

ARTIGO RECEBIDO: 14/03/2023 – APROVADO: 13/03/2024 - PUBLICADO: 30/04/2024

MONITORAMENTO DE METAIS E QUALIDADE DE ÁGUA NO RIBEIRÃO TAQUARUÇÚ GRANDE E AFLUENTES

MONITORING OF METALS AND WATER QUALITY IN THE TAQUARUÇÚ GRANDE STREAM AND TRIBUTARIES

MONITOREO DE METALES Y CALIDAD DEL AGUA EN EL ARROYO TAQUARUÇÚ GRANDE Y AFLUENTES

Júlia Neves Mantovani¹; Benildes Campos Rocha²; Carlos Henrique do Nascimento Silva¹, Fabrício de Oliveira Ramos³, Emerson Adriano Guarda⁴; Patricia Martins Guarda,⁵*

¹ Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis-LAPEQ, Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas/TO, Brasil.

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins (PPGA), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas/TO, Brasil.

³ Mestre em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins (PPGA), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas/TO, Brasil.

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins (PPGA), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas/TO, Brasil.

⁵ Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGCiamb), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas/TO, Brasil.

*Correspondência: patriciaguarda@uft.edu.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi monitorar a qualidade da água do Ribeirão Taquaruçu Grande, principal fonte de abastecimento de água da cidade de Palmas-TO. Foram selecionados 7 pontos ao longo do corpo hídrico para serem analisados. As coletas das amostras ocorreram uma no período seco do ano e uma no período chuvoso na região. Analisaram-se diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, e alguns metais (Ferro, Alumínio, Manganês, Cromo, Cobre e Zinco). Dos metais analisados, o Cobre e o Ferro foram encontrados nas análises com valores acima do valor permitido pelo CONAMA 357/05, em alguns pontos. Outros parâmetros como Clorofila-a, Fósforo, pH e coliformes do grupo E. coli encontraram-se fora dos padrões previstos na mesma legislação, podendo ser um indicativo de interferência antrópica, devida à expansão urbana próxima à bacia. A diminuição da qualidade da água à medida que o corpo hídrico passa por áreas mais povoadas foi observada através do cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), o que indica mais uma vez que expansão urbana dentro da área da bacia do Ribeirão Taquaruçu deve ser monitorada e controlada.

Palavras-chave: Contaminantes ambientais. Água superficial. Metais tóxicos.

ABSTRACT

The aim of this work was to monitor the water quality of the Taquaruçu Grande stream, the main source of water supply for the city of Palmas-TO. Seven points along the water body were selected for analysis.

Samples were collected once during the dry season and once during the rainy season in the region. Various physical, chemical and biological parameters were analyzed, as well as some metals (Iron, Aluminium, Manganese, Chromium, Copper and Zinc.) Of the metals analyzed, Copper and Iron were found in the analyses to be above the value allowed by CONAMA 357/05 at some points. Other parameters such as chlorophyll-a, phosphorus, pH and coliforms of the E. coli group were found to be outside the standards laid down in the same legislation, which may be an indication of anthropogenic interference due to urban sprawl near the basin. The decrease in water quality as the water body passes through more populated areas was observed through the calculation of the Water Quality Index (IQA), which once again indicates that urban expansion within the Ribeirão Taquaruçu basin area should be monitored and controlled.

Keywords: Environmental contaminants. Surface water. Toxic metals.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue monitorizar la calidad del agua del arroyo Taquaruçu Grande, principal fuente de abastecimiento de agua de la ciudad de Palmas-TO. Se seleccionaron siete puntos a lo largo de la masa de agua para ser analizados. Se recogieron muestras una vez durante la estación seca y otra durante la estación lluviosa en la región. Fueron analizados diversos parámetros físicos, químicos y biológicos, así como algunos metales (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cromo, Cobre y Zinc). De los metales analizados, el Cobre y el Hierro fueron encontrados en los análisis por encima del valor permitido por el CONAMA 357/05 en algunos puntos. Otros parámetros como clorofila-a, fósforo, pH y coliformes del grupo E. coli se encontraron fuera de las normas establecidas en la misma legislación, lo que puede ser un indicio de interferencia antropogénica debido a la expansión urbana cerca de la cuenca. La disminución de la calidad del agua a medida que la masa de agua atraviesa zonas más pobladas se observó a través del cálculo del Índice de Calidad del Agua (IQA), lo que indica una vez más que la expansión urbana en el área de la cuenca del Ribeirão Taquaruçu debe ser vigilada y controlada.

Descriptor: Contaminantes ambientales. Aguas superficiales. Metales tóxicos.

INTRODUÇÃO

Corpos naturais de água, como os rios e córregos, são ecossistemas frequentemente influenciados pela intensificação da degradação ambiental causada por atividades humanas, especialmente associadas ao aumento da densidade populacional. Estes impactos devem-se principalmente à elevação da carga de efluentes industriais e domésticos e ao aumento de áreas agrícolas (Barreto et al., 2014; Botelho; Froes, 2012; Moya et al., 2007; Roland et al., 2012).

A agricultura é uma das principais causas de degradação da qualidade da água (Carmo et al., 2011). O aumento das atividades agrícolas contribui para a modificação da qualidade das águas, sendo a poluição das águas um problema ambiental mundial (Carmo et al., 2011; Kurnaz et al., 2016).

Milhares de compostos orgânicos e inorgânicos têm sido identificados em água potável em todo o mundo, vários deles em concentrações extremamente baixas (OMS, 2000).

Os insumos agrícolas como os fertilizantes possuem na sua composição metais pesados ou estão presentes nestes como contaminantes. O acúmulo dos metais pesados nos solos agrícolas é geralmente causado pelo uso repetitivo e em excesso de fertilizante, pesticidas e resíduos orgânicos (Valle, 2012; Kurnaz et al., 2016).

Embora os metais ocorram naturalmente nos diferentes compartimentos ambientais, o aumento de suas concentrações tem tornado os ecossistemas saturados e essas substâncias biodisponíveis. Os metais não são biodegradáveis, logo tendem-se a se acumular nesses diferentes compartimentos e assim tornam-se tóxicos (Wuana e Okieimen, 2011; Ribeiro et al., 2012; Voigt et al., 2016).

O termo “metais pesados” tem diferentes definições e a maioria delas leva em consideração as propriedades químicas desses elementos (Lima e Merçon, 2014, LIU et al., 2019) porém o termo mais correto no estudo de contaminação ambiental seria metais tóxicos. Os mais estudados, devido a sua toxicidade em humanos, são o Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg) (Oliveira, 2007; Alves et al., 2010; Wuana e Okieimen, 2011).

Os metais são uma preocupação particular ao ambiente marinho, pois exibem ao mesmo tempo toxicidade e persistência, mostrando-se bioacumulativas na cadeia alimentar (OMS, 2000).

Os altos índices de toxicidade de alguns metais para os organismos, mesmo em baixas concentrações, associados à sua relativa facilidade de entrar e permanecer nas cadeias tróficas por longos períodos, reforça a importância de estudos que determinem suas concentrações em ambientes aquáticos (BARROS et al., 2009).

Até mesmo aqueles essenciais a nosso corpo, como o Ferro, podem ser tóxicos quando em doses elevadas. Por exemplo, sem Ferro em quantidade suficiente podemos desenvolver anemia, mas muito Ferro pode causar anomalias no fígado (OMS, 2000).

No ambiente aquático os metais passam por diversas transformações químicas que podem aumentar a sua capacidade tóxica e em função de sofrerem reações que possibilitam remover ou potencializar sua atividade biológica (Ribeiro et al., 2012). A rápida mudança nos parâmetros físico-químicos em águas superficiais, levam a uma deterioração do equilíbrio no ambiente aquático, o que influencia diretamente a biota e indiretamente os seres humanos (Kurnaz et al., 2016).

A qualidade da água pode ser entendida como consequência dos processos atuantes em uma bacia hidrográfica, sendo a ação antrópica reguladora do equilíbrio entre sistemas.

A intensificação das atividades antrópicas em uma bacia hidrográfica promove diversas possibilidades de contaminação, poluição e alterações na qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis (Bucci, 2015). Detectar o resultado destes impactos é de fundamental importância para avaliar a sustentabilidade dos recursos naturais utilizados pelo homem.

A sub bacia do ribeirão Taquaruçu Grande, pertencente à bacia hidrográfica Araguaia Tocantins, está localizada no município de Palmas-TO. É a principal bacia de abastecimento público da capital do Tocantins, chegando a responder por cerca de 60% da água tratada. Esta bacia, porém, apresenta diversas formas de uso do solo, tanto em função da expansão da estrutura urbana, da expansão agropecuária, do loteamento de chácaras na zona rural e da utilização para recreação (praias e balneários). Somados aos

empreendimentos como captação de água e tratamento de esgotos, pode se ter uma ideia do grande número de usos da sub bacia e dos diferentes conflitos entre estes usos. Afluentes do ribeirão Taquaruçu Grande, como o córrego Machado, também tem sido alvo de intensa ocupação urbana.

Dessa forma, existe a necessidade, em primeiro lugar, de conhecer a real qualidade da água destes sistemas hídricos e as fontes de impactos ambientais a que estes estejam submetidos. Em segundo lugar, deve-se adquirir conhecimentos para o monitoramento adequado desses sistemas hídricos, associado às fontes de contaminação, como base para a tomada de decisão.

Nesse cenário torna-se importante investigar a presença de metais potencialmente tóxicos dentre esses: Níquel, Cádmio, Cobre, Manganês, Cromo e Chumbo, que são utilizados na formulação de agrotóxicos, e são um dos indicativos de contaminação ambiental (Amaral, 2012), assim como parâmetros físico, químicos e biológicos na água e acompanhar como a qualidade dessa água se altera ao longo do tempo de seu uso e/ou uso da terra no seu entorno.

MATERIAIS E MÉTODOS

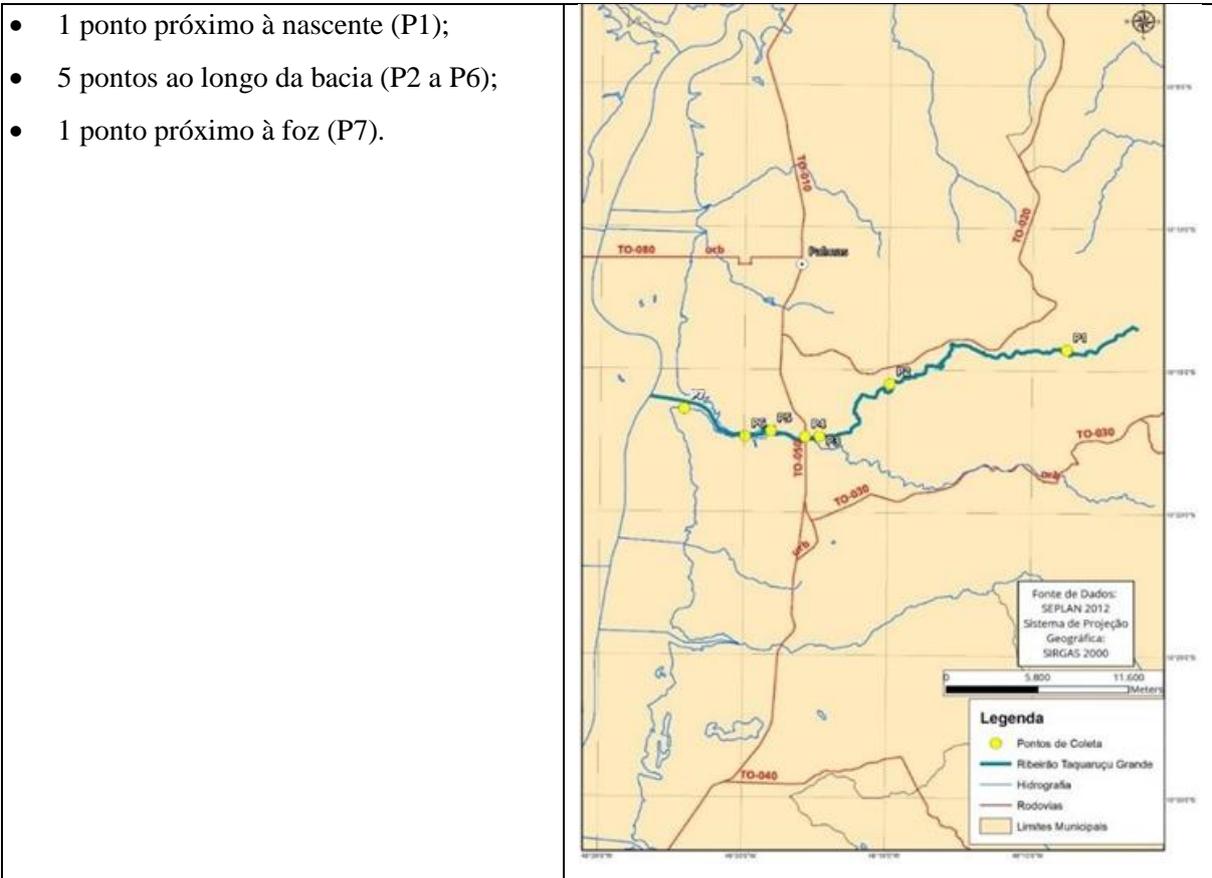
Segundo Pereira et al. (2018) a metodologia deste trabalho foi quantitativa, uma vez que foram coletados dados numéricos, processados e potencializados, gerando resultados. Todos os testes neste estudo foram realizados em Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e Biocombustíveis-LAPEQ- UFT.

Área de estudo

O Ribeirão Taquaruçu Grande é um afluente direto do rio Tocantins na sua margem direita. Sua microbacia possui uma área de 458,16 km² e alonga-se por aproximadamente 36,9 km no sentido Leste-Oeste (Alves, 2016). O Ribeirão Taquaruçu Grande nasce dentro da Área de Proteção Ambiental Serra do Lajeado, tendo seu percurso natural dentro de chácaras e fazendas, na região sul de Palmas. Uma APA foi criada visando à conservação dos recursos naturais ali existentes, principalmente os recursos hídricos, visto que ali se encontram as nascentes dos mananciais que abastecem a população do Plano Diretor do Município de Palmas, os Distritos de Taquaruçu e Taquaralto, assim como os setores das Aurenys's (Silva Neto, 2011).

Localização dos pontos de coleta

Após uma pré-avaliação do local foram escolhidos sete pontos ao longo do braço do ribeirão Taquaruçu Grande, conforme demonstrado na Figura 1:



Fonte: Adaptado de SEPLAN (2012)

Coleta das amostras

A coleta das amostras de água foi realizada nos meses de setembro/2022, período seco na região, e março/2023, período considerado chuvoso. Em cada ponto foi coletado uma amostra na margem do rio. As amostras coletadas foram retiradas da parte superficial do ribeirão Taquaruçu Grande.

Análises físicas, químicas e microbiológicas

As análises seguiram as metodologias definidas pela APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2017). No ato da coleta foram determinados os parâmetros Turbidez, Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido, Salinidade, Sólidos Totais dissolvidos com o auxílio da sonda multi-parâmetros (U-50 – Horiba). Os parâmetros Dureza (Ca²⁺, Mg²⁺, total), Alcalinidade (Bicarbonato, Carbonato, Total) e Cloretos foram determinados através de Titulometria. Amônia, Nitrito, Nitrato, Fluoreto, Sulfato, Sulfeto, Cor Verdadeira, Cor Aparente e Clorofila-a foram determinados por Espectrofotometria. A Demanda Bioquímica de Oxigênio foi determinada por Diferenciação e o Nitrogênio Orgânico por Kjeldal. Os Sólidos Suspensos (fixos, totais, matéria

orgânica) foram determinados por Gravimetria e os Sólidos Totais Sedimentáveis por Decantação. Por último, porém não menos importante os parâmetros Coliformes Totais e Escherichia coli foram determinados por detecção com substrato cromogênico e fluorogênico (Colilert®).

Análise de Metais

Para análise dos metais Manganês e Zinco as amostras passaram por processo de digestão ácida em sistema aberto, segundo metodologia proposta por RICE et al. (2017) e foram determinados também por meio de Espectrofotometria. As análises de Ferro, Alumínio e Cobre foram determinadas por meio de Espectrofotometria com leitura direta pelo método APHA (2017).

Cálculo do IQA – Índice de Qualidade das Águas

A partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. O IQA é calculado pelo produtório ponderado dos parâmetros de qualidades de água, correspondentes às variáveis que integram o índice (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, DBO, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e E. coli). O valor resultante classifica a água avaliada em cinco níveis de qualidade, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação do IQA.

Categoria	Ótima	Boa	Aceitável	Ruim	Péssima
Ponderação	$79 < IQA \leq 100$	$51 < IQA \leq 79$	$36 < IQA \leq 51$	$19 < IQA \leq 36$	$IQA \leq 19$

Fonte: Próprio autor (2023)

Mapa da Ocupação do Solo

Os arquivos raster, base para produção do Mapa do levantamento de uso e cobertura da terra, foram compilados do MapBiomias (Coleção 8), obtidos através do download direto dos dados em formato GeoTiff, para o ano 2022, e o tratamento dos arquivos foi realizado com software Qgis 3.22.6.

Destaca-se que esses se encontravam previamente georreferenciados e classificados, portanto, procedeu-se apenas as conversões dos arquivos do formato raster para vetor, a verificação e correções geométricas e a reprojeção do Datum WGS 84 para SIRGAS 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as coletas, foi avaliada a conformidade dos resultados físico-químicos e microbiológicos encontrados, em relação aos padrões para água doce, classe 2, segundo a Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005), classificação do córrego Ribeirão Taquaruçu Grande, para a maior parte dos parâmetros analisados. Os resultados das análises do conjunto de parâmetros monitorados durante a coleta são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do ribeirão Taquaruçu Grande no período seco.

PARÂMETROS		AMOSTRAS-RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE						
FÍSICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO (1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Temperatura (°C)	-	24,50	25,44	26,08	27,21	30,77	29,98	30,26
Sólidos totais sedimentáveis (mL.L.h ⁻¹)	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L ⁻¹)	500	3	9	10	15	56	74	55
Sólidos Suspensos (mg.L ⁻¹)	Sólidos Totais	2,40	8,00	3,20	9,60	28,00	12,00	ND ⁽²⁾
	Sólidos Fixos	0,80	0,40	0,40	0,40	20,80	0,80	ND ⁽²⁾
	Matéria orgânica	1,60	7,60	2,80	9,20	7,20	11,20	ND ⁽²⁾
Resíduos totais (mg.L ⁻¹)	-	<1	<1	<1	16	27	36	4
Turbidez (NTU)	100	2,3	4,5	4,5	4,9	38	50,1	4,3
Condutividade Elétrica (µS.cm ⁻¹)	-	5	14	16	24	86	115	85
Cor Aparente (Pt.L ⁻¹)	-	18	31	26	44	90	74	9
Cor Verdadeira (mg Pt.L ⁻¹)	75	12	19	18	22	16	18	5
QUÍMICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO							
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	não inferior a 5	7,5	7,24	5,84	5,59	8,91	6,79	7,59
pH	6,0 a 9,0	6,59	7,52	5,84	8,69	8,64	4,74	7,14

PARÂMETROS		AMOSTRAS-RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE							
FÍSICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO (1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹)	-	6,00	6,00	8,00	10,00	30,00	36,00	36,00	
Dureza	Cálcio (mg.L ⁻¹ Ca ²⁺)	-	5,16	3,44	1,72	3,44	13,76	20,64	17,20
	Magnésio (mg.L ⁻¹ Mg ²⁺)	-	6,88	1,72	3,44	6,88	13,76	12,02	18,92
	Total (mg.L ⁻¹)	-	12,04	5,16	5,16	10,32	27,52	32,68	36,12
Cloreto total (mg.L ⁻¹ Cl ⁻)	250	4,68	5,38	4,68	5,15	6,55	6,32	4,68	
Nitrato (mg.L ⁻¹ NO ₃ ⁻)	10,0	0,2	0,2	0,6	0,2	0,3	0,5	0,2	
Nitrito (mg.L ⁻¹ NO ₂ ⁻)	1,0	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	<0,002	0,004	
Nitrogênio Amoniacal total (mg.L ⁻¹)	< 3,7 para pH ≤ 7,5 < 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0 < 0,5 para pH > 8,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,22	0,79	<0,02	
Nitrogênio Orgânico (mg.L ⁻¹ N)	-	5,60	1,87	3,73	4,67	6,53	7,47	1,87	
DBO (mg.L ⁻¹ O ₂)	5	3,16	3,84	3,78	3,94	3,83	3,62	1,08	
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,1	0,27	0,29	0,24	0,25	0,24	0,28	0,28	
Sulfato total (mg.L ⁻¹ SO ₄ ²⁻)	250	1,14	ND ⁽²⁾	<0,64	ND ⁽²⁾	3,29	4,67	1,76	
MICROBIOLÓGICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO								
Coliformes totais (NMP.100 mL ⁻¹)	-	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	
E. coli (NMP.100 mL ⁻¹)	1.000	770,1	1553,1	1046,2	686,7	1732,9	>2419,6	25,9	
HIDROBIOLÓGICO (unidade)	VALOR MÁXIMO								
Clorofila-a (µg.L ⁻¹)	30	1,8	1,2	0,8	1,58	70,3	124,9	5,5	

PARÂMETROS		AMOSTRAS-RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE						
FÍSICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO (1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
METAIS (unidade)	VALOR MÁXIMO							
Ferro Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,3	0,14	0,15	0,09	0,37	<0,02	0,02	<0,02
Manganês Total (mg.L ⁻¹)	0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cobre Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,009	0,04	0,06	0,04	0,06	0,08	0,18	0,07
Zinco Total (mg.L ⁻¹)	0,18	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Alumínio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,1	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008

(1) Segundo a Resolução CONAMA nº, 357/05

(2) ND: Não detectado.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023)

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos amostrados no ribeirão Taquaruçu Grande, período chuvoso.

PARÂMETROS		AMOSTRAS-RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE						
FÍSICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO (1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Temperatura (°C)	-	24,29	24,85	24,96	25,3	27,21	28,32	29,54
Sólidos totais sedimentáveis (mL.L.h ⁻¹)	-	<0,1	0,1	0,4	1	0,1	0,6	0,3
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L ⁻¹)	500	2	11	13	15	16	26	36
Sólidos Suspendidos (mg.L ⁻¹)	Sólidos Totais	2,8	14,8	64,8	139,2	45,2	25,6	23,6
	Sólidos Fixos	0,8	11,6	50,8	109,6	35,6	13,6	14,8
	Matéria orgânica	2	3,2	14	29,6	9,6	12	8,8
Resíduos totais (mg.L ⁻¹)	-	10	20	100	150	80	60	55
Turbidez (NTU)	100	5,8	11,7	14	46,3	77,4	27,5	5,3
Condutividade Elétrica (µS.cm ⁻¹)	-	4	17	21	24	24	41	55

PARÂMETROS		AMOSTRAS-RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE						
FÍSICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO (1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Cor Aparente (Pt.L ⁻¹)	-	16	37	47	95	188	37	20
Cor Verdadeira (mg Pt.L ⁻¹)	75	10	25	32	72	123	24	12
QUÍMICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO							
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	não inferior a 5	7,43	7,16	6,95	6,12	7,85	6,8	7,08
pH	6,0 a 9,0	7,6	6,81	8,07	8,27	6,2	5,43	7,18
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹)	-	8	14	14	18	16	24	32
Dureza	Cálcio (mg.L ⁻¹ Ca ²⁺)	5,08	7,62	7,62	7,62	10,16	15,24	22,86
	Magnésio (mg.L ⁻¹ Mg ²⁺)	2,54	5,08	5,05	2,54	5,08	7,62	12,7
	Total (mg.L ⁻¹)	7,62	12,7	12,7	10,16	15,24	22,86	35,56
Cloreto total (mg.L ⁻¹ Cl ⁻)	250	4,92	4,4	4,14	3,88	3,88	3,04	3,88
Nitrato (mg.L ⁻¹ NO ₃ ⁻)	10,0	0,3	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,4	0,3
Nitrito (mg.L ⁻¹ NO ₂ ⁻)	1,0	0,003	0,004	0,002	0,008	<0,002	0,006	0,005
Nitrogênio Amoniacal total (mg.L ⁻¹)	< 3,7 para pH ≤ 7,5 < 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0 < 0,5 para pH > 8,5	0,04	0,12	0,15	0,24	0,43	0,34	0,11
Nitrogênio Orgânico (mg.L ⁻¹ N)	-	3,73	2,8	1,87	6,53	7,47	2,8	3,73
DBO (mg.L ⁻¹ O ₂)	5	0,81	2,04	1,79	0,99	1,02	1,3	0,62
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,1	0,28	0,29	0,33	0,52	0,27	0,35	0,28
Sulfato total (mg.L ⁻¹ SO ₄ ²⁻)	250	<0,3	0,578	0,689	0,71	1,057	1,732	0,973

PARÂMETROS		AMOSTRAS-RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE						
FÍSICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO (1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
MICROBIOLÓGICOS (unidade)	VALOR MÁXIMO							
Coliformes totais (NMP.100 mL ⁻¹)	-	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	1732,9
E. coli (NMP.100 mL ⁻¹)	1.000	410,6	547,5	920,8	>2419,6	>2419,6	1203,3	13,4
HIDROBIOLÓGICO (unidade)	VALOR MÁXIMO							
Clorofila-a (µg.L ⁻¹)	30	1,2	12,81	68,96	44,33	2	22,66	10,6
METAIS (unidade)	VALOR MÁXIMO							
Ferro Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,3	0,36	0,53	0,61	0,74	1,41	0,41	0,23
Manganês Total (mg.L ⁻¹)	0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cobre Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,009	<0,04	<0,04	0,04	0,06	<0,04	0,04	<0,04
Zinco Total (mg.L ⁻¹)	0,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,14
Alumínio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,1	0,018	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008

(1) Segundo a Resolução CONAMA n° 357/05

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023)

Observa-se após a análise dos resultados que o pH, nos pontos P3 e P6 esteve abaixo da faixa aceita pela legislação. O pH exerce influência sobre os ecossistemas aquáticos naturais sendo importante parâmetro por contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2016). O Fósforo apresentou valores elevados, assim como a Clorofila-a e E. Coli em alguns pontos, à medida que o córrego passa por áreas mais densamente povoadas, podendo indicar uma possível interferência antrópica na região.

A presença de Fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). Desta forma, há um evidente aporte de Fósforo em toda a bacia e/ou de origem autóctone. Segundo Withers e Jarvie (2008), a geologia exerce um controle fundamental

na geoquímica dos sedimentos dos rios e na química da água. Isto influencia os mecanismos de incorporação do Fósforo nos sedimentos e os processos de liberação de compostos inorgânicos e sua incorporação pela biota.

A elevada presença de Fósforo é característica da região estudada segundo Guarda et.al. (2021), e acúmulo de nutrientes em corpos de água, principalmente nitrogênio e fósforo, causa eutrofização de lagos e reservatórios, promovendo o crescimento excessivo de plantas (afloramento de algas). A decomposição das algas, por sua vez, reduz a concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) na água, sendo a taxa adequada de OD em água, universalmente, crítica para a vida aquática (OMS, 2000).

A Clorofila-a é a mais universal das clorofilas (a, b, c e d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a Clorofila-a é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2016). Os pontos P5 e P6 no período seco, e P3 e P4 no período chuvoso extrapolaram os valores máximos permitido para este parâmetro, que é de $30 \mu\text{g.L}^{-1}$. Estes valores indicam forte concentração de algas no local, o que caracteriza um ambiente bastante eutrofizado.

Principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo de origem exclusivamente fecal a *E. coli* está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais de sangue quente e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. Os pontos P2, P3, P5 e P6 apresentaram valores acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). Esse resultado aponta possível contaminação fecal no local.

Na quantificação do Cobre este apresentou valores acima dos limites estabelecidos pela resolução do Conama (BRASIL, 2005), para águas doces de classe 2 em sete pontos no período seco, e em três pontos no período chuvoso. Os efeitos da intoxicação são pouco conhecidos, dos quais, pode se mencionar náuseas, vômitos, diarreias, anemia hemolítica e danos no trato gastrointestinal. Quanto ao efeito crônico, conhece-se bem o Mal de Wilson, responsável pelo acúmulo de Cobre no fígado, cérebro e rim (ANJOS, 2003). O Cobre é largamente usado na fiação elétrica, ligas, pigmentos, utensílios de cozinha etc. Seus sais são utilizados na água para controlar o crescimento biológico em reservatórios e redes de distribuição. A corrosão de ligas e tubulações pode aumentar a concentração deste elemento na água.

Os níveis de concentração de Cobre no compartimento água são advindos, principalmente, da contribuição gerada pelas interferências antropogênicas, como atividades agrícolas na bacia (Simões Santos, 2018). O aumento nas concentrações de Cobre na água, pode, estar associado à alta erodibilidade dos solos, ao intenso uso e exposição aos fungicidas contendo oxicloreto de cobre (Ramexane 850 -PM) e bactericidas contendo óxido cuproso (Cobre Sandoz -BR) (BAGGIO, 2008).

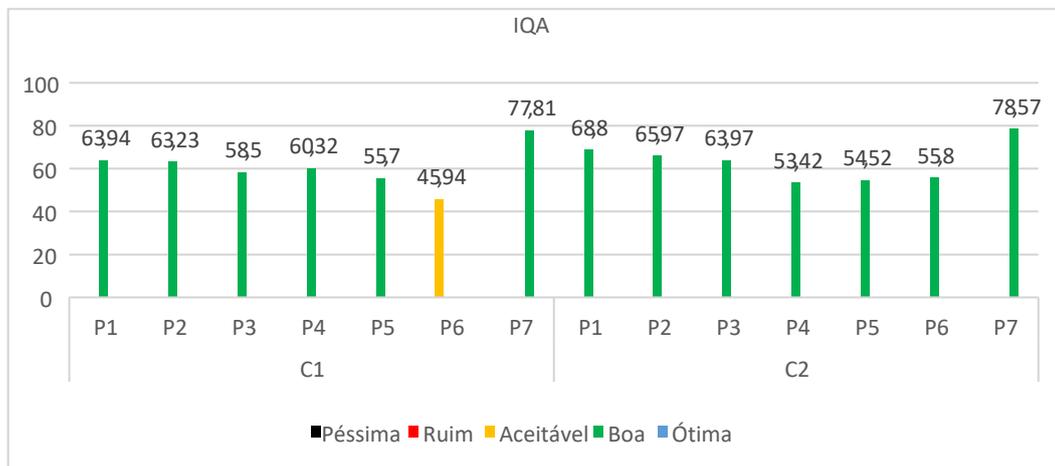
Segundo CETESB (2009) os valores elevados de Ferro, que é um dos constituintes essenciais do solo, estão associados aos fenômenos de erosão e lixiviação, por esse motivo as maiores concentrações de Ferro estão presentes no período chuvoso. Souza et al. (2006) afirmam que os solos tropicais são altamente intemperizados, e possuem naturalmente alta concentração de ferro principalmente na forma de óxidos de ferro (hematita e goethita).

Outro fator que afeta a qualidade da água é a expansão urbana, no período chuvoso, por exemplo, os pontos que se localizam nos locais de maior densidade populacional apresentam piora de alguns parâmetros como os coliformes do grupo E. coli, Fósforo e Ferro, e isso se deve principalmente ao escoamento superficial da água da chuva, que carrega muitos contaminantes do meio urbano para o corpo hídrico. Por isso, expansão urbana dentro da área da bacia do Ribeirão Taquaruçu não é recomendada, além de causar desmatamento, impacta também, na qualidade da água (DE CESARO, 2018).

IQA – Índice De Qualidade Das Águas

A partir dos resultados encontrados nas análises físicas, químicas e biológicas calculou-se o Índice de Qualidade das Águas com os resultados de pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, DBO, Nitrogênio total, Fósforo total, Turbidez, Sólidos totais e E. coli, e este índice para os pontos amostrados e as diferentes companhias de coleta, estão apresentados na Figura 2 abaixo.

Figura 1 - Gráfico dos valores do IQA nos períodos seco (C1) e chuvoso (C2).

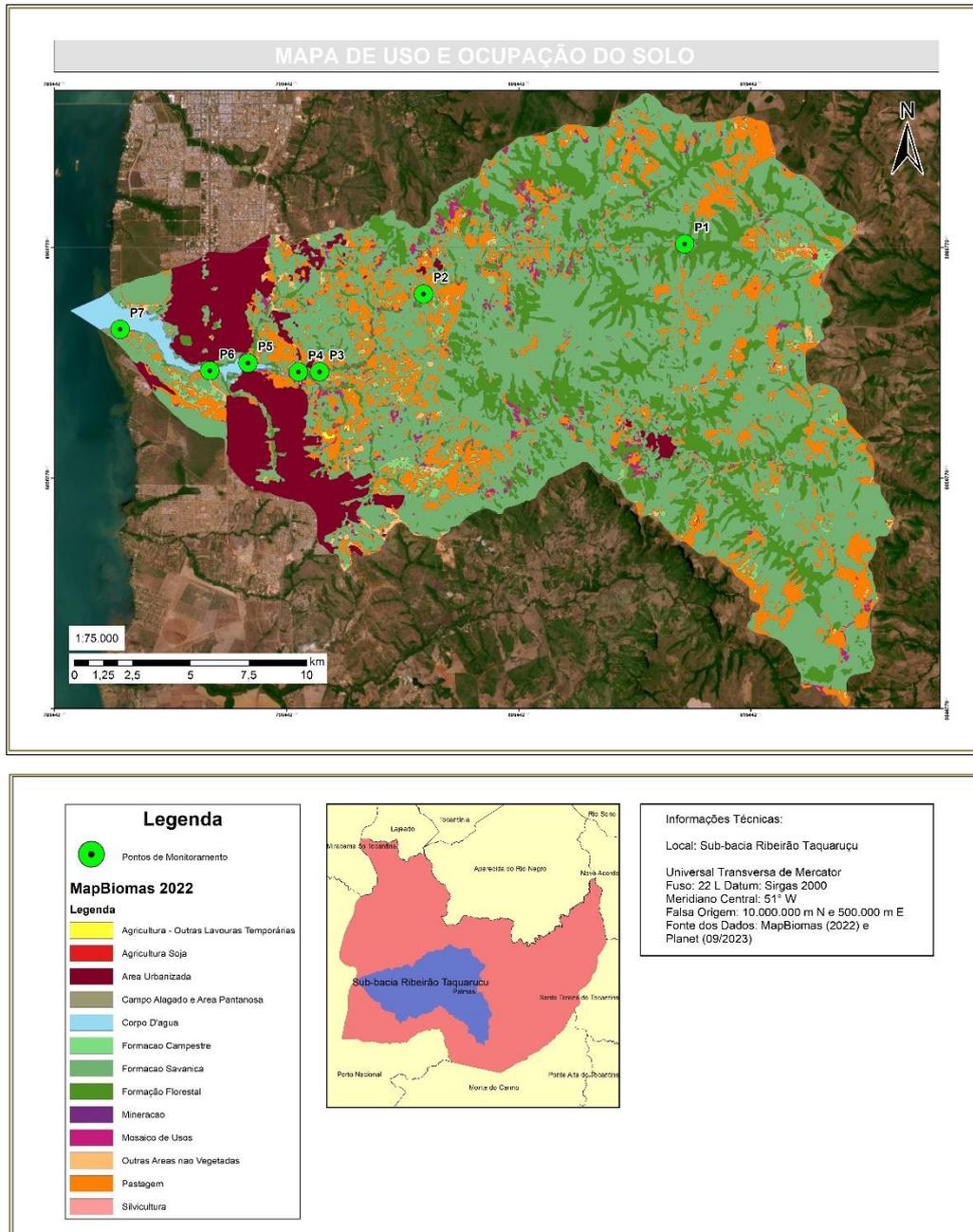


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023)

Mapa Da Ocupação do Solo

A legenda apresentada na Figura 3 mostra a classificação das classes adotada pela plataforma MapBiomias.

Figura 2 - Mapa do levantamento de uso e cobertura da terra para a Sub-bacia Ribeirão Taquaruçu.



Fonte: MapBiomias (2022).

A análise do percentual de área por classe na Sub-bacia Ribeirão Taquaruçu revela padrões significativos na distribuição das categorias de uso e cobertura da terra. A classe predominante é a Formação Savânica, abrangendo 52,33% da área total da sub-bacia, seguida da Formação Florestal, que representa 17,23% da área, destacando a importância das áreas arborizadas na composição da bacia hidrográfica.

A presença de Pastagem é relevante, cobrindo 15,43% da área, evidenciando a significativa atividade agropecuária na sub-bacia. A Área Urbanizada ocupa 8,94%, sendo ocupada por parte da zona urbana de Palmas, e distrito de Taquaruçu.

Tabela 2 - Sub-bacia Ribeirão Taquaruçu: percentual de área (hectares) por classe –MapBiomias Ano 2022.

Classes	Área (ha)	%
Formação Savânica	24.334,5939	52,33%
Formação Florestal	8.010,3757	17,23%
Pastagem	7.175,6237	15,43%
Area Urbanizada	4.157,5879	8,94%
Mosaico de Usos	868,5719	1,87%
Formação Campestre	792,1069	1,70%
Corpo D'água	548,2582	1,18%
Outras Áreas não vegetadas	481,4465	1,04%
Campo Alagado e Area Pantanosa	75,2020	0,16%
Agricultura - Outras Lavouras Temporárias	35,9702	0,08%
Agricultura Soja	20,4361	0,04%
Silvicultura	2,5895	0,01%
Mineração	0,4309	0,00%

Fonte: MapBiomias (2022).

Verificou-se que a nascente está pouco preservada, devido à ausência de mata ciliar e à presença de pastagem nas proximidades, o que leva a prejuízos ao recurso hídrico, podendo afetar na qualidade da água, em decorrência da ausência de proteção das matas (MORAIS, 2016). Nos demais pontos que se localizam em áreas mais povoadas, a qualidade diminui. Por esse motivo, expansão urbana dentro da área da bacia do Ribeirão Taquaruçu não é recomendada.

CONCLUSÃO

Tendo em vista que o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água em termos também de concentrações de metais, foram detectadas concentrações de Cobre e Ferro acima do limite permitido pela legislação CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). Foi comprovado também que a ocupação urbana no entorno da bacia tem causado problema, impactando na qualidade da água e até mesmo na preservação da bacia pelo desmatamento das matas ciliares. Os dados apontam que a ocupação urbana prejudica

a qualidade da água do Ribeirão Taquaruçu principalmente no período chuvoso, quando a água da chuva faz escoar dejetos, esgoto sanitário e poluições. Apesar de o índice de qualidade da água estar classificado como bom, ainda estão presentes altas concentrações de Fósforo, Ferro, Cobre, Coliformes totais e E. coli. Logo, é de fundamental importância que as autoridades e a população busquem alternativas para preservar a bacia de modo geral, pois essa é a bacia responsável pelo abastecimento de água da cidade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Federal do Tocantins e do Laboratório de Química Ambiental e Biocombustíveis da UFT.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. I. S., TONANI, K. A. A., NIKAIDO, M., CARDOSO, O. O., TREVILATO, T. M. B., SEGURA-MUÑOZ, S. I. Evaluation of heavy metal concentrations in surface waters and sediment in the Monte Alegre Stream and tributaries, Ribeira Preto, SP, Brazil. **Ambi-Água**, Taubaté, v.5, n.3, p.122-132, 2010.

ALVES, T. D. C. V; Análise de desempenho de estações de tratamento de esgoto visando condições de outorga e enquadramento de corpos hídricos: o caso das ETE's Aurenny e Prata, Palmas-TO. 2016.89f. **Dissertação Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental**. Universidade Federal do Tocantins- Câmpus Universitário de Palmas - 2016.

AMARAL, M, A, B. Poluição dos solos por metais pesados na zona urbana de ponta delgada: Implicações na saúde pública. 2012. 113f. **Dissertação de mestrado em ciências biomédicas**. Universidade dos açores, Ponta Delgada, 2012.

ANJOS, J. A. S. A. Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso de Plubum em Santo Amaro da Purificação/BA.Orientador: Luiz Enrique Sanchez. 2003. **Tese (Doutorado em Engenharia)**. Departamento de Engenharia de minas e de petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

APHA- Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federal, 23th edition. Washington, USA, 2017.

BAGGIO, H. Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buriti-zeiro, MG. 2008. 216 f. **Tese (Doutorado em Geologia)**. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BARRETO, L. V. et al. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 118–129, 2014.

BARROS, F. et al. Elementos químicos potencialmente tóxicos em diferentes níveis de vazão no rio Turvo Sujo, MG, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 93–105, 30 ago. 2009.

BOTELHO, R.; FROES, C.; SANTOS, J. Toxicity of herbicides on *Escherichia coli* growth. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 1, p. 141–146, fev. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos Corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as Condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº. 53, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

BUCCI, M. M. H. S. et al. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 804–824, 1 out. 2015.

CARMO, C. A.; ABESSA, D. M. DE S.; NETO, J. G. M. Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no estuário de São Vicente-SP, Brasil. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n. 1, p. 64–70, 30 mar. 2011.

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO-Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2009. São Paulo: CETESB, 528 p.

CETESB-COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão; Márcia Janete Coelho Botelho; Maria Inês Zanoli Sato; Marta Condé Lamparelli. - São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem (Apêndice E). São Paulo, 2016.

DE CESARO, M. V. M. Análise do potencial de expansão urbana e das ocupações irregulares na microbacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu. 2018. 116 f. **Dissertação de Mestrado** (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA), Universidade Federal de Tocantins – UFT, Palmas, 2018.

GUARDA, P. M. et al. Monitoring the water quality Formoso river of the Amazon Region - Brazil using principal component analysis. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 5, p. 94–104, 28 mar. 2021.

KURNAZ, A.; MUTLU, E.; AYDIN UNCUMUSAOĞLU, A. Determination of Water Quality Parameters and Heavy Metal Content in Surface Water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey). **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 4, n. 10, p. 907, 7 out. 2016.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química Nova na escola**, v. 33, n. 4, novembro, 2014.

LIU, J. J.; DIAO, Z. H.; XU, X. R.; XIE, Q. Effects of dissolved oxygen, salinity, nitrogen and phosphorus on the release of heavy metals from coastal sediments, **Science of The Total Environment**, v 666, p. 894-901, 2019.

MORAIS, L. A.. Avaliação dos impactos ambientais e antrópicos das nascentes do Ribeirão Taquaruçu e a sua influência no sistema de abastecimento urbano de água da cidade de Palmas – TO. **Trabalho de Conclusão de Curso de graduação** (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2016.

MOYA, N.; TOMANOVA, S.; OBERDORFF, T. Initial development of a multi-metric index based on aquatic macroinvertebrates to assess streams condition in the Upper Isiboro-Sécure Basin, Bolivian Amazon. **Hydrobiologia**, v. 589, n. 1, p. 107–116, 21 set. 2007.

OLIVEIRA, M. R. de. Investigação da contaminação por metais pesados da água e do sedimento de corrente nas margens do rio São Francisco e tributários, a jusante da represa da CEMIG, no município de Três Marias, Minas Gerais. 2007. **Tese (Doutorado em Geologia)**, Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais.

OMS. (2000) Organização Mundial da Saúde. Programa internacional de segurança química. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente**. São Paulo: Cultura acadêmica; 2008.

Projeto MapBiomias – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Acesso em: 06 nov 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>

PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PEREIRA, Fábio José; SHITSUKA, Ricardo. Metodologia do trabalho científico. **Ebooks**. Santa Maria: UAB / NTE / UFSM, 2018.

RIBEIRO, E. V. et al. Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora - MG: índice de contaminação. **Geonomos**, v. 20, n. 1, p. 49–63, 31 jul. 2012.

RICE, EUGENE W.; BAIRD, RODGER B.; EATON, ANDREW D.; CLESCERI, LENORE S. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23ª Edição. Ed. [S. l.]: Editora Pharamabooks, 2017. 1496 p. ISBN 10 – 087553287X.

ROLAND, F. et al. Climate change in Brazil: perspective on the biogeochemistry of inland waters. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3 suppl, p. 709–722, ago. 2012.

SIMÕES SANTOS, M.; BAGGIO FILHO, H.; ARAÚJO, A. D. .; FREITAS, M. de O. .; COSTA, T. M. da .; HORN, A. H. . Analise da concentração e distribuição de metais pesados na água do Rio das Velhas entre a cidade de Várzea da Palma e o distrito de Barra do Guaicuí—MG. **Revista Cerrados**, [S. l.], v. 16, n. 01, p. 130–158, 2018. DOI: 10.22238/rc2448269220171601130158. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1281>. Acesso em: 7 set. 2023.

SILVA NETO, Antonio Rodrigues da. Cenários de abastecimento futuro de Palmas-TO com base na simulação da disponibilidade hídrica do Ribeirão Taquarussu Grande. 2011. **Dissertação Mestrado** Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2011.

SOUZA, C. F. et al.(2006). Comparação dentre estimativas de produção de sedimentos na Bacia do Rio Potiribu. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, no. 7, 20 a 24 de novembro de 2006, Porto Alegre –RS. **Anais**. Porto Alegre-RS: ABRH.

VALLE, L. A. R. Avaliação de elementos trações em fertilizantes e corretivos. 2012. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal de Lavras- UFLA), Lavras. 75p.il

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P. DA; CAMPOS, S. X. DE. Assessment of Bioaccumulation of Metals in *Cyprinus carpio* by interaction with sediment and water in a reservoir. **Química Nova**, 2016.

WITHERS, P. J. A.; JARVIE, H. P. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review. **Science of The Total Environment**, v. 400, n. 1–3, p. 379–395, 1 ago. 2008.

WUANA, R. A.; OKIEIMEN, F. E. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. **ISRN Ecology**, v. 2011, p. 1–20, 24 out. 2011.