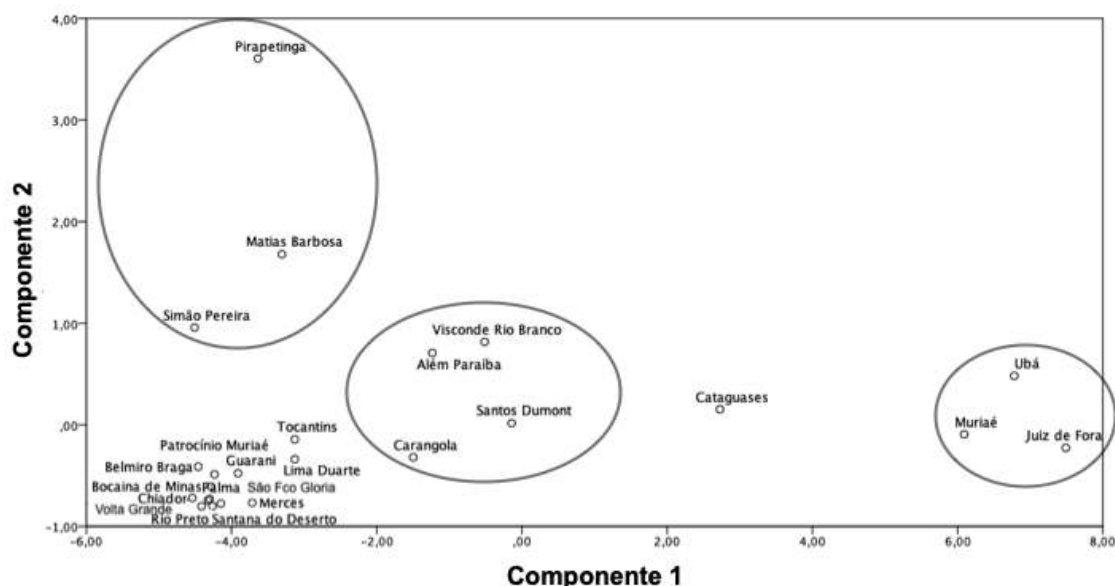
No outro extremo do Gráfico 2, destaca-se o município de Pirapetinga que possui o maior PIB *per capita* da bacia, e que se aproximam Matias Barbosa e Simão Pereira (segundo e quarto maiores). Estes dois últimos, apesar do maior desenvolvimento econômico, apresentam

ICT alto, mesmo que a frequência de domicílios com esgotamento sanitário seja acima de 70%. As empresas destes municípios são diversificadas e atuam em várias áreas, tais como construção civil, agronegócio, transporte, setor de serviços, indústrias alimentícias e de bebidas (ECONODATA, 2021), de modo que efluentes de todas estas atividades possivelmente contribuem para valores mais altos de ICT.

Os demais municípios (formando um grande grupo no quadrante esquerdo inferior do Gráfico 2 compreendem aqueles de pequeno porte (com menos de 20.000 habitantes), boa qualidade de água, ainda que a maioria apresente frequência de domicílios com esgotamento sanitário abaixo de 70%.

Apesar da dificuldade de se conseguir dados dos parâmetros socioeconômicos, ambientais e dos índices de qualidade de água para um mesmo ano, uma vez que se tratam de indicadores de diferentes áreas do conhecimento, esta pequena dessincronia provavelmente não afetou a análise. Os dados correspondem aos anos de 2017 a 2019, sendo que alguns são estimados com precisão de metodologias já testadas e comprovadamente válidas para estudos científicos, tais como os do PIB *per capita*, IDHM, IQA, ICT, entre outros utilizados nesta pesquisa.

Gráfico 2 – Ordenação dos municípios da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, MG, de acordo com os parâmetros de qualidade de água e aspectos socioeconômicos e ambientais



Fonte: elaborado pelas autoras (2020)

Os resultados apontam que, necessariamente, nem sempre maior desenvolvimento econômico se converte em garantia de qualidade de água. O PIB *per capita* de um município corresponde à soma de todos os bens e serviços produzidos dividida pela sua quantidade de habitantes. De acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2019), o IDHM é um indicador composto pelas informações de três dimensões: longevidade, educação e renda, porém não contempla fatores que refletem a qualidade ambiental. Este indicador varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1, maior é o desenvolvimento humano. Assim, municípios que apresentam valores considerados altos de PIB *per capita* e IDHM também apresentam índices ruins em relação à qualidade de água, apesar de o IDHM estar frequentemente relacionado ao desenvolvimento humano e à melhoria da qualidade da água.

Verificou-se que os municípios de Juiz de Fora, Ubá e Muriaé se destacaram como sendo os mais populosos, mais industrializados, com valores de PIB *per capita* de R\$ 25.711,91, R\$ 25.255,54 e R\$ 19.341,51, respectivamente, e IDHM de 0,788, 0,734 e 0,724, mas também foram os que apresentaram índices Ruins de IQA, apesar de apresentarem esgotamento sanitário acima de 87% em seus domicílios. Em relação ao IET, destaca-se o município de Ubá que apresentou águas Eutróficas.

Outros municípios que se destacaram na análise dos resultados deste estudo foram os de Santos Dumont e Visconde do Rio Branco. Apesar de serem municípios de pequeno porte, Santos Dumont apresentou o PIB *per capita* de R\$ 19.047,48; 0,741 de IDHM, 1.098 empresas, mas esgotamento sanitário com 69,6% de cobertura e o IQA considerado Ruim. A situação de Visconde do Rio Branco também chama a atenção pelo município ter apresentado o valor do PIB *per capita* de R\$ 26.926,77; IDHM de 0,709, 1.354 empresas e esgotamento sanitário em 85,2% dos domicílios, porém um IQA considerado Muito Ruim e IET considerado um estado Supereutrófico.

O IET é um importante indicador de poluição por fósforo (causado pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais, com altas cargas de matéria orgânica, detergentes), pela transparência da água (indicando níveis de assoreamento e a quantidade de luz disponível), seus efeitos e de outros fatores sobre a comunidade aquática e o crescimento excessivo de algas (medida pela clorofila-a) (CUNHA; CALIJURI; LAMPARELLI, 2013). Desta forma, mesmo com o desenvolvimento econômico de municípios como Ubá, Santos Dumont e Visconde do Rio Branco, o efeito da urbanização e da industrialização sem medidas mitigadoras de seus

impactos se reflete na qualidade da água, na degradação da biota aquática com altos riscos de floração de cianobactérias e no risco à saúde da população (CONAMA, 2005).

Os valores de IQA mostram que, mesmo que os municípios de Juiz de Fora, Muriaé, Ubá e Visconde do Rio Branco apresentem esgotamento sanitário com índices acima de 85% de abrangência, as ações necessárias para que haja menos contaminação dos rios que percorrem seus territórios não estão sendo realizadas de forma adequada, o que requer mais atenção por parte das instituições governamentais, bem como a elaboração e implantação de políticas públicas mais efetivas para garantir o direito destas populações à água de qualidade e ao saneamento básico adequado.

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e preconiza que o esgotamento sanitário é um dos serviços públicos fundamentais do saneamento básico que, por sua vez, está relacionado às condições de saúde de uma população. Quando o saneamento básico não consegue promover o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o “manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à poluição do meio ambiente” (BRASIL, 2007, Art. 2º, Inciso III), toda a população fica exposta aos agravos decorrentes desta poluição e pode apresentar incidência de casos de diarreia, hepatite, dengue, entre outros. No caso desta pesquisa, este indicador também mostra o quanto cada município está contribuindo para a poluição hídrica.

Por outro lado, apesar de apresentarem menor frequência de domicílios com esgotamento sanitário (abaixo de 45%), os municípios de Belmiro Braga e Bocaina de Minas são os únicos que apresentaram qualidade de água Boa no IQA, provavelmente um reflexo da menor urbanização, uma vez que a maioria dos domicílios se encontra na zona rural.

Em trabalho semelhante, abordando indicadores socioeconômicos, ambientais e o IQA na bacia hidrográfica do Rio Jiquiriçá, no Recôncavo Sul da Bahia, Rocha *et al.* (2010) concluíram que a condição é de “equilíbrio pobre” sob o enfoque ambiental, social e econômico. Nos parâmetros socioeconômicos, os autores apontaram abastecimento de água, e especialmente o esgotamento sanitário e a disposição inadequada de resíduos sólidos como os fatores que mais pesaram no menor valor do indicador. No parâmetro ambiental, o fato de 82,6% do uso do solo ser de agricultura e pastagem, segundo os autores, também contribuiu negativamente para o baixo valor do indicador.

Como apontado por diversos autores (TUNDISI, 2008; PIASENTIN *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2010), o uso de indicadores de água e parâmetros socioeconômicos e ambientais, bem como da análise multivariada para consolidá-los, faz-se cada vez mais necessário para se alcançar uma visão mais real e fidedigna da situação de uma dada bacia hidrográfica, bem como auxiliar os usuários e tomadores de decisão sobre quais medidas colocar em prática para a melhoria da qualidade de sua água.

O ranqueamento criado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) informa a proximidade dos municípios em relação à universalização do saneamento. Foi considerado o percentual de pessoas atendidas pelos serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto e de resíduos sólidos, além de avaliar o quanto de esgoto recebe tratamento e se os resíduos recebem destinação adequada (ABES, 2019). A pontuação máxima é de 500, sendo categorizados da seguinte forma: acima de 489,00 = rumo à universalização; de 450,00 a 489,00 = compromisso com a universalização; de 200,00 a 449,99 = empenho para universalização; e abaixo de 200,00 = primeiros passos para a universalização.

Dos 24 municípios analisados neste trabalho, 13 aparecem no ranqueamento, pois forneceram os dados ao Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS): Muriaé (426,61), Juiz de Fora (396,13), Ubá (375,41), Guarani (368,59), São Francisco do Glória (361,2), Tocantins (352,5), Lima Duarte (352,38), Patrocínio do Muriaé (351,75), Cataguases (343,7), Mercês (336,06), Santos Dumont (328,28), Chiador (318,88) e Carangola (223,05), sendo que todos os municípios apresentaram valores classificando-os como empenhados na universalização. Destacam-se Muriaé com maior valor e próximo à próxima categoria (compromissado), enquanto Carangola obteve o menor evidenciando que só recentemente o município atingiu os primeiros passos à universalização.

Salienta-se que um dos maiores desafios da atualidade, “em todos os níveis de governo”, é integrar a preocupação ambiental ao processo de tomada de decisões e, desta forma, conjugar o desenvolvimento econômico com a questão ambiental por meio da elaboração de políticas públicas que atendam aos interesses destas áreas (PINTO-COELHO; HAVENS, 2014, p. 154).

Investimentos das prefeituras, tais como a concessão e/ou construção de estações de tratamento de esgoto e de aterros sanitários, além de melhorar a qualidade de vida da população, podem trazer mais recursos para o município, como o ressarcimento pelo “ICMS Ecológico”. Segundo a Lei Estadual nº 18.030, de 12 de janeiro de 2009, que dispõe sobre a

distribuição da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios, são 18 critérios utilizados para destinar parcela, sendo área geográfica, população, produção de alimentos, meio ambiente, saúde, mineração e recursos hídricos mais ligados à área ambiental. O critério meio ambiente, por exemplo, é dividido em outros três, sendo saneamento, Unidades de Conservação e Mata Seca. Desta forma, a ampliação de áreas preservadas no município por meio de estabelecimento de unidade de conservação e cadastramento junto ao Instituto Estadual de Florestas (IEF), também pode contribuir para a conservação dos recursos hídricos e retorno financeiro ao município (MINAS GERAIS, 2009).

Para tanto, é necessária uma quebra de paradigma em relação às águas superficiais. As áreas urbanas tendem a surgir ao longo dos rios e o mesmo atende como abastecimento, transporte e local para lançamento de dejetos e descartes produzidos pelas cidades. Gestores, usuários e tomadores de decisão consideram os rios como um problema associado ao saneamento e não como um recurso de valor socioeconômico e ambiental a ser preservado (PINTO-COELHO; HAVENS, 2014). Reflexo disso são as canalizações de leito de rios, favorecendo a infraestrutura de transporte, mas gerando a impermeabilização do solo e comprometendo a dinâmica sazonal de inundação das margens, ou podem tornar-se áreas de risco onde a população de baixa renda se instala, e fonte de doenças veiculadas ou cujos vetores têm ciclo de vida na água.

#### **4 CONCLUSÃO**

Ao relacionar os parâmetros socioeconômicos, ambientais e índices de qualidade de água nas bacias hidrográficas situadas na Zona da Mata Mineira, verificou-se que tanto a sub-bacia dos rios Preto-Paraibuna (PS1), quanto a dos rios Pomba-Muriaé (PS2) possuem municípios que, mesmo apresentando bons indicadores socioeconômicos e ambientais, têm problemas referentes à qualidade da água, principalmente quando foram analisados os resultados do IQA e IET.

A Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu o direito à água potável e ao saneamento seguro a todos seres humanos no ano de 2010, o que possibilita a promoção de um debate sobre a importância desse recurso fundamental à vida humana e desse serviço essencial à saúde de todos, além de contribuir para que a população possa se organizar e reivindicar a garantia deste direito aos seus governantes.

Sabe-se que os custos para preservação e recuperação dos recursos hídricos podem parecer onerosos, especialmente aos municípios, mas independente da área, do tamanho da população ou da localização regional, gestores municipais devem planejar o desenvolvimento econômico, considerando a disponibilidade hídrica. Esses custos também se convertem em economia na medida que são revertidos na gestão sustentável da bacia hidrográfica, no tratamento de água e combate ao desperdício no seu abastecimento, entre outros benefícios.

Neste sentido, sugere-se que outros estudos sejam realizados com o intuito de verificar se nestes municípios e em outros da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul existem políticas públicas diretamente relacionadas aos usos da água e ao saneamento básico, principalmente na recomendação de como os esgotos domésticos e industriais devem ser despejados, uma vez que a fiscalização deve ser realizada no sentido de minimizar a poluição dos rios, conservar os recursos hídricos e melhorar a qualidade da água e de vida para a população.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Ranking ABES da universalização do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Ed. Esp. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 13 abr. 2020.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Perfil por estado, região metropolitana, município e Unidade de Desenvolvimento Humano**. 2019. Base de Dados. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil/>. Acesso em: 13 abr. 2020.

BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142008000200014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200014). Acesso em: 17 abr. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX de art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei n. 8001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 8 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em: 5 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro e 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em: 16 abr. 2020.

CANADIAN COUCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic file**: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. Winnipeg: CCME, 2011. (Canadiana Environmental Quality Guidelines).

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (Brasil). **Águas no Brasil**: perspectivas e desafios municipais. Brasília: CNM. 2018. 92 p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Minas Gerais). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: 8 set. 2021

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.; LAMPARELLI, M. C. *A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts)*. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 60, p. 126–134, 2013.

ECONODATA. **Prospecção B2B e economia de mercado**. Disponível em: <https://econodata.com.br/>. Acesso em: 8 set. 2021.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION (IBM). **SPSS Statistics Subscription**. Versão trial. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/analytics/spss-statistics-software>. Acesso em: 1 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**. Versão 6.4.10. [Brasília]: IBGE, 2017. Sistema de Informação. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 mar. 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2018**: resumo executivo. Belo Horizonte: IGAM, 2019. Disponível em: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3210>. Acesso em: 13 abr. 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Portal dos comitês**. Belo Horizonte: IGAM, 2020. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg>. Acesso em: 14 abr. 2020.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo**: Avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 237 f. Tese (Doutorado em Ciências na área de ecossistemas terrestres e aquáticos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18030, de 12 de janeiro de 2009**. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=LEI&num=18030&ano=2009>. Acesso em: 03 dez. 2020.

PIASENTIN, A. M. *et al.* Índice de Qualidade da Água (IQA) do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Crise nas Águas**: educação, ciência e governança juntos evitando conflitos gerados pela escassez e pela perda da qualidade das águas. Belo Horizonte: Editora Recóleo, 2014.

ROCHA, J. L. S. *et al.* Indicador integrado de qualidade ambiental aplicado à gestão da bacia hidrográfica do rio Jiquiriçá, BA, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 89-101, 2010.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). **Atlas digital das águas de Minas Gerais**, 2011. Disponível em: [www.atlasdasaguas.ufv.br](http://www.atlasdasaguas.ufv.br). Acesso em: 17 jan. 2018.

VIVEIROS, E. P. *et al.* Por uma nova ética ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio Claro, v. 20, n. 3, p. 331-336, jul./set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00331.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2020.