

## **ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB-BACIAS DO RIO PARAÓPEBA**

Julio Cesar Cassiano Gonçalves <sup>1</sup>

Laura Maria de Almeida <sup>2</sup>

Elizene Veloso Ribeiro <sup>3</sup>

Diego Alves de Oliveira <sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso fundamental para a manutenção da vida (VON SPERLING, 2005) sendo essencial para as atividades econômicas e para a dinâmica e funcionamento da natureza (ARAÚJO; OLIVEIRA; RIBEIRO, 2022). Os desafios envolvendo o mau uso da água e a falta de eficiência em sua gestão, têm gerado cada vez mais problemas de escassez hídrica e a degradação da qualidade de água no mundo em geral, e no Brasil em particular (REBOUÇAS, 2001).

Com a intensificação das pressões antrópicas, os cursos hídricos tem sido extremamente afetados por diversos tipos de poluentes, como resíduos industriais, esgoto doméstico, agrotóxicos, lixo urbano, entre outros (EEA, 2018) levando a alteração da qualidade das águas e tornando-as inadequadas para os seus usos múltiplos (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Dessa forma, conhecer a qualidade das águas superficiais se tornou fundamental diante de seus destinos de uso, sendo para isso utilizado diversos estudos com métodos de fácil compreensão para que a informação possa ser transmitida aos usuários deste recurso (FERREIRA, *et al.*, 2015).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é um dos métodos utilizados que se consolidou internacionalmente nos últimos 30 anos (LOPES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2010) pela sua aplicabilidade e pelo seu fácil entendimento, sendo utilizado por diversos públicos para o entendimento do grau de poluição de mananciais da comunidade onde vive (BENETTI; BIDONE, 2001). No Estado de Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) utiliza o IQA como um de seus indicadores para refletir a situação ambiental dos corpos hídricos das bacias hidrográficas (IGAM, 2005). Para além do IQA, a análise do uso da água se constitui em uma importante ferramenta para gestão

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG *Campus* Ouro Preto, [julio.csr.cassiano@gmail.com](mailto:julio.csr.cassiano@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG *Campus* Ouro Preto, [lauramariadealmeida17@gmail.com](mailto:lauramariadealmeida17@gmail.com);

<sup>3</sup> Pós Doutoranda em Geografia, professora do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG *Campus* Ouro Preto, [elizene.ribeiro@ifmg.edu.br](mailto:elizene.ribeiro@ifmg.edu.br);

<sup>4</sup> Orientador: Doutor em Geografia, professor do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG *Campus* Ouro Preto, [diego.oliveira@ifmg.edu.br](mailto:diego.oliveira@ifmg.edu.br).

dos recursos hídricos. No Brasil, a Lei Federal N° 9.433 estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e institui a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos como um de seus instrumentos de gestão (BRASIL, 1997). A Outorga de direito de uso dos recursos hídricos é atualmente o elemento central de controle para o uso racional das águas (DE ALMEIDA, 2003), sendo através dela disponibilizados os dados qualitativos e quantitativos correspondentes ao uso dos recursos hídricos no Brasil.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (BHRP), para além da sua localização próxima a grandes centros urbanos de Minas Gerais, destacam-se as atividades de mineração e a agropecuária que exercem forte pressão sobre a qualidade da água. Além disso, é uma bacia que apresenta uma elevada demanda pelo uso da água para atender os diversos setores, o que tem sido fonte de preocupação e de conflitos.

O objetivo deste trabalho é analisar a degradação da qualidade da água na BHRP a partir das sub-bacias classificadas com IQA ruim, avaliando sua relação com os usos da água e uso e cobertura do solo.

A BHRP está localizada na região central do estado de Minas Gerais, no alto curso do rio São Francisco, ocupando uma área de 12.054 km<sup>2</sup> (IGAM). Neste estudo foram selecionadas as sub-bacias hidrográficas da BHRP onde a qualidade da água foi classificada pelo IGAM com o IQA ruim em 2021 (Figura 1).

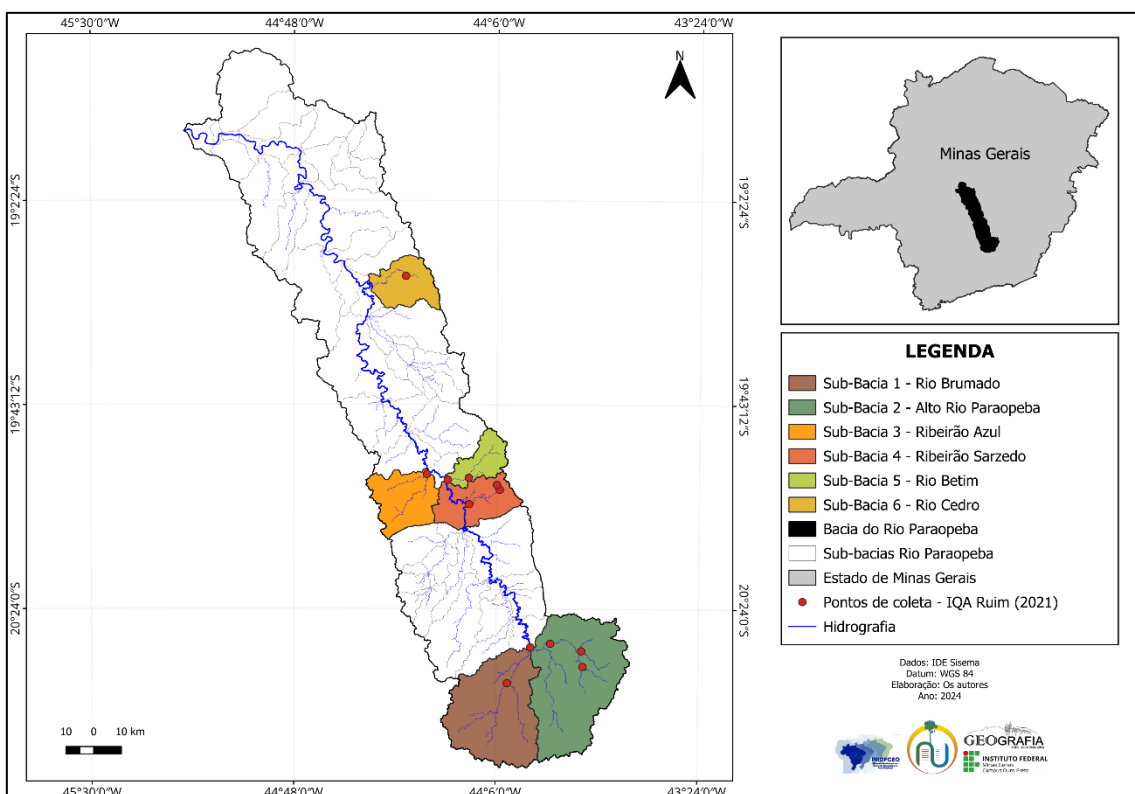


Figura 1: Localização da BHRP e das Sub-bacias analisadas. Fonte: Os Autores (2024)

## MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro procedimento consistiu na obtenção dos dados cartográficos através da plataforma IDE-SISEMA, onde foi possível fazer o download das camadas de hidrografia, outorgas de uso do recurso hídrico e do IQA do IGAM. Os dados das regiões hidrográficas (bacias e sub-bacias) foram obtidos a partir do site da Agência Nacional de Águas (ANA). Através da plataforma de computação em nuvem *Google Earth Engine* (GEE), foram carregados os dados de uso e cobertura do solo da coleção 8 do MapBiomas (scripts disponibilizados no site do MapBiomas ou no github), a camada *shapefile* da área de estudo (importada para o GEE) foi utilizada para fazer o recorte dos dados selecionados para o uso e cobertura do solo do ano de 2022, e posteriormente exportadas em formato *tiff* para o *Google Drive*, onde foi feito o download.

Para o processamento dos dados, foi utilizado o software SIG *Qgis* na versão 3.34.0. Através das sobreposições das camadas do IQA<sup>1</sup> e das sub-bacias do Rio Paraopeba, foi possível identificar através dos pontos de coleta quais sub-bacias apresentam a qualidade classificada como ruim, sendo separadas e salvas em diferentes camadas. Após este procedimento, foi adicionada a imagem *tiff* (raster) dos dados de uso e cobertura do solo (2022), sendo realizado o recorte para a área de cada sub-bacia separada no passo anterior, e posteriormente sendo vetorizada para realização e obtenção do cálculo de medida (km<sup>2</sup>) para cada categoria de uso e ocupação do solo das sub-bacias. Para a confecção do mapa de uso e ocupação do solo (Figura 2-A), foi utilizado o esquema de cores disponibilizado pelo MapBiomas, sendo aplicado ao estilo das camadas. Os dados das medidas de área das categorias de cada sub-bacia foram exportados em formato *xlsx* para o Excel, onde foi elaborado uma tabela com as informações obtidas (Tabela 1).

Para a análise do uso da água, foi selecionada a camada de Outorgas de uso do recurso hídrico do IGAM, e realizado um recorte vetorial para se obter apenas os dados de outorga localizados dentro da área das sub-bacias analisadas (Figura 2-B). As camadas geradas das outorgas foram exportadas em formato *xlsx*, e carregadas para uma pasta de trabalho no Excel, onde foi realizada a análise estatística dos dados referentes a finalidade de uso do recurso hídrico, tipo de captação e o tipo de consumo (Tabela 2).

<sup>1</sup> Os dados do IQA utilizados são correspondentes ao ano de 2021, que é o último ano disponibilizado pelo IGAM.

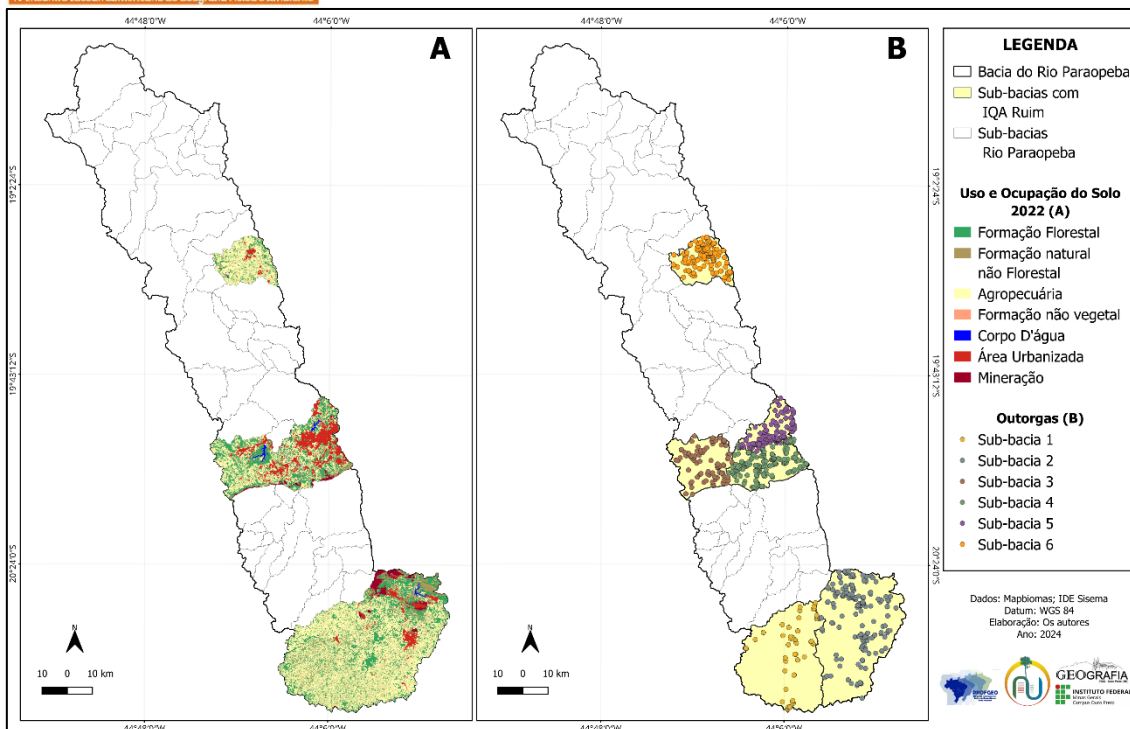


Figura 2: A- Uso e ocupação do solo do ano de 2022 das sub-bacias analisadas; B- Outorgas de uso do recurso hídrico localizadas nas sub-bacias analisadas. Fonte: Os Autores (2024).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, observa-se que o tipo de uso e ocupação do solo que mais se destaca nas sub-bacias é a Agropecuária, tendo uma área total de 2.419,36 km<sup>2</sup> (62%), seguida pelas áreas de formação florestal com 885,53 km<sup>2</sup> (22%), e áreas urbanizadas com 303,14 km<sup>2</sup> (7%). As áreas que apresentam os menores valores são as de formação natural não florestal com 188,74 km<sup>2</sup> (4,5%), as áreas de mineração com 88,75 km<sup>2</sup> (2,5%), os corpos d'água com 24,74 km<sup>2</sup> (1%) e as áreas não vegetadas com 21,15 km<sup>2</sup> (1%).

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 2022 (em Km <sup>2</sup> )							
USO E OCUPAÇÃO	SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-5	SB-6	TOTAL
Formação Florestal	198,18	324,75	145,01	109,39	59,78	48,42	<b>885,53</b>
Formação natural Não Florestal	33,02	110,88	11,19	18,3	2,45	12,9	<b>188,74</b>
Agropecuária	865,58	782,29	237,86	184,52	82,87	266,24	<b>2419,36</b>
Área não vegetada	4,03	6,28	2,13	5,09	2,31	1,31	<b>21,15</b>
Corpo D'água	0,96	6,26	8,09	2,77	5,32	1,34	<b>24,74</b>
Área Urbanizada	4,42	66,05	35,96	91,15	91,42	14,14	<b>303,14</b>
Mineração	1,7	64,03	4,59	17,18	1,16	0,09	<b>88,75</b>
<b>Total</b>	<b>1107,89</b>	<b>1360,54</b>	<b>444,83</b>	<b>428,4</b>	<b>245,31</b>	<b>344,44</b>	<b>3931,41</b>

Tabela 1: Uso e ocupação do solo do ano de 2022 das sub-bacias analisadas. Fonte: Adaptado de Mappiomas (2024).

Segundo Menezes et al (2016), os padrões de uso e ocupação de solo exercem uma grande influência na qualidade da água em uma bacia hidrográfica. As áreas destinadas às atividades da agropecuária ocasionam contaminação na água por nutrientes

como o nitrogênio e o fósforo (SHI; HUANG, 2021), e pelo excremento de animais e aumento da erosão (WÜST; TAGLIANI; CONCATO, 2015).

Por sua vez, as áreas onde estão localizadas as infraestruturas urbanas, embora o uso seja proporcionalmente menor quando comparado com os outros usos da terra, geralmente têm um maior impacto negativo na qualidade da água (GOUVEIA *et al.*, 2022). Isto ocorre porque as águas que se localizam em áreas urbanizadas tendem a apresentar uma grande taxa de desconformidade para os índices de contaminantes fecais, seguido pelo alto enriquecimento orgânico (IGAM, 2018) associado aos efluentes domésticos, além de conter substâncias com alto teor de contaminação advindas dos efluentes das indústrias.

Nas sub-bacias analisadas, embora apresente um grande percentual de áreas destinadas à agropecuária, são as áreas urbanizadas que são responsáveis pela maior degradação na qualidade da água, visto que os pontos com IQA ruim estão localizados dentro destas áreas. Resultados estes que evidenciam o alto impacto dos lançamentos de esgotos domésticos e industriais, principais responsáveis pela degradação na qualidade da água da bacia.

Segundo as outorgas concedidas para as sub-bacias analisadas (Tabela 2), a principal finalidade de uso da água é destinada ao consumo humano, totalizando 403 (44%) outorgas concedidas. Os outros usos que apresentam uma quantidade mais elevada de outorgas são o uso destinado ao consumo industrial/agroindustrial com um total de 124 (13%), abastecimento público com 116 (12%) e irrigação com 103 (11%) outorgas concedidas. Os usos que apresentam menor quantidade de outorgas são o uso para a dessedentação de animais com 35 (4%), extração mineral com 19 (3%), mineração com 10 (2%) e outras finalidades de uso com 64 (6,6%). Das 915 outorgas analisadas, 41 (4,4%) não apresentavam informações sobre a finalidade de uso.

Finalidade de uso principal	SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-5	SB-6	Total
Abastecimento Público	19	50	8	9	5	25	<b>116</b>
Consumo Humano	16	54	60	99	108	66	<b>403</b>
Consumo Industrial/Agroindustrial	2	25	8	43	40	6	<b>124</b>
Dessedentação de Animais	2	2	10	5	0	16	<b>35</b>
Extração Mineral	5	4	2	4	4	0	<b>19</b>
Irrigação	5	12	17	28	3	38	<b>103</b>
Mineração	0	9	0	1	0	0	<b>10</b>
Sem Informação	1	11	4	8	8	9	<b>41</b>
Outros	6	25	3	18	10	2	<b>64</b>
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>192</b>	<b>112</b>	<b>215</b>	<b>178</b>	<b>162</b>	<b>915</b>

Tabela 2: Finalidade de uso principal das outorgas concedidas. Fonte: Adaptado de IGAM (2024)

Dentre estes usos, a principal forma de captação da água é subterrânea, estando este tipo de captação em 747 (81,63%) das 915 outorgas concedidas (Figura 4-A). Com relação ao destino do uso da água, a maior parte é destinada para o consumo, sendo 878 (95,95%) das 915 outorgas registradas (Figura 4-B).

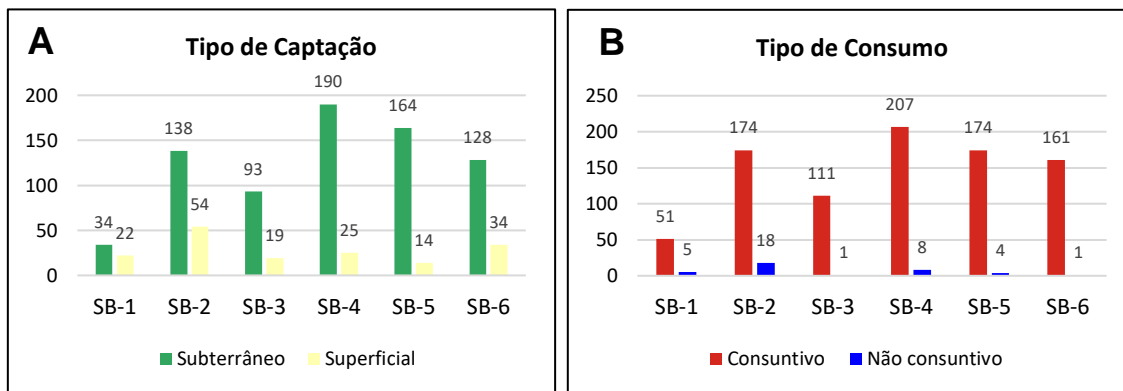


Figura 4-A: Tipo de captação das outorgas concedidas; 4-B Tipo de consumo das outorgas concedidas.  
Fonte: Adaptado de IGAM (2024).

Os dados da Tabela 2 juntamente aos dados da Figura 4-B, revelam que as águas destas sub-bacias com o IQA Ruim são destinadas principalmente para o consumo humano (abastecimento público), além de estar direcionado também para o atendimento às indústrias.

Em síntese, por estarem ligadas a grandes áreas urbanas, grande parte desta água consumida são contaminadas neste processo, gerando efluentes que são destinados aos canais de drenagem que por fim são lançados nos corpos hídricos. Na área estudada na BHRP, considerando a população e a coleta e tratamento dos esgotos (SNIS, 2022) as cidades com maior potencial de impacto na qualidade da água são Betim (71,02%), Ibirité (64,47%), Conselheiro Lafaiete (70,57%), Mateus Leme (45,72%) e Congonhas (78,45%-0%<sup>1</sup>), que concentram uma população de aproximadamente 730 mil habitantes (OLIVEIRA *et al.*, 2019), onde o lançamento de efluentes industriais e esgotos sem tratamento são responsáveis pelos efeitos negativos na qualidade da água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilidade dos recursos hídricos é diretamente afetada pela qualidade da água, pois a sua degradação tem ocasionado o comprometimento do atendimento múltiplo aos diversos setores, agravando situações de escassez e de crise hídrica. A pesquisa realizada aponta que a bacia do Rio Paraopeba é caracterizada pela alta demanda de água

<sup>1</sup> Para este município não consta nenhum percentual de tratamento de esgoto, esse percentual se refere somente a coleta.

para o consumo humano e industrial, as quais juntamente com a configuração do uso e cobertura do solo, tem levado à degradação dos corpos hídricos colocando em risco a qualidade da água da bacia.

Para que ocorra uma melhoria na qualidade da água, é preciso que sejam realizados investimentos em infraestruturas de saneamento básico e no tratamento de efluentes domésticos e industriais, além de um planejamento adequado para o manejo do uso e ocupação do solo em toda a BHRP. A educação ambiental também deve alcançar a população da bacia, afim de sensibilizar quanto à importância da qualidade da água e sobre seu uso consciente para toda a sociedade e para o meio ambiente.

A realidade da BHRP evidencia que estas e demais ações voltadas para a conservação e uso sustentável de suas águas se tornam necessárias e precisam ser ampliadas, para que a água seja acessível e de boa qualidade aos seus usuários especialmente no cenário global e nacional, na busca para alcançar as metas previstas no ODS 6 - Água potável e saneamento.

**Palavras-chave:** Usos da água; Outorga; Qualidade da água; Conservação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG APQ-00770-24 e APQ-00511-21), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto (Editais 15/2021; 27/2021; 33/2022) pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, R. R. S.; OLIVEIRA, D. A.; RIBEIRO, E. V. **Análise do potencial de degradação da qualidade da água na alta bacia do rio São Francisco**. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada (SBGFA), 2022, Rio de Janeiro.

BENETTI, A.; BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRS, 2001, p. 849-876.

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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm) Acesso em 23/07/2024.

DE ALMEIDA, C. C. **Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos**. v. 22, Distrito Federal, Revista da Fundação da Escola Superior do Ministério Público, 2003, p. 60.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Água limpa é vida, saúde, alimentos, lazer, energia etc.** Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2018/artigos/a-agua-limpa-e-vida>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FERREIRA, K. C. D.; et al. **Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro.** v. 46, n. 2, Fortaleza, Revista Ciência Agrônoma, 2015, p. 277-286.

GOUVEIA, R. G. L.; et al. **Influência do uso e cobertura da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Uberabinha (MG).** v. 13, n.41, Manaus: Revista Geonorte, 2022, p.167-190.

**Indicadores de Qualidade - Índice de qualidade das águas (IAQ).** ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: < <https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx/default.aspx>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

IGAM. **Relatório Anual de Gestão e Situação dos Recursos Hídricos de Minas Gerais -2014/2017.** Belo Horizonte, 2018.

\_\_\_\_\_. **Relatório de monitoramento das águas superficiais da bacia do Rio Grande em 2004.** Belo Horizonte, 2005.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas.** v.6, n. 2, Belo Horizonte, Revista Geografias, 2010, p. 134-147.

**Mapa de Indicadores de Esgoto 2022.** SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua\\_esgoto/mapa-esgoto?codigo=3106705](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-esgoto?codigo=3106705) . Acesso em 13 ago. 2024.

MENEZES, J. P. C.; et al. **Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana.** v.21 n.3, Rio de Janeiro: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016, p. 519-534.

OLIVEIRA, J. C.; et al. **Identificação dos corpos d'água mais impactados da sub-bacia do rio Paraopeba, inserida na bacia hidrográfica do rio São Francisco.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (CBESA), 30, 2019, Natal.

REBOUÇAS, A. D. C. **Água e desenvolvimento rural.** v.15, Estudos Avançados, São Paulo, 2001, p. 327-344.

SOARES, A. L. C. **Bacia Hidrográfica Do Rio Paraopeba: Análise Integrada Dos Diferentes Impactos Antrópicos.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - UFMG. Belo Horizonte, p. 50-51. 2021.

SHI, W.; HUANG, M. **Predictions of soil and nutrient losses using a modified SWAT model in a large hilly-gully watershed of the Chinese Loess Plateau.** v. 9, Pequim: WASWAC, 2021, p. 291-304.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária; UFMG, 2005, 492p.

WÜST, C.; TAGLIANI, N.; CONCATO, A. C. **A pecuária e sua influência impactante ao meio ambiente.** In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015, Porto Alegre.