

Artigo de Pesquisa**INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UBERABINHA (MG)****Influence of land use and land cover on the water quality in Uberabinha river basin (MG)**

Rogério Gonçalves Lacerda de Gouveia¹, Gener Tadeu Pereira², Teresa Cristina Tarlé Pissarra³, Marcílio Vieira Martins Filho⁴, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva⁵, Renato Farias do Valle Junior⁶

¹ Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Departamento de Agronomia, Frutal, Brasil. E-mail. rogerio.gouveia@uemg.br

 <https://orcid.org/0000-0002-8141-1869>

² Universidade Estadual Paulista - UNESP, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, Jaboticabal, Brasil. E-mail. gener.t.pereira@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-3057-4115>


³ Universidade Estadual Paulista - UNESP, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, Jaboticabal, Brasil. E-mail. teresa.pissarra@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0001-8261-2470>

⁴ Universidade Estadual Paulista - UNESP, Departamento de Solos e Adubos, Jaboticabal, Brasil. E-mail. marcilio.martins-filho@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-3232-0637>

⁵ Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM, Departamento de Agronomia, Uberaba, Brasil. E-mail. mayte@iftm.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7633-0714>

⁶ Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM, Departamento de Agronomia, Uberaba, Brasil. E-mail. renato@iftm.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-0774-5788>

Recebido em 26/10/2021 e aceito em 20/05/2022

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do uso da terra na qualidade da água da bacia do rio Uberabinha, localizada no município de Uberlândia/MG. Utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, foram elaborados mapas de uso da terra, hipsométrico, tipos de solo e declividade. Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 com resolução espacial de 30 m, de 18 de agosto de 2018, e do Modelo Digital de Elevação TOPODATA/SRTM juntamente com os dados da série histórica de qualidade da água do rio Uberabinha, obtidos no IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas e do Ministério da Saúde. Os dados de qualidade da água foram referenciados de acordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente e por legislação internacional. A bacia do rio Uberabinha é ocupada predominantemente por áreas agrícolas. Quanto à qualidade da água referente ao ponto amostrado PB 023 localizado após dezesseis quilômetros da estação de tratamento de esgoto (ETE) da cidade de Uberlândia, as variáveis coliformes totais, Escherichia Coli, sulfeto e fósforo apresentaram concentrações acima do

valor limite estabelecido pela legislação, entre os anos 2012 até 2018, sendo a coletas de dados de qualidade da água foram anuais, sempre referente ao mês de agosto de cada ano. O uso da terra influenciou na contaminação da água da bacia hidrográfica, especialmente, no percurso que envolve a malha urbana de Uberlândia em razão de uma maior concentração dos parâmetros indicativos de contaminação da água de origem doméstica e industrial.

Palavras-chave: Uso da terra; Qualidade da água; Bacia hidrográfica do rio Uberabinha.

ABSTRACT: This paper aimed to analyze the influence of land use on the quality of water in Uberabinha river basin in the city of Uberlândia (MG). Using geoprocessing techniques and remote sensing data, land use, soil type, slope and hypsometric maps were drawn. Images were taken from the LANDSAT 8 satellite with 30 m space resolution, dated August 18, 2018, and from the Digital Elevation Model TOPODATA/SRTM together with the historical series data about water quality of the Uberabinha river, retrieved from Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) and the Brazilian Ministry of Health. The data about water quality were organized according to the limits established by Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) and international regulation. Uberabinha river basin is mostly used for agriculture. Concerning the water quality sampled from point PB 023, which was sixteen kilometers away from Uberlândia's sewage treatment plant (STP), the concentration of the variables totals coliform index, Escherichia coli, sulfate, and phosphorus exceeded the limits set by laws between 2012 and 2018. Water quality data were collected on an annually basis, always in August. The land use influenced on the contamination of the basin water, especially, in the course that includes Uberlândia's urban area, due to a greater concentration of the parameters that indicate contamination of domestic and industrial water.

Keywords: Land use; Water quality; Uberabinha river basin.

RESUMEN: Cuenca del río Uberabinha, ubicada en la ciudad de Uberlândia/MG. Mediante técnicas de geoprocésamiento y teledetección se elaboraron mapas de uso de suelo, hipsométricos, tipos de suelo y pendiente. Se utilizaron imágenes del satélite LANDSAT 8 con resolución espacial de 30 m, del 18 de agosto de 2018, y el Modelo Digital de Elevación TOPODATA/SRTM junto con datos de la serie histórica de calidad del agua del río Uberabinha, obtenidos del IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas y el Ministerio de Salud. Los datos de calidad del agua fueron referenciados de acuerdo a los límites establecidos por CONAMA - Consejo Nacional del Medio Ambiente y por la legislación internacional. La cuenca del río Uberabinha está predominantemente ocupada por áreas agrícolas. En cuanto a la calidad del agua referente al punto muestreado PB 023 ubicado después de dieciséis kilómetros de la planta de tratamiento de aguas residuales (ETE) de la ciudad de Uberlândia, las variables coliformes totales, Escherichia Coli, sulfuro y fósforo presentaron concentraciones superiores al valor límite establecido por la legislación, entre los años 2012 a 2018, y la recolección de datos de calidad de agua fueron anuales, siempre referidos al mes de agosto de cada año. El uso del suelo influyó en la contaminación del agua en la cuenca hidrográfica, especialmente en el trayecto que envuelve el tejido urbano de Uberlândia, debido a una mayor concentración de parámetros indicativos de contaminación del agua de origen doméstico e industrial.

Palabras llave: Uso del suelo; Calidad del agua; Cuenca hidrográfica del río Uberabinha.

INTRODUÇÃO

O uso e cobertura da terra por atividades antrópicas como a agricultura, a pecuária e a ocupação urbana, por meio da exploração dos recursos naturais, podem provocar a degradação do solo e da qualidade da água em uma bacia hidrográfica. Diversos trabalhos foram realizados nesse contexto, Hou et al. (2021), verificou a alta

quantidade de sedimentos presentes no rio Amarelo na China. Para mitigar o problema, o governo regulamentou a política de lançamentos de sedimentos hídricos (RSH), o que mudou significativamente os processos hidrológicos como a erosão, a deposição e o transporte de sedimentos.

A ausência de vegetação nas margens do rio South Fork Shenandoah, em Front Royal, Virgínia/Estados Unidos, causou a redução da vazão e contaminação devido ao uso da terra pela agricultura e pecuária (ZHANG et al., 2021). Além disso, a presença de perímetro urbano na área da bacia hidrográfica contribui para a deterioração da qualidade da água (RAMOS et al., 2018).

Severo et al. (2021) ao avaliar a qualidade da água do rio Arroio Olarias, localizado na região urbana do município de Ponta Grossa/PR no Brasil, verificou alta concentração dos parâmetros de qualidade da água como o Fósforo, Nitrogênio Amoniacal, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Sulfato.

No Brasil existem diversas legislações a fim de evitar a degradação da qualidade da água como a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n. 9.433/1997), a Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, e a Resolução Conama nº 357/2005.

Apesar do país ter políticas públicas elas, em determinadas situações, são ineficientes, uma vez que não consegue evitar a degradação da água em uma bacia hidrográfica. A legislação mostrou-se ineficiente na sua aplicação, pois não proporcionou a restauração e preservação de bacias hidrográficas que possam regular efetivamente a produção de água e promover a segurança hídrica resiliente e sustentável (CLAUDINO-SALES et al., 2020).

Em um estudo na bacia do Rio Uberaba, vizinha da bacia do rio Uberabinha, foi demonstrado que os conflitos de uso da terra podem causar diversos danos a qualidade da água como a eutrofização e declínio da biodiversidade (VALERA et al., 2017).

A área selecionada para este estudo apresenta grande importância para o município de Uberlândia, seja pela captação de água para o abastecimento da população urbana, seja por integrar o sistema da bacia do rio Araguari, que está inserida na bacia do rio Paranaíba e constitui a principal rede de drenagem do município de Uberlândia.

Diante do exposto, este trabalho propõe analisar a influência do uso da terra na qualidade da água na bacia do rio Uberabinha/MG, localizada no município de Uberlândia/ MG. O estudo fornecerá dados e uma reflexão sobre a influência do uso da terra na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Uberabinha/MG.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Uberabinha (Figura 1), localizado na porção sudoeste do estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro, entre as coordenadas 48°12'45"W e 18°56'11"S e longitude 47°49'55"W e 19°26'42" S. Possui 2189,26 Km², abrangendo parte dos municípios de Uberaba,

Uberlândia e Tupaciguara com uma estimativa da população urbana e rural 1061000 habitantes para o ano de 2018 e 945000 habitantes no ano de 2012 (IBGE,2020).

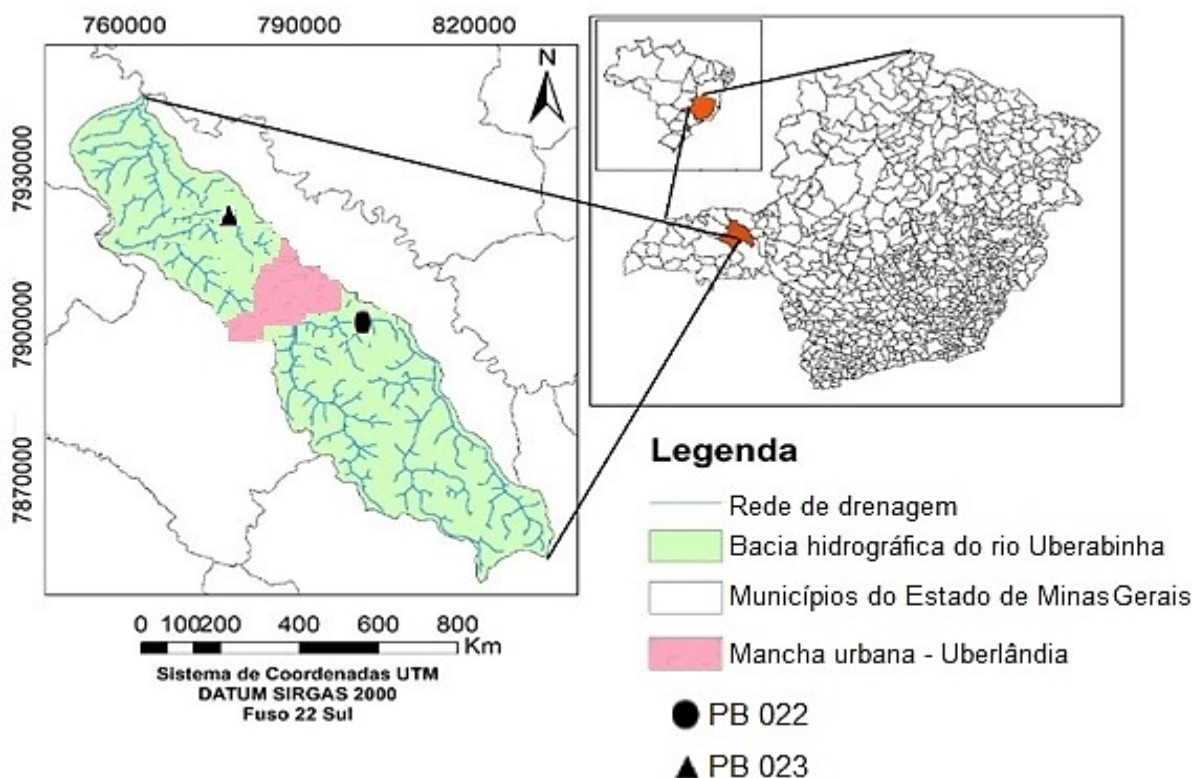


Figura 1. Mapa da área de estudo. **Fonte:** IDE-SISEMA (2020).

O clima na bacia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico, com chuvas (média de 1600 mm anuais) concentradas no verão e inverno seco (ROSA, 1991).

A geologia predominante é representada pelos arenitos das formações Marília e Botucatu e pelos basaltos da formação Serra Geral. A região está inserida na bacia sedimentar do Paraná, e as principais litologias são de idade mesozoica (ROSOLEN, et al., 2009).

A cobertura vegetal natural é formada por cerrados e penetrada por florestas-galeria ao domínio dos chapadões com presença da agropecuária (CARVALHO e SCOLFORO, 2008).

Aquisição e tratamento dos dados

Os dados referentes aos tipos de solos foram obtidos do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, disponibilizado na escala de 1:650.000, no formato raster (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010). Foram identificadas seis classes de solos na área

da bacia, a saber: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, Cambissolo Háplico eutrófico, Gleissolo Melânico distrófico, Latossolo Vermelho eutrófico, Latossolo Vermelho distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Para a delimitação da bacia do rio Uberabinha utilizou-se da base cartográfica digital obtida na infraestrutura de dados espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA, 2020).

Para a extração das características topográficas, foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2010) com resolução espacial de 30 m × 30 m. Além disso, para estudar o impacto das características topográficas sobre a relação entre tipo de uso da terra e qualidade da água, seis categorias de declive foram extraídas do MDE, segundo a classificação da Embrapa (1999): plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %), montanhoso (45-75 %), escarpado (75-100 %).

Para a classificação do uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), ortorretificadas do satélite Landsat 8, relativas às cenas 220/073 e 221/073, com resolução radiométrica de 16 bits. A área imageada de cada cena é de 170 km por 183 km, com resolução espacial de 30 m, datum SIRGAS 2000, datada em 18 de agosto de 2018 (período da estiagem) em razão da menor presença de nuvens na imagem e obtidas do United States Geological Survey (USGS). A imagem foi recortada pela máscara, na extensão shapefile, da área de estudo. A composição colorida das imagens foi realizada no programa de processamento QGIS utilizando-se as bandas 5, 4 e 3 na composição RGB, por meio da ferramenta composite bands. Foi realizado o mosaico das cenas com a ferramenta mosaic to new raster, presente no programa de processamento QGIS. O processo de interpretação e classificação foi o manual em que foi considerado os seguintes elementos na imagem para a classificação do uso da terra na bacia do rio Uberabinha no ano de 2018 como a tonalidade, a cor, a textura, a forma, o tamanho e o padrão.

Neste estudo, o critério de contribuição da área em torno dos pontos de coleta da água adotado foi o comprimento médio de rampa, com 300 m, da bacia do rio Uberabinha, de acordo com Villela e Mattos (1975). Para gerar a área de contribuição em torno dos pontos de coleta da água foi utilizada a ferramenta buffer.

Para a análise da qualidade da água da bacia do rio Uberabinha, foram selecionados dois pontos de amostragem a saber: o ponto PB 022 com coordenadas geográficas Latitude -18° 59' 12" e Longitude -48° 13' 11", localizado na estação de tratamento de água (ETA) da cidade de Uberlândia, isto é, a montante da cidade e o ponto PB 023 com coordenadas Latitude -18° 46' 17" e Longitude -48° 26' 24" localizado após dezesseis quilômetros da estação de tratamento de esgoto (ETE), isto é a jusante da cidade de Uberlândia/MG.

Os dados de qualidade da água foram coletados por meio do relatório das estações de monitoramento de qualidade da água do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) entre os anos 2012 até 2018, sendo a coletas de dados de qualidade da água foram anuais, sempre referente ao mês de agosto de cada ano e os

parâmetros utilizados nesse trabalho foram, os coliformes totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Escherichia coli, oxigênio dissolvido, pH, sulfeto, nitrato, nitrogênio amoniacal, substâncias tensoativas e fósforo.

O Quadro 1 mostra os limites legais dos parâmetros de qualidade das águas potável estão estabelecidos na Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, e na Resolução Conama nº 357/2005.

Quadro 1. Limites legais dos parâmetros de qualidade de águas potável usadas neste estudo.

Parâmetro analisado neste estudo	Conama nº 357/2005	Portaria MS nº 2.914
Coliformes totais - CT - (NMP/100 ml)	< 1000	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO - (mg/L)	< 5	-
Escherichia coli - EC - (100 mL)	-	0
Oxigênio dissolvido - OD - (mg/L)	> 5	-
pH	6 a 9	-
Sulfeto - Sulf - (mg/L)	< 0,002	-
Nitrato - NO ₃ - (mg/L)	< 10	-
Nitrogênio amoniacal - NH ₃ - (mg/L)	< 3,7	-
Substâncias tensoativas - Sub.T - (mg/L)	< 0,5	-
Fósforo total - P - (mg/L)	< 0,1	-

Fonte: Portaria MS nº 2.914 (2011) e CONAMA 357 (2005). Organizado pelos autores (2020)

Foram realizadas as seguintes análises estatísticas: média, erro padrão, intervalo de confiança, o coeficiente de correlação linear de Pearson com o teste t de Student, análise das componentes principais (ACP), análise de variância multivariada (MANOVA), análise univariada da variância (ANOVA) e o gráfico pirâmide das correlações entre as variáveis e os dois primeiros componentes principais.

Para todas as análises estatísticas descritas acima, foram utilizados os softwares R, versão 4.0.3 (2019), e SAS, versão 9.1.3 (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa hipsométrico mostra uma amplitude com 450 m. Pode-se observar que a parte mais alta da bacia está localizada na direção sudeste, e a mais baixa, no Noroeste (Figura 2).

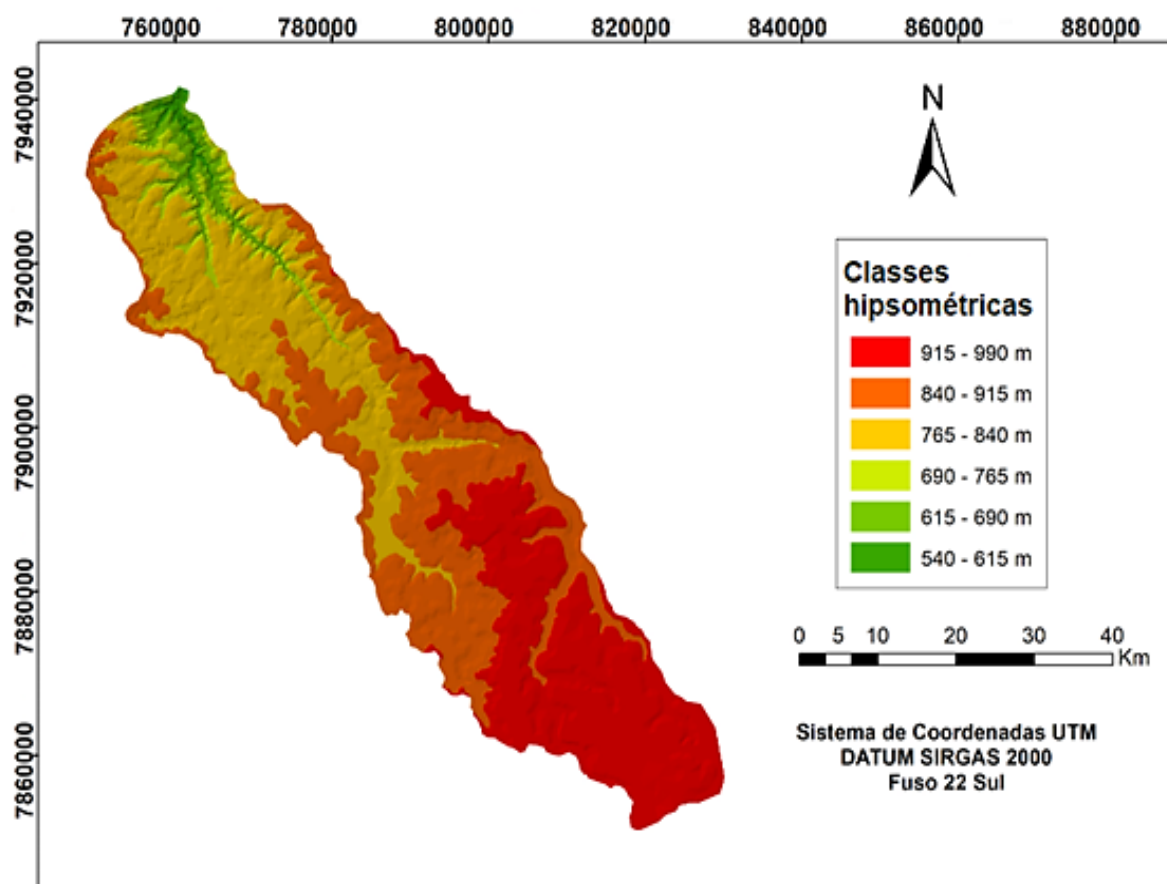


Figura 2. Mapa hipsométrico da bacia do rio Uberbainha/MG. **Fonte:** TOPODATA, (2010).
Org.: Autores (2020).

O mapa de declividade (Figura 3) mostra as classes de declividade presentes na bacia. Onde as classes com maior área estão entre 3-8 % (suave ondulado), ocupando 48,47 % da área total da bacia, e, em segundo lugar, a classe de declividade de 0-3 % (plana), com 33,26 % da área total da bacia. Estas duas classes de declividade ocupam 81,73 % da área total da bacia hidrográfica do rio Uberabinha. Áreas com declividade entre 0-3% (plana) não são suscetíveis a erosão e áreas com declividade entre 3-8 % (suave ondulado) apresentam pouca suscetibilidade a erosão (RAMALHO- FILHO e BECK, 1995).

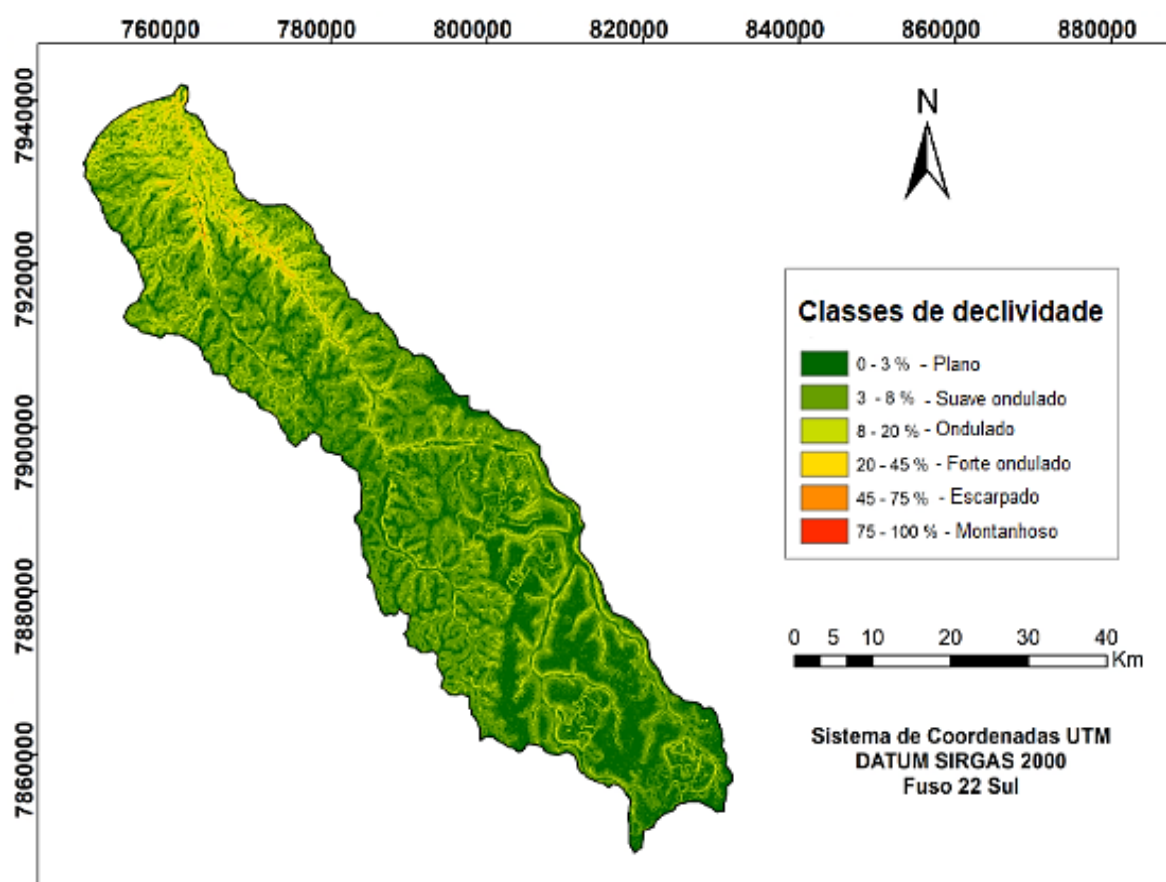


Figura 3. Mapa de declividade da bacia do rio Uberabinha/MG. **Fonte:** TOPODATA, (2010).
Org.: Autores (2020).

Existem seis classes de solos na bacia do rio Uberabinha (Figura 4), de acordo com o Mapeamento de Solos do Estado de Minas Gerais, disponibilizado na escala de 1:650.000 (UFV, 2010).

A classe Latossolo Vermelho distrófico ocupa a maior área da bacia, com 61,81 % da área total. Em segundo lugar, a classe Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 27,59 % da área total, seguida das classes Gleissolo Melânico distrófico, com 5,76 %, e Latossolo Vermelho eutrófico, com 2,74 %. O Cambissolo Háplico eutrófico ocupa 1,45 % da área, e, por fim, a classe Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico representa 0,67 % da área total da bacia. De um modo em geral, a classe textural dos solos encontrados na bacia foi classificada como média a argilosa, portanto os solos não são frágeis (Figura 4).

A Figura 5 mostra a espacialização do uso da terra na bacia do rio Uberabinha e os pontos de coleta da água presente na bacia, no caso o PB 022 e o PB 023.

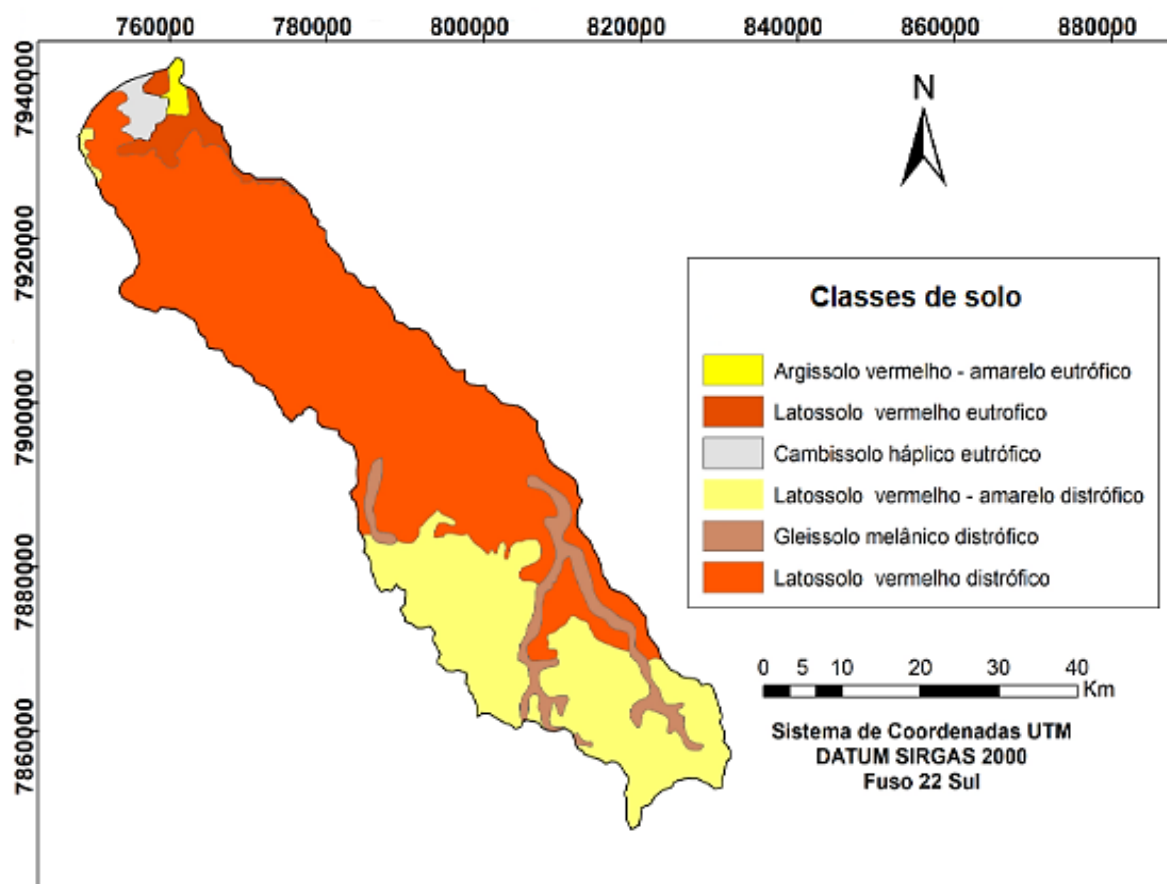


Figura 4. Mapa das classes de solo da bacia do rio Uberbainha/MG. **Fonte:** UFV, (2010).
Org.: Autores (2020).

Na Tabela 1, é possível verificar as classes de uso da terra e áreas ocupadas da bacia hidrográfica do rio Uberbainha de acordo com a área de contribuição dos pontos PB 022 e PB 023. Em relação ao uso da terra pela área de preservação permanente (APP) na bacia do rio Uberbainha encontra-se em partes em um estado de conservação classificada como degradada (Figura 5). É importante destacar em uma bacia em seu estado natural, isto é onde a maior parte da área é ocupada por vegetação nativa principalmente por área de preservação permanente localizadas nas margens dos cursos d' água, ocorre a conservação da qualidade da água (SILVA et al., 2021).

O uso da terra tem impacto direto na qualidade da água, sendo que quanto mais antropizado for a área da bacia hidrográfica maior será a degradação na qualidade da água (GOMES et al., 2020).

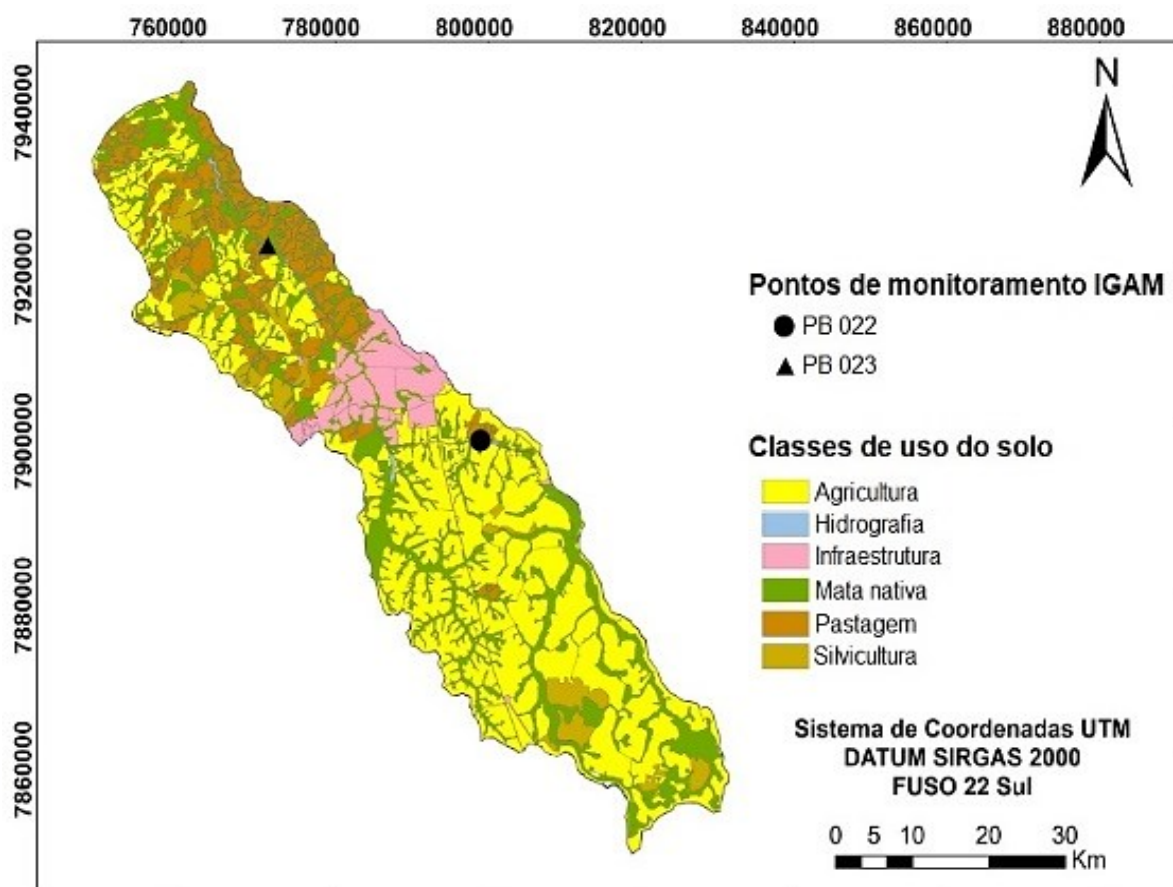


Figura 5. Mapa das classes de uso da terra da bacia do rio Uberabinha/MG. **Fonte:** Os autores (2020).

Tabela 1. Classes de uso da terra e áreas ocupadas na bacia hidrográfica do rio Uberabinha de acordo com a área de contribuição do ponto PB 022 e do ponto PB 023.

Classes de uso da terra	PB 022	PB 022	PB 023	PB 023
	Área (Km ²)	% da área	Área (Km ²)	% da área
Infraestrutura	5,25	0,72	143,93	9,86
Agricultura	501,96	68,83	571,42	39,14
Pastagem	9,95	1,37	272,26	18,65
Silvicultura	53,58	7,35	56,00	3,84
Hidrografia	2,33	0,32	8,79	0,60
Mata nativa	156,23	21,42	407,50	27,91
Total	729,33	100	1459,92	100

Fonte: Os autores (2020)

As culturas agrícolas predominantes na bacia do rio Uberabinha foram a soja, o milho, o sorgo e o girassol. Em relação ao uso da terra pela agricultura, é de conhecimento que o aumento da produção agrícola foi alcançado principalmente por meio do

intenso uso de insumos, como os fertilizantes químicos (FAO, 2017). Ao mesmo tempo, o uso da terra em uma bacia hidrográfica pela agricultura afeta a qualidade da água de forma negativa por meio do aumento dos teores de nutrientes como o nitrogênio e fósforo (SHI; HUANG, 2021).

Outro tipo de uso da terra em uma bacia pela atividade antrópica é a pastagem. Quando a pastagem está degradada, isto é, sem diversidade ecológica e com má cobertura vegetativa, o resultado é a formação de processo erosivo da terra, a contaminação da água e o assoreamento da rede de drenagem (HANCOCK et al., 2020).

A ocupação da terra em uma bacia hidrográfica pela classe infraestrutura, mais específico pelo espaço urbano, embora o uso é proporcionalmente menor quando comparado com outros usos da terra, geralmente tem um maior impacto negativo na qualidade da água. O panorama do Saneamento Básico em Uberlândia indica que há o fornecimento de água para 100% da população, tratamento 100% do esgoto coletado, atendimento 99% da coleta de resíduos sólidos e destina adequadamente 100% dos resíduos sólidos (PMU, 2021).

Vários trabalhos mostram os impactos na qualidade da água causado pela ocupação das cidades como o aumento do processo de impermeabilização da terra (BARILARI et al., 2020), em cidades com indústrias ocorre a contaminação da água por metais pesados (OLIVEIRA et al., 2018) e surfactantes (ESTEVAM et al., 2019).

Parâmetros de qualidade da água

Os valores de coliformes totais (CT) do ponto de análise da água PB 022 são menores em todo o período analisado, quando comparados com os do ponto PB 023 (Tabela 2). A concentração de coliformes totais é maior no PB 023, devido ao uso da terra pela classe infraestrutura, ou seja, pela cidade de Uberlândia, de acordo com a Figura 5. Os coliformes totais têm uma correlação positiva, de moderada a forte, com outras características usadas para avaliar a qualidade da água, como o carbono orgânico dissolvido com $r = 0,52$ e o nitrogênio total com $r = 0,73$, de acordo com (BADGLEY et al., 2019).

Tabela 2. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável CT (NMP/100 ml).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	24000	700	1664	5475	3875	4200	4884	6399,71	3005,98	493,53 – 12276,75	1000
Ponto 023	160000	160000	54750	241960	200040	230500	24196	153063,71	31800,87	90735,15 – 215392,30	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020).

A concentração de DBO na água nos anos de 2017 e 2018 no ponto PB 022 foi maior do que o estabelecido pelo limite do Conama (máximo 5 mg/L de O₂). Já no ponto PB 023, a concentração de DBO também ficou acima do estabelecido, porém com uma concentração maior do que a encontrada no PB 022 (Tabela 3).

Ao se analisar a concentração da DBO na bacia do médio rio das Velhas localizada em Minas Gerais, foi observado o lançamento de efluentes orgânicos no rio por algumas classes de uso da terra: pastagem e mancha urbana. Com isso, a concentração de DBO encontrada na água alcançou 30 mg/L (PIAZI et al., 2018).

Tabela 3. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável DBO (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	2	2	2	2	2	7	13	4,28	1,61	1,12 – 7,44	< 5
Ponto 023	3,70	4,80	12	12	10	5,50	36	12	4,21	3,75 – 20,24	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

Segundo a Portaria MS nº 2.914/2011, que impõe a ausência de *Escherichia coli* em amostra de 100 mL de água para o consumo humano. No ponto PB 022, a concentração de EC foi superior ao estabelecido pela legislação em todo o período analisado (Tabela 4). Do mesmo modo, no ponto PB 023, a concentração foi superior ao estabelecido em relação ao ponto PB 022, com destaque para o ano de 2016 (Tabela 4). Segundo Barros et al. (1999), a presença de *Escherichia coli* em alta concentração na água teve como origem as descargas de esgotos domésticos em córregos e açudes.

Tabela 4. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável EC (100 mL).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores do Ministério da Saúde
Ponto 022	490	170	226	174	326	240	160	255,14	44,76	167,41 – 342,86	0
Ponto 023	4500	4900	12230	18817	24196	2187	6131	10423	3144,38	4260,13 – 16585,87	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

O oxigênio dissolvido (OD) no ponto PB 022 em todos os anos analisados apresentou uma maior concentração em relação ao limite mínimo estabelecido pelo Conama, de 5 mg/L de oxigênio dissolvido (Tabela 5), o que pode ser justificado pelo fato de o solo, na maior parte ao longo da rede de drenagem, ser ocupado pela mata nativa (Figura 5).

A concentração de oxigênio dissolvido no PB 023 foi menor do que a do ponto PB 022 para todo o período analisado. O uso da terra por pastagem e uma mancha

urbana na região da bacia hidrográfica teve influência em uma menor quantidade de oxigênio dissolvido na água no ponto PB 023 (Figura 5).

Uma menor quantidade de oxigênio dissolvido na água ocorre devido à decomposição da DBO por bactérias que, no processo, consomem oxigênio. Ao mesmo tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em amônia, que passa por nitrificação e consome oxigênio. Ambos os processos diminuem a concentração de oxigênio, o que pode criar um déficit. Assim, o nível de oxigênio resultante na água está relacionado ao equilíbrio entre esses mecanismos (PILOTTI et al., 2019).

Tabela 5. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável OD (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	7	8	7,60	7,80	7,10	7,20	7,40	7,44	0,14	7,16 – 7,71	> 5
Ponto 023	5,30	6,70	6,40	5,90	5,50	5,70	6	5,92	0,19	5,56 – 6,29	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

A análise do pH nos pontos PB 022 e PB 023 está de acordo com o limite estabelecido pelo Conama para todos os anos analisados. (Tabela 6).

Tabela 6. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável pH.

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	6,40	5,70	5,80	7,40	6,10	5,90	6,0	6,22	0,22	5,80 – 6,65	6 a 9
Ponto 023	7,40	7,10	7,30	6,70	7,30	7,10	6,90	7,11	0,09	6,93 – 7,11	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

A concentração de sulfeto total na água no ponto PB 022 (Tabela 7) foi superior ao limite estabelecido pelo Conama para todos os anos. Esse resultado pode estar relacionado com a formação geológica da bacia hidrográfica, constituída de rocha ígnea, como o basalto, que possui em sua composição mineralógica o sulfeto. Ao realizar investigações isotópicas de enxofre e oxigênio em seis minas da Coreia do Sul, a concentração de sulfeto ocorreu nas águas superficiais e subterrâneas, em razão da presença da rocha granito, do grupo de rochas ígneas (KIM et al., 2019).

A concentração de sulfeto total no ponto PB 023 (Tabela 7) foi superior ao estabelecido pelo Conama em todos os anos e maior do que o valor encontrado no ponto PB 022. Isto pode ser devido ao tratamento de efluentes, ao processo de remoção de gases ácidos e a fermentações industriais. Isso gera mau cheiro no ar e na água, intoxicação humana e corrosão do concreto da rede coletora de esgoto, já que o sulfeto é oxidado a ácido sulfúrico.

Ao avaliar a água residuária proveniente de uma indústria de curtume em vários rios de Minas Gerais, foi verificada alta concentração de cromo e sulfeto, uma vez que a indústria de curtume utiliza produtos tóxicos como cromo e sulfetos para o processamento de pele (JORDÃO et al., 1999).

Tabela 7. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável Sulfeto (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-	0,002
Ponto 023	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	-	-	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

As concentrações de nitrato no ponto PB 022 (Tabela 8) foram baixas em todos os anos analisados. Essa área da bacia é cultivada, em sua maior parte, com soja e, dessa forma, o nitrogênio é fornecido pela fixação biológica, o que pode justificar os resultados. A agricultura atual, que demanda fertilizantes químicos, é insustentável, por causa de seus efeitos adversos no ambiente global.

O suprimento biológico de Nitrogênio mediado por atividade microbiana para as plantas é uma solução econômica e prontamente disponível, replicável e rentável em larga escala. Além disso, o Nitrogênio tem potencial para influenciar os sumidouros de carbono biológico dos gases do efeito estufa (KHAN et al., 2020).

A concentração de nitrato no ponto PB 023 (Tabela 8) ficou abaixo do limite estabelecido pelo Conama. Isto se deve ao fato de a área, nesse trecho do rio, ser ocupada por pastagem, uma vez que a contaminação de nitrato na água geralmente ocorre devido o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados pela agricultura e por outras formas. Uma forma de adição de nitrato na água é por meio do lançamento de efluentes domésticos sem tratamento nos rios de modo a contribuir para a presença de nitrato na água através do processo de nitrificação (NASCIMENTO et al., 2020).

Tabela 8. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável NO₃ (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	0,20	0,32	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,14	0,03	0,07 – 0,20	10
Ponto 023	1,33	0,91	0,55	0,52	0,20	0,21	0,18	0,55	0,12	0,19 – 0,65	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

Em relação ao parâmetro nitrogênio amoniacal, no ponto PB 022, a concentração, em todos os anos, ficou abaixo do limite estabelecido pelo Conama, de 3,70 mg/L de água (Tabela 9). A baixa concentração de nitrogênio amoniacal na água, em que a classe predominante de uso da terra é a agricultura (Figura 5), pode ser devido ao cultivo de soja em grande parte da bacia hidrográfica do rio Uberabinha, que é área plana (Figura 3).

Entretanto, no ponto PB 023, a concentração de nitrogênio amoniacal na água foi maior se comparada com a concentração do PB 022 na maior parte do período analisado (Tabela 9), de modo que as variáveis precipitação pluviométrica,

declividade, hipsometria não tiveram influência na concentração de nitrogênio amoniacal na água. A explicação para uma maior concentração de nitrogênio amoniacal na água no PB 023 é devido a classe de uso da terra infraestrutura onde indica o lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais no rio Uberabinha (IGAM, 2012).

Resultado semelhante foi encontrado por Souza Filho et al. (2020), ao estudar o uso da terra na microbacia do rio Mindu, em Manaus/AM. Os autores observaram que a alta concentração de nitrogênio amoniacal na água estava relacionada ao lançamento de resíduos domésticos e industriais no leito do igarapé, haja vista que a presença de nitrogênio na forma amoniacal é oriunda de excretas nitrogenadas.

Tabela 9. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável NH₃ (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	3,70
Ponto 023	10	9,86	9,55	0,87	0,39	6,33	12	7	1,76	3,54 – 10,45	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

As substâncias tensoativas (Sub.T) ficaram abaixo do limite estabelecido pelo Conama, de 0,5 mg/L na água, no ponto PB 022 durante todo o período analisado (Tabela 10). Contudo, no ponto PB 023, a concentração de substâncias tensoativas (Tabela 10) ficou acima do limite entre os anos de 2013 e 2016, devido ao uso da terra pela classe infraestrutura (Figura 5).

Os surfactantes, ou substâncias tensoativas, são compostos químicos utilizados em diferentes aplicações industriais e domésticas, a fim de misturar substâncias imiscíveis. Para isso, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias de remoção de surfactantes da água residuária em razão de altas concentrações de surfactantes encontradas (VARÃO et al., 2019).

Tabela 10. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável Sub.T (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	0,50
Ponto 023	0,45	0,76	0,61	0,76	0,69	0,31	0,47	0,57	0,17	0,62 – 1,31	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

O fósforo total ficou abaixo do limite estabelecido pelo Conama, de 0,10 mg/L de água, para todos os anos analisados no ponto PB 022 (Tabela 11). De acordo com a mapa de declividade (Figura 3), a maior parte da área da bacia tem relevo plano e suave ondulado. Sendo assim, após a precipitação pluviométrica ou irrigação de uma cultura agrícola, o escoamento superficial é bem menor do que o de uma área com relevo mais íngreme.

Resultado diferente foi obtido por Pinheiro et al. (2013) ao quantificar, em área agrícola, as concentrações e cargas transportadas de fosfato na bacia do ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras, Santa Catarina. O resultado mostrou que as concentrações de fosfato tanto por escoamento superficial quanto por drenagem no solo foram superiores aos padrões da Resolução Conama nº 357/2005.

Por outro lado, no ponto PB 023, a concentração de fósforo total foi superior ao limite do Conama para todos os anos (Tabela 11). Embora o relevo seja suave ondulado e plano (Figura 3), o uso da terra pela cidade de Uberlândia (infraestrutura) (Figura 5) teve influência a alta concentração.

Tabela 11. Valores e estatísticas descritivas e valor tolerável da variável P (mg/L).

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Erro padrão	Intervalo de Confiança (95%)	Valores da CONAMA
Ponto 022	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	-	-	0,10
Ponto 023	0,45	0,76	0,61	0,76	0,69	0,31	0,47	0,57	0,07	0,45 – 0,70	

Fonte: IGAM (2018). Organizado pelos autores (2020)

Com base na correlação apresentada, CT e OD apresentaram uma correlação linear negativa forte e significativa (-0,79). Isso significa que, à medida que CT aumenta, OD diminui (Tabela 12). Assim, à medida que aumenta a concentração de esgoto sanitário, isto é, a concentração de CT, a concentração de OD diminui na água (GURGEL et al., 2020).

Ao se observarem as correlações entre os parâmetros CT e fósforo (P), verificou-se uma relação linear positiva forte e significativa. Com isso, à medida que CT aumenta, P também aumenta (Tabela 12). De forma prática, o aumento da concentração da matéria orgânica oriundo do despejo de efluentes na água vai aumentar a concentração de fósforo juntamente com os coliformes totais, sinal claro de contaminação, o que resulta na eutrofização da água (QUEIROZ et al., 2020).

Dos 10 parâmetros analisados da qualidade da água do rio Uberabinha e sua influência na variabilidade dos dados, foram reduzidos para 3 graus de contaminação por meio da análise das componentes principais (ACP), a saber: contaminação grau 1 (CP1), a contaminação grau 2 (CP2) e a contaminação grau 3 (CP3) (Tabela 13).

Dessa forma, o eixo de contaminação grau 1, somado ao eixo de contaminação grau 2, explica aproximadamente 70 % da variabilidade total dos dados de qualidade da água (Tabela 13). Ao se somarem os eixos de contaminação, observa-se que é possível explicar uma variação total de 80% dos dados de qualidade da água do rio Uberabinha (Tabela 13).

Tabela 12. Avaliação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis de qualidade da água e seus valores de significância de acordo com o teste t de Student.

Parâmetro	CT	DBO	EC	OD	pH	Sulf	NO ₃	NH ₃	Sub.T	P
CT	100,00	0,01	0,65	-0,79	0,57	0,49	0,49	0,30	0,49	0,77
		0,96	0,01	0,00	0,03	0,07	0,07	0,29	0,06	0,00
DBO		100,00	0,31	-0,37	0,20	-0,10	-0,11	0,49	0,40	0,37
			0,27	0,19	0,47	0,70	0,70	0,07	0,15	0,18
EC			100,00	-0,65	0,48	0,17	0,20	0,12	0,64	0,80
				0,01	0,08	0,56	0,48	0,68	0,01	0,00
OD				100,00	-0,65	-0,21	-0,50	-0,56	-0,74	-0,75
					0,01	0,45	0,06	0,03	0,00	0,00
pH					100,00	0,34	0,47	0,58	0,66	0,65
						0,23	0,08	0,02	0,01	0,01
Sulf						100,00	0,34	0,35	-0,01	0,52
							0,22	0,21	0,97	0,05
NO ₃							100,00	0,62	0,52	0,57
								0,01	0,05	0,03
NH ₃								100,00	0,66	0,59
									0,00	0,02
Sub.T									100,00	0,73
										0,00
P										100,00

Nota: Coliformes totais – CT, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Escherichia Coli – EC, Oxigênio dissolvido – OD, pH, Sulfeto – Sulf, Nitrato - NO₃, Nitrogênio amoniacal - NH₃, Substâncias tensoativas - Sub.T, Fósforo total – P.

Fonte: Autores (2020)

Tabela 13. Avaliação do desvio padrão, proporção da variância e proporção acumulada para cada componente principal.

Parâmetro	CP1	CP2	CP3
Desvio Padrão	2,3287283	1,2198691	1,0887210
Proporção da variância	0,5422975	0,1488081	0,1185313
Proporção acumulada	0,5422975	0,6911056	0,8096369

Fonte: Autores/as (2020)

De acordo com a Tabela 13, observa-se que a contaminação grau 1 é responsável por 54,26 % da variabilidade dos dados, e a contaminação grau 2, por 14,86 %, totalizando 69,12 % da variância total na qualidade da água do rio Uberabinha. Ao

se estudar a qualidade da água em seis bacia hidrográficas no município de Caxias do Sul/RS, foi encontrada uma variância total de 71,30 % para os dados de qualidade da água (FINKLER et al., 2015).

A Figura 6 representa a análise multivariada dos componentes principais (ACP) para os parâmetros de qualidade da água analisado entre os dois pontos de amostragem, o PB 022 e o PB 023 na bacia do rio Uberabinha.

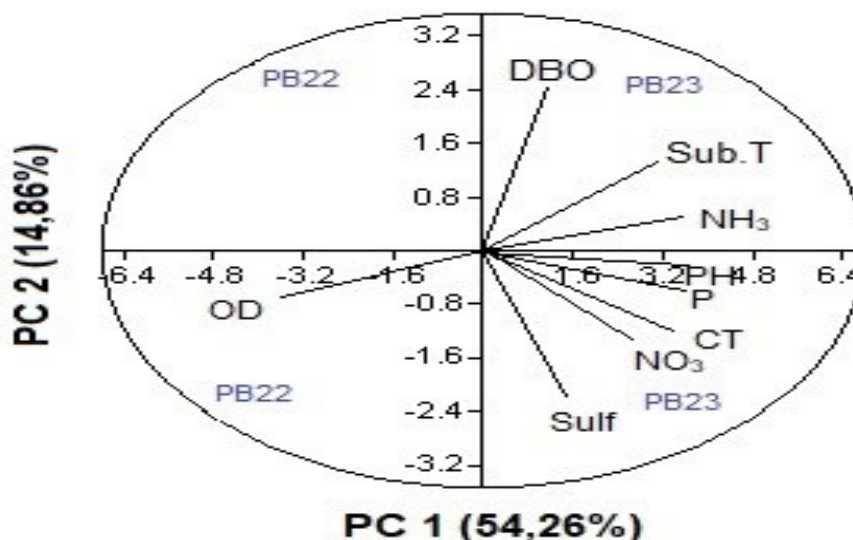


Figura 6. Análise de componentes principais (ACP) com base nas variáveis da água em dois pontos de amostragem: PB 022 e PB 023. **Fonte:** Autores, (2020).

Na contaminação grau 1 (CP1) ocorreu uma diminuição da influência de OD em razão da influência positiva das outras variáveis poluidoras da água (Figura 6), apontando o impacto das atividades antrópicas, com destaque para a classe infraestrutura, na água do rio Uberabinha (Figura 5). É importante destacar que o estado de Minas Gerais tem uma legislação própria sobre lançamento de efluentes em corpos hídricos – a Deliberação Normativa Conjunta Copam/Cerh nº 1, de 5 de maio de 2008, que determina tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60 % e média anual igual ou superior a 70 % para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais (COPAM, 2008).

No ponto PB 023 onde a qualidade da água é inferior do que a do ponto de amostragem PB 022 (Tabela 2 até a Tabela 11), os parâmetros indicativos de contaminação doméstica e industrial, tais como o P, Sub.T, CT, EC e NH₃, contribuíram positivamente para a contaminação grau 1 (Figura 6), explicando a maior variação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Uberabinha (Figura 5). O chorume gerado pelo aterro sanitário de Uberlândia é enviado para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), porém a eficiência da remoção de DBO não está de

acordo com a Deliberação Normativa Conjunta Copam/Cerh nº 01/2008 (MENEZES, 2017).

Pode ser observado que o contraste entre os pontos PB 022 e PB 023 do teste F da análise da variância foi significativo para os parâmetros CT, EC, OD, pH, NO₃, NH₃, Subs.T e P, já que a probabilidade foi menor que 0,05 (Tabela 14).

Tabela 14. Análise univariada da variância (ANOVA) dos parâmetros entre ponto PB 022 e PB 023 da bacia hidrográfica do rio Uberabinha.

Parâmetro	Contraste entre o Ponto 022 vs Ponto 023	
	F Valor	Pr > F
CT	21,09	0,0006
DBO	2,93	0,1125
EC	10,45	0,0072
OD	42,03	0,0001
pH	13,94	0,0029
Sulf	2,88	0,1152
NO ₃	6,25	0,0279
NH ₃	15,32	0,0021
Sub.T	24,71	0,0003
P	72,93	0,0001

Fonte: Autores (2020)

De acordo com a Tabela 15, a análise multivariada da variância (Manova) mostrou uma diferença significativa entre os pontos de amostragem da qualidade da água para todas as análises de multivariância. Essa diferença significativa entre os pontos pode ser explicada pela contribuição do uso da terra pela cidade de Uberlândia, de modo a diminuir a qualidade da água de acordo com o aumento da concentração das variáveis (DBO, coliformes totais, Escherichia coli, nitrato, substâncias tensoativas, sulfeto, nitrogênio amoniacal e fósforo) na água do ponto de amostragem PB 023 (Tabela 2 até a Tabela 11). A associação desses parâmetros indica que a água do rio Uberabinha sofre contaminação por meio de despejos de esgoto doméstico e efluentes industriais de modo clandestino ou parcialmente tratados pelas empresas. A avaliação da efetividade do Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não Domésticos (Premend) em Uberlândia é justificada pelos resultados de uma pesquisa, que apontou DBO elevada, juntamente com a incidência de sólidos em excesso, isto é, acima do estabelecido pela legislação (BATISTA, 2018).

Tabela 15. Análise de variância multivariada, MANOVA, por meio de quatro testes estatísticos, indicando o valor de Pr do teste F o contraste entre os dois pontos de amostragem de água: PB 022 e PB 023.

Tipo de Teste	Valor	F valor	Pr > F
Wilks' Lambda	0,0003126	959,33	<0,0001
Pillai's Trace	0,9996874	959,33	<0,0001
Hotelling-Lawley Trace	31977600558	959,33	<0,0001
Roy's Greatest Root	31977600558	959,33	<0,0001

Fonte: Autores (2020)

CONCLUSÃO

Conclui-se que o uso da terra, principalmente, com agricultura e infraestrutura merece uma atenção especial, pois influenciaram a contaminação da água da bacia hidrográfica do rio Uberabinha. Em relação à qualidade da água no ponto PB 022, localizado na estação de tratamento de água (ETA) da cidade de Uberlândia, houve alteração na concentração nas variáveis coliformes totais, DBO, Escherichia coli e sulfeto. A qualidade da água está mais degradada no ponto de coleta PB 023 do que no ponto PB 022. A indicação para a causa da contaminação da água nesse ponto é o uso da terra pela cidade de Uberlândia.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Rogerio Gonçalves Lacerda de Gouveia, Gener Tadeu Pereira e Teresa Cristina Tarlé Pissarra. **Metodologia:** Rogerio Gonçalves Lacerda de Gouveia, Gener Tadeu Pereira e Teresa Cristina Tarlé Pissarra. **Análise formal:** Gener Tadeu Pereira, Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Marcílio Vieira Martins Filho, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva e Renato Farias do Valle Junior. **Pesquisa:** Rogerio Gonçalves Lacerda de Gouveia. **Recursos:** Rogerio Gonçalves Lacerda de Gouveia. **Preparação de dados:** Rogerio Gonçalves Lacerda de Gouveia e Gener Tadeu Pereira. **Escrita do artigo:** Rogerio Gonçalves Lacerda de Gouveia. **Revisão:** Marcílio Vieira Martins Filho, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva e Renato Farias do Valle Junior. **Supervisão:** Gener Tadeu Pereira e Teresa Cristina Tarlé Pissarra. **Aquisição de financiamento:** Não teve financiamento.

REFERÊNCIAS

- BADGLEY, B.D.; STEELE, M.K.; CAPPELLIN, C.; BURGER, J.; JIAN, J.; NEHER, T.P. Fecal indicator dynamics at the watershed scale: variable relationships with land use, season, and water chemistry, **Science of the Total Environment**, v. 697, p.1-11, 2019.
- BARILARI, A.; LONDOÑO, M. Q.; PARIS, M. C.; LIMA, M. L.; MASSONE, H. E. Groundwater contamination from point sources. A hazard index to protect water

supply wells in intermediate cities, **Groundwater for Sustainable Development**, v.10, p.1- 13, 2020.

BARREIRAS, D. G.; RUIZ, F. M.; GOMES, J. E. G.; SOUZA, B. M. S. Eficácia da ação antimicrobiana do extrato de própolis de abelha jataí (*Tetragonisca angustula*) em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 1–5, 2020.

BARROS, A. J. M.; CEBALLOS, B. S. O.; KÖNIG, A.; GHEYI, H. R. Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças no agreste e brejo paraibanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p. 355-360, 1999.

BATISTA, A. **Programa de recebimento e monitoramento de efluentes não domésticos (PREMEND): avaliação de sua efetividade em Uberlândia (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Geografia da Universidade Federal de Goiás. Catalão, p. 160. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 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, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2005, págs. 58-63, seção 053.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial União. 12 dez 2011.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da flora nativa**. [Lavras]: UFLA, 2008. 216p.

CASSOL, C. J.; ARRUDA, E. J.; ALOVISI, A. M. T.; ABRÃO, C. M. R. Teores de fósforo disponível em solos de textura arenosa média e argilosa. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p.266-275, 2020.

CLAUDINO-SALES, V., LIMA, E. C., & SIMONE FERREIRA DINIZ. Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Acaraú, Ceará, nordeste do Brasil: **Revista Geonorte**, 11(38), 90-109, 2020.

COPAM. **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, 2008, p. 8. Disponível em: [http://www.siam.mg.gov.br/sla/download .pdf?idNorma=8151](http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151).

DMAE. Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia. **Dispõe sobre Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes - PREMEND**. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/premend-2/>

ESTEVAM, M.; SILVA, A.; SILVA, F. Análise física da água de entrada no sistema agroindustrial de curtume em Maringá-Paraná. **Ciência e Natura**, v.41, n.16, p.1-9, 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water pollution from agriculture: a global review**. Rome, 2017. 29p.

FLINKER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Revista Ambiente & Água**, v.10, p.782-792, 2015.

GOMES, D., PEREIRA DA SILVA, L., & MARIA MEIGUINS DE LIMA, A. Vulnerabilidade ambiental na sub-bacia do médio Tapajós (AM-PA): **Revista Geonorte**, 11(38), 71-89, 2020.

GURGEL, R. S.; SILVA, L. S.; SILVA, L. A. Investigação de coliformes totais e Escherichia Coli em água de consumo da comunidade Lago do limão, Município de Iranduba – AM, **Brazilian Applied Science Review**, v.4, n. 4, p. 2512-2529, 2020.

HANCOCK, G. R.; M. OVENDEN, KUSHAGRA S.; WALTER R.; ABRAHAM, G. Soil erosion – The impact of grazing and regrowth trees, **Geoderma**, v.361, p.1- 12, 2020.

HOU C.; YI Y.; SONG J.; ZHOU Y. Effect of water-sediment regulation operation on sediment grain size and nutrient content in the lower Yellow River. **Journal of Clean Production**, v.279, p.123- 133, 2021.

IDE-SISEMA - **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>- Acesso em: 5 setembro. 2018.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Séries Históricas de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/handle/123456789/405> - Acesso em: 7 setembro. 2018.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais em Minas Gerais em 2012**. Disponível em: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/534>. - Acesso em: 7 setembro. 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Topodata: Processamento dos dados SRTM**. 339 São José dos Campos. 2010, 79p.

JORDÃO, C. P.; SILVA, A. C.; PEREIRA, J. L.; BRUNE, W. Contaminação por cromo de águas de rios proveniente de curtumes em Minas Gerais. **Química Nova**. v. 22, p. 47-52, 1999.

KHAN, M. S.; KOIZUMI, N.; OLDS, J. L. Biofixation of atmospheric nitrogen in the context of world staple crop production: *Policy perspectives*. **Science Total Environmental**, v.701, p.1-38, 2020.

KIM, D. M.; YUN, S. T.; YOON, S.; MAYER, B. Signature of oxygen and sulfur isotopes of sulfate in ground and surface water reflecting enhanced sulfide oxidation in mine areas. **Applied Geochemistry**, v.100, p.143–151, 2019.

MENEZES, M. L. **Destino do chorume de aterro sanitário: estudo de caso do município de Uberlândia**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) – Faculdade de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, p. 40. 2017.

NASCIMENTO, T.; BAUMGRATZ, S.; MARQUES, P. A. Duas décadas de monitoramento da qualidade da água do rio Piracicaba, Estado de Minas Gerais. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 1, p.1–19, 2020.

OLIVEIRA, G.; MAURELINE, T. Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 23, n. 03, p. 599-605, 2018.

PIAZI, J.; LOPES, F. A.; AZEVEDO RUCHKYS, Ú. Qualidade das águas e outorgas superficiais no médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 28, p. 828-844, 2018.

PILOTTI, M.; CHAPRA, S.C.; VALERIO, G. Steady-state distributed modeling of dissolved oxygen in data-poor, sewage dominated river systems using drainage networks. **Environmental Model Software**, v.111, p.153–69, 2019.

PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V.; SCHNEIDERS, D.; OLIVEIRA, D. A.; ALBANO, R. M. R. Concentrações e cargas de nitrato e fosfato na Bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 1, p.86-93, 2013.

PMU - Prefeitura Municipal de Uberlândia. **Uberlândia figura entre as 37 do Brasil rumo à universalização do saneamento básico 2021**. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2021/06/16/uberlandia-figura-entre-as-37-do-brasil-rumo-a-universalizacao-do-saneamento-basico/> - Acesso em: 31 jan. 2022.

QUEIROZ, T. M.; LIMA, A. F.; GALVANIN, E. A. S. Índice de estado trófico, baseado no fósforo, na bacia hidrográfica Paraguai- Diamantino em Mato Grosso, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.300-308, 2020.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa/ CNPS, 1995. 65p.

RAMOS, M. F. L.; SILVA NETO, J. C. A. Análise dos usos da terra e parâmetros de qualidade da água na bacia hidrográfica do igarapé do Cacau Pirêra, Iranduba-AM. **Revista Geonorte**, 9(33), 232-236, 2018.

R. Development Core Team. 2019. **An Introduction to R**. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>.

ROSA, R.; LIMA, S. do C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 5, p. 91 – 107, 1991.

ROSOLEN, V.; HERPIN U.; COELHO, N. M. M.; COELHO, L. M.; BRITO, J. L. S.; SILVA, L. A.; LIMA, S. C. Qualidade dos sedimentos no rio Uberabinha (Uberlândia, MG) e implicações ambientais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, p. 151-159, 2009.

SAS Institute Inc., **SAS/STAT® User's Guide**. Version 9.4. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SEVERO, G.; RIBICKI, V. G.; VUITIK, G. A.; BARANA, A. C. Avaliação da qualidade da água da secção urbana do Arroio Olarias (Ponta Grossa-PR). **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 3, p. 38- 49, 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. **Int Soil Water Conserv Res**. v. 30, n.23, p. 201- 2015, 2021.

SILVA, F.; SMITH, W.; CUNHA-SANTINO, M.; BIANCHINI JR, I. Usos e cobertura da terra e a sua relação com a naturalidade de paisagens culturais: o caso de Sorocaba (SP). **Ciência e Natura**, v. 43, n. 35, p. 151-159, 2021.

SOUZA FILHO, E. A.; ALVES, S. B. S. M.; NEVES, R. K. R.; BATISTA, I. H.; DAMASCENO, S. B. Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do Mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.1, p. 2419- 2433, 2020.

UFV Universidade Federal de Viçosa - / CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/ UFLA - Universidade Federal de Lavras / FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente (2010).

U. S. Geological Survey (USGS). Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: agosto de 2019.

VALERA, C. A. **Avaliação do novo código florestal: as áreas de preservação permanente (APPs) e a conservação da qualidade das águas superficiais**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, p. 119. 2017.

VARÃO, A. M.; SILVA, P. G. F.; VIRGES, C. S.; SOARES, A. P. A.; REGO, E. L. Avaliação da qualidade da água no rio Grande no segmento entre estação de tratamento de esgoto do município de Barreiras – BA. **Águas Subterrâneas**, v.22, p.1-8, 2019.

VILLELA, S. M.; MATTOS. A. **Hidrologia Aplicada**. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 250p.

ZHANG, Q.; WEBBER, J. S.; MOYER, D. L.; CHANAT, J. G. Science of the Total Environment An approach for decomposing river water-quality trends into different flow classes. **Science Total Environmental**, v.755, p.543-562, 2021.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0

