

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DE QUALIDADE DE ÁGUA DE MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL NA ZONA DA MATA MINEIRA

Orcione Aparecida Vieira Pereira¹
Sofia Luiza Brito²

Discussão sobre disparidades socioeconômicas e ambientais e a promoção de políticas e práticas que buscam a equidade e justiça ambiental.

Resumo

Este trabalho objetivou analisar a relação entre aspectos socioeconômicos e de qualidade de água nas sub-bacias hidrográficas dos rios Preto-Paraibuna (PS1) e Pomba-Muriaé (PS2) que compõem a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e perpassam municípios situados na Zona da Mata do estado de Minas Gerais. Foram selecionados 36 municípios com pontos de monitoramento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) para verificar o efeito dos aspectos socioeconômicos nos mananciais superficiais. Utilizou-se informações do *site* Cidades@ do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Igam por meio do seu resumo anual, as quais foram examinadas através da análise de componentes principais (ACP). Verificou-se que os aspectos socioeconômicos que melhor caracterizam os municípios são tamanho da população e número de empresas, ou seja, 89,80% dos casos, especialmente em Juiz de Fora, Muriaé, Ubá, Cataguases, Leopoldina, Santos Dumont e Visconde do Rio Branco, seguido pelo Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), sendo 5,25% dos casos, em Belmiro Braga, Matias Barbosa, Astolfo Dutra, Dona Eusébia e Rio Pomba. No geral, os municípios apresentaram situações contrastantes, onde, muitas vezes, o desenvolvimento socioeconômico não reflete diretamente qualidade ambiental. A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul está entre as mais degradadas do bioma Mata Atlântica, especialmente pelo tratamento de esgoto insuficiente, o que demanda investimento em políticas públicas e recuperação ambiental por todos os setores da sociedade. Assim, sugere-se a realização de outras pesquisas para verificar como os municípios estão fiscalizando o lançamento de esgotos em seus rios e seus afluentes.

Palavras-chave: Mananciais superficiais; Monitoramento; Contaminação.

¹Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Acadêmica de Ubá; Departamento de Ciências Humanas e Linguagens. E-mail: orcione.pereira@uemg.br

² Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Acadêmica de Ibirité; Departamento de Ciências Biológicas. E-mail: sofia.brito@uemg.br

INTRODUÇÃO

A água é um recurso que necessita cada vez mais de ser utilizado de forma racional, mesmo no Brasil que possui cerca 12% de disponibilidade de água doce do mundo. Apesar da abundância deste recurso, ele está distribuído de forma desigual pelo território nacional, o que acarreta várias situações na atualidade, tais como as de escassez hídrica.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a partir da Divisão Hidrográfica Nacional, instituiu 12 Regiões Hidrográficas no país, a partir do ano de 2003, objetivando orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. As Regiões Hidrográficas compreendem as bacias e as sub-bacias hidrográficas que possuem características ambientais e socioeconômicas similares (IBGE, 2021). Uma destas regiões é a Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste que compreende uma das áreas mais industrializada e urbanizada do Brasil.

Entre as várias bacias da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, esta pesquisa tem como foco a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, especificamente a parte que perpassa a Zona da Mata do estado de Minas Gerais.

Abrangendo os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem aproximadamente 62.000 km² e como rio principal o Paraíba do Sul. Este rio tem sua nascente no estado de São Paulo, deságua no Oceano Atlântico no estado do Rio de Janeiro e abrange 184 municípios, sendo 88 no estado de Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo (Ceivap, 2021)

No estado de Minas Gerais, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul se divide em duas sub-bacias, sendo a sub-bacia dos rios Preto e Paraibuna (PS1) e a dos rios Pomba e Muriaé (PS2), ambas localizadas na Zona da Mata Mineira. Os municípios compreendidos por estas sub-bacias possuem diferentes setores e atividades econômicas, com destaque para indústrias de diversos seguimentos, o abate de animais, o extrativismo de bauxita, pedras e



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

areia, entre outros, além de apresentarem problemas como escassez hídrica; cheias causadas por enchentes e/ou inundações; e a poluição hídrica causada pelo lançamento de esgoto doméstico sem tratamento e de efluentes industriais (Brito; Pereira, 2021; Igam, 2023).

O monitoramento da qualidade dos mananciais superficiais no estado de Minas Gerais é realizado pelo Igam que, no ano de 2022, possuía 657 estações de amostragem na rede básica distribuídas pelas bacias hidrográficas estaduais. O Igam contém 51 pontos de coletas nas referidas sub-bacias do rio Paraíba do Sul e estes possibilitam a análise das amostras dos cursos d'água para, posteriormente, o instituto apresentar o cenário da qualidade da água desta e de todas as outras bacias de Minas Gerais (Igam, 2023).

Assim, este trabalho analisou a relação entre aspectos socioeconômicos e de qualidade de água dos mananciais superficiais das sub-bacias dos rios Preto-Paraibuna (PSI) e Pomba-Muriaé (PS2) que perpassam municípios da Zona da Mata de Minas Gerais.

METODOLOGIA

ÁREA DO ESTUDO

Foram pesquisados 36 municípios com pontos de monitoramento de qualidade de água pelo Igam na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, na Zona da Mata Mineira, sendo que 16 pertencem à sub-bacia Preto-Paraibuna (PS1) e 20 municípios à sub-bacia Pomba-Muriaé (PS2).

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 sobre a qualidade de água dos rios e afluentes compreendidos por essas sub-bacias.

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

EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

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

(continua)

| Municípios | Pontos Igam |
|------------------------------|-------------|
| PS1 – Preto-Paraibuna | |
| Além Paraíba | BS070 |
| Belmiro Braga | BS024 |
| Bias Fortes | BS088 |
| Bocaina de Minas | BS026 |
| Chiador | BS032 |
| Ewbank da Câmara | BS002 |
| Juiz de Fora | BS017 |
| Lima Duarte | BS085 |
| Mar de Espanha | BS030 |
| Matias Barbosa | BS018 |
| Olaria | BS084 |
| Rio Preto | BS027 |
| Santa Bárbara do Monte Verde | BS090 |
| Santa Rita de Jacutinga | BS025 |
| Santana do Deserto | BS031 |
| Simão Pereira | BS029 |
| PS2 – Pomba-Muriaé | |
| Astolfo Dutra | BS042 |
| Cataguases | BS049 |
| Dona Euzébia | BS042 |
| Guarani | BS038 |
| Leopoldina | BS044 |
| Mercês | BS033 |
| Miradouro | BS058 |
| Miraí | BS059 |
| Muriaé | BS081 |
| Palma | BS054 |
| Patrocínio do Muriaé | BS057 |
| Pirapetinga | BS072 |
| Piraúba | BS039 |
| Rio Pomba | BS034 |
| Santos Dumont | BS073 |
| São Francisco do Glória | BS055 |

EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

| PS2 – Pomba-Muriaé | |
|------------------------|-------|
| Tombos | BS056 |
| Ubá | BS071 |
| Visconde do Rio Branco | BS077 |
| Volta Grande | BS095 |

Fonte: elaborado pelas autoras baseado no relatório do Igam (2023).

Procedimentos

Foram utilizadas as informações socioeconômicas do *site* Cidades@ do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes à(o): população do último censo (2022); Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* em reais (2021); Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (2010); número de empresas ou unidades locais de cada município (2022) e esgotamento sanitário adequado (2010) (IBGE, 2024).

Para a qualidade de água, foram considerados os Índice de Qualidade de Águas (IQA), o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT) e o Índice de Estado Trófico (IET), cujos valores foram extraídos do relatório anual de monitoramento de águas superficiais de Minas Gerais para o ano de 2022. A descrição destes índices, bem como das variáveis empregadas, suas fórmulas e intervalo de variação e classificação encontram-se disponíveis no referido relatório (Igam, 2023).

A coleta dos dados no *site* do IBGE Cidades@ e no resumo anual de monitoramento do Igam ocorreu nos meses de julho e agosto de 2024. As informações foram organizadas em uma matriz em planilha do *Microsoft Excel*, passaram por uma análise prévia por meio da correlação de Pearson, 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 nos mananciais das sub-bacias do rio Paraíba do Sul, nos municípios selecionados.

Os dados para as variáveis IQA (2022), ICT (2022), IET (2022), população do último censo (2022); Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* em reais (2021); Índice de

Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (2010); número de empresas ou unidades locais de cada município (2022) e esgotamento sanitário adequado (2010) foram centralizados e a análise foi realizada utilizando o programa *on-line* gratuito ClustVis (BIIT Research Group, 2015).

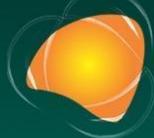
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população dos municípios selecionados variou de 1.945 habitantes em Olaria a 540.756 na cidade de Juiz de Fora. Entre eles, 30 possuem população inferior a 50.000 habitantes, dois possuem mais de 50.000 até 100.000 habitantes (Cataguases e Leopoldina) e três mais de 100.000 habitantes (Muriaé, Ubá e Juiz de Fora).

No *Ranking* da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) da universalização do saneamento (2021) são considerados municípios de pequeno e médio porte aqueles que têm a população de até 100.000 habitantes e de grande porte aqueles com mais de 100.000. Neste estudo, 91,6% são municípios de pequeno e médio porte de acordo com estas categorias.

O PIB *per capita* calculado no ano de 2021 variou de R\$ 11.889,16 no município de Santana do Deserto até R\$ 59.224,34 na cidade de Pirapetinga e o valor médio do PIB *per capita* dos municípios estudados foi de R\$ 21.950,92. Além de Pirapetinga, apenas Simão Pereira (R\$ 42.951,23) e Matias Barbosa (R\$ 39.707,08) alcançaram valores mais altos. O IDHM com base no ano de 2010 variou de 0,620, em Bias Fortes, até 0,778 na cidade de Juiz de Fora. Entre os municípios selecionados, 55,6% apresentaram valores de IDHM entre 0,555 e 0,699, ou seja, IDHM médio, e 44,4% apresentaram alto IDHM, com valores entre 0,700 e 0,799.

O município que apresentou o menor número de empresas foi Olaria com 76 unidades e os que possuem mais de mil empresas foram Santos Dumont (n = 1.430),



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Visconde do Rio Branco (n = 1.720), Leopoldina (n = 2.238), Cataguases (n = 2.732), Além Paraíba (n = 3.066), Ubá (n = 5.339), Muriaé (n = 6.130) e Juiz de Fora (n = 31.496). Em relação ao esgotamento sanitário, as cidades de Juiz de Fora (94,1%) e Ewbank da Câmara (91,1%) apresentam os maiores índices e as que apresentam os piores índices são Belmiro Braga (45,6%), Bocaina de Minas (44,1%), Astolfo Dutra (41,5%) e Bias Fortes (39,1%).

O ranqueamento da ABES informa a proximidade dos municípios no que diz respeito à universalização do saneamento “a partir de indicadores de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta e destinação adequada de resíduos sólidos [...]” (ABES, 2021, p. 3). A pontuação máxima é de 500, sendo assim categorizados: 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 36 municípios analisados neste trabalho, 14 aparecem no ranqueamento (ABES, 2021), que foram Muriaé (413,31), Juiz de Fora (394,08), Olaria (371,55), Lima Duarte (368,70), Santa Rita de Jacutinga (357,29), Ubá (346,26), Visconde do Rio Branco (343,53), Cataguases (341,00), Guarani (333,33), Chiador (332,72), Santos Dumont (324,06), São Francisco do Glória (265,52), Bias Fortes (257,80) e Tombos (254,16), apresentando valores que os classificam como empenhados na universalização.

Com relação ao IQA, os valores variaram entre 38,0, em Visconde do Rio Branco, e 76,7, em Bocaina de Minas, sendo que oito municípios foram classificados com qualidade de água Ruim, vinte com Média, e oito com Boa, sendo que nenhum daqueles estudados apresentou qualidade Muito Ruim ou Excelente.

Para o ICT, sete municípios apresentaram contaminação alta, que foram Belmiro Braga, Matias Barbosa, Astolfo Dutra, Dona Eusébia, Rio Pomba, Juiz de Fora e Ubá; cinco apresentaram média: Cataguases, Guarani, Mercês, Santos Dumont e Visconde do Rio Branco; enquanto os demais 24 municípios apresentaram baixa contaminação.

EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Considerando o IET, os mananciais de dois municípios foram considerados Oligotróficos - Olaria e Rio Preto -, 32 classificados como Mesotróficos, um Eutrófico – Mercês - e um Supereutrófico - Visconde do Rio Branco.

Considerando os aspectos socioeconômicos e as variáveis ambientais, a ACP apresentou uma porcentagem de explicação de 95,05% da variação dos dados utilizados (Figura 1).

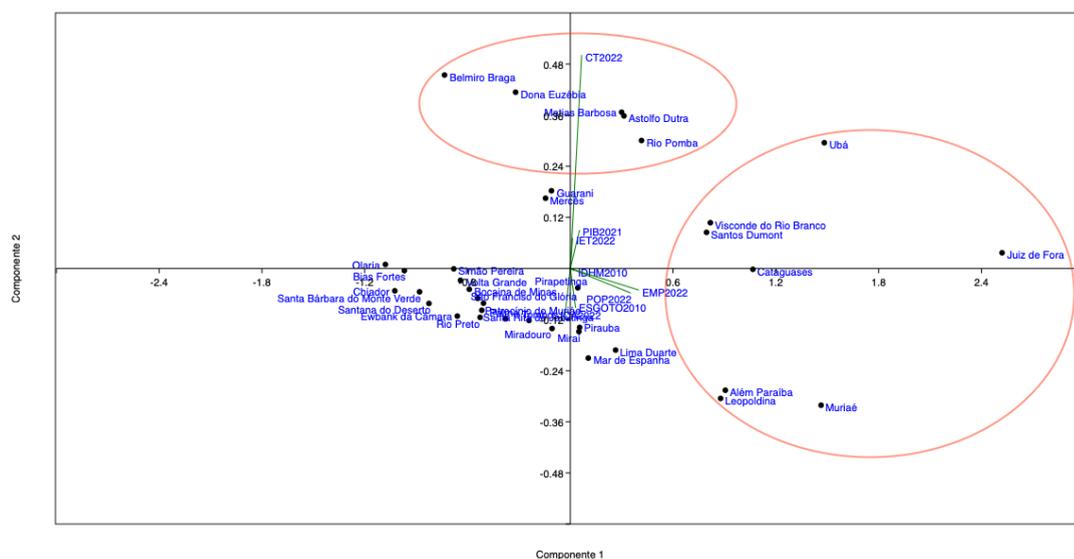


Figura 1: Análise de Componentes Principais (ACP) entre os aspectos socioeconômicos e de qualidade de água (2022) para 36 municípios da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, MG. Nota: POP2022 = população estimada em 2022; PIB2021 = PIB *per capita* em 2021; IDHM2010 = IDH Municipal em 2010; EMP2022 = número de empresas ou unidades locais de cada município em 2022; ESGOTO2010 = esgotamento sanitário adequado em 2010; IQA2022 = Índice de Qualidade de Água em 2022; ICT2022 = Índice de Contaminação por Tóxicos em 2022 e IET2022 = Índice de Estado Trófico em 2022.

O primeiro componente explica 89,80% da variância, refletindo a influência do número de empresas de cada município (0,7380; $p < 0,05$) e do tamanho da população (correlação com o eixo: 0,6467; $p < 0,05$). Destaca-se o grupo formado pelos municípios

EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

de Juiz de Fora, Muriaé, Ubá, Cataguases, Leopoldina, Santos Dumont e Visconde do Rio Branco (Figura 1).

O segundo eixo explica 5,25% representado principalmente pelo ICT (0,9211; $p < 0,05$) destacando o grupo formado pelos municípios de Belmiro Braga, Matias Barbosa (na sub-bacia PS1) Astolfo Dutra, Dona Eusébia, Rio Pomba (na sub-bacia PS2) (Figura 1), que apresentaram nível de contaminação alto. Juiz de Fora e Ubá também apresentaram alta contaminação por tóxicos, contudo a influência do primeiro componente é maior na caracterização destes dois municípios. Ainda é possível destacar o componente três (2,89% de explicação) que evidencia o efeito do PIB *per capita* em 2021 (0,9210; $p < 0,05$) e as cidades com maior influência deste aspecto são Pirapetinga, Matias Barbosa e Simão Pereira. Estes três municípios também se destacaram por este parâmetro no trabalho de Brito e Pereira (2021), contudo não apresentaram mais a alta contaminação por tóxicos.

O Índice Contaminação por Tóxicos (ICT) foi desenvolvido pelo Igam a fim de avaliar as concentrações de 13 substâncias tóxicas - arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total - nos corpos d'água de Minas Gerais, de acordo com os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta nº 08, de 21 de novembro de 2022, dos Conselhos Estaduais de Política Ambiental e de Recursos Hídricos de Minas Gerais (Copam/Cerh-MG, 2022). A contaminação é considerada Baixa quando as concentrações excedem em 20% o limite estabelecido pela deliberação; Média quando excedem entre 20 e 100%; e Alta quando excedem em mais de 100%.

É preocupante que a ACP tenha apontado como característica distintiva nos cinco municípios supracitados o ICT alto, especialmente porque não constam entre os mais populosos nem mais industrializados. Não por coincidência, Belmiro Braga e Astolfo Dutra estão entre os municípios com os piores índices de esgotamento sanitário, somado a Dona Eusébia que também apresenta pouco mais da metade da população (56,1%) atendida por este serviço. Opostamente, Matias Barbosa apresenta um dos maiores PIB *per capita* o que

EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

reflete um contraste entre riqueza material e baixa qualidade ambiental para os seus habitantes. Além disso, o município de Rio Pomba não se destaca entre nenhum dos demais parâmetros e também apresenta contaminação por tóxicos Alta, o que pode apontar algum outro fator socioeconômico ou ambiental não analisado neste trabalho.

Segundo a organização não-governamental (ONG) SOS Mata Atlântica, o rio Paraíba do Sul está entre os mais poluídos deste bioma, com piora na qualidade da água, causada pela redução da vazão do rio, aumentando o efeito do tratamento de esgoto insuficiente na bacia (SOS Mata Atlântica, 2022). Ainda segundo a ONG, os tomadores de decisão, comitês de bacia hidrográfica e todos os usuários devem empreender um esforço em conjunto buscando resultados de longo prazo por meio de políticas públicas sólidas, projetos de saneamento ambiental e a recuperação das bacias hidrográficas do bioma.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada mostrou que em alguns municípios o baixo índice de esgotamento sanitário está relacionado à contaminação dos rios, principalmente quando foram analisados os resultados do ICT. Outro fato que se evidenciou foi que, mesmo os municípios apresentando bons indicadores socioeconômicos, estes não refletem ou não se revertem em qualidade ambiental para os habitantes dessas localidades.

Na atualidade, diante das várias crises decorrentes da emergência climática, torna-se urgente a implementação de ações efetivas para mitigar ou solucionar problemas socioambientais, tais como a poluição e a escassez hídrica, entre outros, e preservar os mananciais dentro de uma perspectiva sustentável, tanto para as gerações atuais quanto para as vindouras.

Desta forma, sugere-se que outras pesquisas sejam realizadas para verificar como os municípios estão acompanhando e fiscalizando o lançamento dos diferentes tipos de

esgoto nos cursos d'água que perpassam essas localidades.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Ranking ABES da universalização do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2021. Disponível em: https://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Ranking_2021_1917_7_compressed.pdf. Acesso em: 31 jul. 2024.

BIIT RESEARCH GROUP. **CustVis**: a web tool for visualizing clustering of multivariate data (BETA). Tartu: Universidade de Tartu, 2015. Disponível em: <https://biit.cs.ut.ee/clustvis/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BRITO, S. L.; PEREIRA, O. A. V. Relação entre Parâmetros Socioeconômicos, Ambientais e Índices de Qualidade de Água na Bacia Hidrográfica do Paraíba Do Sul – Minas Gerais, Brasil. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. e021003, 2021. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/NM/article/view/212>. Acesso em: 05 ago. 2024.

CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Rio que te quero vivo**. Conheça mais sobre a bacia do rio Paraíba do Sul [cartilha virtual]. Resende, RJ: CEIVAP, 2021. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/arquivos/CartilhaVirtual.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental; CERH-MG – Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. **Deliberação Normativa Conjunta nº 8, de 21 de novembro de 2022**. 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: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 05 set. 2024.

IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. **Cidades@**. [Brasília]: IBGE, 2017. Sistema de Informação. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Estudos Ambientais. **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101854.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais 2023**: ano base 2022 - Resumo Executivo Anual. Belo Horizonte: IGAM, 2023. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/bitstream/123456789/4559/3/Resumo%20Executivo%20Anual%20Avaliação%20da%20Qualidade%20das%20Águas%20Superficiais%20em%20Minas%20Gerais%202023%20Ano%20Base%202022.corrigido.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios 2002**. O Retrato da Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas da Mata Atlântica. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2022. Disponível em: https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/03/SOSMA_Observando-os-Rios_2022.pdf. Acesso em: 05 set. 2024.