

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS**

LEONARDO DA ROSA WALZ

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DOURADOS POR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E METAIS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

**DOURADOS/MS
2023**

LEONARDO DA ROSA WALZ

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DOURADOS POR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E METAIS**

**Orientadora: PATRÍCIA HATSUE SUEGAMA
Coorientador: IVAN RAMIRES**

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia na área de concentração Tecnologia Ambiental.

**DOURADOS/MS
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

W243a Walz, Leonardo Da Rosa
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DOURADOS POR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E METAIS [recurso eletrônico] /
Leonardo Da Rosa Walz. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: PATRÍCIA HATSUE SUEGAMA.
Coorientador: IVAN RAMIRES.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2023.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Qualidade da água. 2. Bacia hidrográfica. 3. Uso e ocupação do solo. 4. Rio Dourados. I.
Suegama, Patrícia Hatsue. II. Ramires, Ivan. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer aprovado, para a dissertação intitulada: "**Avaliação da qualidade da água da bacia do Rio Dourados – (Dourados/MS) por parâmetros físico-químicos e metais**", de autoria de **LEONARDO DA ROSA WALZ**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.

Documento assinado digitalmente
 **IVAN RAMIRES**
Data: 30/03/2023 10:43:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ivan Ramires
Presidente da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **LOIDE ANGELINI SOBRINHA**
Data: 03/04/2023 10:21:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Loide Angelini Sobrinha
Membro Examinador(UFGD)

Documento assinado digitalmente
 **CLEIDIMAR JOAO CASSOL**
Data: 01/04/2023 21:47:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cleidimar João Cassol
Membro Examinador(SEDUC/RO)

Dourados/MS, 30 de março de 2023.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).



LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COORDENADAS DOS PONTOS DE COLETA.....	21
TABELA 2 – REFERÊNCIA QUALITATIVA PARA QUALIDADE DA ÁGUA DOCE	23
TABELA 3 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS I	25
TABELA 4 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS I	25
TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA (MG/L)	43

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - EVOLUÇÃO DE PORTARIAS DO MS SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA	16
QUADRO 2 - MÉTODOS OU EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES	22

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS	17
FIGURA 2 - ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA.....	19
FIGURA 3 - COMPOSIÇÃO DO SOLO	20
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS DE COLETA	21
FIGURA 5 - VARIAÇÃO DO OD (MG/L) ENTRE OS PONTOS DE COLETA	26
FIGURA 6 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ (UNT) NO DECORRER DAS COLETAS	27
FIGURA 7 – VARIAÇÃO DE ST (MG/L) NO DECORRER DAS COLETAS.....	27
FIGURA 8 – COMPOSIÇÃO DOS SÓLIDOS TOTAIS	28
FIGURA 9 – VARIAÇÃO DE PH NO DECORRER DAS COLETAS	29
FIGURA 10 - VARIAÇÃO DA PH (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) ENTRE OS PONTOS	29
FIGURA 11 - VARIAÇÃO DO PH (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) E ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO (MM) ENTRE OS PONTOS	30
FIGURA 12 – VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE (MS/CM) NO DECORRER DAS COLETAS	31
FIGURA 13 - VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) ENTRE OS PONTOS	32
FIGURA 14 - VARIAÇÃO DOS CLORETOS (MG/L) (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) ENTRE OS PONTOS	33
FIGURA 16 - VARIAÇÃO DE ALCALINIDADE (MG/L) ENTRE OS PONTOS.....	33
FIGURA 15 - VARIAÇÃO DE ACIDEZ (MG/L) ENTRE OS PONTOS.....	33
FIGURA 17 – VARIAÇÃO DA DUREZA (MG/L) NO DECORRER DAS COLETAS	34
FIGURA 18 - VARIAÇÃO DE DUREZA (MG/L) (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) ENTRE OS PONTOS	34
FIGURA 19 – VARIAÇÃO DE MO (MG/L) NO DECORRER DAS COLETAS	35
FIGURA 20 - VARIAÇÃO DE MO (MG/L) (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) ENTRE OS PONTOS ...	36
FIGURA 21 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁGUA (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO) ENTRE OS PONTOS DE COLETA, COMPARADO COM A TEMPERATURA AMBIENTE	36
FIGURA 22 - OCUPAÇÃO E USO DO SOLO NA BACIA DO RIO DOURADOS	38
FIGURA 23 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PONTO (P1)	39
FIGURA 24 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PONTO (P2)	40
FIGURA 25 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PONTO (P3, P4 E P5)	41
FIGURA 26 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PONTO (P6)	42
FIGURA 27 - AVALIAÇÃO DE RISCO NÃO-CARCINOGENICO PARA A BIOTA AQUÁTICA.....	44
FIGURA 28 – CONCENTRAÇÃO DE FERRO NA ÁGUA	45
FIGURA 29 – CONCENTRAÇÃO DE ZINCO NA ÁGUA	46
FIGURA 30 – CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NA ÁGUA.....	46
FIGURA 31 – CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO NA ÁGUA.....	47

RESUMO

A importância de um rio vai além do seu uso como fonte de água potável, desempenham um papel importante na formação de paisagem, moldando o meio físico ao seu redor com suas curvas e níveis que delimitam a topografia, sendo ecossistemas complexos e dinâmicos que são essenciais para o equilíbrio do meio ambiente. No entanto, a poluição antropogênica é uma das principais ameaças para esses ecossistemas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Dourados, por meio de parâmetros físico-químicos e a concentração de metais, e verificar se há correlação do uso e cobertura do solo com as variáveis analisadas. O período de estudo compreendeu 6 coletas, realizadas entre fevereiro e dezembro de 2022. Foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, matéria orgânica, acidez total, alcalinidade total, cloretos, dureza, turbidez, sólidos totais, além dos metais zinco, alumínio, chumbo e ferro. De modo geral, as concentrações médias obtidas para os parâmetros físico-químicas não ultrapassaram os limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas Classe II e III, com exceção da condutividade e matéria orgânica. Os metais resultaram em níveis acima do estabelecido para chumbo, ferro e alumínio, com um alto risco para o ambiente aquático. Fatores geológicos, uso e ocupação do solo, extensas áreas de agricultura com uso intensivo de agrotóxicos, herbicidas e fertilizantes, além da poluição urbana explicam as alterações encontradas nos parâmetros analisados.

Palavras-chave: Qualidade da água, Bacia hidrográfica, Uso e ocupação do solo, Rio Dourados.

ABSTRACT

The importance of a river goes beyond its use as a source of drinking water. It plays an important role in shaping the landscape, molding the physical environment around it with its curves and levels that delimit the topography, as complex and dynamic ecosystems that are essential for environmental balance. However, anthropogenic pollution is one of the main threats to these ecosystems. The objective of this study was to evaluate the water quality of the Dourados river basin, through physicochemical parameters and metal concentrations, and to verify if there is correlation of land use and coverage with the analyzed variables. The study period comprised 6 collections, carried out between February and December 2022. The following parameters were evaluated: temperature, pH, organic matter, total acidity, total alkalinity, chlorides, hardness, turbidity, total solids, as well as zinc, aluminum, lead and iron metals. In general, the average concentrations obtained for the physicochemical parameters did not exceed the limits recommended by CONAMA Resolution No. 357/2005 for Class II and III waters, except for conductivity and organic matter. The metals resulted in levels above the established limit for lead, iron and aluminum, with a high risk to the aquatic environment. Geological factors, land use and occupation, extensive areas of agriculture with intensive use of pesticides, herbicides, and fertilizers, in addition to urban pollution, explain the changes found in the analyzed parameters.

Keywords: Water quality, watershed, land use and occupation, Dourados River.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVOS GERAIS	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	REFERÊNCIAL TEÓRICO	10
3.1	A ÁGUA COMO ELEMENTO ESSENCIAL	10
3.2	USO DO SOLO, QUALIDADE DA ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL	11
3.3	POLUIÇÃO DA ÁGUA	12
3.4	POLUIÇÃO DA ÁGUA POR METAIS	14
3.5	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS QUALITATIVOS	15
4	METODOLOGIA	17
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	17
4.2	CLASSE DOS RIOS E CÓRREGOS	18
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO SOLO	19
4.4	DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	20
4.5	FREQUÊNCIA E MÉTODOS DE COLETA	22
4.5.1	Procedimentos de coleta	22
4.5.2	Ensaio em campo e em laboratório	22
4.6	ANÁLISE DOS DADOS	23
4.7	AVALIAÇÃO DE RISCO PARA A BIOTA AQUÁTICA	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	25
5.1.1	Oxigênio Dissolvido (OD)	26
5.1.2	Turbidez	26
5.1.3	Sólidos Totais (ST)	27
5.1.4	Potencial Hidrogeniônico (pH)	29
5.1.5	Condutividade	31
5.1.6	Cloretos	32
5.1.7	Acidez e Alcalinidade	33
5.1.8	Dureza	34
5.1.9	Matéria Orgânica (MO)	35
5.1.10	Temperatura	36
5.2	CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	37
5.3	CONCENTRAÇÃO DE METAIS	43

5.3.1	Ferro.....	45
5.3.2	Zinco	46
5.3.3	Alumínio	46
5.3.4	Chumbo.....	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Negar uma política de prevenção e recuperação da qualidade das águas do rio Dourados, é desconsiderar toda sua importância socioeconômica e ambiental para a região sul do estado do Mato Grosso do Sul. O rio Dourados é parte da história da cidade que leva o seu nome, desde o povoamento na década de 1950 com a criação da cidade (ERNANDES, 2009), até seu uso atualmente para abastecer mais de 50% da cidade com suas águas (SANESUL, 2018), desta forma, sendo nítida sua importância para o município.

A necessidade de proteger os ambientes aquáticos vai além de sua importância como fonte de água para consumo humano. Do ponto de vista ecológico, os ambientes aquáticos são suscetíveis a perturbações naturais ou antrópicas, sendo expostos a diversos tipos de contaminantes, a entrada desses contaminantes, sejam orgânicos ou inorgânicos, pode resultar na proliferação de algas, redução de oxigênio dissolvido na água, morte de peixes e outros organismos, mutação entre as espécies, efeitos de bioacumulação na cadeia alimentar, perda ou alteração de leitos de rios, perda da biodiversidade e da saúde geral das comunidades aquáticas que habitam uma bacia hidrográfica (SWEENEY *et al.*, 2004; VIANA *et al.*, 2020a).

A qualidade da água é um dos fatores considerado na caracterização de um ambiente aquático, comumente utilizam-se os parâmetros físicos, químicos e biológicos para caracterizar e avaliar a qualidade ou o grau de contaminação da água, monitorando de forma abrangente e sazonal os cursos d'água, de forma que esse monitoramento seja um instrumento sistemático de controle e avaliação, obtendo informações que subsidiam medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, bem como auxilia na definição das políticas ambientais (KOTTWITZ *et al.*, 2012; OUYANG, 2005).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a qualidade da água da bacia do Rio Dourados, por meio de parâmetros físico-químicos e concentração de metais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar na área de estudo os seguintes parâmetros físico-químicos: Potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, turbidez, temperatura, sólidos totais, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, dureza total, acidez total, alcalinidade, cloretos.
- Quantificar a concentração dos seguintes metais: Ferro (Fe), alumínio (Al), zinco (Zn), Chumbo (Pb).
- Analisar os resultados de acordo com os requisitos da legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357/2005, para corpos d'água de classe 2 e 3.
- Avaliar a correlação entre o uso do solo com alterações de parâmetros, indicando possíveis fontes de contaminação.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 A ÁGUA COMO ELEMENTO ESSENCIAL

A natureza é uma grande recicladora de água, onde o solo funciona como um filtro e a dinâmica das chuvas é essencial para o ciclo da água, este é composto pela precipitação, evaporação, transpiração das plantas, a infiltração no solo e o escoamento superficial (TUCCI, 2001). Esse trajeto feito pela água, aliado a topografia, erosão do solo e a presença de vegetação, formam caminhos e obstáculos que moldam uma microrrede de drenagem efêmera que converge para a rede de cursos d'água mais estável, formada por arroios e rios (TUCCI, 2001).

Águas superficiais dependem da chuva para sua renovação, estas ocorrem em maior ou menor escala a depender da região. No município de Dourados/MS, o regime de chuvas é caracterizado por períodos menos chuvoso de maio a setembro, e os maiores valores de precipitação ocorrem nos meses de outubro a março (EMBRAPA, 2022). As alterações climáticas são relevantes no ciclo hidrológico, tanto na qualidade, quanto na quantidade da água, afetando as médias de precipitação, com períodos de chuvas intensas, ou estendendo os períodos de secas (PAERL; HUISMAN, 2008). As alterações na água são classificadas em duas grandes áreas fundamentais, a primeira diz respeito aos “Extremos hidrológicos”, como desastres naturais (enchentes, deslizamentos, transbordamentos ou secas intensas), comprometendo a saúde humana, e os processos biogeoquímicos, a outra diz respeito a “Contaminação da água”, que resulta de atividades humanas (TUNDISI, 2008).

Águas subterrâneas e superficiais estão presentes na natureza em ambientes como rios, córregos, lagos, aquíferos. Embora essas fontes possam parecer limpas e puras, geralmente contêm uma série de substâncias potencialmente perigosas para a saúde humana, como bactérias, vírus, parasitas e produtos químicos e precisam de tratamentos adequados para o consumo (OMS, 2010) Para a água ser distribuída para consumo humano, ela deverá ser potável, isto significa que não deverá oferecer riscos à saúde humana, atendendo o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021)

3.2 USO DO SOLO, QUALIDADE DA ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL

A qualidade da água é reflexo do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e será influenciada com ações que promovam não só sua proteção, mas também sua degradação (PALANIAPPAN *et al.*, 2011). A influência das atividades humanas em bacias hidrográficas urbanizadas e bacias com áreas agrícolas, é refletida principalmente em parâmetros físico-químicos como a turbidez, os sólidos totais dissolvidos, a condutividade elétrica e o fósforo total, que resultam em valores acima dos estabelecidos por legislações vigentes, e essa variação é decorrente das diversas formas de ocupação do solo, que acabam por aumentar a concentração de nutrientes na água (MENEZES *et al.*, 2016a; VIANA *et al.*, 2020a, 2020c).

Uma forma natural de controlar a poluição de ambientes aquáticos é a vegetação, a cobertura natural nas margens dos rios, além de evitar a erosão, que naturalmente já adiciona à água elementos químicos sobressalentes, ela funciona como um filtro, que retém uma quantidade desses minerais, resultando que, em locais com menores índices de vegetação, há maior detecção de metais ou outros minerais em análises de qualidade de água (VIANA *et al.*, 2021).

Essa relação entre solo e água, ocorre porque o solo é parte essencial no ciclo da água, toda a distribuição, escoamento e infiltração, são afetados em larga escala se o solo estiver comprometido, tendo assim, potencial de contaminação ou purificação desta água, justificando a importância dos solos na distribuição, manutenção e qualidade da água (LANDAU, E. C.; VALADARES, 2020).

O fato de uma alteração ser prejudicial ou não, está diretamente ligado ao uso que se faz desse ambiente. No meio aquático, a poluição está ligada com a ocorrência de fenômenos que alteram a natureza desse corpo d'água e assim prejudicam seus usos, sendo que o dano não é exclusivo ao ser humano, mas também a todos os seres vivos do meio (BRASIL, 2006; KOTTWITZ *et al.*, 2012). Um rio ou lago saudável apresenta características ecológicas, como diferentes comunidades de organismos que se influenciam, cadeias alimentares extensas (organismos variados), ciclagem de nutrientes (substâncias eliminadas por um organismo são imediatamente assimiladas por outro), e a poluição do ambiente aquático se manifesta no comprometimento ou limitação dessas características ecológicas (BRASIL, 2006).

Dentro desta perspectiva de poluição e sua relação direta com o uso do solo, entra-se o conceito de monitoramento, que é um instrumento de vigilância aplicado nas ciências ambientais com o objetivo de obter um sistema de informações sobre indicadores ambientais (BRASIL, 2006). Avaliar as variações regionais para identificar potenciais influências da ação antrópica, requer um monitoramento investigativo e abrangente, de longo prazo, que leva a implementação de estratégias de controle ambiental.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), um monitoramento de qualidade da água deve acompanhar o ciclo hidrológico, deve ser realizado de forma trimestral ou mensal, em que os parâmetros monitorados nesta modalidade devem estar relacionados com o tipo de uso e a ocupação da bacia, sendo assim, tanto a localização dos pontos de coleta, quanto os parâmetros monitorados devem ser reavaliados periodicamente (BRASIL, 2014). Para o monitoramento, a Resolução n° 903/2013 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA) e, estabelece as diretrizes metodológicas a serem empregadas. A Resolução objetiva analisar a tendência da evolução da qualidade das águas superficiais, identificando áreas críticas e aferindo a efetividade de políticas públicas (BRASIL, 2013a). Essa mesma Resolução indica que as coletas e às análises deverão ser realizadas utilizando metodologias reconhecidas por normas técnicas, e os parâmetros pH, temperatura da água e do ar, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez deverão ser avaliados no ponto de amostragem (BRASIL, 2013a).

3.3 POLUIÇÃO DA ÁGUA

A poluição refere-se às mudanças prejudiciais no meio ambiente, diretamente relacionada ao uso da água, do ar ou do solo. No que diz respeito aos recursos hídricos, a adição de substâncias e a ocorrência de alterações ambientais afetam direta ou indiretamente as propriedades desse corpo hídrico, não apenas prejudicando o ser humano, mas também colocando em risco a natureza do corpo hídrico e de toda a biota aquática que dela depende (BOUDREAU *et al.*, 2022; BRASIL, 2006).

Uma série de produtos químicos afetam adversamente os ecossistemas aquáticos, além de tornar a água inutilizável para contato ou consumo humano (ABU SHMEIS, 2018).

Quanto ao uso, produtos para fins agrícolas, como herbicidas, fertilizantes e inseticidas, que são tóxicos ao ser humano, a água e o solo. Herbicidas e fertilizantes apresentam em sua composição nutrientes como fósforo e nitrogênio, alguns metais como o Cálcio (Ca), Cobre (Cu) e Ferro (Fe) que podem causar desequilíbrio em ambientes aquáticos (MESSIAS *et al.*, 2008; MORAES; ROSSI, 2010). Já os pesticidas têm um impacto maior no meio ambiente, principalmente por sua persistência em ambiente aquoso, definido como o tempo em que a molécula permanece inalterada, sendo que a longevidade do produto, pode variar de poucos dias a mais de 100 anos, como é o caso do Hexaclorobenzeno (HBC) (MELO *et al.*, 2010).

As causas da poluição devem-se principalmente a relação do ser humano com a água, que atualmente é vista de forma utilitarista, voltada para fins econômicos e de sobrevivência (DICTORO; HANAI, 2016). Essa relação que de início era resultado do crescimento populacional e expansão das atividades industriais, hoje resulta do mau uso e conservação, com o aumento da quantidade de esgotos, pesticidas, resíduos industriais e outros agentes poluentes na água (BRASIL, 2006). Uma forma simples de explicar as formas de poluição é a capacidade de identificar a fonte. A pontual, por exemplo, é possível ver a saída da tubulação de esgoto, geralmente clandestino, que é lançado no corpo d'água. Na difusa já não é possível identificar a fonte, e por isso difusa (LIBÂNIO, 2016).

Quanto ao efeito no ambiente, os poluentes podem ser divididos em três categorias principais: (1) substâncias que prejudicam os seres humanos ou os animais, causando doenças ou danos físicos; (2) substâncias ou situações que diminuam o teor de oxigênio da água, levando à decadência anaeróbia e à morte da vida aquática; e (3) substâncias que são indiretamente prejudiciais, tornando o uso da água desagradável e destruindo sua saúde e beleza natural (MOELLER *et al.*, 2012). No Quadro 1 estão indicados alguns poluentes e suas fontes de origem.

3.4 POLUIÇÃO DA ÁGUA POR METAIS

Os metais encontrados em baixas concentrações, são chamados de metais-traço, geralmente estão em cursos d'água, nos sedimentos, nos solos e nas superfícies de áreas urbanas. A origem desses elementos se dá de forma natural, como em certas composições de solos, rochas vulcânicas e lixiviação do solo, ou de origem antropogênica, por meio de descarte de esgotos urbanos e industriais, agropecuária, agrotóxicos e, queima de combustíveis fósseis (LIBÂNIO, 2016). Após entrarem na fase aquosa, os metais se depositam no solo e nos sedimentos dos rios, sendo liberados gradativamente para a água, desta forma, os sedimentos atuam como um reservatório de metais. Estudos de Akindele *et al.*, 2020; e Viana *et al.*, 2020b, 2021 indicam que os metais nos sedimentos podem ocorrer em números até 3 a 4 vezes maior do que na água bruta.

Outra classificação para os metais é quanto a sua assimilação em organismos vivos, denominando-se metais essenciais e metais não essenciais. Essenciais são aqueles que são facilmente assimilados por organismos vivos, sendo necessários no ciclo de vida deles, e os não essenciais, que são tóxicos, são aqueles que podem afetar os ambientes ecológicos e a saúde dos organismos (COUTINHO, 2018; VIANA *et al.*, 2020b).

A ação tóxica dos metais não essenciais ocorre mesmo que em pequenas proporções, com potencial de bioacumulação em espécies de ambientes aquáticos. Metais como magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e o cobre (Cu) são essenciais aos seres vivos, possuindo papel vital em processos como a fotossíntese e fixação de oxigênio. Já o mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e o alumínio (Al), são quase sempre tóxicos para determinados organismos (COUTINHO, 2018; MALDONADO; WENDLING, 2009).

A hierarquia de toxicidade se dá de forma distinta ao depender do organismo a ser considerado, diversos metais pesados são encontrados na forma dissolvida nas águas naturais, resultado do lançamento de efluentes industriais (líquidos e gasosos), de fertilizantes e da lixiviação de áreas de garimpo e mineração (LIBÂNIO, 2016). Aliada a essa toxicidade, os metais tendem a se potencializar na cadeia trófica, tendo sua concentração elevada à medida que se ascende na cadeia alimentar. Tal fato se deve a capacidade do fito e zooplâncton de absorverem alguns metais (LIBÂNIO, 2016).

3.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS QUALITATIVOS

Conforme orienta a Rede Nacional de Qualidade de Água (RNQA), devem ser realizadas caracterizações da água de acordo com parâmetros mínimos: condutividade elétrica, temperatura da água e do ar, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, sólidos em suspensão, alcalinidade total, cloreto total, nitrogênio, fósforo (BRASIL, 2013a). O monitoramento constante destas características é necessário para determinar se a água atende às legislações governamentais e se é segura para o consumo humano e o meio ambiente que dela depende. Avaliações sazonais podem determinar potenciais fontes de poluição, auxiliando na aplicação das políticas públicas necessárias, visto que a variação dos parâmetros qualitativos da água é um processo contínuo e dados atualizados são necessários para a avaliação da qualidade da água (RAHMAN; JAHANARA; JOLLY, 2021).

Por conseguinte, a robustez da legislação brasileira em relação à qualidade da água recorre de diversos artifícios legais para a avaliação qualitativa e quantitativa de cursos d'água. De forma geral, abrangem leis federais, decretos, Resolução de conselhos e agências reguladoras, além de Portarias de ministérios, conforme será descrito.

A primeira legislação a ser citada é a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, indicando o CONAMA como órgão responsável por propor diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1981).

Posteriormente, para corrigir lacunas da lei anterior, tem-se a Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que dispõe sobre o enquadramento e regulamenta ações de gerenciamento dos recursos hídricos e é base de dados para o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. O enquadramento é baseado na Resolução nº 91 de 05 de novembro de 2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 1997).

Conforme a Lei nº 6.938/1981, o CONAMA é o principal responsável por indicar os mecanismos e padrões compatíveis, com isso, surgem duas importantes resoluções para esse fim: a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes (BRASIL, 2005b) e, a Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2011). No Brasil adota-se a classificação segundo classes de qualidade. O artigo 3º da Resolução nº 357/2005 estabelece que as águas doce, salobra e salgada no território nacional são classificadas conforme a qualidade exigida para seu uso principal em treze classes de qualidade, cada classe estabelece limites máximos de resíduos para alguns compostos (BRASIL, 2005b).

Quanto às questões ligadas ao abastecimento público, saúde pública e potabilidade da água, surgem Portarias oriundas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Ministério da Saúde (MS). A Portaria mais recente é nº 888 de 04 de maio de 2021 do MS. No decorrer do tempo essas Portarias são revistas e atualizadas conforme o conhecimento evolui, sendo revistas geralmente a cada 10 anos, como pode ser vista no Quadro 1.

Quadro 1 - Evolução de Portarias do MS sobre qualidade da água

Portaria	Sobre o que dispõe
nº 56 de 14/03/1977	Estabeleceu o padrão bacteriológico, físico-químico e radiológico da água potável.
nº 36 de 19/01/1990	Surgiu o conceito de Vigilância da Qualidade da Água para consumo humano. Os parâmetros físico-químicos e elementos/substâncias químicas passam a ter apenas os VMP (valores máximos permitidos);
nº 1.469 de 29/12/2000	Define questões ligadas a deveres e responsabilidades, e método de amostragem.
nº 518 de 25/03/2004	Houve transferência de FUNASA para a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS).
nº 2.914 de 12/12/2011	Foi determinada a consolidação das Portarias vigentes.
Consolidação nº 5 de 28/09/2017	Revogou a Portaria 2.914/2011 que passou a fazer parte do anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017.
nº 888 de 04/05/2021	Revisão da consolidação, sem alterações.

Fonte: Adaptado de ALVES *et al.*, 2021

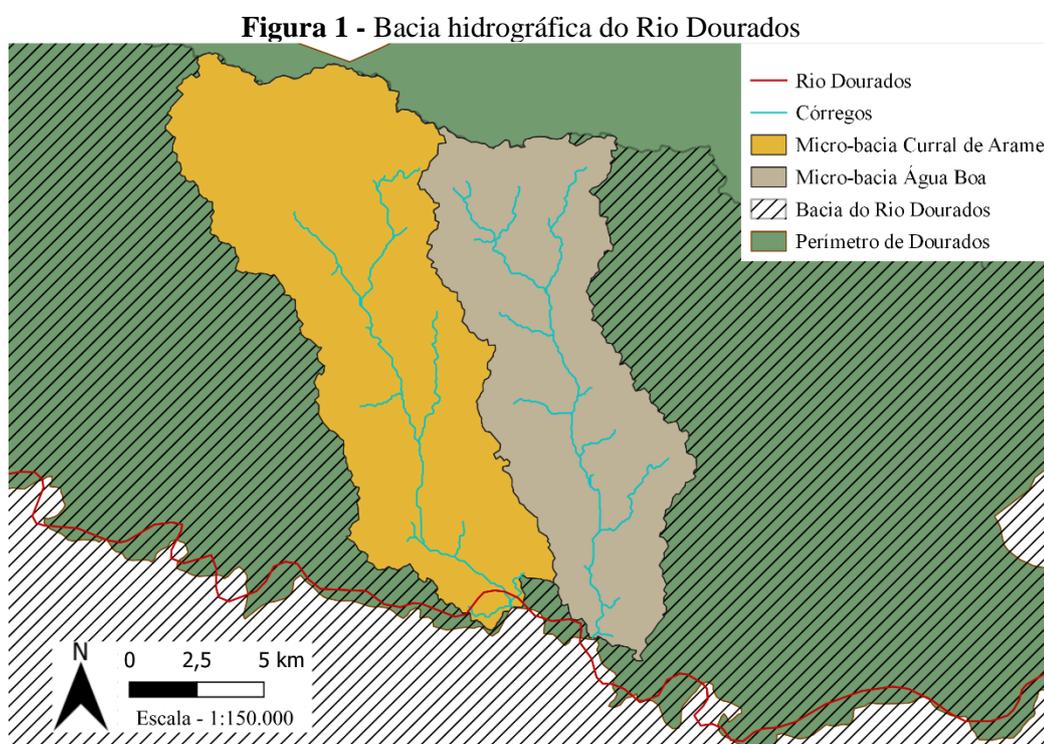
4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A Bacia hidrográfica do Rio Dourados possui uma área de drenagem de 9.205,41 quilômetros quadrados, tem como principal constituinte o próprio rio Dourados, que nasce nas imediações da serra de Maracaju/MS, na cidade de Antônio João/MS, a uma altitude de cerca de 700 metros; percorre todo o planalto, aproximadamente no sentido oeste-leste, até a cidade de Fátima do Sul/MS, onde então toma a direção norte, percorrendo uma extensão de 374 quilômetros até desembocar no rio Brillhante, este último com uma extensão de 380 quilômetros (MATO GROSSO DO SUL, 2005)

Inserida na bacia do Rio Dourados há um conjunto de microbacias que compõem o sistema de drenagem, dentre elas, à microbacia do córrego Água Boa, com uma área de drenagem de 112 km², tem como principais contribuintes, os córregos Água Boa, o Paragem e Rego D'Água. Além da citada, tem-se a microbacia do córrego Curral de Arame, com uma área de 151 km² (MATO GROSSO DO SUL, 2018). Todas as citadas têm seu exutório (ponto final) no rio Dourados e foram comentadas pois fazem parte da área de estudo utilizada nesse trabalho.

Na Figura 1 tem-se a representação das microbacias do Água Boa e Curral de Arame inseridas na bacia do Rio Dourados.



Fonte: Adaptado de PROJETO MAPBIOMAS CHACO, 2023

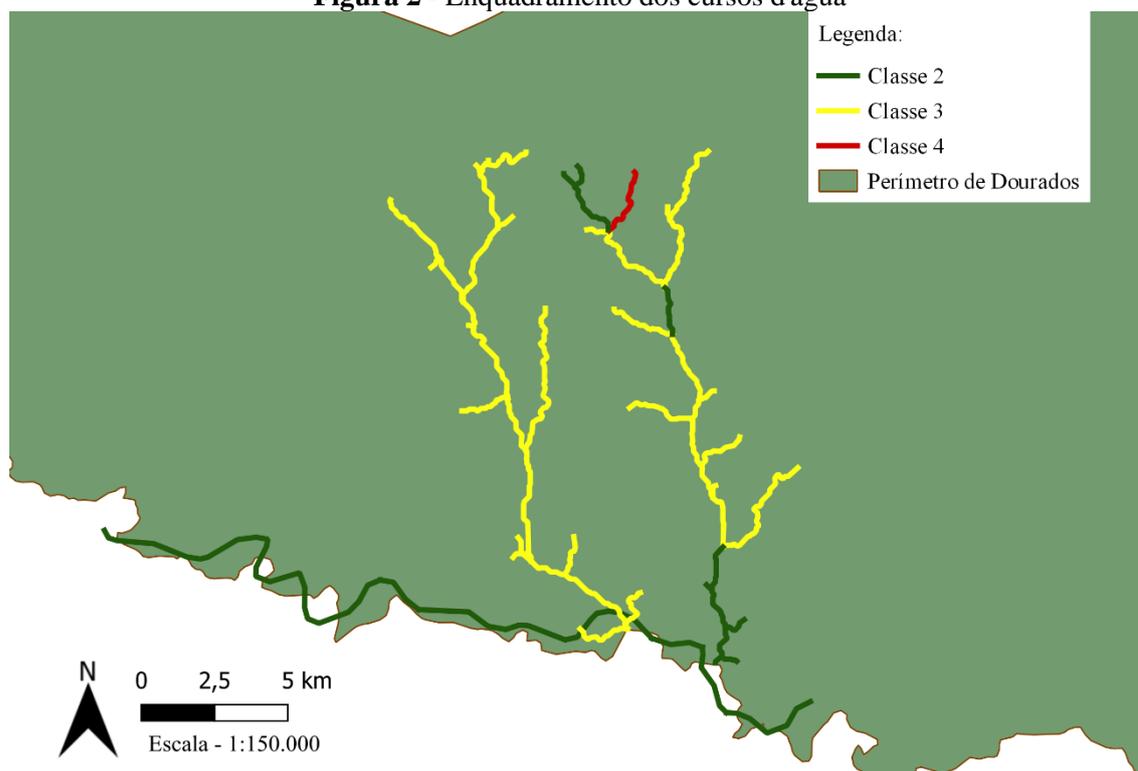
4.2 CLASSE DOS RIOS E CÓRREGOS

Outra determinação importante para a classificação dos rios é quanto ao enquadramento do corpo d'água, que foi determinada pelo CONAMA, na Resolução n° 357/2005, com objetivo de balizar a definição da tecnologia de tratamento, classificando as águas doces, salobras e salinas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes (BRASIL, 2005b). A água doce, que foi a estudada nesse trabalho, é classificada em 5 classes, sendo caracterizadas para esse trabalho às classes 2, 3 e 4, que correspondem ao enquadramento realizado por IMASUL, 2021, e tem as seguintes características:

- **Classe 2:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.
- **Classe 3:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e, à dessedentação de animais.
- **Classe 4:** águas que podem ser destinadas à navegação; e, à harmonia paisagística.

Desta forma, considerando as 5 classes, foi realizado o levantamento do enquadramento dos córregos em estudo e do Rio Dourados, resultando na Figura 2.

Figura 2 - Enquadramento dos cursos d'água



Fonte: Adaptado de MATO GROSSO DO SUL, 2018

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO SOLO

A composição do solo foi utilizada para embasar a presença de metais na região, como pode ser visto na Figura 3, os solos encontrados próximos aos pontos de coleta são LRa1, LRa2 e LRd7, siglas essas definidas por Dourados (2022), como sendo:

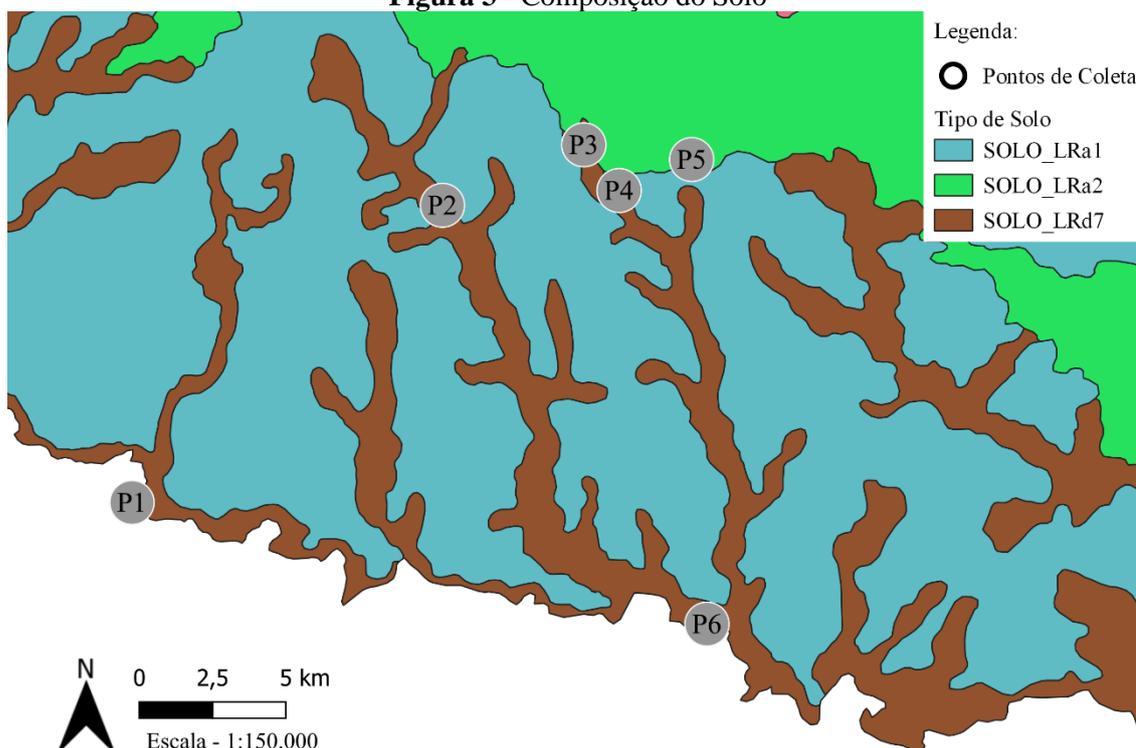
LRa1: Latossolo Roxo álico, textura muito argilosa, plano;

LRa2: Latossolo Roxo álico, textura muito argilosa, plano e suavemente ondulado;

LRd7: Latossolo Roxo distrófico (baixa fertilidade) e eutrófico (alta fertilidade), textura muito argilosa e argilosa, suavemente ondulado.

A classe de latossolos é caracterizada pela cor avermelhada e quanto ao teor elevado de óxidos de ferro (AMARAL *et al.*, 2000). A expressão **álico**, indica que o potencial nutricional dos solos é bastante reduzido, pois existe a "barreira química" do alumínio trocável que impede o desenvolvimento de raízes em profundidade, além destes aspectos, são solos que, em condições naturais, apresentam baixos níveis de fósforo (P), resultantes parcialmente da absorção por plantas ou precipitação na forma de fosfatos de alumínio (SANTOS; ZARONI, 2021).

Figura 3 - Composição do Solo

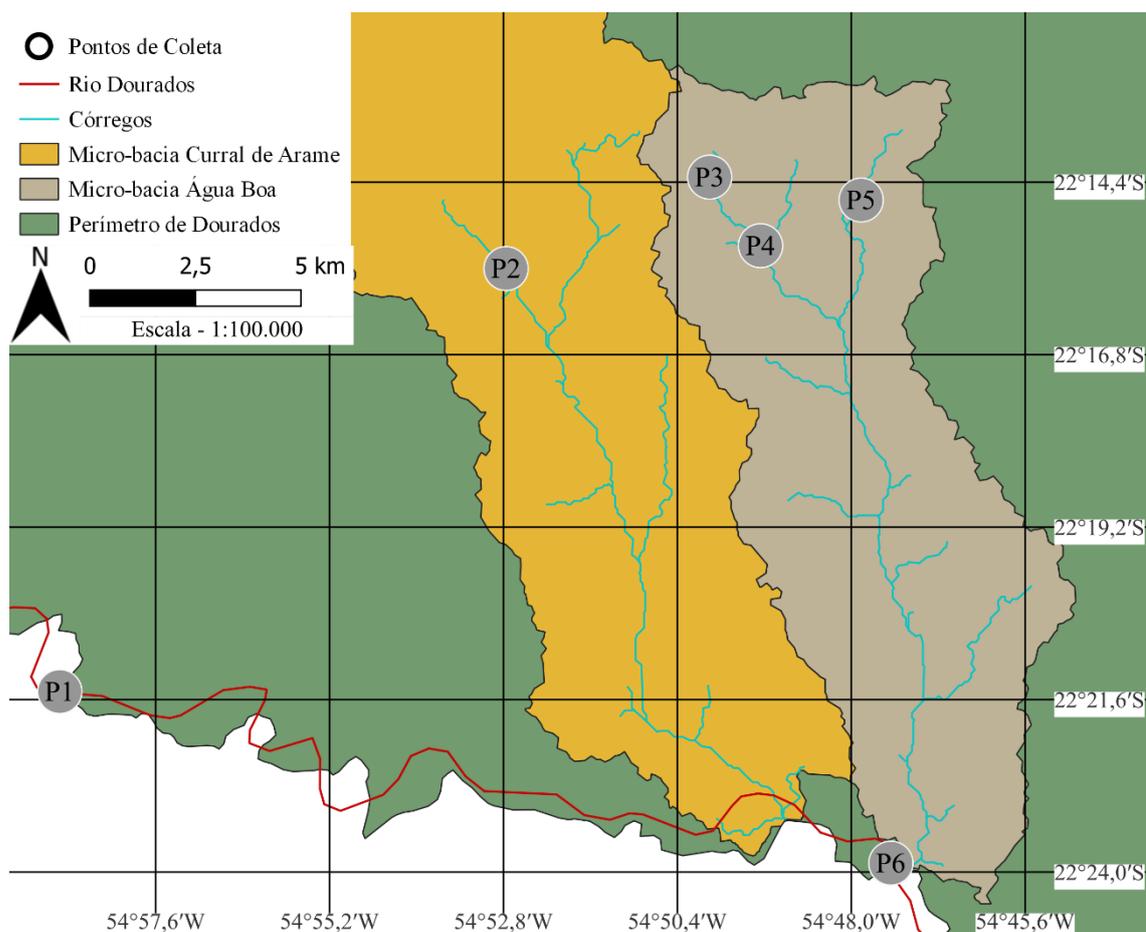


Fonte: Adaptado de DOURADOS, 2022

4.4 DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

O estudo foi realizado em seis pontos de coleta inseridos na bacia do rio Dourados e nas microbacias dos córregos Água Boa e Curral de Arame. Os pontos foram escolhidos buscando compreender se os córregos interferem na qualidade da água do rio Dourados. Para isso, escolheu-se, primeiramente, um ponto na parte elevada do rio Dourados (Ponto P1), a contribuição dos córregos com os pontos (P2, P3, P4 e P5), e a parte baixa do rio Dourados (Ponto P6). A localização geográfica dos pontos pode ser observada na Figura 4 e as coordenadas geográficas na Tabela 1.

Figura 4 - Localização espacial dos pontos de coleta



Fonte: Adaptado de IBGE, 2023

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de coleta

Ponto	Coordenadas
Ponto (P1) – Rio Dourados	22°21'32.6"S; 54°58'52.8"W
Ponto (P2) – Córrego Curral de Arame	22°15'34.9"S; 54°52'41.8"W
Ponto (P3) – Córrego Rego D'Água	22°15'20.9"S; 54°49'13.9"W
Ponto (P4) – Córrego Água Boa	22°14'21.9"S; 54°49'59.0"W
Ponto (P5) – Córrego Paragem	22°14'46.5"S; 54°47'57.9"W
Ponto (P6) – Rio Dourados	22°23'54.9"S; 54°47'30.3"W

Fonte: O autor, 2023

4.5 FREQUÊNCIA E MÉTODOS DE COLETA

4.5.1 Procedimentos de coleta

A coleta foi realizada entre os meses de fevereiro/2022 e novembro/2022, de forma bimestral, compreendendo os períodos de seca (novembro, fevereiro, março) e os períodos chuvosos (maio, julho, agosto).

As coletas e análises foram realizadas seguindo o manual prático de análise de águas da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (BRASIL, 2013b). Os materiais foram devidamente limpos e desinfetados anteriormente à coleta afim de evitar contaminação cruzada. Para a coleta foram utilizados: balde plástico com corda, garrafas de Polietileno tereftalato (PET) tampadas e funil plástico.

O procedimento de coleta de água nos rios foi feito com o auxílio do balde com corda, arremessando-o no rio e puxando-o de volta, logo depois transferindo a amostra para a garrafa PET. Nos córregos, a coleta foi feita diretamente com o auxílio de uma garrafa PET, inserindo-a na máxima profundidade possível, não superior a 30 cm, descartando a primeira coleta para ambientar a garrafa e, repetindo o procedimento. Logo após, as garrafas foram armazenadas em caixa térmica na presença de gelo para conservação até chegada em laboratório.

4.5.2 Ensaios em campo e em laboratório

As metodologias de análises laboratoriais seguiram o manual prático de análise de águas da FUNASA, como indicado no Quadro 2.

Quadro 2 - Métodos ou equipamentos utilizados nas análises

Parâmetro	Método/Equipamento
pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos	Sonda multiparâmetro <i>Professional Plus Séries YSI</i> ®
pH (duplicada)	pHmetro Metrohm®
Turbidez	Turbidímetro de bancada NetLab®
Alcalinidade total	Titulação com ácido sulfúrico
Acidez total	Titulação com fenolftaleína
Dureza total	Titulação com ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA)
Matéria Orgânica	Titulação com permanganato de potássio
Cloretos	Titulação com cromato de prata
Sólidos suspensos	Gravimétrico

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2013b

Na quantificação dos metais foi utilizado o espectrômetro de absorção atômica por chama (GBC932 AA), com correção de fundo feita por lâmpada de deutério, chama de acetileno-ar para os metais ferro, chumbo e zinco e chama de acetileno-óxido nitroso para o alumínio. Para os demais parâmetros operacionais foram seguidas as recomendações feita pelo fabricante do equipamento.

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os cálculos estatísticos e os gráficos foram realizados utilizando a plataforma Jamovi®. Os parâmetros físico-químicos da água e metais foram comparados com base na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde e indicadores da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2020). Para a caracterização dos parâmetros físico-químicos, os valores de referência das legislações comentadas foram reunidos resultando na Tabela 2.

Tabela 2 – Referência qualitativa para qualidade da água doce

Parâmetro	CONAMA 357/2005		MS Port. 888/2021	CETESB (2020)
	Classe 2	Classe 3		
Turbidez (UNT)	< 100		< 5	
STD (mg/L)	< 500		< 500	< 1000
Condutividade Elétrica (µS/cm)	-		-	< 100
pH	6,0 – 9,0		-	6,0 – 9,5
Cloretos (mg/L)	< 250		< 250	< 250
Dureza (mg/L)	-	-	< 300	< 500
OD (mg/L)	> 5,0	> 4,0	-	-
Ferro (mg/L)	0,3		0,3	-
Alumínio (mg/L)	0,1		0,2	-
Zinco (mg/L)	0,18		5,0	-
Chumbo (mg/L)	0,01		0,01	-

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005b, 2021; ONU, 2011; SÃO PAULO, 2020

4.7 AVALIAÇÃO DE RISCO PARA A BIOTA AQUÁTICA

Para avaliar o risco não-carcinogênico para a biota aquática foi utilizado o Quociente de Risco (QR), que consiste na razão dos valores das concentrações individuais de cada metal quantificado, dividido pelos respectivos padrões de qualidade de água doce Classe II e III previstos na legislação brasileira Resolução CONAMA nº 357/2005. O QR estima quantas de vezes a exposição supera a dose de referência, e é calculado pela Equação 1.

$$QR = \frac{Dose}{RfD} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

QR = quociente de risco;

Dose = concentração do mineral (mg/L);

RfD = dose de referência para o contaminante de interesse (mg/L).

Quando o QR for >1 indica risco para a conservação da vida aquática.

O QR é classificado em cinco índices de riscos, do negligenciável ao crítico (AQUINO *et al.*, 2017):

Negligenciável: $QR < 1$;

Baixo: $1,0 < Q < 9,9$;

Moderado: $10 < Q < 19,9$;

Alto: $20 < Q < 99,9$

Crítico: $Q > 100$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados das análises realizadas durante o período de estudo serão mostrados a seguir. Os parâmetros físico-químicos que estão sujeitos a regulamentações por legislações serão exibidos separadamente daqueles que não estão sujeitos. Os valores apresentados serão as média e desvio padrão dos resultados obtidos em seis coletas.

Desta forma, tem-se a Tabela 3 e 4, que indicam, respectivamente, os resultados das análises referentes aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, e, aqueles não estabelecidos pela mesma Resolução. As tabelas apresentadas estão com valores indicados em vermelho, isso significa que esses parâmetros estão fora do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005, conforme as referências indicadas na Tabela 2. De forma mais abrangente, os resultados das análises físico-químicas serão discutidos em outros tópicos.

Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas I

Pontos	OD (mg/L)	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/L)	pH	Condutividade (µS/cm)	Cloretos (mg/L)
CONAMA 357/2005	> 5,0	< 100	< 500	6 – 9	< 100	< 250
P1	8,25 ± 0,83	31,88 ± 14,86	57,07 ± 21,29	6,98 ± 0,56	45,18 ± 11,39	5,26 ± 1,01
P2	8,87 ± 1,04	31,17 ± 13,33	56,13 ± 10,67	6,64 ± 0,17	58,5 ± 14,99	5,73 ± 2,20
P3	8,51 ± 1,72	22,77 ± 13,06	103,30 ± 23,38	6,58 ± 0,12	118,66 ± 37,22	7,33 ± 2,84
P4	9,06 ± 0,91	5,57 ± 2,18	117,50 ± 19,19	6,87 ± 0,41	147,35 ± 38,67	11,68 ± 3,64
P5	9,45 ± 1,25	30,69 ± 32,03	138,03 ± 27,24	6,78 ± 0,18	155,77 ± 30,90	13,84 ± 2,94
P6	9,68 ± 1,03	25,05 ± 11,57	63,21 ± 19,30	6,91 ± 0,19	57,03 ± 15,12	8,51 ± 3,44

Fonte: O autor, 2023; BRASIL, 2005

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas I

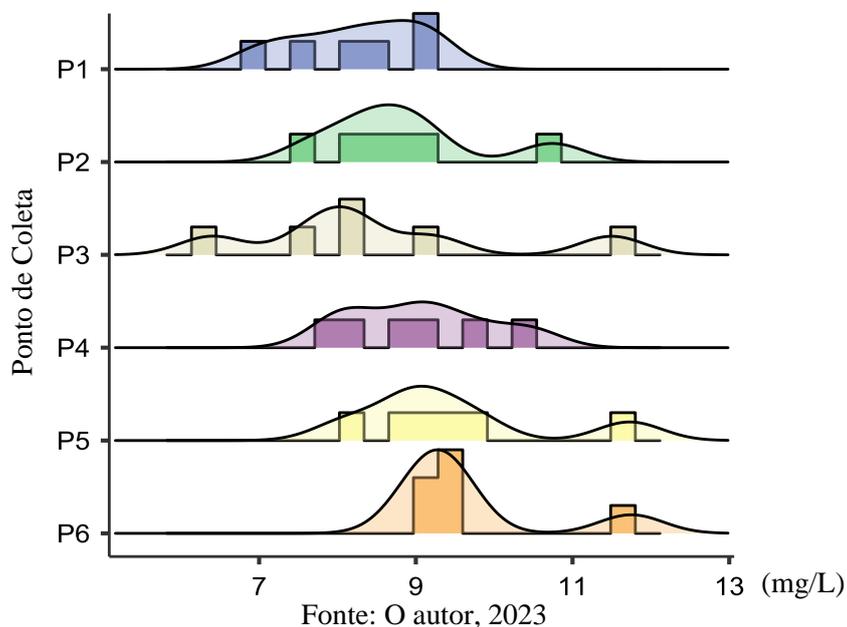
Pontos	Acidez (mg/L)	Alcalinidade (ml/L)	Dureza (mg/L)	Matéria Orgânica (mg/L)	Temperatura (°C)
P1	2,67 ± 1,29	23,17 ± 9,47	22,00 ± 7,04	18,17 ± 4,67	22,92 ± 1,23
P2	3,25 ± 1,84	36,50 ± 15,76	26,50 ± 9,01	20,65 ± 4,04	22,15 ± 1,47
P3	2,58 ± 0,58	47,50 ± 15,68	41,32 ± 5,70	20,86 ± 2,61	23,08 ± 1,89
P4	3,17 ± 1,57	42,15 ± 7,47	65,50 ± 32,26	21,22 ± 3,90	23,92 ± 0,84
P5	3,33 ± 1,03	39,33 ± 10,63	29,50 ± 8,36	21,91 ± 6,30	24,10 ± 1,70
P6	3,75 ± 1,04	32,33 ± 9,79	39,33 ± 4,27	22,65 ± 7,28	23,07 ± 2,58

Fonte: O autor, 2023

5.1.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

Alguns fatores interferem na concentração de OD, como a presença de algas e a velocidade do curso d'água. Ambientes lóticos (riachos, córregos, rios) têm maior vazão que ambientes lênticos (lagos, lagoas), conseqüentemente tem uma quantidade mais elevada de OD (ESTADOS UNIDOS, 2018). Nos pontos analisados o OD não se apresentou abaixo do valor de referência da Resolução CONAMA n° 357/2005 que é de 5,0 mg/L. Conforme pode ser visto na Figura 5, o oxigênio dissolvido entre os pontos variou de 6 a 12 mg/L entre as coletas.

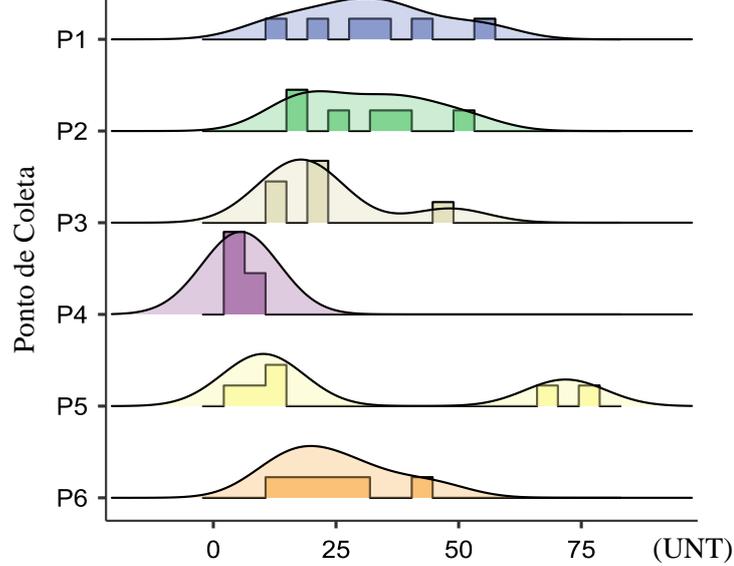
Figura 5 - Variação do OD (mg/L) entre os pontos de coleta



5.1.2 Turbidez

O valor de referência da Resolução CONAMA n° 357/2005 para a turbidez é de 100 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) e, todos os valores de turbidez desta pesquisa estão dentro dos parâmetros estabelecidos. A turbidez indica a dificuldade de um feixe de luz atravessar um ambiente aquático, por isso é um parâmetro atrelado a quantidade de substâncias em suspensão, como partículas inorgânicas com diâmetro maior que 0,002 mm, como areia, silte ou argila e detritos orgânicos como algas, bactérias e plânctons, varia do visível 5 UNT, até a águas barrentas acima de 100 UNT (LIBÂNIO, 2016; SORLINI *et al.*, 2013). Na Figura 6 tem-se a variação da turbidez no decorrer das coletas, que chegou no máximo a 75 UNT, inferior ao estabelecido pela Resolução.

Figura 6 – Variação da turbidez (UNT) no decorrer das coletas

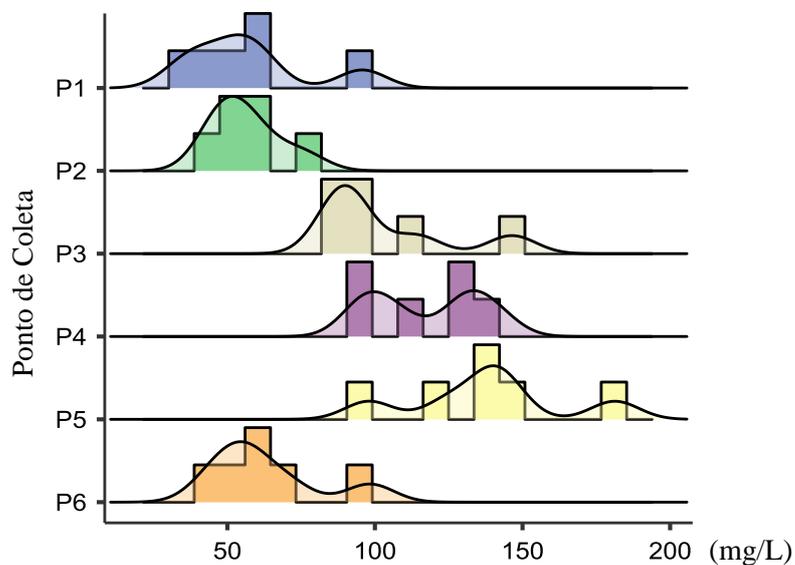


Fonte: O autor, 2023

5.1.3 Sólidos Totais (ST)

Os sólidos totais corresponde à soma das parcelas de sólidos dissolvidos (diâmetro inferior a $0,001 \mu\text{m}$) e sólidos em suspensão (resíduo após evaporação em banho-maria e posterior secagem a $103-105 \text{ }^\circ\text{C}$) (LIBÂNIO, 2016). O limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 é de 500 mg/L . Durante toda a análise os valores de ST permaneceram dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA, conforme pode ser observado na Figura 7, chegando a valores próximos de 200 mg/L .

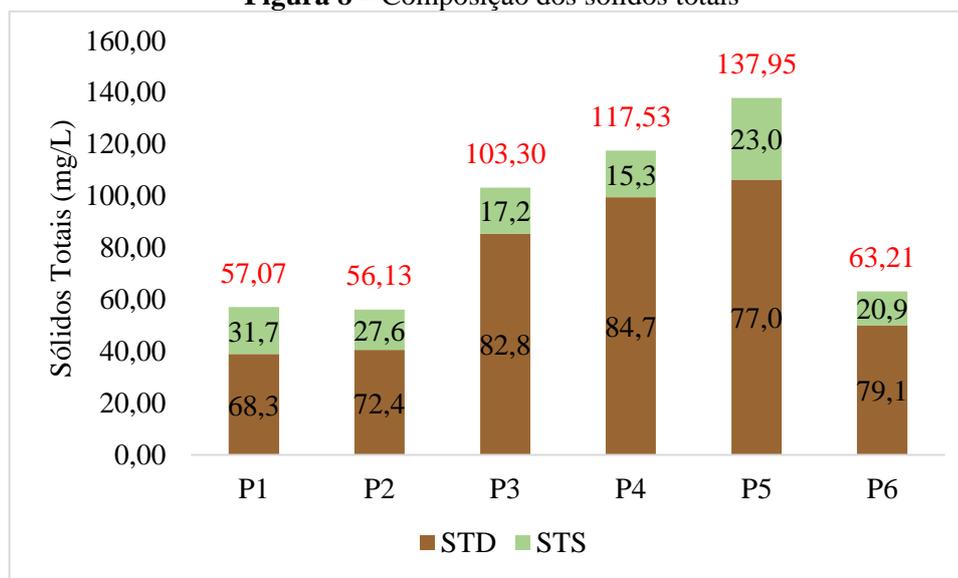
Figura 7 – Variação de ST (mg/L) no decorrer das coletas



Fonte: O autor, 2023.

Percebe-se pela Figura 7 que os Pontos P3, P4 e P5, correspondentes aos córregos urbanos, tem quantidade superiores de ST em relação aos pontos P1, P2 e P6, distantes do ambiente urbano. Na Figura 8 tem-se a composição dos sólidos totais em mg/L representadas pela coloração vermelha, e as parcelas de sólidos dissolvidos (STD) e sólidos em suspensão (STS) representadas dentro das barras em porcentagem.

Figura 8 – Composição dos sólidos totais

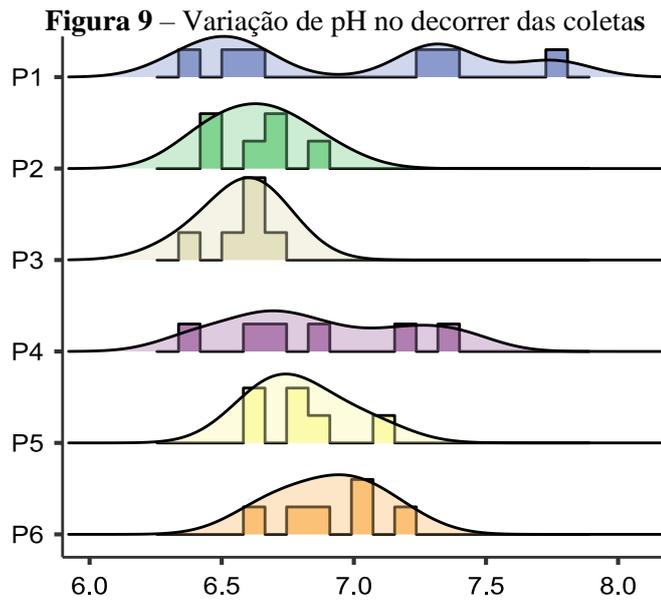


Fonte: O autor, 2023

Os STD representam parte significativa dos ST, é um fator correlacionado a turbidez da água, ou seja, tornando a água turva, impedindo a luz do sol de penetrar no ambiente aquático, dificultando o crescimento de plantas e algas, como consequência reduzindo a vida vegetal e animal do curso d'água e a geração de oxigênio (LIBÂNIO, 2016). Nos STD estão incluídos minerais e sais dissolvidos na água, como resultado, está intimamente relacionado às medidas de condutividade, salinidade, alcalinidade e dureza. A maioria dos peixes e insetos de água doce não tolera altos índices de STD porque não estão adaptados à água salina (salgada), como os peixes marinhos (THE GORDON FOUNDATION, 2020).

5.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

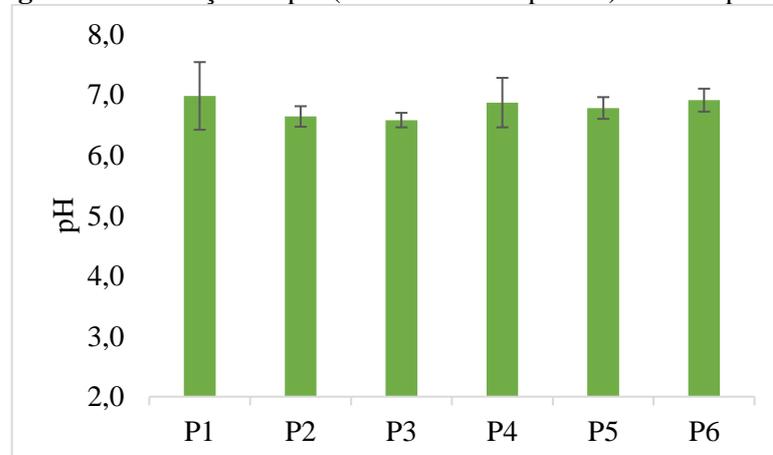
O pH não é um poluente, mas sim um parâmetro de avaliação de qualidade da água, sua variação resulta de substâncias dissolvidas na água, seja proveniente de poluição por despejos industriais ou em função do tipo de solo do local. O pH de referência da Resolução CONAMA n° 357/2005 varia de 6,5 a 9,0 e conforme visto na Figura 9, os valores ficaram dentro deste intervalo.



Fonte: O autor, 2023

Apesar de apresentar pH abaixo de 6,5 em algumas análises, considerando a média e o desvio padrão da amostra, houve a normalidade em relação aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005, conforme pode ser visto na Figura 10.

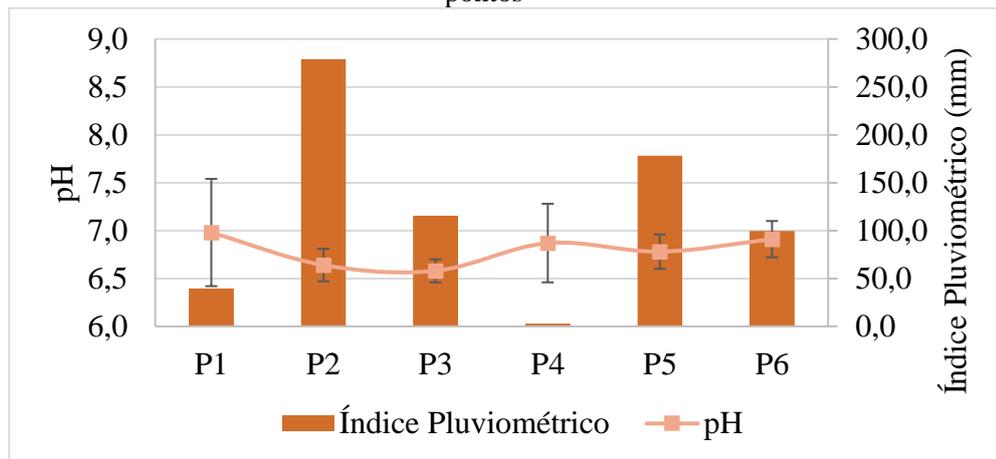
Figura 10 - Variação da pH (média \pm desvio padrão) entre os pontos



Fonte: O autor, 2023

Um resultado esperado que foi identificado no trabalho de Kottwitz *et al.*, (2012) e que não foi identificado nessa pesquisa, foi a relação do índice de pluviosidade e a diminuição do pH, visto que a chuva possui pH levemente ácido, em torno de 5,6 e quando atinge corpos d'água reduz o pH da água tornando-a ligeiramente mais ácida. Conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Variação do pH (média \pm desvio padrão) e índice pluviométrico (mm) entre os pontos



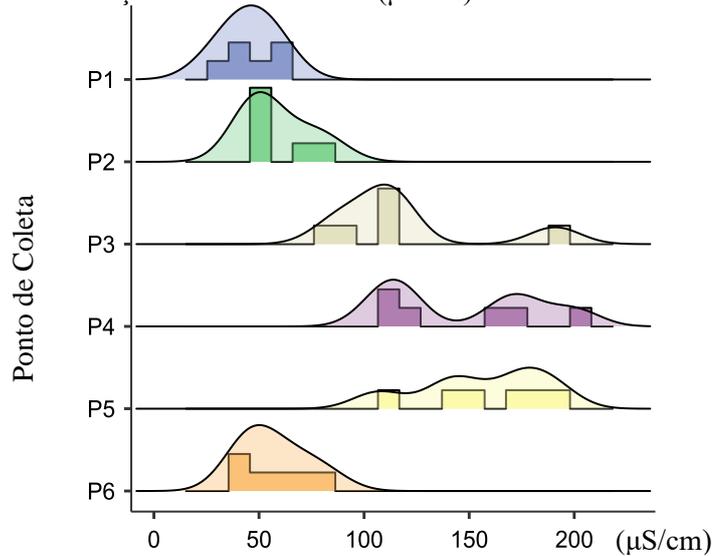
Fonte: O autor, 2023

Percebe-se que nos meses de maior chuva, houve o menor valor de pH, enquanto no mês de menor chuva houve o segundo maior valor de pH. Uma característica que interfere no pH da água é o pH do solo, por fatores como o carregamento de sólidos para a água e, conforme visto na Figura 3 o solo predominante na região de coleta é o Latossolo, que tem como característica marcante sua acidez, com pH entre 4,0 e 5,5 (SANTOS; ZARONI, 2021).

5.1.5 Condutividade

Em alguns pontos os valores de condutividade estiveram acima dos estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, que é de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A presença de metais, sais e íons como o de cálcio, magnésio, sódio, cloretos e sulfatos na água, ou poluentes industriais são possíveis de explicar os valores alterados (SÃO PAULO, 2020). Na Figura 12 indica-se a variação do valor de condutividade para todas as coletas.

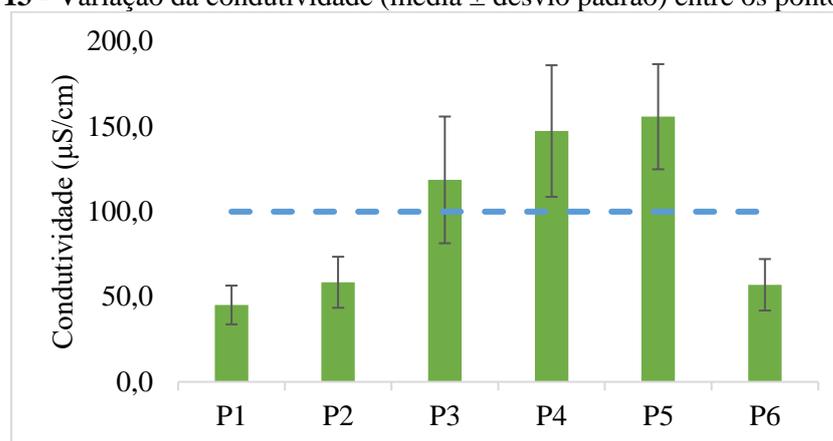
Figura 12 – Variação da condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no decorrer das coletas



Fonte: O autor, 2023

Observando a Figura 12 tem-se que os pontos P3, P4 e P5 estão com valores acima do estabelecido em praticamente todas as coletas, vale ressaltar que os três pontos estão presentes no meio urbano, então a possível contaminação que faz elevar essa condutividade são os efluentes urbanos. Isso se confirma quando utilizamos como parâmetro a média e o desvio padrão, conforme indicado na Figura 13.

Figura 13 - Variação da condutividade (média \pm desvio padrão) entre os pontos



Fonte: O autor, 2023

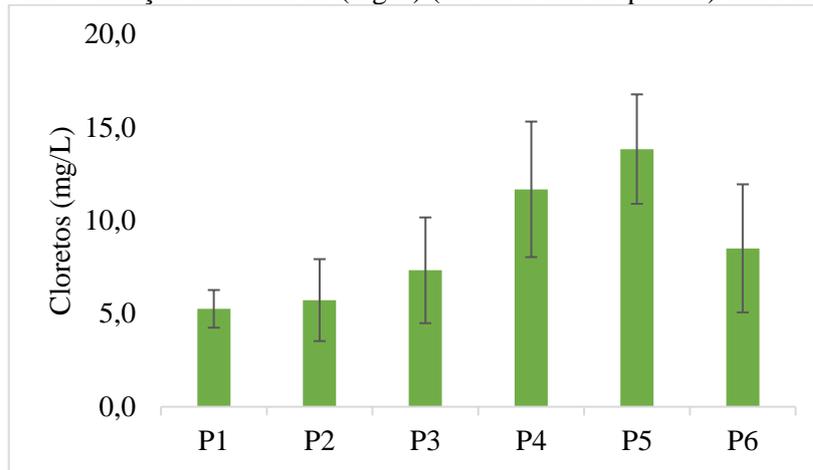
Essa ocorrência de condutividade na água é devido a processos de lixiviação e erosão do solo, microrganismos ou detritos orgânicos, seja por meios naturais ou antropogênicos pela presença de resíduos sólidos ou descargas industriais, à medida que sólidos são dissolvidos na água, a condutividade tem seu valor aumentado (KOTTWITZ *et al.*, 2012).

Outras fontes de contaminação antropogênica que resultam em alterações de condutividade, principalmente em função de cloretos em sua composição são os agrotóxicos, estudos de Scorza Junior *et al.* (2021) indicam que o herbicida *atrazina*, herbicida sintético comumente utilizado no controle de ervas gramíneas daninhas e folhagens em lavouras (CANEVAROLI *et al.*, 2021), e os inseticidas *clorantraniliprole* e *clotianidina*, foram os compostos encontrados na água do Rio Dourados em 2021 em valores superiores aos estabelecidos, corroborando para a alteração desse parâmetro.

5.1.6 Cloretos

O íon cloreto (Cl^-) é um ânion inorgânico que surge naturalmente através dos solos e rochas, ou em esgotos domésticos e industriais, não apresentam toxicidade ao ser humano, entretanto pode causar gosto salgado em água potável (KOTTWITZ *et al.*, 2012; SÃO PAULO, 2020). O limite pela Resolução CONAMA n° 357/2005 é de 250 mg/L. Na Figura 14, está indicada a variação dos cloretos entre os pontos de coleta, todos os pontos estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução.

Figura 14 - Variação dos cloretos (mg/L) (média \pm desvio padrão) entre os pontos



Fonte: O autor, 2023

5.1.7 Acidez e Alcalinidade

Os parâmetros de acidez e alcalinidade não são determinados pela Resolução CONAMA n° 357/2005, ambas foram determinadas apenas de forma quantitativa para determinar possíveis discrepâncias. Sabe-se que, levando em conta a faixa de pH em que a água se encontra entre 6 e 8, a acidez é do tipo carbônica, ou seja, o gás carbônico é o responsável por essa acidez (LIBÂNIO, 2016). Além disso, a água possui simultaneamente alcalinidade, que novamente por conta da faixa de pH, considera-se que essa alcalinidade é resultante apenas de bicarbonatos (LIBÂNIO, 2016). Ocorre desta forma um efeito tampão, com o equilíbrio do gás carbônico/bicarbonatos/carbonatos. Nas Figuras 15 e 16 indicam-se, respectivamente, as variações de acidez e alcalinidade entre os pontos de coleta.

Figura 16 - Variação de acidez (mg/L) entre os pontos

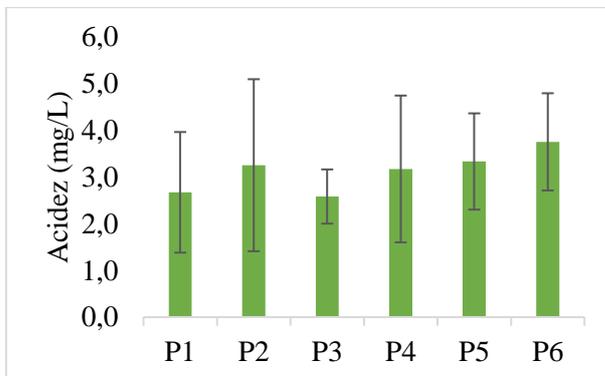
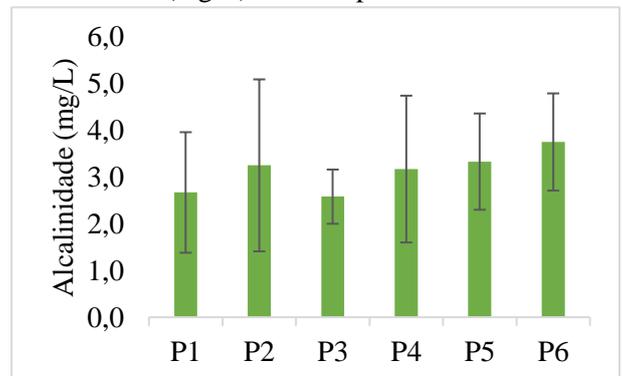


Figura 15 - Variação de alcalinidade (mg/L) entre os pontos

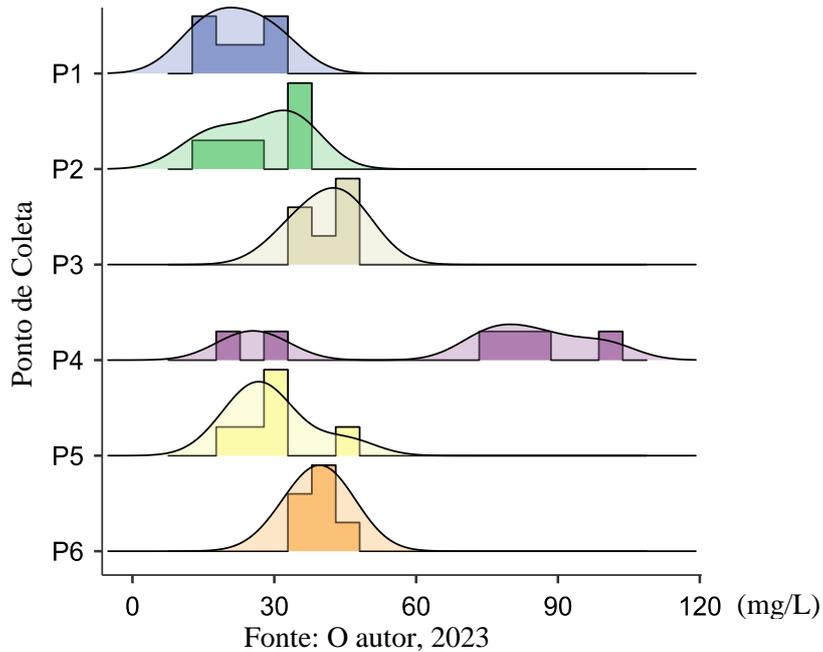


Fonte: O autor, 2023

5.1.8 Dureza

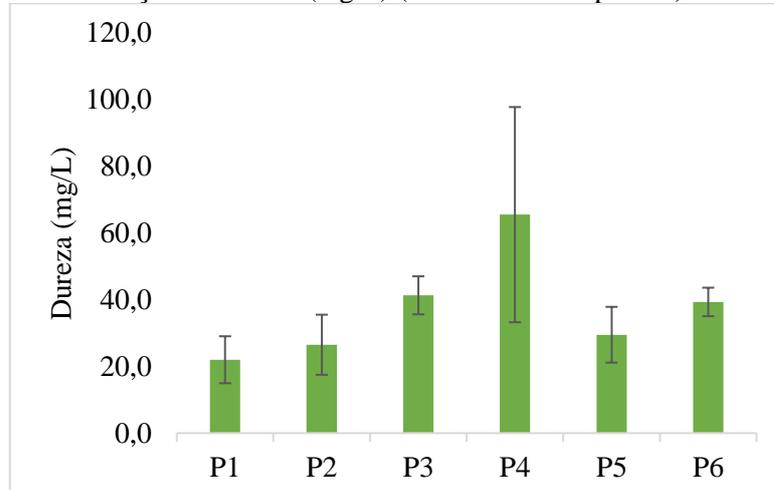
A dureza é normatizada pela Portaria n° 888/2022 do MS, definindo o limite de 500 mg/L. Durante o período amostral houve estabilização dos valores de dureza, chegando em no máximo 110 mg/L, valor distante do estabelecido na Portaria. Na Figura 17 tem-se a variação da dureza no decorrer das análises laboratoriais.

Figura 17 – Variação da dureza (mg/L) no decorrer das coletas



Pode-se observar a estabilidade de todos os pontos em valores menores que 60 mg/L, com exceção do ponto P4, que apresentou valores mais elevados nas duas últimas coletas. Porém, nos valores médios tem-se o indicativo de que os pontos estão abaixo do indicado pela legislação Brasileira, conforme pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 - Variação de dureza (mg/L) (média \pm desvio padrão) entre os pontos



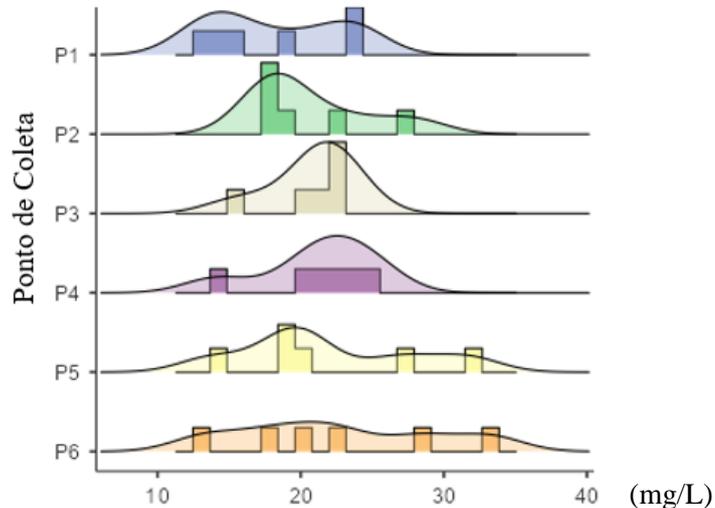
Fonte: O autor, 2023

5.1.9 Matéria Orgânica (MO)

Com a adição de matéria orgânica nos cursos d'água há um consumo de oxigênio presente nesse meio, através da oxidação química e principalmente da bioquímica, via respiração dos microrganismos, depurando assim a matéria orgânica (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997). O oxigênio consumido em meio ácido (matéria orgânica) inclui uma variedade de compostos, de origem tanto animal como vegetal. O lançamento de esgotos ou despejos industriais orgânicos em um determinado rio aumenta a concentração de matéria orgânica no meio, que, por sua vez, influencia na cor, odor, turbidez e consumo de oxigênio dissolvido (BETEMPS; KERSTNER; SANCHES FILHO, 2014).

Desta forma, a poluição orgânica de um curso d'água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-la. Não há na legislação valores de referência para matéria orgânica. Na Figura 19 tem-se a variação durante o período de análises.

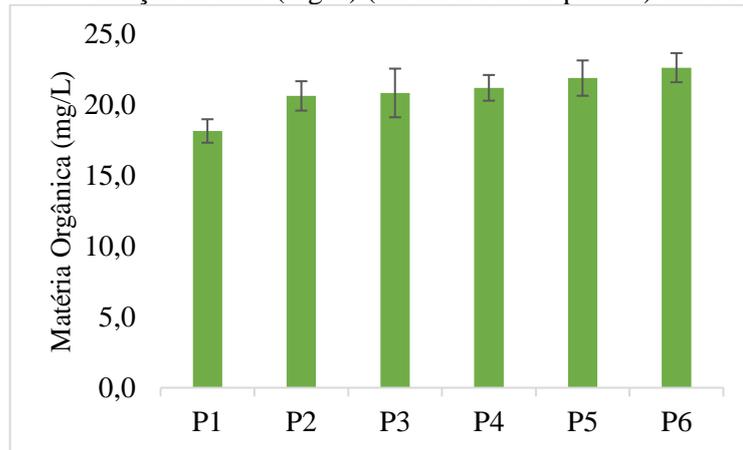
Figura 19 – Variação de MO (mg/L) no decorrer das coletas



Fonte: O autor, 2023

Nota-se que os valores de MO permaneceram entre 10 e 35 mg/L, em valores médios próximos a 20 mg/L, conforme pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 - Variação de MO (mg/L) (média \pm desvio padrão) entre os pontos



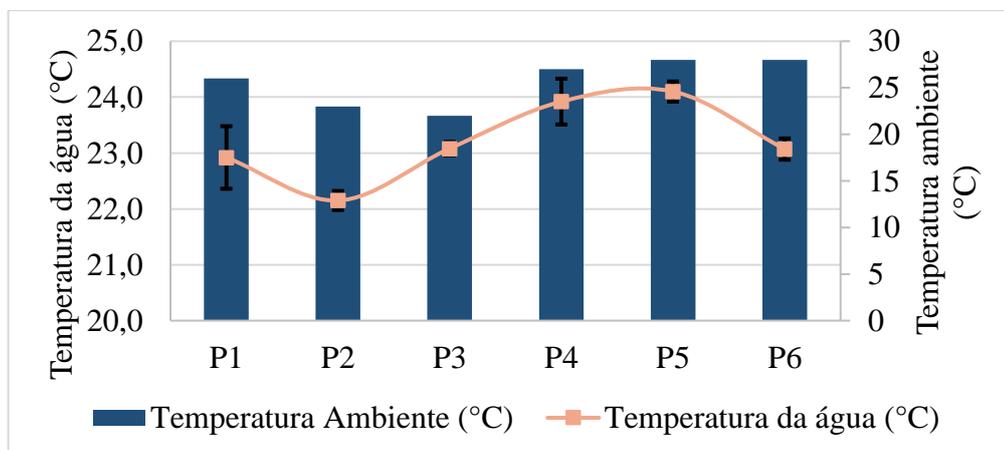
Fonte: O autor, 2023

A MO é encontrada em águas superficiais em concentrações entre 2 e 10 mg/L, embora também sejam encontrados valores mais elevados, de acordo com o tipo do uso do solo, ou da bacia hidrográfica (PRIYA; MISHRA; PRASAD, 2020).

5.1.10 Temperatura

O parâmetro físico-químico temperatura da água depende de vários aspectos, o primeiro consiste nas questões climáticas, tais como a temperatura ambiente e do ar, a existência ou não de chuvas no dia da coleta ou dias próximos à coleta, e questões mais abrangentes como a poluição do curso d'água por despejo de água de resfriamento. Na Figura 21, foi realizada uma análise da temperatura da água, comparando com a temperatura ambiente no horário da coleta. Com os resultados encontrados, não é possível afirmar que há poluição por despejos de resfriamento nos locais.

Figura 21 - Variação da temperatura da água (média \pm desvio padrão) entre os pontos de coleta, comparado com a temperatura ambiente



Fonte: O autor, 2023

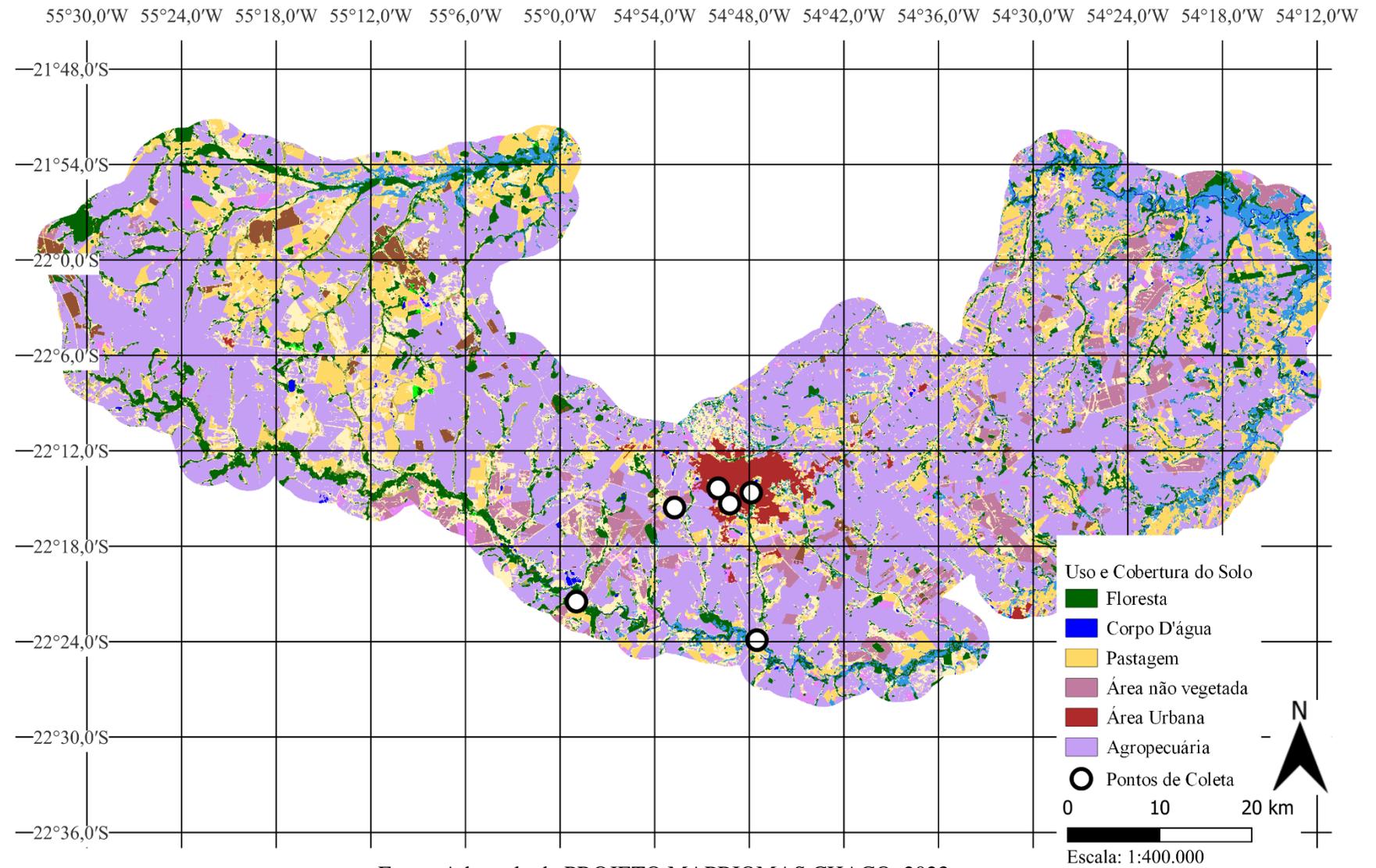
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A bacia hidrográfica do rio Dourados é caracterizada nas suas proximidades por várias atividades agroindustriais, que acabam gerando contaminantes que são escoados para o ambiente aquático (DOURADO *et al.*, 2016). A utilização das terras em 2021 na região da Bacia do Rio Dourados se divide basicamente em seis usos (floresta, corpos d'água, pastagem, área não vegetada, área urbana, agropecuária), sendo mais de 70% da área ocupada com agricultura e pastagens, as matas ocupam cerca de 15%, e o perímetro da cidade de Dourados pouco mais de 3% (PROJETO MAPBIOMAS CHACO, 2023), conforme pode ser visto na Figura 22.

Essa ocupação e uso do solo por atividades agropecuárias alteram os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (MERTEN; MINELLA, 2002). A contaminação em algumas áreas de plantio deve-se principalmente a presença de nutrientes na água, como o nitrogênio (N) e o fósforo (P), utilizados na fertilização. Além disso, alguns micronutrientes como o zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), provenientes principalmente de atividades industriais, podem se concentrar ou acumular no solo e eventualmente atingir a água, principalmente devido aos processos erosivos (RESENDE, 2002).

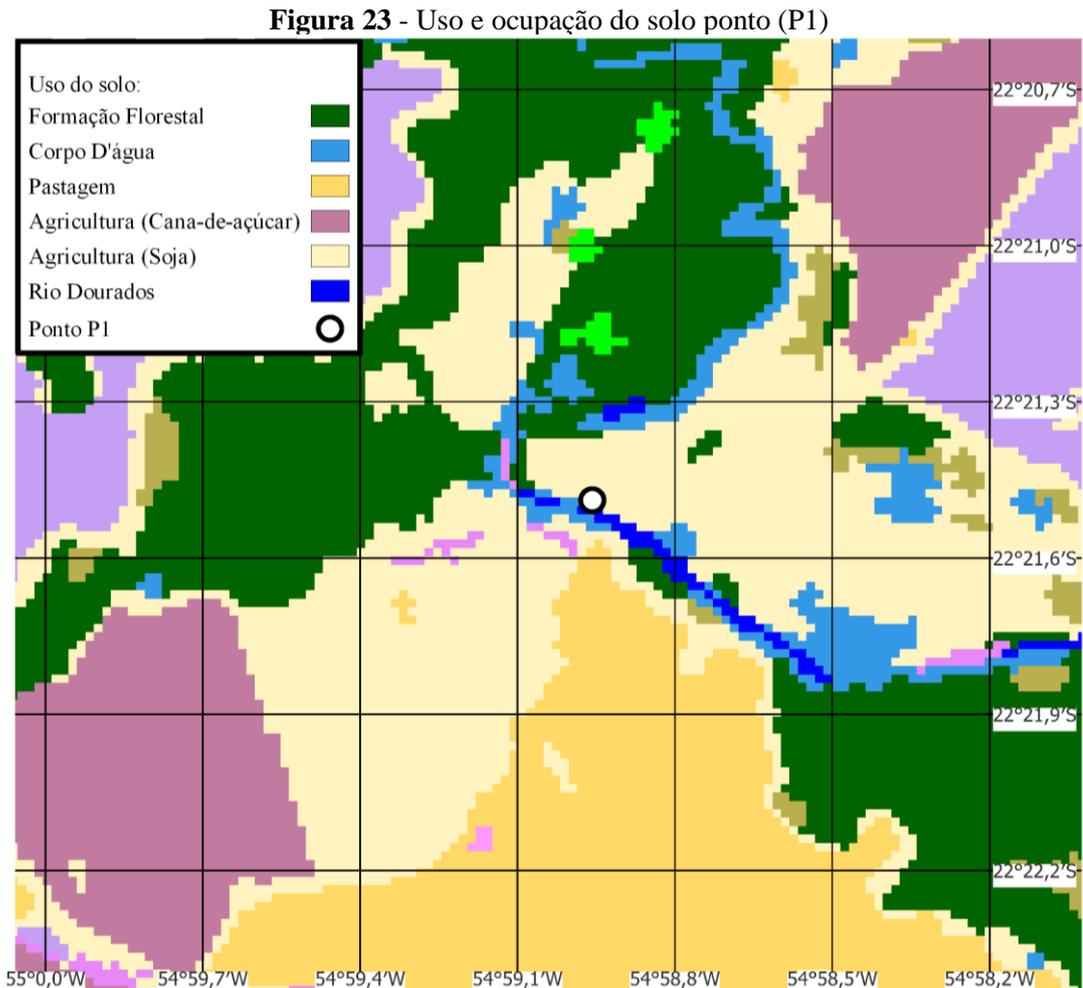
Essa poluição causada pela agricultura pode ocorrer de forma pontual (como em criação de animais, onde grandes quantidades de dejetos são produzidos e lançados diretamente no ambiente ou aplicados nas lavouras), e de forma difusa (causada principalmente pelo deflúvio superficial, a lixiviação e o fluxo de macroporos que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo como a infiltração e a porosidade) (MERTEN; MINELLA, 2002).

Figura 22 - Ocupação e uso do solo na bacia do Rio Dourados



Com a Figura 22 tem-se um panorama do uso e ocupação do solo na região de Dourados/MS, já nas Figuras 23, 24 e 25 serão indicados de uma forma aproximada e detalhada o uso do solo próximo a cada ponto de coleta.

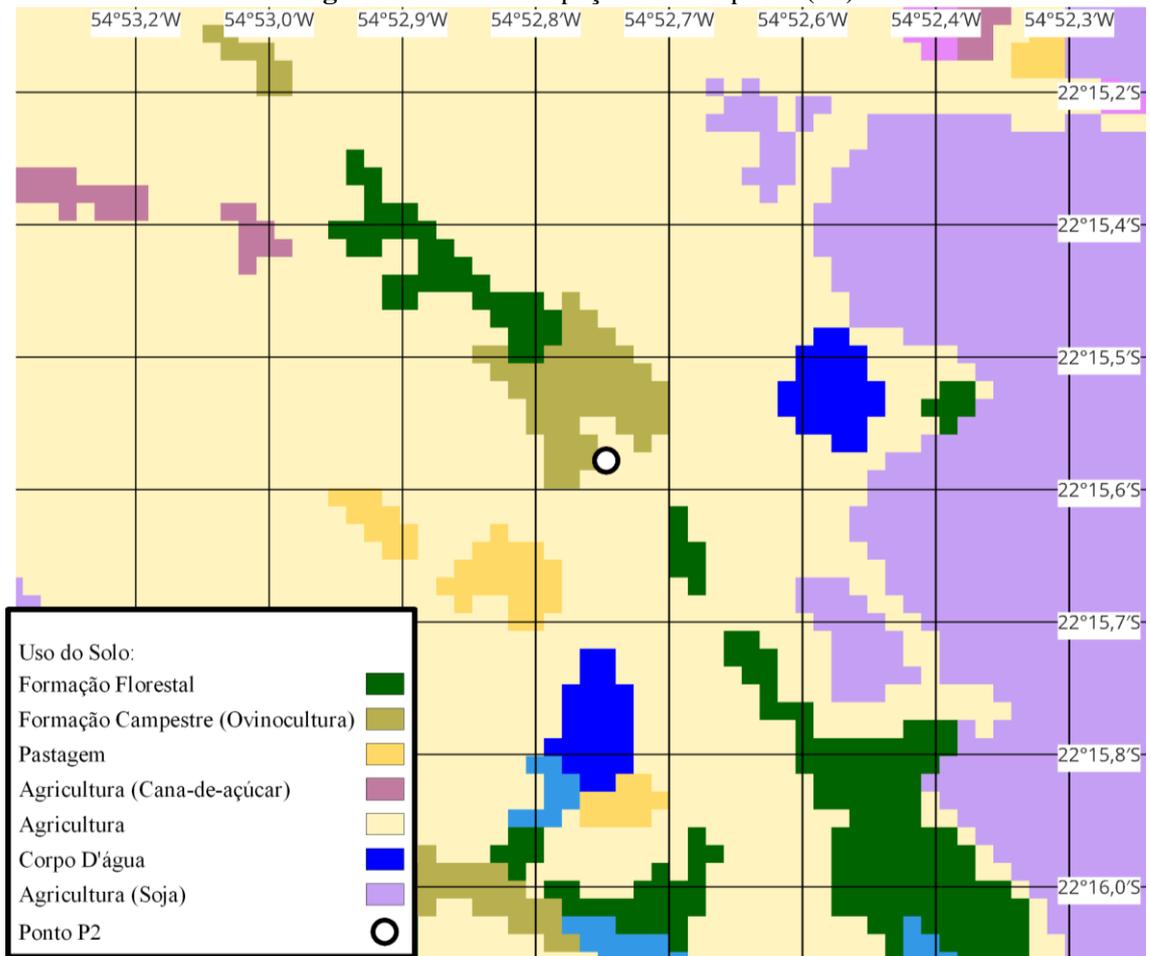
A região do ponto (P1) se caracteriza por uso extensivo de agricultura, principalmente de cana-de-açúcar e soja. Próximo ao ponto há a presença de área nativa, conforme pode ser visto na Figura 23.



Fonte: Adaptado de PROJETO MAPBIOMAS CHACO, 2023.

O ponto (P2) é caracterizado também pela presença de áreas agricultáveis com forte presença de áreas de criação ovinocultura e, pouca área coberta por área nativa, conforme pode ser visto na Figura 24.

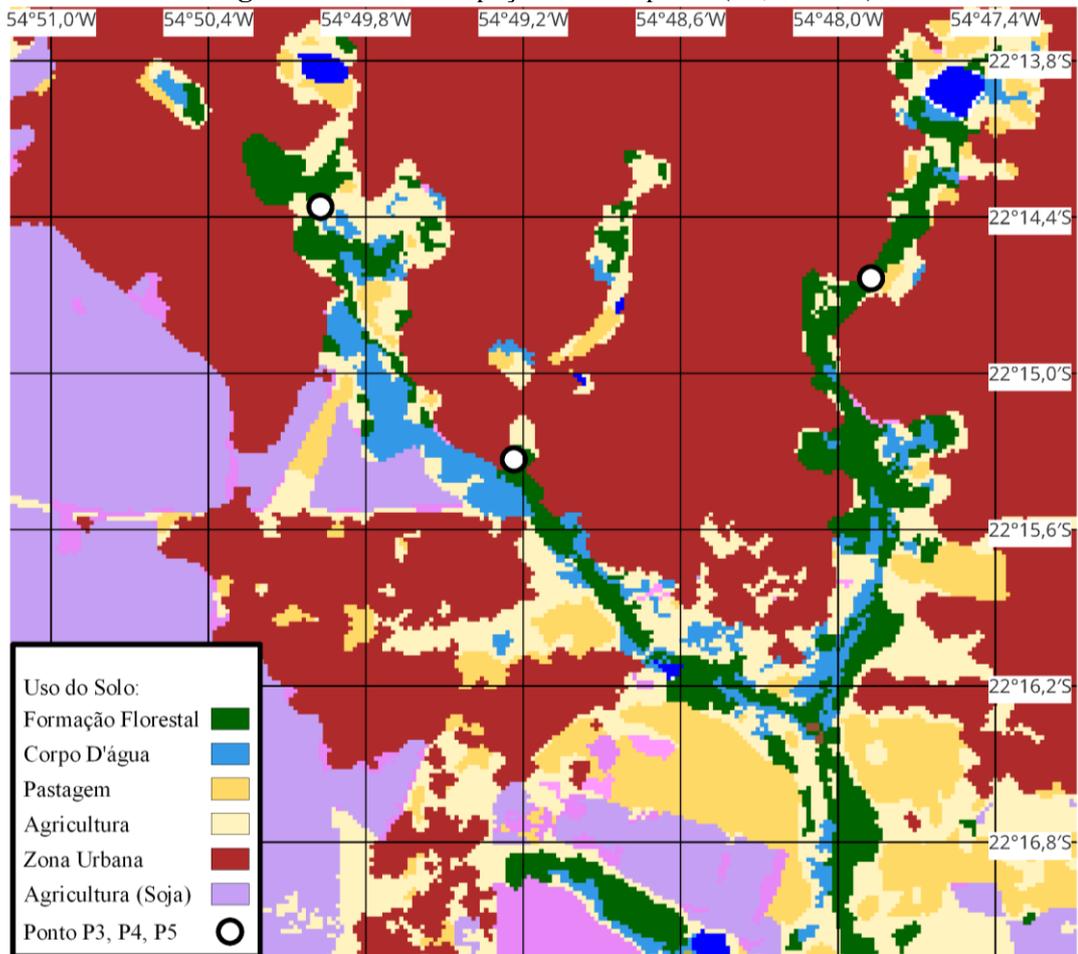
Figura 24 - Uso e ocupação do solo ponto (P2)



Fonte: Adaptado de PROJETO MAPBIOMAS CHACO, 2023

Já nos pontos (P3, P4 e P5) há a presença de área urbana, desta forma, esperava-se encontrar características típicas de águas urbanas deterioradas, que no caso da influência antrópica, materiais provenientes de esgotos, atividades agrícolas, indústrias e construção civil, ou seja, de qualquer atividade em que as condições naturais da bacia são alteradas em função da expansão urbana (MOURA; BOAVENTURA; PINELLI, 2010). Os pontos P3, P4 e P5 podem ser vistos na Figura 25.

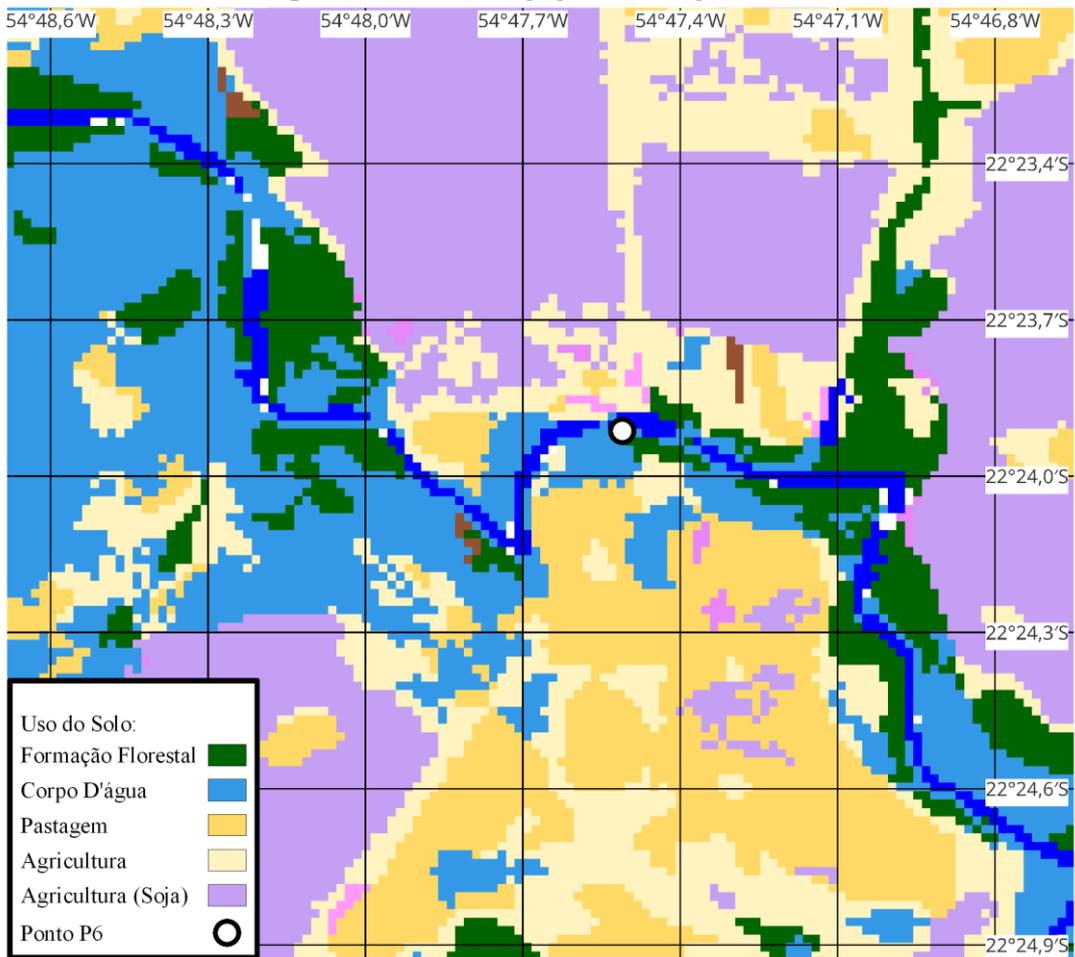
Figura 25 - Uso e ocupação do solo ponto (P3, P4 e P5)



Fonte: Adaptado de PROJETO MAPBIOMAS CHACO, 2023

Já o ponto (P6) rodeado por agricultura, principalmente cultura de soja, é quem recebe a maior parte das águas dos córregos de Dourados/MS. Esperou-se desse ponto incrementos de pH, cloretos, condutividade e sólidos totais, levando em conta a influência da área urbana na qualidade da água, o que autores chamam de “síndrome dos córregos urbanos” (MENEZES *et al.*, 2016b). O ponto P6 pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 - Uso e ocupação do solo ponto (P6)



Fonte: Adaptado de PROJETO MAPBIOMAS CHACO, 2023

Conforme visto nas Figuras 22 a 26, a agricultura é o principal uso e ocupação do solo na região. Problemas com poluição hídrica já são documentados em estudos como o de Resende (2002) que apontam melhorias no processo produtivo, em que a erosão do solo foi reduzida com a aplicação da técnica de semeadura direta, diminuindo o carreamento de metais e nutrientes oriundos do solo para os cursos d'água. Entretanto, os riscos de contaminação da água nesse tipo de manejo do solo gerou como consequência a poluição difusa por meio do uso de agroquímicos, causando assim novas problemáticas.

5.3 CONCENTRAÇÃO DE METAIS

A quantificação dos metais foi realizada em amostra única, no período de seca, na quarta coleta, no mês de julho. Conforme visto nos trabalhos de (KOTTWITZ *et al.*, 2012) e (VIANA *et al.*, 2020c), a concentração de metais na água em períodos de chuva é ínfima perto da análise em períodos de seca, ressaltando-se o ferro, que ligado a questões de carreamento do solo, tende a aumentar na estação chuvosa. Nas chuvas a água tende a diluir a concentração desses metais, tornando-os indetectáveis, pois serão carreados para os sedimentos e o solo, que deverão ser analisados, o que não é objetivo desse trabalho.

Os metais analisados foram Ferro (Fe), Zinco (Zn), Alumínio (Al) e Chumbo (Pb), suas concentrações, bem como os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 estão indicados na Tabela 5.

Tabela 5 - Concentração de metais na água (mg/L)

Pontos	Fe	Zn	Al	Pb
P1	1,20	0,02	1,04	0,06
P2	2,08	0,02	1,91	0,01
P3	2,01	0,01	1,16	0,07
P4	1,68	0,01	0,93	0,2
P5	1,90	0,00	1,20	0,14
P6	1,45	0,00	1,38	0,15
CONAMA 357/2005	0,30	0,18	0,10	0,01

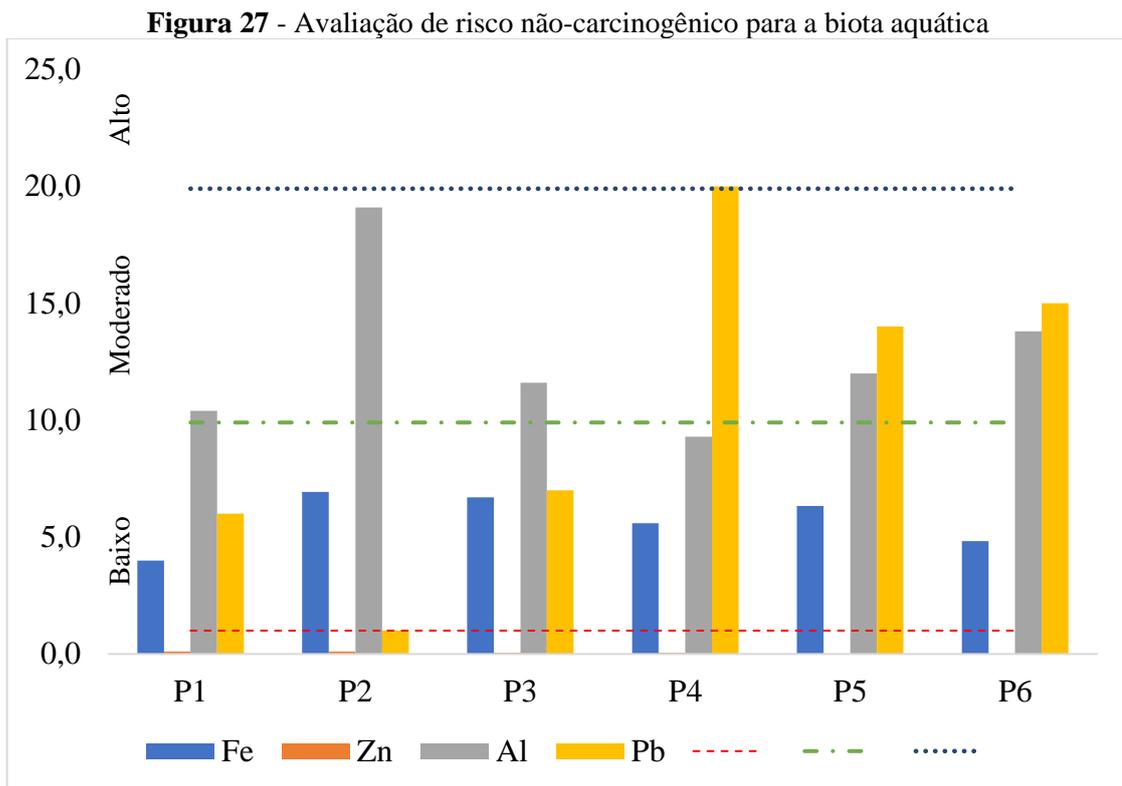
Fonte: O autor, 2023

Comparando com os valores de referência da Resolução nota-se que há excesso de metais na água, com destaque para o Ferro e Alumínio, em concentrações muito superiores ao padrão. O excesso de metais, essenciais e não essenciais, pode causar danos a vida humana e a vida aquática, prejudicando a fisionomia reprodutiva dos peixes, induzindo a cânceres e problemas de saúde em humanos (VIANA *et al.*, 2020a). Quanto a sua presença no solo, os metais dependem do teor destes na rocha de origem e do grau de intemperização que esse material sofreu (sem interferência antropogênica).

Para a avaliação de risco não-carcinogênico para o meio aquático foi utilizado o Quociente de Risco (QR) de acordo com a Equação 1, utilizando como referência o valor de 1,0. Obtendo as seguintes análises:

- Ponto P1 e P3:** Apresentaram QR baixo para Fe e Pb e moderado para Al;
- Ponto P2:** Apresentou QR baixo para Fe e moderado para Al;
- Ponto P4:** Apresentou QR baixo para Fe e Al e alto para Pb;
- Ponto P5 e P6:** Apresentaram QR baixo para Fe, moderado para Al e Pb;

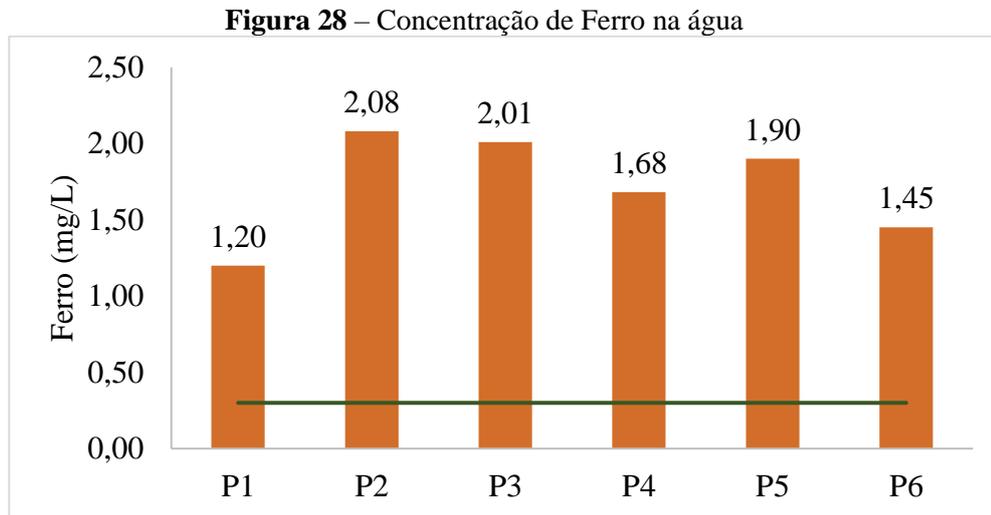
De forma gráfica, pode ser analisado na Figura 27:



Fonte: O autor, 2023

5.3.1 Ferro

O limite de concentração de ferro na água é de 0,30 mg/L, conforme pode ser visto na Figura 28, os valores encontrados nos pontos analisados estão acima do estabelecido, representado na Figura 28 com a linha verde.

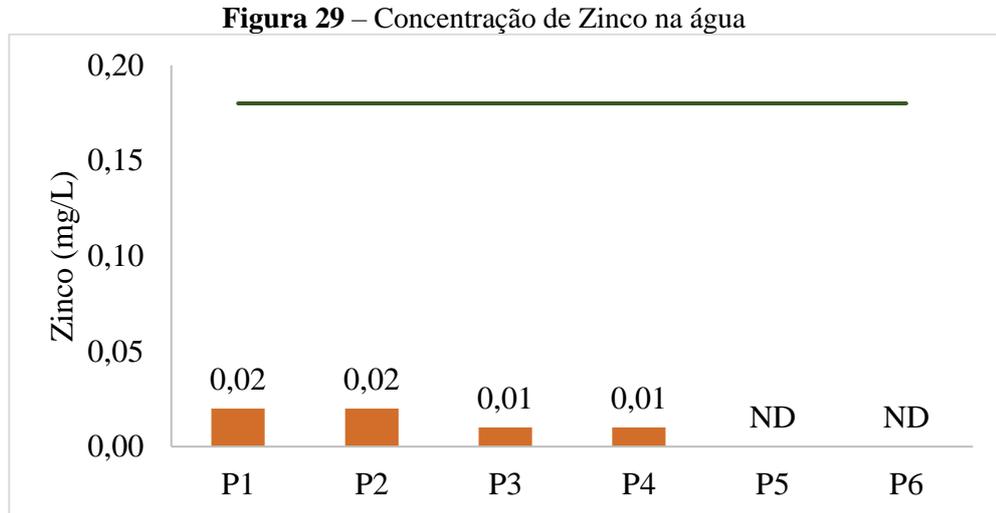


Fonte: O autor, 2023

O ferro não é um agente de toxicidade para a água, entretanto não é bem-visto em questões ligadas ao abastecimento público, como é o caso do Rio Dourados, pois sua presença constitui problemas para canalizações (SÃO PAULO, 2020). O Ferro aumenta em estações chuvosas, devido ao carreamento do solo, mas, também ocorre de maneira antropogênica em efluentes industriais, no entanto, ressalta-se que o solo encontrado na região, conforme visto na Figura 3, pertence à classe de latossolos, que é caracterizada pela cor avermelhada e elevado teor de óxidos de ferro.

5.3.2 Zinco

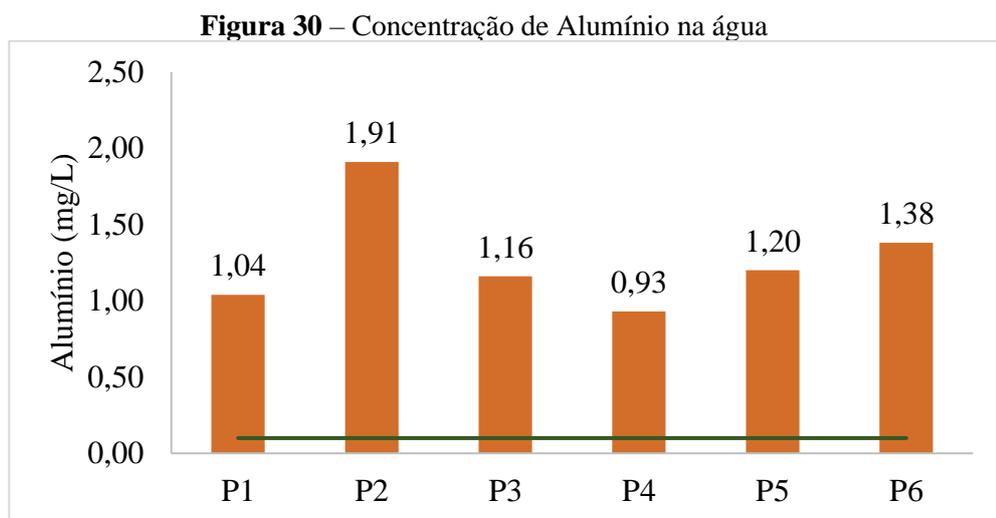
Metais essenciais ocorrem naturalmente nos solos e alguns deles, tal como zinco (Zn), desempenham importante papel na nutrição de plantas e animais. Nesse trabalho não foram encontrados valores significativos no período analisado, conforme pode ser visto na Figura 29.



Fonte: O autor, 2023

5.3.3 Alumínio

Conforme pode ser analisado na Figura 30, a concentração de alumínio ficou acima do estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005, que define concentrações máximas de 0,10 mg/L.



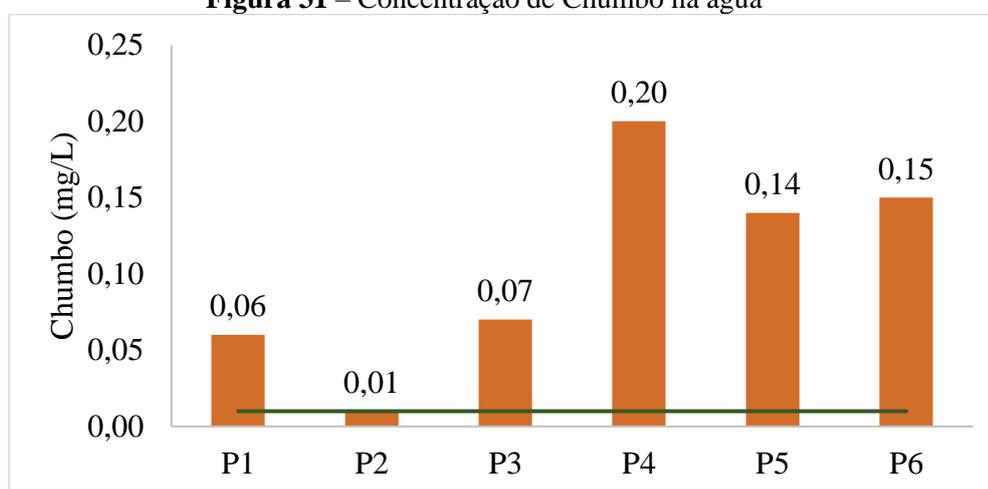
Fonte: O autor, 2023

O alumínio encontra-se entre 0,001 e 0,05 mg/L em águas com pH próximos ao neutro, em águas mais ácidas e ricas em matéria orgânica chegam a 0,5 – 1,0 mg/L, podendo chegar a valores acima de 90 mg/L em águas extremamente acidificadas afetadas por drenagem ácida de mineração (SÃO PAULO, 2020). Desta forma, por não apresentar alterações no pH, uma possível origem desse alumínio é de forma natural, por meio da composição do solo com a presença de óxidos de alumínio (SOUSA; LOBATO, 2021).

5.3.4 Chumbo

O chumbo é um elemento que requer uma atenção especial, por ser um metal que afeta a vida humana e todo o ambiente aquático, causando desequilíbrio ambiental, bioacumulação e toxicidade aos organismos. Muitos fertilizantes utilizados para corrigir o solo podem conter metais tóxicos, como o cádmio, o chumbo e o cromo, por isso pode ocorrer a presença de chumbo, principalmente em regiões agrícolas (VIANA *et al.*, 2020a, 2020b). O chumbo é um metal que se deposita nos sedimentos, tendo sua presença na água em menor escala. No estudo em questão, todos os pontos estão com índices de chumbo superiores ao estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005, conforme pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 – Concentração de Chumbo na água



Fonte: O autor, 2023

Com um QR considerado alto em Pb tem-se o ponto P4: Relativo ao uso do solo, foi visto na Figura 8 que o ponto de coleta está próximo à área urbana, desta forma pode-se concluir que a poluição ocorre de forma difusa, por meio de atividades antrópicas, o ponto P4 é o que mais sofre a ação antrópica, por estar totalmente dentro da cidade.

Essa ocorrência de Pb, é uma problemática de saúde pública, visto que sua presença, mesmo que em pequenas quantidades, leva a diversos efeitos na saúde, incluindo prejuízos intelectuais e déficits neurocomportamentais em crianças, por isso é consenso que não há nível seguro de exposição ao chumbo, especialmente para crianças (BECHARA, 2006). Em concentrações acima de 10 µg/dL de sangue, o chumbo pode causar anemia, alterações renais, cólicas e danos no metabolismo da vitamina D, enquanto em exposições a níveis mais baixos, os sintomas não são tão óbvios, mas mesmo em concentrações baixas de chumbo no sangue como 5 µg/dL, que já foi considerado como "nível seguro" no passado, podem resultar em danos neurológicos e alterações de comportamento irreversíveis (DASCANIO *et al.*, 2016).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de metais e alterações química e biológicas resultam em riscos para a biota aquática, principalmente ligados a bioacumulação de metais pesados. O estudo limitou-se a quantificar os índices de qualidade da água, relacionando os resultados encontrados com os resultados esperados, ou seja, os valores de referência apresentados nas legislações vigentes. Buscou-se também demonstrar que alterações em parâmetros físico-químicos e presença de metais são decorrentes do uso e ocupação do solo, onde foi indicado que a presença da área urbana, de áreas sem vegetação nativa ou com áreas com a presença de agropecuária.

O principal objetivo desse trabalho foi a análise da qualidade da água do Rio Dourados e seus contribuintes (córregos) realizada por meio de parâmetros físico-químicos e de concentração de metais, o levantamento indicou as características ambientais dos pontos coletados, tendo uma visão local da qualidade das águas do Rio Dourados e dos córregos urbanos. Houve indicativos de poluição em alguns pontos, de forma que parâmetros físico-químicos, como a condutividade e matéria orgânica resultaram em valores alterados, além disso, foi detectado altos níveis de metais na água, alguns resultantes de questões geológicas como o ferro, porém, outros com forte indicativo de poluição antropogênica devido ao uso do solo, com a presença do chumbo e do alumínio.

Além disso, o estudo traz consigo questões ligadas ao uso dos córregos urbanos e o uso do solo que impacta a qualidade da água, a poluição contamina diariamente suas águas, e esse bem comum a todos, fonte da vida para todo o organismo vivo, recebe diariamente dezenas de poluentes, resíduos e metais.

Para estudos futuros acerca desse tema, indica-se a quantificação de outros metais não caracterizados neste trabalho, a determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e realizar o aprofundamento da correlação da incidência de metais e do uso do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU SHMEIS, Reham M. Abu. Water chemistry and microbiology. **Comprehensive analytical chemistry**, p. 1-56, 2018.
- AKINDELE, Emmanuel O. *et al.* Heavy metal toxicity in the water column and benthic sediments of a degraded tropical stream. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 190, p. 110-153, 2020.
- ALVES, A. G. *et al.* Padrão de potabilidade: Contexto histórico das Portarias de potabilidade, dúvidas, indagações, considerações e preocupações da nova Portaria GM/MS nº 888/21. **Portal tratamento de água**, v. 1, p. 1–25, 2021.
- AMARAL, J. A. M. *et al.* Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Dourados. **Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados, MS. 2000.
- AQUINO, A. R. DE *et al.* Biomarcadores e o processo de avaliação de risco ambiental. Em: **Risco Ambiental**. [s.l.] Editora Blucher, p. 73–98. 2017.
- BABA, Ricardo Kazuo; VAZ, Maria Salete Marcon Gomes; COSTA, Jéssica da. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 515-526, 2014.
- BECHARA, Etelvino José Henriques. Chumbo, intoxicação e violência. **Alquimista**, 2006.
- BETEMPS, Glauco Rasmussen; KERSTNER, Talita; SANCHES FILHO, Pedro José. Caracterização físico-química da água e determinação de metais pesados (Cr, Cu, Pb e Zn) no sedimento do riacho Arroio do Padre (Arroio do Padre, Brasil/RS). **Revista Thema**, v. 11, n. 2, p. 4-20, 2014.
- BOUDREAU, D. *et al.* **Pollution | National Geographic Society**. Disponível em: <<https://education.nationalgeographic.org/resource/pollution>>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981**. Diário Oficial da União (DOU), Brasília/DF. 1981.
- BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União (DOU), Brasília/DF. 1997.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União (DOU), Brasília/DF. 2005b.
- BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília/DF. 2006.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Diário Oficial da União (DOU), Brasília/DF. 2011.

BRASIL. **Resolução ANA nº 903, de 22 de julho de 2013**. Diário Oficial da União (DOU), Brasília/DF. 2013a.

BRASIL. **Manual Prático de Análise de Água**. Ministério da Saúde – Fundação Nacional de Saúde. Brasília/DF. 2013.

BRASIL. **Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade de Água**. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – Agência Nacional de Águas. Brasília/DF. 2021. Disponível em: < <http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>>. Acesso em: 27 set. 2022.

BRASIL. **Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021**. Diário Oficial da União (DOU), Brasília/DF. 2021.

CANEVAROLI, Miriam Ruiz *et al.* Remoção de herbicida atrazina por meio de filtros de carvão ativado granular associados com microrganismos no tratamento de água para abastecimento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, p. 263-272, 2021.

COUTINHO, Suellen Nobrega. **Estudo de bioacumulação de metais tóxicos e elementos traço em amostras de macrófitas aquáticas flutuantes do Reservatório Guarapiranga, São Paulo-SP, Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.

DASCANIO, Denise *et al.* Intoxicação infantil por chumbo: uma questão de saúde e de políticas públicas. **Psicologia em Revista**, v. 22, n. 1, p. 90-111, 2016.

DICTORO, Vinicius Perez; HANAI, Frederico Yuri. ANÁLISE DA RELAÇÃO HOMEM-ÁGUA: A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS MORADORES LOCAIS DE CACHOEIRA DE EMAS-SP, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI-GUAÇU. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 36, p. 92-120, 2016.

DOURADO, Priscila Leocádia Rosa *et al.* Genotoxic and mutagenic effects of polluted surface water in the midwestern region of Brazil using animal and plant bioassays. **Genetics and Molecular Biology**, v. 40, p. 123-133, 2016.

DOURADOS. **Classe de Solos**. Portal Prefeitura Municipal de Dourados. Disponível em: <<https://www.dourados.ms.gov.br/index.php/classe-de-solos/>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

EMBRAPA. **Guia Clima - Embrapa**. Portal Embrapa de Monitoramento Agrometeorológicos. Disponível em: <<https://clima.cpao.embrapa.br/>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

ERNANDES, Mercolis Alexandre. **A construção da identidade douradense: 1920 a 1990**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados. 2009.

ESTADOS UNIDOS. **Dissolved Oxygen and Water | U.S. Geological Survey**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/dissolved-oxygen-and-water#overview>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

IBGE. **Dados de Geociências**. Portal Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

KOTTWITZ, J. *et al.* **Avaliação espacial e sazonal da qualidade da água do rio Dourados**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Grande Dourados. 2012.

LANDAU, E. C.; VALADARES, G. M. Cobertura vegetal e uso da terra nos solos arenosos das áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia-Brasil. **Infoteca EMBRAPA**. 2020.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4^o ed. Campinas/SP: 2016.

MALDONADO, A. C. D.; WENDLING, Beno. Manejo de ecossistemas aquáticos contaminados por Metais pesados. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 30, n. 1, p. 21-32, 2009.

MATO GROSSO DO SUL. **Bacia hidrográfica do rio Dourados bacia hidrográfica do rio Dourados 1999 a 2004 - Relatório de qualidade das águas superficiais**. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL). Campo Grande/MS. 2005.

MATO GROSSO DO SUL. **Estudos do enquadramento da bacia hidrográfica do córrego Água Boa**. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL). Campo Grande/MS. 2018.

MELO, R. F. *et al.* Pesticidas e seus impactos no ambiente. **Infoteca EMBRAPA**. 2010.

MENEZES, João Paulo Cunha *et al.* Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 519-534, 2016.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MESSIAS, A. S. *et al.* **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**, 2^o ed. Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). Recife/PE, 2008.

MOELLER, Therald. Water and The Hydrosphere. **Chemistry: with inorganic qualitative analysis**, pag. 354-379. Elsevier, 2012.

MORAES, Pedro Valério Dutra de; ROSSI, Patrícia. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 3, 2010.

MOURA, Luiz Henrique Amorim; BOAVENTURA, Geraldo Resende; PINELLI, Marcelo Pedrosa. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-Distrito Federal. **Química nova**, v. 33, p. 97-103, 2010.

OMS. **O Direito Humano à Água e Saneamento - Media Brief - Versão em português**. Organização Mundial da Saúde (OMS). p. 1–8, 2010.

ONU. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4. ed. Organização das Nações Unidas. Genebra/Suíça. 2011.

OUYANG, Ying. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. **Water research**, v. 39, n. 12, p. 2621-2635, 2005.

PAERL, H. W.; HUSSMANN, J. Blooms like it hot. **Science**, v. 320. 2008.

PALANIAPPAN, Meena *et al.* Cuidando das Águas – Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. 2º ed. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – Agência Nacional de Águas. Brasília/DF. 2013.

PRIYA, Tanwi; MISHRA, Brijesh K.; PRASAD, Majeti Narasimha Vara. Physico-chemical techniques for the removal of disinfection by-products precursors from water. **Disinfection By-products in Drinking Water**. Butterworth-Heinemann, p. 23-58. 2020.

PROJETO MAPBIOMAS CHACO. **Mapas de uso e cobertura da terra, transições e qualidade do mosaico**. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 21 fev. 2023.

RAHMAN, Arafat; JAHANARA, Ishrat; JOLLY, Yeasmin Nahar. Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. **Water Science and Engineering**, v. 14, n. 2, p. 139-148, 2021.

RESENDE, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. **Infoteca EMBRAPA**. 2002.

SANESUL. **A Nossa Água de Cada Dia**. Portal Empresa de Saneamento Básico de Mato Grosso do Sul (SANESUL). Campo Grande/MS. Disponível em: <<https://www.sanesul.ms.gov.br/noticias/a-nossa-agua-de-cada-dia>>. Acesso em: 19 set. 2022.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Latossolos Vermelhos**. Portal EMBRAPA Solos tropicais. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelhos>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). São Paulo/SP. 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 27 set. 2022.

SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. 1° ed.** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). São Paulo/SP. 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-da-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2022.

SCORZA JUNIOR, R. P. *et al.* Resíduos de agrotóxicos em águas do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul. **Infoteca EMBRAPA**. 2021.

SORLINI, Sabrina *et al.* Assessment of physical-chemical drinking water quality in the Logone Valley (Chad-Cameroon). **Sustainability**, v. 5, n. 7, p. 3060-3076, 2013.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Latossolos – Embrapa cerrado. **Infoteca EMBRAPA**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SWEENEY, Bernard W. *et al.* Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 39, p. 14132-14137, 2004.

THE GORDON FOUNDATION. **Total Suspended Solids (TSS) and Total Dissolved Solids (TDS)**. Disponível em: <<https://datastream.org/en/guide/total-suspended-solids-and-total-dissolved-solids#content>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS. 2001.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997.

VIANA, L. F. *et al.* Bioaccumulation of metal in liver tissue of fish in response to water toxicity of the Araguari-Amazon River, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 12, 2020a.

VIANA, L. F. *et al.* Avaliação do índice de vegetação e da concentração de metais em sedimentos na Microbacia Tarumã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 15 jun. 2020b.

VIANA, L. F. *et al.* Avaliação ambiental da qualidade limnológica e de sedimentos em córrego do Centro Oeste do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 1 ago. 2020c.

VIANA, L. F. *et al.* High concentrations of metals in the waters from Araguari River lower section (Amazon biome): Relationship with land use and cover, ecotoxicological effects and risks to aquatic biota. **Chemosphere**, v. 285, p. 131451, dez. 2021.