

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

AMANDA DE SOUZA NOGUEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO ARAGUARI, TRIÂNGULO MINEIRO**

Uberlândia – MG
Dezembro/2017

AMANDA DE SOUZA NOGUEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO ARAGUARI, TRIÂNGULO MINEIRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Profº. Dr. Marcio Ricardo Salla

Uberlândia – MG
Dezembro/2017

AMANDA DE SOUZA NOGUEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO ARAGUARI**

Trabalho de conclusão de curso para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, 20 de dezembro de 2017.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcio Ricardo Salla
(Orientador – FECIV/UFU)

Prof. Dr. Carlos Eugênio Pereira
(Examinador – FECIV/UFU)

Prof. Dr. Ismarley Lage Horta Moraes
(Examinador – FECIV/UFU)

Uberlândia – MG
Dezembro/2017

RESUMO

O crescimento populacional e as atividades econômicas vêm ampliando a demanda por água e a degradação do meio ambiente. Sabendo da necessidade de preservação dos cursos de água, o monitoramento constante da qualidade deste recurso natural é fundamental para tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos. A qualidade da água é determinada por parâmetros físicos, químicos e biológicos. Desse modo, o objetivo desse trabalho é avaliar a qualidade de água superficial em oito pontos da bacia hidrográfica do rio Araguari no decorrer de dez meses, por meio do monitoramento de quatro pontos no médio e baixo curso do rio Uberabinha, um ponto no rio Claro, um ponto no ribeirão das Furnas e dois pontos no médio curso do rio Araguari. Especificadamente, buscou-se analisar a influência da incidência pluviométrica e o uso e ocupação do solo na qualidade de água. Com o objetivo de possibilitar uma interpretação mais simples dos resultados, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), metodologia proposta pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Houve ainda, a determinação da concentração de cinco metais potencialmente tóxicos (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr). Avergou se os resultados estavam em conformidade com os limites preconizados pelas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e COPAM nº 01/2008 para a classe 2. Assim, observou-se que a maioria dos pontos respeitaram os limites definidos dos parâmetros nitrato, nitrito, pH, OD e turbidez. Entretanto, os pontos do rio Uberabinha, localizados dentro e a jusante da área urbana de Uberlândia, foram os que mais ultrapassaram os limites estabelecidos, principalmente, em relação aos parâmetros DBO_{5,20}, *E. Coli*, nitrogênio amoniacal e fósforo total. Em geral, as concentrações de metais foram baixas, sendo o Cr, o metal encontrado em todos os pontos e em concentrações acima do permitido. O IQA revelou uma classificação BOM para o rio Araguari, e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas, havendo uma pequena redução da nota ao longo do período chuvoso, devido à influência do aumento de turbidez. Em relação ao rio Uberabinha, o IQA mostrou uma diminuição na classificação ao longo do rio, em que o ponto a montante da extensa área de Uberlândia manteve a classificação BOM, e o restante variaram de MÉDIO a RUIM. A influência da incidência de precipitação foi mais perceptível nos parâmetros DBO, OD e turbidez, indicando aumento de material particulado, e especialmente, matéria orgânica neste período. Já em relação ao uso e ocupação do solo, observou-se que a atividade agrícola e as pastagens representam áreas significativas ao redor dos pontos 1 a 4, porém, não representam um fator impactante na maioria dos parâmetros analisados e nem no IQA. Entretanto, a área urbana de Uberlândia resultou em piores cenários de qualidade de água para o rio Uberabinha, sendo reflexo do mau uso do solo e lançamento de efluente industrial e efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto Uberabinha. Portanto, o estudo contribui para aumentar as informações sobre a bacia hidrográfica do rio Araguari, de modo que o monitoramento deve ser contínuo para que haja uma adequada gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Índice de Qualidade das Águas; rio Uberabinha; Metais.

ABSTRACT

Population growth and economic activity increase demand for water and environmental degradation. Monitoring water quality is important for the management of water resources. Water quality is determined by physical, chemical and biological parameters. Thus, the objective of this work is to evaluate the water quality in eight points of the Araguari river basin, the monitoring of four points in the Uberabinha river, a point in the Claro river, a point in the Furnas riverside and two points in the Araguari river. Also, the influence of rainfall and use and occupation of soil on water quality was analyzed. The results of the parameters were compared with the values established by Resolução CONAMA 357/2005 and COPAM/CERH 01/2008 for rivers class 2. For the interpretation of the results, the Water Quality Index (IQA) was used. In addition, the concentration of five potentially toxic metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr) was determined. The results showed that most of the points respected the defined limits of the nitrate, nitrite, pH, OD and turbidity parameters. However, the points of the Uberabinha River (points 6, 7, 8) exceeded most of the established limits, especially the parameters: DBO; *E. coli*; ammoniacal nitrogen and total phosphorus. In general, the concentrations of metals were low, but the chrome was the most commonly found metal at all points. The IQA revealed a GOOD classification for the Araguari river, and its tributaries, Claro river and Furnas riverside, with a small reduction of the note during the rainy season, due to the influence of turbidity increase. In relation to the Uberabinha river, the IQA showed a decrease in the classification along the river, where the upstream point of the extensive Uberlândia area was classified as GOOD, and the others ranged from AVERAGE to BAD. The influence of precipitation was more noticeable in the DBO, OD and turbidity parameters, indicating the increase of the particulate material, such as organic matter. With the use and occupation of the soil, agricultural activity and pastures were significant around points 1 to 4, but they didn't represent a negative factor in the IQA results. The urban area of Uberlândia affected the water quality of the Uberabinha river due to the misuse of the soil and the discharge of industrial effluents and the effluent from the Estação de Tratamento de Esgoto Uberabinha. Therefore, the study contributes to increase information about the Araguari river basin, so that monitoring must be continuous for adequate water resources management.

Key words: Índice de Qualidade das Águas; Uberabinha river; Metals.

SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

BH – Bacia hidrográfica

CERH – Conselho Estadual dos Recursos Hídricos

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual da Política Ambiental

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DN – Deliberação Normativa

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FECIV – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia

ID – Identificação

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IQA – Índice de Qualidade da Água

LABSAN – Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil

NBR – Norma Técnica Brasileira

NSF – *National Sanitation Foundation*

OD – Oxigênio Dissolvido

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNRH – Política Nacional dos Recursos Hídricos

SCQA – Sistema de Cálculo de Qualidade Ambiental

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SST – Sólidos Suspensos totais

ST – Sólidos Totais

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	JUSTIFICATIVA	3
3	OBJETIVO	4
4	REFERENCIAL TEÓRICO	5
4.1	A água na natureza	5
4.1.1	Ciclo hidrológico	5
4.1.2	Bacia hidrográfica.....	5
4.2	A água e o ser humano	6
4.2.1	Uso da água	6
4.2.1.1	Uso da água na bacia hidrográfica do rio Araguari.....	7
4.2.2	Poluição e contaminação dos corpos hídricos	7
4.2.3	Uso e ocupação do solo	10
4.2.3.1	Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari.....	10
4.3	Legislação hídrica no Brasil	12
4.4	Enquadramento dos corpos hídricos.....	14
4.5	Qualidade da água e seu monitoramento no Brasil	15
4.5.1	Parâmetros de qualidade da água.....	16
4.5.1.1	Parâmetros físicos.....	17
4.5.1.2	Parâmetros químicos	19
4.5.1.3	Parâmetros biológicos	21
4.5.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	22
4.5.2.1	Histórico do IQA	22
4.5.2.2	IQA aplicado no Brasil.....	22
4.6	Metais potencialmente tóxicos	25
5	METODOLOGIA.....	27
5.1	Caracterização da área de estudo.....	27
5.2	Localização dos pontos de monitoramento	28
5.3	Coleta de amostras de água	31
5.4	Parâmetros analisados.....	34
5.4.1	Análise dos parâmetros físicos químicos e biológicos	35
5.4.1.1	Cálculo de OD	36
5.5	Avaliação estatística de dados de monitoramento	37

5.6	Enquadramento dos corpos hídricos superficial da bacia hidrográfica do rio Araguari.....	39
5.7	Limites estabelecidos pela legislação Nacional e Estadual	39
5.8	Metodologia do cálculo do IQA	40
5.9	Dados de estações pluviométricas	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1	Precipitação	44
6.2	Uso e ocupação do solo	46
6.3	Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	48
6.4	<i>Escherichia coli</i>	50
6.5	Fósforo total.....	52
6.6	Nitrito	54
6.7	Nitrato.....	55
6.8	Nitrogênio amoniacal	57
6.9	Oxigênio dissolvido.....	59
6.10	Potencial hidrogênionico	60
6.11	Sólidos totais	61
6.12	Temperatura.....	64
6.13	Turbidez.....	66
6.14	Metais	67
6.15	Índice de qualidade da água (IQA).....	71
7	CONCLUSÃO.....	74
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	APÊNDICE A – Resultados médios dos parâmetros.	81
	APÊNDICE B – Resultados do IQA	84

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para sobrevivência humana. Os recursos hídricos são responsáveis tanto pela melhoria no bem-estar social quanto no crescimento econômico (CONNOR e KONCAGÜL, 2015). Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2016), a água é necessária para criar e manter empregos em todos os setores da economia, a metade da força de trabalho mundial está empregada em setores diretamente dependentes dela como agricultura, silvicultura, pesca, energia, manufatura com uso intensivo de recursos, reciclagem, construção e transporte.

O Brasil tem cerca de 12% do total de água doce superficial do planeta. Entretanto, esse recurso natural encontra-se distribuído de modo heterogêneo no território brasileiro. Aproximadamente 95% da população brasileira habita as regiões do Sudeste, Sul, Nordeste e Centro-Oeste que possuem apenas 27% da disponibilidade hídrica superficial de todo o país (LIBÂNIO, 2010).

O aumento populacional, a redução de áreas alagadas, a supressão de matas ciliares, a poluição e a contaminação dos corpos hídricos pelo despejo de resíduos líquidos e sólidos são fatores que alteram a quantidade e qualidade dos recursos hídricos (BUZELLI e SANTINO, 2013). Portanto, a junção da alta demanda de água com a baixa qualidade da água torna-se essencial uma gestão integrada por bacias hidrográficas, com o objetivo de assegurar a disponibilidade da água em padrões de qualidade adequados para a atual e as futuras gerações.

De acordo com Von Sperling (2005), o conceito de qualidade de água é definido como resultado dos fenômenos naturais e da atuação humana, ou seja, representa a função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. A qualidade da água associado aos fenômenos naturais está condicionada a precipitação, pois, ela proporciona a infiltração da água, e posteriormente, o escoamento superficial de água no solo que incorpora partículas e substâncias que são carregadas até o corpo hídrico.

A qualidade da água representa os parâmetros que descrevem as principais características físicas, químicas e biológicas da água conforme o respectivo uso futuro que essa água terá (VON SPERLING, 2005). No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabeleceu a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento por meio da Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Os cursos hídricos superficiais foram classificados em água doce, salobra e salina em função das suas características físicas, químicas e biológicas requerida para os usos principais, em

treze classes de qualidade. Portanto, a resolução define limites máximos e/ou mínimos dos parâmetros físicos, químicos e biológicos com o objetivo de garantir concentrações que não representem efeitos nocivos para os determinados usos da água. Por isso, é imprescindível que haja durante todo o período de utilização do manancial o monitoramento das características da água com a finalidade de controlar eventuais alterações da qualidade da água, e consequentemente, inviabilização do uso desta água para determinadas atividades (HELLER e PÁDUA, 2010).

Assim, o monitoramento e a avaliação da qualidade de água dos recursos hídricos consistem em instrumentos primordiais para elaboração de planos e estratégias que visem preservar o meio ambiente, recuperar áreas ambientais degradadas e mediar conflitos pelo uso da água.

2 JUSTIFICATIVA

A bacia hidrográfica do rio Araguari está localizada na região oeste de estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 18°20' e 20°10' de latitude Sul e 46°00' e 48°50' de longitude (SALLA, *et al.*, 2014). O cerrado brasileiro ocupa parte significativa dessa região de Minas Gerais, caracterizado pela existência de várias nascentes e afloramento do lençol freático (MARTINS, 2009). As principais atividades econômicas são pecuária, agricultura e a união de agricultura e indústria (agroindústria). São atividades econômicas que demandam elevada quantidade de água. Além das atividades econômicas, a demanda de água pela população também é um fator significativo para bacia hidrográfica do rio Araguari, onde a cidade mais populosa, Uberlândia, tem 604.013 mil pessoas, de acordo com o IBGE (2010).

A bacia apresenta estudos elaborados por órgãos gestores e instituições de ensino com o objetivo de otimizar o aproveitamento dos recursos hídricos, e consequentemente, reduzir a pressão sobre os recursos e conflitos pelos seus usos múltiplos (IGAM, 2016; SALLA, *et al.*, 2014; OLIVEIRA, *et al.*, 2016; VASCONCELOS, 2012; SILVA, 2016; CUTRIM, 2013; ALMEIDA, 2013). Contudo, o contínuo monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Araguari permite ter informações atualizadas e importantes para minimização de problemas de uso e ocupação do solo, e consequentemente, garantindo a gestão dos recursos hídricos, especialmente, na parte da bacia hidrográfica do rio Araguari pertencente a região do Triângulo Mineiro.

3 OBJETIVO

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo geral avaliar a qualidade de água superficial na bacia hidrográfica do rio Araguari, por meio de pontos de monitoramento no médio e baixo curso do Rio Uberabinha, rio Claro e ribeirão das Furnas (afluentes do rio Araguari), e no médio curso do rio Araguari, totalizando oito pontos de monitoramento.

Os objetivos específicos foram:

- i) Comparar os resultados dos parâmetros analisados com os limites definidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e a Deliberação Normativa do COPAM/CERH nº 01 de 2008;
- ii) Avaliar uma série temporal (período de julho de 2016 a junho de 2017) de qualidade de água por meio do Índice de Qualidade de Água (IQA) nos quatro pontos de coletas do rio Araguari e quatro pontos no rio Uberabinha, totalizando oito pontos na bacia hidrográfica do rio Araguari.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A água na natureza

4.1.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico representa a circulação da água no planeta nos estados sólidos, líquido e gasoso. A radiação solar e a gravidade são responsáveis pela movimentação da água. Os mecanismos de transferência de água são evaporação, a transpiração, a precipitação, a infiltração e os escoamentos superficial e subterrâneo (PÁDUA, *et al.*, 2007).

Os processos básicos do ciclo hidrológico são:

- (a) Precipitação: a precipitação compreende toda a água que cai na atmosfera na superfície da Terra. As principais formas são chuva, neve, granizo e orvalho;
- (b) Escoamento superficial: a precipitação que atinge a superfície da Terra tem dois caminhos por onde seguir: escoar na superfície ou infiltrar no solo. O escoamento superficial é responsável pelo deslocamento da água sobre o terreno, formando córregos, lagos e rios e eventualmente atingindo o mar. A quantidade de água que escoar depende dos seguintes fatores principais: intensidade da chuva e capacidade de infiltração do solo;
- (c) Infiltração: corresponde à água que atinge o solo, formando os lençóis de água. A água subterrânea é geralmente responsável dos corpos d' água superficiais, principalmente nos períodos secos. Um solo com vegetação (ou seja, com menor impermeabilização advinda, por exemplo, da urbanização) é capaz de desempenhar melhor as seguintes funções: menos escoamento superficial (menos enchentes nos períodos chuvosos); mais infiltração (maior alimentação dos rios nos períodos secos); menos carreamento de partículas do solo para os cursos de água;
- (d) Evapotranspiração: a transferência da água para o meio atmosférico se dá através dos seguintes mecanismos, conjuntamente denominados de evapotranspiração: evaporação é a transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso [...] depende da temperatura e da umidade relativa do ar; transpiração [...] as plantas retiram a água do solo pelas raízes, a água é transferida para as folhas e então evapora (VON SPERLING, 2005, p. 18-19).

Sendo assim, o ciclo hidrológico demonstra a relação da água com o meio ambiente, evidenciando a interação da água com o ar, e principalmente com o solo, por meio do processo de escoamento superficial e infiltração gerados pela precipitação.

4.1.2 Bacia hidrográfica

De acordo com o Barrella (2001), a bacia hidrográfica é um conjunto de terras delimitadas por divisores nas regiões mais altas do relevo, onde a água de chuva possui duas alternativas, escoar superficialmente formando os corpos de água ou infiltrar no solo para formação de nascentes e do lençol freático, de modo que toda vazão efluente seja descarregada por uma simples saída.

De modo semelhante a definição citada, segundo Heller (2010), uma bacia hidrográfica representa:

[...] uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório. Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes [...] (p. 231).

Neste contexto, para compreender a qualidade de água do recurso hídrico é necessário entender a interação da água com o meio. Portanto, a bacia hidrográfica torna-se uma unidade de estudo que permite conhecer o ciclo hidrológico de um local. Em concordância, Pires (2002) entende que bacia hidrográfica consiste em:

[...] conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. [...] conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da bacia hidrográfica, bem como das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais (apud SHIAVETTI, 2002, p. 17).

Em relação a legislação brasileira, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/97) criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definiu a bacia hidrográfica como uma unidade territorial de atuação das políticas de recursos hídricos, planejamento e gerenciamento.

Em síntese, o conceito de bacia hidrográfica é imprescindível para estudos sobre cenários reais dessa unidade, afinal, as forças antropogênicas atuam intensamente nos sistemas hidrológicos, geológicos e ecológicos, evidenciando a importância de ações de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (TUNDISI, 2003).

4.2 A água e o ser humano

4.2.1 Uso da água

O ser humano necessita de água para sua sobrevivência, mas além da ingestão de água, ele utiliza para higiene, preparação de alimentos, atividades econômicas, recreativas, transporte, geração de energia (PÁDUA, *et al.*, 2007).

Os principais usos da água são abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação animal, preservação da flora e fauna, recreação, lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística e diluição e transporte de despejos. Considerando a ampla diversidade do uso da água, há a necessidade da satisfação de diversos critérios de qualidade de água para cada tipo de uso (VON SPERLING, 2005).

Esses usos múltiplos geram um interesse conflitante entre cada tipo de uso. Em vista disso, a Política Nacional de Recursos Hídricos prevê a gestão dos recursos hídricos tem como forma de conciliar o uso múltiplo dos recursos hídricos, de forma que todos os usuários tenham igualdade de acesso aos recursos hídricos. Com exceção de situações de escassez, em que os usos prioritários da água passam a ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

4.2.1.1 Uso da água na bacia hidrográfica do rio Araguari

Segundo o Governo de Minas Gerais, a população da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba é de 2,14 milhões habitantes (PORTAL DATAVIVA, 2017). O reflexo direto da quantidade de habitantes é a demanda por recurso hídrico para o abastecimento público. A situação do abastecimento urbano (relação entre disponibilidade e demanda de água) no município de Uberlândia é de baixa garantia hídrica, de acordo com Atlas do Abastecimento Urbano (2010).

Além da água necessária para abastecimento público, a região também exige água para suas atividades econômicas. De acordo com a Associação Mineira de Municípios (2017), as atividades econômicas de destaque do Triângulo Mineiro são a produção de açúcar e álcool, pecuária, produção e processamento de grãos, processamento de carne, fertilizantes e comércio atacadista. Logo, os principais setores econômicos nesta região da bacia hidrográfica do rio Araguari são os industriais e agropecuários.

Os usos múltiplos da água presente na bacia hidrográfica do rio Araguari é uma realidade. Com isso, a questão da conciliação dos diferentes usos da água é um fator primordial para o gerenciamento dos recursos hídricos.

4.2.2 Poluição e contaminação dos corpos hídricos

De acordo com a Lei Federal 6.930 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio ambiente, a poluição consiste na degradação da qualidade ambiental resultante de atividade que diretamente ou indiretamente prejudicam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criam condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem negativamente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente.

A poluição da água é representada por toda alteração produzida no meio aquáticos. Quando tais alterações que colocam em risco a saúde da biota, considera-se que

houve uma contaminação e não mais meramente uma poluição. Assim, a poluição de um recurso hídrico não implica necessariamente em sua contaminação (LIBÂNIO, 2010).

As fontes das alterações da qualidade dos recursos hídricos podem ser originadas de forma natural ou antrópica. Normalmente, as fontes de poluição antrópicas são mais comuns e mais significativas (VON SPERLING, 2005). Entre as diversas formas antrópicas de poluição estão a ocupação desordenada do solo (principalmente em áreas de preservação permanente), práticas inadequadas de uso do solo e da água, ausência ou precariedade da infraestrutura de saneamento básico, remoção de cobertura vegetal e atividades industriais que descumprem a legislação ambiental vigente (BERNARDES, 2007). A poluição também pode ocorrer de formas diferentes, sendo elas: pontual; e difusa. A pontual ocorre de modo concentrado no espaço e a difusa se manifesta de forma distribuída ao longo do curso de água (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

A Tabela 1 apresenta os principais agentes poluidores lançados nos cursos de água pelas fontes de poluidoras antrópicas e seus respectivos efeitos.

Tabela 1 – Principais agentes poluidores dos recursos hídricos.

Consti- tuinte	Principais parâmetros representati- vos	Fonte				Possível efeito poluidor
		Águas residuárias		Águas pluviais		
		Urba- nas	Indus- triais	Urba- nas	Agricul- tura e pastagem	
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão to- tais	XXX	↔	XX	X	- Problemas estéticos; - Depósitos de lodo; - Adsorção de polu- entes; - Proteção de patogê- nicos.
Matéria or- gânica bio- degradável	Demanda Bio- química de Oxigênio	XXX	↔	XX	X	- Consumo de oxigê- nio; - Mortandade de pei- xes; - Condições sépticos.
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	XXX	↔	XX	X	- Crescimento exces- sivo de algas; - Toxicidade aos peixes (amônia); - Doença em recém- nascidos (nitrato); - Poluição da água subterrânea.
Organismos patogênicos	Coliformes	XXX	↔	XX	X	- Doenças de veicula- ção hídrica.
Matéria or- gânica não biodegradá- vel	Pesticidas Alguns deter- gentes Produtos far- macêuticos Outros	XX	↔	X	XX	- Toxicidade (vários); - Espumas (detergen- tes); - Redução de transfe- rência de oxigênio (detergentes); - Biodegradabilidade reduzida ou inexis- tente; - Maus odores.
Metais	Elementos es- pecíficos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn etc)	XX	↔	X		- Toxicidade; - Inibição do trata- mento biológico dos esgotos; - Problemas na dispo- sição do lodo na agri- cultura; - Contaminação da água subterrânea.
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissol- vidos totais Condutividade elétrica	XX	↔		X	- Salinidade exces- siva – prejuízo às plantações (irriga- ção); - Toxicidade a plantas (alguns íons); - Problemas de per- meabilidade do solo (sódio).

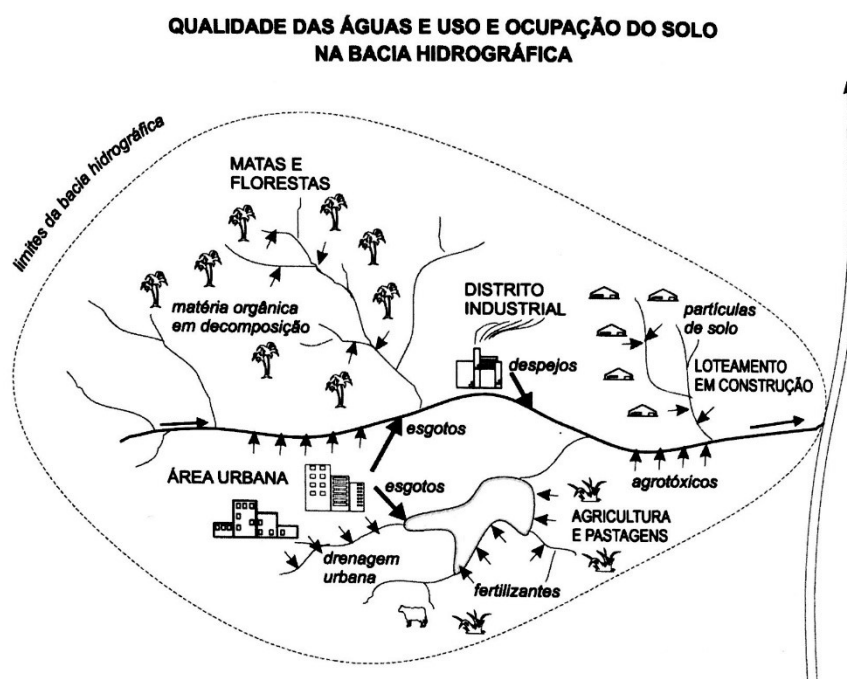
Fonte: Von Sperling (2005).

Nota: X é pouco; XX é médio; XXX é muito; ↔ é variável; em branco é usualmente não importante.

4.2.3 Uso e ocupação do solo

A qualidade da água é determinada em função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2014). Dessa forma, a qualidade da água não pode ser compreendida sem considerar a sua inserção no contexto do uso e ocupação do solo. A Figura 1 apresenta exemplos de inter-relação entre o uso e ocupação do solo e os possíveis focos de alterações de qualidade da água dos rios e córregos.

Figura 1 - Exemplo de uso e ocupação do solo e os focos alteradores da qualidade de água.



Fonte: Von Sperling (2014).

Em suma, avaliar o uso e ocupação do solo nas proximidades do rio e seus afluentes é fundamental para entender as alterações dos parâmetros de qualidade de água, devido ao alto grau de influência sobre eles.

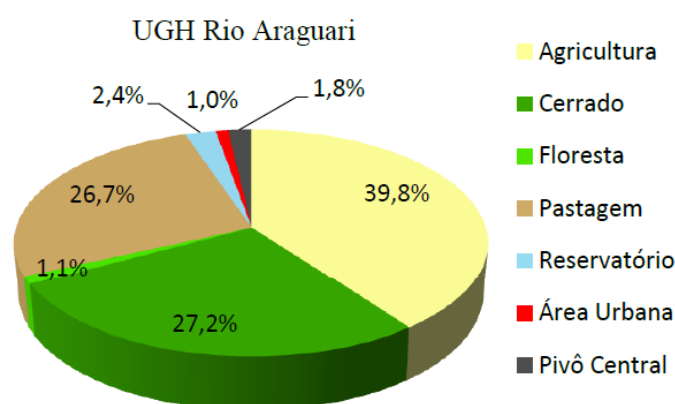
4.2.3.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari

Ao longo da história, o uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica vai se transformando e se ampliando. No século XX, a ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari era predominantemente atividade agropecuária, e havia o desenvolvimento de áreas urbanas, em especial Uberlândia. A partir da década de 50, iniciou-se a atividade cafeeira na região e empreendimentos de maior porte econômico, como a mineração em Araxá. Já nos anos 80, houve um desenvolvimento da agropecuária para

produção comercial em grande escala, em destaque a produção de grãos. Entre a década de 90 e o início do século XXI ocorreu um avanço na região de agricultura irrigada (ANA, 2015).

Atualmente, predomina-se na bacia hidrográfica do rio Araguari a atividade agrícola, onde ocupa 39,8% de área total da bacia, e a pecuária que ocupa 26,7% da área. Assim, no território da bacia, o uso agropecuário representa 69,4% da área, segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba (2013). A Figura 2 apresenta os principais usos e ocupações do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari.

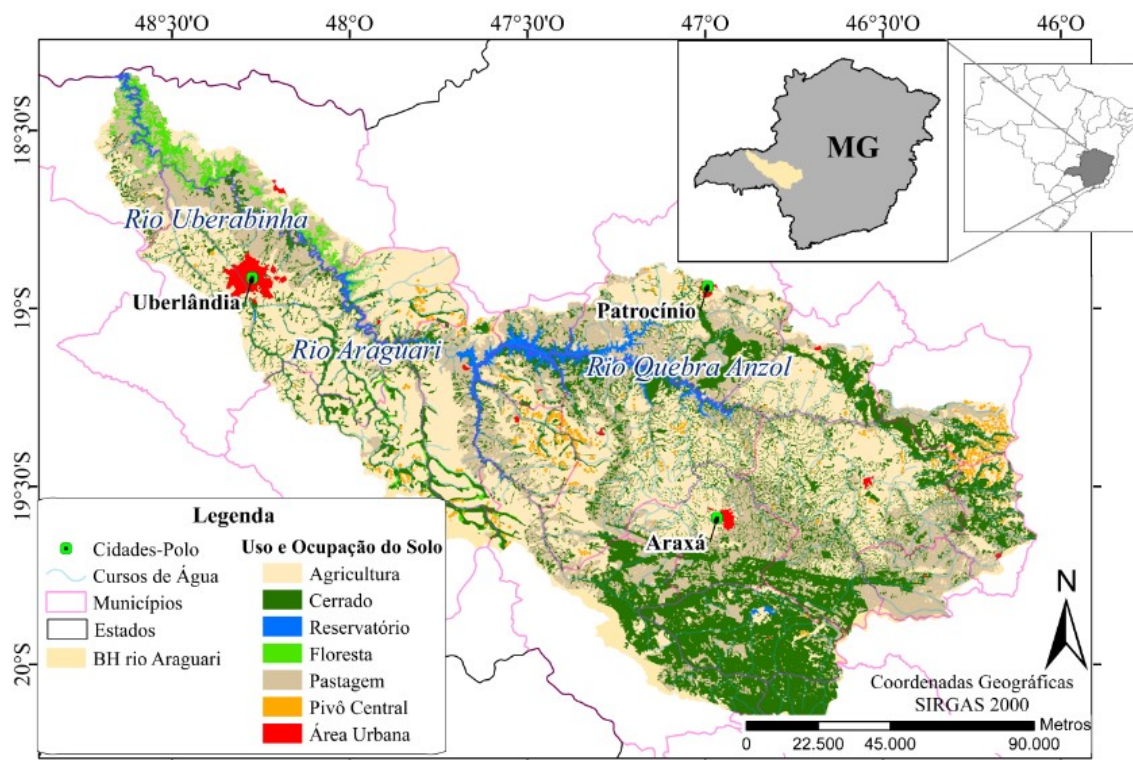
Figura 2 – Principais usos e ocupações do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari.



Fonte: Adaptada de CBH Paranaíba (2013).

A Figura 3 apresenta a situação atual da ocupação do solo, adaptado do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) que utilizou como base para elaboração do mapa o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar feito pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 2009, dados do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás (SIEG) de 2011 e a avaliação ambiental integrada da Empresa de Pesquisa Energética – EPE de 2007.

Figura 3 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari.



Fonte: Adaptado de SNIRH (2017).

As áreas de pastagem predominam o setor leste e as áreas de agricultura os demais setores, com grande concentração de pivôs centrais de irrigação na área central e extremo leste. A concentração de áreas do Cerrado está na porção sudeste, porém se encontra em fragmentos nas demais regiões. As principais áreas urbanas são os municípios de Uberlândia, Araxá, Araguari, Ibiá e Patrocínio (ANA, 2015; SNIRH, 2017).

4.3 Legislação hídrica no Brasil

Em 10 de julho de 1934, o Decreto nº 24.643 institui o Código de Águas, foi o primeiro dispositivo legal referente a água no Brasil. Teve como objetivo proteger a qualidade da água por meio do artigo nº 109, estabelecendo que nenhuma pessoa tinha o direito de conspurcar ou contaminar a água que não consome, com prejuízo a terceiros (CETESB, 2017b).

A Lei Federal nº 9.433 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) em 9 de janeiro de 1997, após dez anos de Constituição Federal de 1988. Conforme citado por BRAGA (2005), os objetivos da PNRH são assegurar a disponibilidade de água à atual e às futuras gerações com padrões de qualidade adequados, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos

e origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Para assegurar que os objetivos e princípios da PNRH fossem colocados em prática, previu-se a utilização de instrumentos, dentre eles o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, a outorga dos direitos e cobrança do uso de água e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, conforme a Lei Federal nº 9.433.

A responsabilidade de implementar a PNRH e coordenar a gestão das águas é do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo composto por órgãos como: Agência Nacional de Água; Comitê de Bacia Hidrográfica; Conselho de Recursos Hídricos Nacional, Estadual e do Distrito Federal; e outros (BRAGA, *et al.*, 2005).

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi editada em 17 de julho de 2000, criando Agência Nacional de Água (ANA). A ANA é outra instituição importante para gestão das águas no Brasil, pois apresenta a função de disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2017).

Em março de 2005, entrou em vigor A Resolução CONAMA nº 357, responsável por estabelecer a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes. Além disso, definiu treze classes de qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em que a água de melhor qualidade possui uso mais exigentes, considerando que este uso não prejudique a qualidade da água. Em 2011, a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 foi complementada e alterada pela Resolução CONAMA 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 (CETESB, 2017b).

No que diz respeito ao estado de Minas Gerais, onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Araguari, a Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008, dispôs sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais de domínio de Minas Gerais. A legislação federal (Resolução CONAMA nº 430 de 2011) é menos restritiva, devido à vasta extensão territorial e características distintas para definição dos parâmetros e características sobre lançamento de efluentes, e assim, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1 de 2008 é mais restritiva (IGAM, 2017a).

4.4 Enquadramento dos corpos hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos institui o enquadramento dos corpos de água em classes de acordo com os usos preponderantes da água como um dos seus instrumentos, com o objetivo de proteger a qualidade da água compatível com os usos mais exigentes e reduzir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, a definição de enquadramento é o:

“[...] estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo. (CONAMA, 2005, p.2). ”

Deste modo, o enquadramento dos corpos hídricos é essencial para manter o nível de qualidade ao longo do tempo, considerado como um instrumento de planejamento fundamental para atender às necessidades da sociedade (CONAMA, 2005, p.2).

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 classificou as águas do território nacional em águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,5%), salobras (salinidade maior que 0,05% e menor que 3,0%) e salinas (salinidade igual ou superior a 3,0 %). Em relação aos usos preponderantes, definiu treze classes, as águas doces possuem cinco classes (Especial e classes de 1 a 4), as águas salobras possuem quatro classes (Especial e classes de 1 a 3) e as águas salinas também possuem quatro classes (Especial e classes de 1 a 3). A classificação prevê que os usos mais nobres são a partir da classe especial e classe 4 apresenta os usos menos nobres, ou seja, a classe especial não é admitida nenhum tipo de lançamento de efluente (mesmo após tratamento) e da classe 1 à classe 4 são aceitos níveis crescentes de poluição (LIBÂNIO, 2010).

A Tabela 2 apresenta um resumo dos usos preponderantes nos corpos de água doce em cada classe, pois o estudo presente apenas lidou com águas doces.

Tabela 2 – Classificação de águas doces em função dos usos preponderantes, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Uso	Especial	1	2	3	4
Abastecimento para consumo humano	x (a)	x (b)	x (c)	x (d)	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	x				
Preservação de ambientes aquáticos em unid.de conservação de proteção integral	x				
Proteção de comunidades aquáticas		x (h)	x		
Recreação de contato primário (*)		x	x		
Irrigação		x (e)	x (f)	x (g)	
Aquicultura e atividade de pesca			x		
Pesca amadora				x	
Dessedentação de animais				x	
Recreação de contato secundário				x	
Navegação					x
Harmonia paisagística					x

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

Notas:

- a) Com desinfecção;
- b) Após tratamento simplificado;
- c) Após tratamento convencional;
- d) Após tratamento convencional ou avançado;
- e) Hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas crías sem remoção de película;
- f) Hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- g) Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- h) De forma geral, e em comunidades indígenas.
- (*) conforme Resolução CONAMA nº 274 de 2000 (balneabilidade)

No que concerne a água doce superficial de domínio do estado de Minas Gerais, a DN COPAM/CERH-MG nº 01 de 2008, estabelece a classificação conforme a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, também dividida em cinco classes (classe especial e classes de 1 a 4) como na Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Além disso, os tipos de usos preponderantes relacionadas a cada tipo de classe também são idênticos aos presentes na legislação federal.

4.5 Qualidade da água e seu monitoramento no Brasil

A água pura não está presente na natureza, ou seja, apenas composta de moléculas de hidrogênio e oxigênio. Como a água é um ótimo solvente, sempre contém substâncias

presentes na atmosfera, da litologia do terreno, da vegetação e de outros fatores intervenientes que alteram o seu grau de pureza (BRAGA, *et al.*, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), a qualidade de água é o resultado dos fenômenos naturais e da atuação humana, representada por parâmetros que descrevem as principais características físicas, químicas e biológicas. É fundamental ter este controle da qualidade da água para se assegurar condições e padrões de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes atuais e futuros.

No Brasil, a ANA é responsável por monitorar rios e reservatórios, desenvolver programas e projetos e oferecer um conjunto de informações com o objetivo de estimular a adequada gestão e o uso racional e sustentável dos recursos hídricos. Desse modo, a ANA apresenta o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas que visa conhecer sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil para auxiliar a elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos de água como rios e reservatório (ANA, 2017).

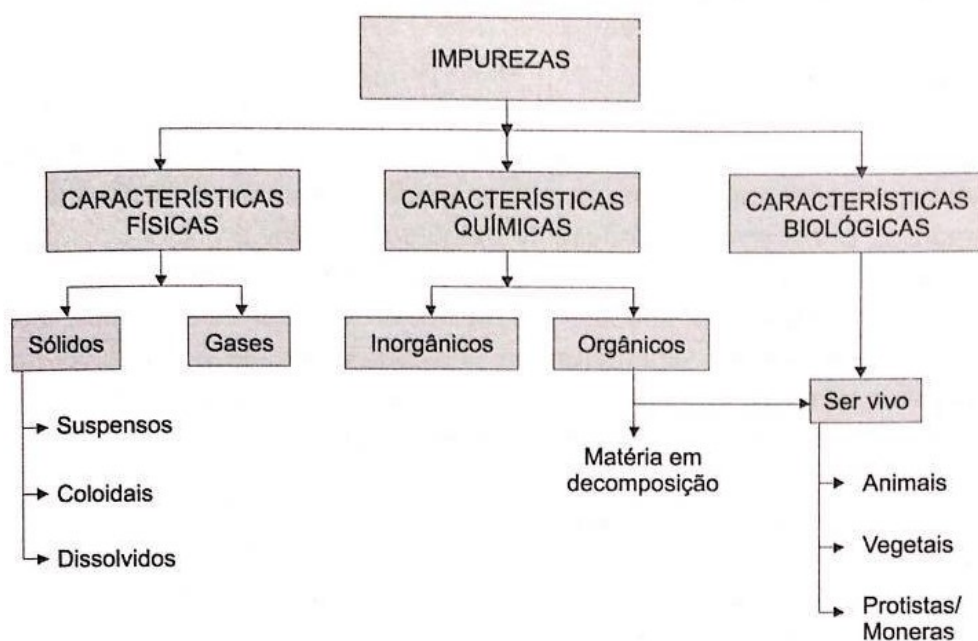
Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) apresenta um projeto, denominado Projeto Águas de Minas, responsável por monitorar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do estado. O órgão estadual também disponibiliza séries históricas de qualidade das águas para gerenciamento dos recursos hídricos (IGAM, 2017c).

No entanto, é difícil ter uma base de dados suficientes, considerando que o território brasileiro é vasto, a quantidade de parâmetros que devem ser monitorados é elevada. Por isso, quanto maior for a quantidade de estudos sobre monitoramento da qualidade da água, maior será o banco de dados e melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

4.5.1 Parâmetros de qualidade da água

De acordo com o Braga (2005), a qualidade da água é obtida por meio da análise de suas características físicas, químicas e biológicas, caracterizando as condições em que a água se encontra, para os mais variados usos. As principais características (ou impurezas) estão expressas na Figura 4.

Figura 4 – Impurezas contidas na água.



Fonte: Von Sperling (2014).

Neste trabalho de conclusão de curso utilizou-se para avaliação da qualidade da água o Índice de Qualidade da Água (IQA), e por isso, foram abordados no item 4.5.1.1 e 4.5.1.2 os parâmetros que são considerados nesta metodologia. Além disso, também foram analisados outros parâmetros que influenciam a condição da água.

4.5.1.1 Parâmetros físicos

— Turbidez

A turbidez consiste no grau de interferência da concentração de partículas suspensas (orgânicas e inorgânicas) na água obtida por meio da passagem de um feixe de luz através da amostra. Este parâmetro é expresso por unidade de turbidez (uT), que também é denominado por unidades nefelométrica de turbidez (UNT) (LIBÂNIO, 2010).

A turbidez pode ser proveniente de origem natural, como partículas de rocha, argila e silte ou algas e outros microrganismos, ou de origem antrópica, como lançamento de efluentes sanitários e industriais, e erosão. A turbidez natural de águas superficiais está na faixa de 3 a 500 uT, e em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento é reduzida e turbidez tende a ser inferior, é entorno de 10 uT (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

— Temperatura

A temperatura da água representa a magnitude de energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor à massa líquida, isto é, consiste na medição de intensidade de calor. A unidade de medida da temperatura no Brasil é em graus Celsius (°C). A temperatura é diretamente proporcional à velocidade das reações químicas, solubilidade das substâncias, concentração de oxigênio dissolvido e ao metabolismo de organismos presentes na água (LIBÂNIO, 2010; CETESB, 2009).

A temperatura da água normalmente se eleva por conta da transferência de calor por radiação, condução e convecção da atmosfera e do solo. Porém, também pode ocorrer alteração da temperatura da água por causa do lançamento de efluentes industriais e de água utilizada para resfriamento (VON SPERLING, 2005).

— Série de Sólidos

As impurezas presentes na água, com exceção dos gases, representam a carga de sólidos que permanecem como resíduo, após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra. Esse parâmetro é essencial para avaliar possíveis causas de danos à peixes e à vida aquática causados pelos sólidos. Afinal, esses sólidos podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos e podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia e conferir sabor às águas. O aumento significativo dos sólidos em suspensão eleva a turbidez da água, como mencionada anteriormente, gerando uma diminuição na entrada de luz solar nos cursos de água, e conseqüentemente, reduzindo a taxa de fotossíntese e comprometendo a produção de alimentos (CETESB, 2009; VON SPERLING, 2005).

Os sólidos totais (ST) são obtidos por meio da evaporação da água bruta em banho-maria e posterior secagem a 103-105 °C, sem que haja filtração da amostra. Os sólidos suspensos totais (SST) são obtidos após o processo de filtração, em que os sólidos superiores a 1,2 µm ficam retidos no filtro. Já os sólidos voláteis consistem nos sólidos totais, dissolvidos ou suspensos que volatilizam após a calcinação a 500-600 °C. A unidade de medida é a relação do peso dos sólidos com a quantidade de água utilizado no processamento de medição, sendo miligramas por litro [mg.L⁻¹] (LIBÂNIO, 2010).

4.5.1.2 Parâmetros químicos

— Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é considerado um dos parâmetros mais importantes, porque os organismos aeróbicos sobrevivem apenas na presença de oxigênio. Em casos onde não haja oxigênio, tem-se condições anaeróbias, comprometendo a vida aquática. A concentração de OD representa o percentual de concentração de saturação, pois, em valores absolutos não traduz as condições do corpo de água. O OD à saturação consiste na concentração teórica máxima àquela temperatura e pressão atmosférica (VON SPERLING, 2014). Portanto, o OD pode variar naturalmente, estando associado a processos físicos, químicos e biológicos. A unidade de medida de OD é de miligramas de oxigênio por litro de amostra (CETESB, 2009).

Em corpos hídricos que possuem velocidade mais elevada, costumam apresentar maiores concentrações de oxigênio dissolvidos do que em lagos e reservatórios, devido ao movimento da água que favorece o aporte de oxigênio atmosférico. Outro fator que reduz oxigênio dissolvido dos corpos de água é o consumo de oxigênio por meio da respiração natural de organismos aquáticos ou a durante a decomposição da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada, por parte dos microrganismos que utilizam o OD para seus processos respiratórios, podendo diminuir a disponibilidade de OD no meio líquido (LIBÂNIO, 2010).

— Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de radical hidroxila nas águas, indicando a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. O pH varia na faixa de 0 a 14. Em corpos de água, a alteração do pH pode representar um desequilíbrio nos compostos químicos contidos no meio aquático (VON SPERLING, 2014).

Segundo o livro Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água (2010), a alteração do pH pode ser de origem natural, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos e fotossíntese ou por influência da presença de matéria orgânica na água devido o processo de degradação da matéria orgânica gerar compostos ácidos (como ácido húmico).

— Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) consiste na quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição de microrganismos aeróbios para uma forma inorgânica estável. A sua determinação é feita com base na diferença da concentração de OD em uma amostra de água no período de cinco dias e na temperatura de 20 °C, sendo denominado como DBO_{5,20}. Dessa forma, os microrganismos transformam os compostos orgânicos biodegradáveis em produtos finais estáveis ou mineralizados (como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos etc). A unidade de medida é expressa em miligrama por litro de oxigênio dissolvido [mg.L⁻¹] (CETESB, 2009).

Teores elevados de matéria orgânica causados por lançamento de efluentes industriais e domésticos provocam aumento da DBO por consequência da degradação desta matéria orgânica pelos microrganismos (VON SPERLING, 2005). Portanto, a DBO representa indiretamente o teor de matéria orgânica em um curso de água.

— Fósforo total

O ortofosfato, o polifosfato e o fósforo orgânico são as formas como o fósforo pode se apresentar na água. O ortofosfato é o mais importante em qualidade da água, por ser assimilado por vegetais aquáticos (VON SPERLING, 2005).

O fósforo é um nutriente importante para os processos biológicos, denominado macronutrientes por ser necessário em elevada quantidade nas células. Sua origem pode ser naturalmente por dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica. No entanto, é um parâmetro importante para qualidade da água de corpos hídricos, pois, quando está presente em elevadas concentrações é indicativo de despejos domésticos, devido à presença de matéria orgânica fecal, e despejo industriais pela a presença de compostos como fertilizantes, pesticidas, conservas alimentícias, abatedouros e laticínios (CETESB, 2009; VON SPERLING, 2005).

O excesso de fósforo em corpos de água é um dos fatores que propicia o processo de eutrofização, pois o aumento de nutrientes e matéria orgânica eleva a fotossíntese e a respiração, havendo crescimento significativo de algas, e consequentemente, diminuindo o oxigênio dissolvido e a entrada da luz, e afetando a biodiversidade do ambiente aquático (BRAGA, *et al.*, 2005; VON SPERLING, 2005).

— Nitrogênio

O nitrogênio é encontrado em diversas formas no meio ambiente, especificamente no meio aquático, pode se apresentar na forma de nitrogênio molecular (N_2), capaz de escapar para atmosfera, nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Os nitrogênios orgânicos e amoniacais são as formas reduzidas e o nitrito e nitrato são as formas oxidadas do nitrogênio (VON SPERLING, 2005).

A amônia ionizada (NH_4^+) é característica de ambiente anóxico, indicando uma intensa mineralização da matéria orgânica. Já o nitrito (NO_2^-) em altas concentrações indica intensa atividade bacteriana. Por fim, os nitratos (NO_3^-) estão presentes nos últimos estágios da decomposição biológica, e são tóxicos, causando doenças como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) (VON SPERLING, 2005).

De acordo com a CETESB (2009), as formas do nitrogênio são indicativas do estágio que se encontra a poluição, de modo que:

[...] se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecerem o nitrito e o nitrato, denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (CETESB, 2009, p. 25).

Os compostos do nitrogênio são macronutrientes por serem necessários em elevadas quantidades para os seres vivos. Portanto, o incremento dos compostos de nitrogênio nos cursos de água provoca crescimento intenso de plantas aquáticas, podendo alcançar níveis causadores de interferências aos usos desejáveis do corpo de água (VON SPERLING, 2005).

4.5.1.3 Parâmetros biológicos

— *Escherichia Coli*

A *Escherichia coli* é o principal microrganismo do grupo de coliformes termotolerantes, indicativo exclusivo de contaminação fecal. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, a *E. coli* é:

[...] bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do 2 grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (CONAMA, 2005, p. 2-3).

Portanto, a *E. coli* é utilizado como indicador de contaminação fecal, por estar em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros (CETESB, 2009).

Por ser um indicativo de contaminação fecal, neste estudo trabalho de conclusão de curso foi utilizado o parâmetro *E. Coli*.

4.5.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

4.5.2.1 Histórico do IQA

Pesquisadores procuram desenvolver metodologias de interpretações de parâmetros de qualidade da água, de modo simplificado. Neste contexto, a metodologia de Delphi foi desenvolvida. O seu processo de elaboração foi por meio da aplicação de um questionário, feito por um grupo de especialistas sobre determinado assunto (diversos tipos de problemas), em que por meio das respostas foi realizado outro questionário, dando a oportunidade dos especialistas revisarem as suas respostas (LIBÂNIO, 2010).

A partir da metodologia de Delphi, o Índice de Qualidade da Água (IQA) foi elaborado pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos. Foi baseado em questionários feitos à profissionais da área de qualidade da água, que escolheram entre 35 parâmetros de qualidade da água, quais deveriam ser incluídos, não incluídos ou estavam indecisos sobre o parâmetro. Quando consideravam que o parâmetro deveria ser incluído na metodologia, eles tinham que atribuir um peso ao parâmetro, entre a faixa de 1 a 5. Após o processo de respostas dos questionários, definiu-se nove parâmetros, com seus respectivos pesos (LIBÂNIO, 2010). Ao final, o resultado do IQA é obtido pela classificação entre 0 a 100 do índice (VON SPERLING, 2014).

Logo, o IQA foi desenvolvido com o intuito de ser um indicador para análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos que possibilitasse uma forma simples de interpretação da qualidade das águas em corpos hídricos ao público em geral.

4.5.2.2 IQA aplicado no Brasil

No Brasil, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) foi a primeira a utilizar IQA para avaliação da qualidade das águas, principalmente, para abastecimento público no estado. A CETESB adaptou o índice elaborado pelo *National Sanitation Foundation* (NSF). Modificou o parâmetro nitrato para nitrogênio total (amônia, nitrato e nitrito), pois consideraram que o nitrogênio se apresenta na água de várias formas, não somente na forma de nitrato (CETESB, 2017a).

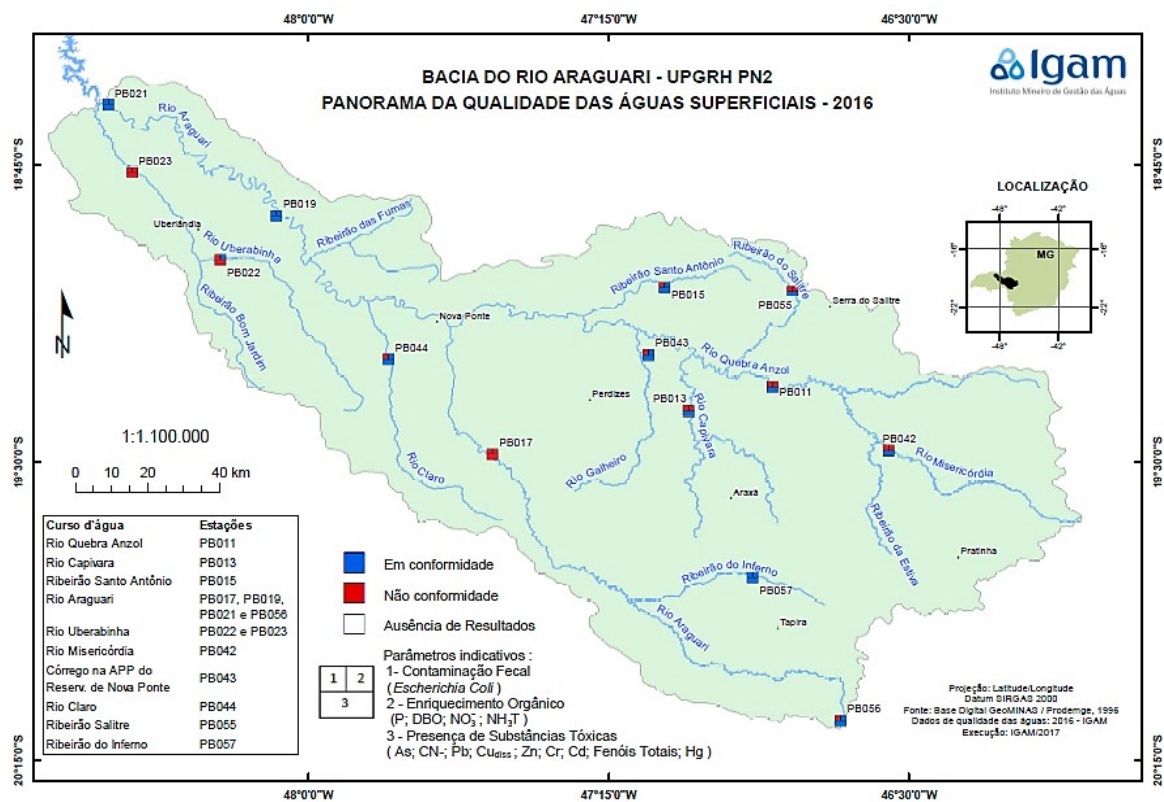
Em Minas Gerais, o IQA também é utilizado para a avaliação da qualidade das águas nos cursos superficiais pela Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) desde 1997, em parceria com Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). O IGAM

considera os mesmos parâmetros e seus respectivos pesos adotados pela NSF. Em 2013, o parâmetro coliforme termotolerante foi substituído para *Escherichia coli* (IGAM, 2017c).

Dessa forma, os parâmetros considerados pela IGAM são: oxigênio dissolvido (OD); *Escherichia coli*; potencial hidrogeniônico (pH); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); temperatura da água; turbidez; fósforo total; nitrato; e sólidos totais.

Em 2016, o IGAM disponibilizou dados de qualidade da água superficial do estado de Minas Gerais do ano de 2015, onde apresentou a avaliação dos dados por meio do IQA. Como neste trabalho de conclusão de curso, a área de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Araguari, a Figura 5 apresenta os pontos que o IGAM realizou o monitoramento da qualidade da água superficial no ano de 2016 na bacia hidrográfica do rio Araguari e a Figura 6 apresenta os resultados dos IQA e os parâmetros que não se apresentaram em conformidade com a legislação nacional de cada ponto monitorado pelo IGAM no ano de 2015 e 2016.

Figura 5 - Pontos de monitoramento de qualidade da água superficial do IGAM na bacia hidrográfica do rio Araguari.



Fonte: IGAM (2017c).

Figura 6 - Resultados de IQA na bacia hidrográfica do rio Araguari em 2015 e 2016, de acordo com o monitoramento realizado pelo IGAM.

Bacia Hidrográfica	UPGRH	Corpo de água	Estação	Municípios	IQA		PARÂMETROS QUE NÃO ATENDERAM O LIMITE LEGAL		
							Mapa do Panorama de Qualidade das Águas em 2016		
					2015	2016	Parâmetros indicativos de:		
							Contaminação Fecal	Enriquecimento orgânico	Substâncias tóxicas
Rio Paranaíba	PN2 - Rio Araguari	Córrego da estação ambiental CEMIG	PB043	PERDIZES	64	66,7	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Ribeirão do Inferno	PB057	TAPIRA	81,9	80,2	---	---	---
		Ribeirão Salitre	PB055	PATROCÍNIO	63,4	69,3	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Ribeirão Santo Antônio (PN2)	PB015	PATROCÍNIO	70,3	65,2	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio Araguari	PB017	SACRAMENTO, SANTA JULIANA	70,3	61,4	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Chumbo total.
			PB019	ARAGUARI, UBERLÂNDIA	84,2	83,9	---	---	---
			PB021	ARAGUARI, TUPACIGUARA	79,5	81,4	---	---	---
			PB056	SÃO ROQUE DE MINAS	78,8	68,2	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio Capivara	PB013	PERDIZES	58,5	55,4	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Rio Claro	PB044	UBERABA	74,7	71,5	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio Misericórdia	PB042	IBIÁ	50	58,2	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Rio Quebra Anzol	PB011	PERDIZES, SERRA DO SALITRE	63,1	60,7	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Rio Uberabinha	PB022	UBERLÂNDIA	74,8	68,8	<i>Escherichia coli.</i>	---	Cianeto Livre.
			PB023	UBERLÂNDIA	48	50	<i>Escherichia coli.</i>	Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo total.	Cianeto Livre.

Fonte: Adaptado do IGAM (2017c).

Nota: As cores representam a situação da qualidade da água de acordo com a classificação do IQA, sendo azul é excelente, verde é bom, amarelo é médio, laranja é ruim e vermelho é muito ruim.

Os resultados obtidos do monitoramento de qualidade da água feito pelo IGAM em 2015 mostraram que a bacia hidrográfica do rio Araguari apresenta em sua maior parte uma classificação de bom a médio, podendo ser utilizado para o abastecimento público após tratamento convencional, porém alguns pontos apresentam *Escherichia coli* e fósforo total acima do permitido. Todavia, existe um ponto que permanece com a classificação de ruim, entre 2014 e 2015, localizado no rio Uberabinha.

O entendimento da situação atual da bacia hidrográfica do rio Araguari permite conhecer o comportamento da qualidade de água superficial ao longo do tempo e avaliar as possíveis causas de alterações.

4.6 Metais potencialmente tóxicos

Conforme a concentração e o tempo de exposição, um metal pode proporcionar risco à saúde humana e ao ambiente. A denominação de metal pesado é dada, principalmente, para os elementos químicos: arsênio; cromo; cobre; mercúrio; magnésio; selênio, chumbo; cádmio; zinco; cobalto; níquel; molibdênio; e prata (VON SPERLING, 2005).

Alguns elementos são importantes para as funções da biota aquática. Os elementos como arsênio, cobalto, cromo, selênio e zinco são considerados micronutrientes por serem necessários em pequenas quantidades. Deste modo, dependendo do tipo de metal, concentração e tempo de exposição, os metais pesados podem apresentar grau de toxicidade aos organismos. São provenientes de lançamento de efluentes industriais, fertilizantes e da lixiviação de áreas de garimpo e mineração ou ocorrem naturalmente no solo (LIBÂNIO, 2010).

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 estabelece as concentrações máximas de elementos inorgânicos, estando entre eles os metais pesados, para cada classe de corpo hídrico.

Neste trabalho de conclusão de curso, foram analisados os elementos químicos: cádmio (Cd); chumbo (Pb); cobre (Cu); cromo (Cr); e zinco (Zn). A Tabela 3 apresenta as fontes de contaminação e os efeitos sobre a saúde de cada metal pesado.

Tabela 3 - Elementos químicos e suas respectivas fontes de contaminação e possíveis efeitos.

Elemento Químico	Fonte de contaminação	Efeitos
Cádmio	Despejos industriais, como de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, e por fertilizantes e poluição do ar local.	Cancerígeno, provoca elevação da pressão sanguínea e aumento do coração. Queda de imunidade. Enfraquecimento ósseo. Osteoporose. Dores nas articulações. Anemia. Perda de olfato. Aumento de próstata.
Chumbo	Baterias de automóveis, tintas, combustíveis, vegetais tratados com agrotóxicos, fígado bovino, cigarros, pesticidas, tinturas para cabelo, papel de jornal e anúncios coloridos, fertilizantes, cosméticos e poluição do ar	Causa sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias. Sangramento gengival, dores abdominais, náuseas, insônia, alterações de inteligência, doenças renais, anemias e problemas de coagulação.
Cobre	Presente em tubos, válvulas, acessórios para banheiro. No meio ambiente são fontes minas de cobre, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais	Oxidação de vitamina A e diminuição de vitamina C, provoca dores musculares, distúrbios no aprendizado, depressão e fadiga. São nocivos principalmente para peixes.
Cromo	Curtição de couros, galvanoplastias.	Dermatites, úlceras cutâneas, inflamação nasal, câncer de pulmão e perfuração do septo nasal.
Zinco	Presente em ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus	Sabor metálico na boca, dores de cabeça, vômitos e diarreia. Reduz a eficácia de antibióticos e de outros medicamentos. Prejudica o sistema respiratório de peixes.

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005) e CETESB (2009).

5 METODOLOGIA

5.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Araguari é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Encontra-se na porção oeste do estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Possui uma área total de 21.063 km², correspondente a aproximadamente 6,0% da área total de Minas Gerais. A área da bacia hidrográfica contém os municípios: Araxá; Campos Altos; Ibiá; Indianópolis; Nova Ponte; Patrocínio; Pedrinópolis; Perdizes; Pratinha; Santa Juliana; São Roque de Minas; Serra do Salitre; Tapira; e Uberlândia (CBH PARANAÍBA, 2013). Os principais rios da bacia são o rio Araguari, rio São João (ou Quebra-Anzol), rio Capivara e rio Uberabinha (CCBE, 2014).

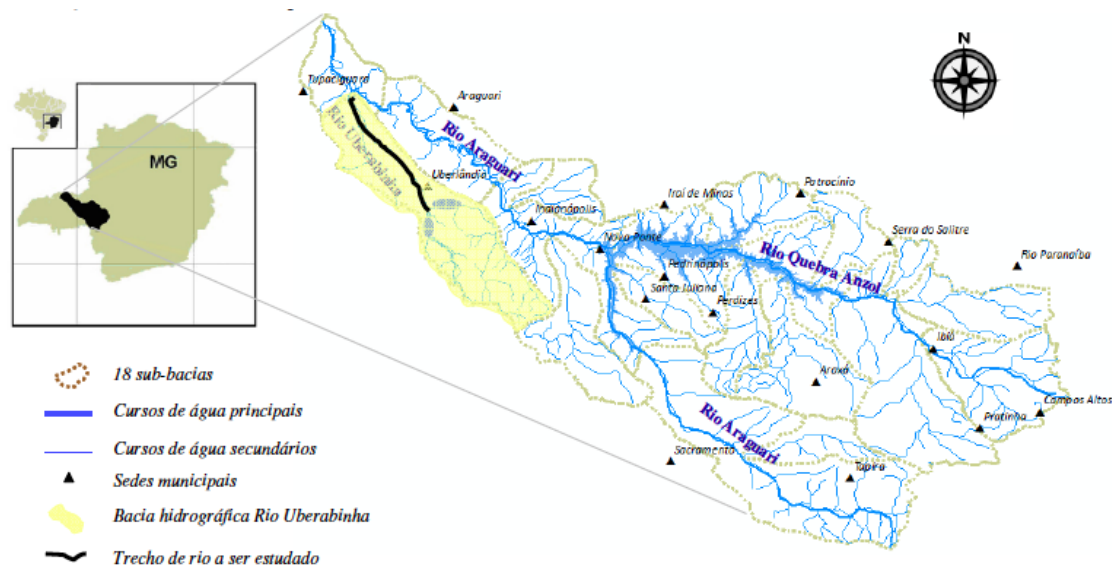
Neste presente estudo, os rios, no qual foram realizadas as coletas de amostra de água para análise da qualidade na bacia hidrográfica do rio Araguari na região do Triângulo Mineiro são o rio Araguari e o rio Uberabinha.

O rio Araguari nasce no Parque da Serra da Canastra, no município de São Roque de Minas, e percorre região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, aproximadamente 475 km para desaguar no rio Paranaíba. Ao longo do seu curso, o rio Araguari apresenta hidrelétricas instaladas, de montante a jusante, a usina hidrelétrica de Nova Ponte, Miranda, Capim Branco I e Capim Branco II (SALLA, *et al.*, 2014).

O rio Uberabinha nasce em Uberaba, percorre o município de Uberlândia e Tupaciguara até a sua foz no rio Araguari, totalizando 149,8 km de curso de água. Atualmente, o rio é utilizado para o abastecimento público de Uberlândia (SILVA, 2016).

A Figura 7 apresenta a localização da bacia hidrográfica do rio Araguari com seus principais afluentes.

Figura 7 - Localização da bacia hidrográfica do rio Araguari.



Fonte: Salla, *et al.* (2014).

Em relação ao bioma da região, a bacia apresenta a ocorrência do bioma Cerrado e Mata Atlântica. Entretanto, a vegetação remanescente representa 28,6% da área original, devido às atividades econômicas no território. As principais atividades da bacia hidrográfica do rio Araguari são agricultura, pastagem e com algumas áreas menores dispersas de floresta. Existem áreas urbanas ao longo da bacia, em destaque os municípios Uberlândia, Araxá, Patrocínio, Ibiá e Araguari (CBH PARANAÍBA, 2013).

5.2 Localização dos pontos de monitoramento

Foram definidos oito pontos de amostragem ao longo da bacia hidrográfica do rio Araguari. Estabeleceu quatro pontos de amostragem no médio e baixo curso do rio Uberabinha (afluente do rio Araguari) e quatro pontos no médio curso do rio Araguari.

No que se refere ao rio Uberabinha, as coletas foram realizadas no trecho do rio que passa pela área urbana do município de Uberlândia. Já os pontos de coleta na calha do rio Araguari se encontraram entre a jusante da usina hidrelétrica de Nova Ponte e a montante da usina hidrelétrica de Capim Branco. No próprio rio Araguari foram realizadas coletas em dois pontos, e os demais pontos de coleta estavam localizados no rio Claro (afluente do rio Araguari) e outro ponto no ribeirão das Furnas (próximo a sua foz no rio Araguari).

As localizações das amostragens foram definidas com base nas condições de acesso e na tentativa de manutenção da equidistância entre os pontos. A Tabela 4 apresenta as coordenadas geográficas dos oito pontos de amostragem.

terceiro ponto de amostragem (Ponto 3) foi disposto em um afluente do rio Araguari, neste caso, no ribeirão das Furnas, já na proximidade do seu desaguamento no rio Araguari, a jusante da passagem da balsa no rio Araguari e a montante da usina hidrelétrica de Miranda. E por fim, no quarto ponto (Ponto 4), as coletas foram realizadas no trecho do rio Araguari onde há uma ponte de travessia da rodovia BR 365, à montante da usina hidrelétrica de Capim Branco I.

Os pontos de coleta no rio Uberabinha, no sentido da nascente à foz, no rio Araguari, o primeiro ponto (Ponto 5) foi estabelecido no trecho de passagem do rio na ponte presente no clube Caça e Pesca, sendo um ponto relativamente à montante da concentração da área urbana de Uberlândia, pois a jusante deste ponto o rio Uberabinha apresenta área urbana nas suas duas margens. O segundo ponto de coleta (Ponto 6) no rio Uberabinha foi disposto no anel viário no distrito industrial de Uberlândia, a montante do aterro sanitário e da estação de tratamento de efluente (ETE Uberabinha) de Uberlândia. O terceiro ponto (Ponto 7) foi posicionado a jusante do aterro sanitário e da ETE Uberabinha, onde na sua margem esquerda estava a Fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia. Por último, o quarto ponto (Ponto 8) de coleta no rio Uberabinha se localizou no distrito de Martinésia, do município de Uberlândia, em uma ponte sobre o rio.

As Figuras 9 a 16 apresentam imagens dos pontos de coleta de água superficial realizados neste estudo.

Figura 9 – Ponto 1 Rio Claro.



Fonte: Google Earth (2017)

Figura 10 – Ponto 2 Balsa.



Fonte: Autor (2017).

Figura 11 – Ponto 3.



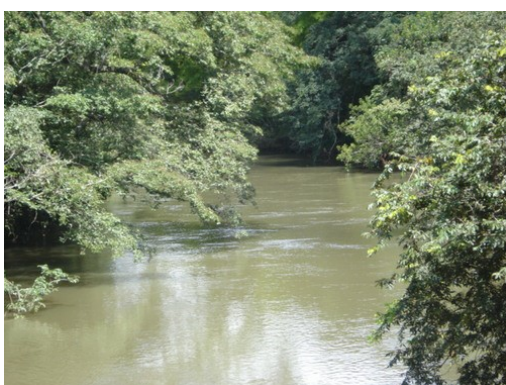
Fonte: Autor (2017).

Figura 12 – Ponto 4.



Fonte: Google Earth (2017).

Figura 13 – Ponto 5 Caça e Pesca.



Fonte: Google Earth (2017).

Figura 14 – Ponto 6 Anel Viário.



Fonte: Google Earth (2017).

Figura 15 – Ponto 7 Capim Branco.



Fonte: Autor (2017).

Figura 16 – Ponto 8 Martinésia.



Fonte: Autor (2017).

5.3 Coleta de amostras de água

As coletas de amostras de água foram realizadas uma vez por mês, normalmente na terceira semana do mês. As coletas iniciaram em julho de 2016 até junho de 2017, totalizando dez campanhas de amostragens. No mês de agosto de 2016 e janeiro de 2017 não houveram coletas, devido ao período de férias e manutenção de equipamentos,

impossibilitando a realização de boa parte dos parâmetros necessários para análise da qualidade da água das amostras. A Figura 17 apresenta uma imagem da coleta realizada por este estudo.

Figura 17 – Coleta de água no ribeirão das Furnas (ponto 3).



Fonte: Autor (2017).

As coletas de água foram realizadas no período da manhã. As amostras de água foram acondicionadas em vidrarias, colocadas em caixas de isopor contendo gelo e transportadas até o Laboratório de Saneamento (LABSAN) da Faculdade de Engenharia Civil – FECIV da UFU. A caixa de isopor contendo gelo apresentava a função de preservar a temperatura das amostras. A Figura 18 mostra o acondicionamento das vidrarias dentro das caixas de isopor no transporte fornecido pela UFU até o LABSAN.

Figura 18 – Acondicionamento das vidrarias utilizadas na coleta de amostras de água.



Fonte: Autor (2017).

Como forma de garantir e preservar as características das amostras, desde a coleta até o momento da análise dos parâmetros, seguiu-se as recomendações de procedimento e prazos preconizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da ABNT NBR 9898 de 1987. As principais recomendações para amostragem, acondicionamento e análise estão dispostas na Tabela 5.

Tabela 5 – Recomendações para amostragem, acondicionamento e análise de parâmetros.

Parâmetro	Volume mínimo	Preservação	Prazo para análise
DBO	2000 mL	Refrigerar a 4°C	7 d
<i>E. coli</i>	100 mL	Manter refrigeração de 4 °C a 8°C	Até 24h
Fósforo Total	200 mL	H ₂ SO ₄ até pH < 2 refrigerar a 4°C	28 d
Nitrato	200 mL	H ₂ SO ₄ até pH = 2 refrigerar a 4°C	48 h
Nitrito	100 mL	Refrigerar a 4°C	74 h
Nitrogênio amoniacal	1000 mL	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2 refrigerar a 4°C	24 h
Oxigênio dissolvido	300 mL	2 mL de sulfato mangonoso e 2 mL de solução alcalina iodeto-azida	8 h
pH	200 mL	Refrigerar a 4°C	6 h
Sólidos Totais	1000 mL	Refrigerar a 4°C	7 d
Temperatura	Medida <i>in situ</i>	----	
Turbidez	200 mL	Refrigerar e manter ao abrigo de luz	24 h
Metais	---	Adição de 1 mL de ácido nítrico (HNO ₃)	180 d

Fonte: ABNT NBR 9898 (1987); ABNT NBR 13809 (1997).

Nas coletas foram usados dois recipientes de vidro, com volume de 1 L cada, para a coleta superficial da água para as análises de fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, pH, ST e turbidez. Os dois recipientes de vidro, com rolha esmerilhada e capacidade de 375 mL, foram utilizados para a coleta superficial da água para análise de oxigênio dissolvido e metais. Os sacos de plásticos esterilizados foram empregados nas coletas de amostras de água superficial para análise de *E. coli*. A Figura 19 mostra os recipientes utilizados para coleta de água para análise de oxigênio dissolvidos.

Figura 19 – Vidrarias utilizadas para acondicionamento de amostra de água para análise de oxigênio dissolvido.



Fonte: Autor (2017).

No momento de coletar as amostras os frascos eram direcionados de modo a ficarem contra a corrente do curso de água e eram realizadas ambientações de todos os frascos, isto é, os frascos eram mergulhados rapidamente de boca para baixo cerca de 15 a 30 cm para evitar a introdução de contaminantes superficiais e para o enchimento dos mesmos. Entretanto, as ambientações não foram realizadas para os frascos de oxigênio dissolvido e nos sacos de *E. coli*. Afinal, na coleta de água para análise de OD evitou-se turbulência da água para que não houvesse interferência do oxigênio dissolvido na amostra. Já para *E. coli*, o contato físico com outros materiais foi o mínimo possível para que não houvesse a contaminação causada por outras fontes.

5.4 Parâmetros analisados

Foram analisados os nove parâmetros de qualidade da água utilizados para determinação IQA proposto pelo IGAM, sendo os parâmetros: turbidez; pH; sólidos totais; oxigênio dissolvido; nitrato; fósforo total; DBO_{5,20}; *E. coli*; e temperatura.

Além disso, a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e a Deliberação Normativa do COPAM/CERH nº 01 de 2008 estabelecem valores máximos ou mínimos dos parâmetros de qualidade da água conforme a classe do curso de água em questão. Desse modo, acrescentou-se mais parâmetros a serem analisados, como forma de comparação com os critérios definidos pela legislação nacional e estadual com a realidade do curso de água, sendo os parâmetros: nitrogênio amoniacal; e nitrito. Também foram analisados os metais pesados, cinco metais potencialmente tóxicos: cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu),

cromo (Cr) e zinco (Zn). Totalizando, doze parâmetros analisados, considerando os metais pesados como um parâmetro.

5.4.1 Análise dos parâmetros físicos químicos e biológicos

As medições de temperatura, pH, sólidos dissolvidos totais (SDT) e turbidez foram realizadas por meio de um equipamento de medição de multiparâmetros, denominado Medidor Multiparâmetro para Análise de Água (Sonda - Sensor Hanna). Esse equipamento foi utilizado no próprio local de coleta de amostra de água, e seus resultados foram anotados no momento da amostragem.

A partir da coleta de fevereiro de 2017, o Medidor Multiparâmetro foi enviado para manutenção. Desta maneira, os resultados dos parâmetros que foram obtidos pelo respectivo equipamento passaram a ser adquiridos por outras metodologias.

Os resultados de sólidos totais até a coleta de dezembro de 2016 foram obtidos por meio da somatória dos resultados de SDT (analisado na sonda multiparâmetros) e SST (analisado pelo método gravimétrico). A partir de fevereiro de 2017, os dados de ST passaram a ser obtidos por meio da somatória dos resultados de SDT e SST, ambos adquiridos pelo método gravimétrico. No entanto, durante as análises, observou-se que os resultados de SDT diferiram drasticamente dos resultados obtidos por meio da sonda multiparâmetros. Desse modo, a partir de abril de 2017, os dados de ST passaram a ser adquiridos diretamente por meio do método gravimétrico, e não mais por somatórias de outros resultados, mas de forma complementar, continuou-se realizando as análises de sólidos em suspensão, e assim, obteve-se indiretamente os resultados de SDT (subtração dos sólidos em suspensão em relação aos sólidos totais).

Quanto ao parâmetro de temperatura, os dados foram adquiridos com o uso de um termômetro de mercúrio no próprio curso de água a partir da coleta de fevereiro de 2017. Os demais parâmetros foram analisados no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) na Universidade Federal de Uberlândia. As normas e as metodologias adotadas para cada variável estão contidas na Tabela 6.

Tabela 6 – Normas e metodologias adotadas para análise de cada parâmetro.

Parâmetro	Resolução	Método
DBO	Sistema de determinação por diferença de pressão OxiTop IS 6	Aparelho próprio para a análise de DBO (<i>OxiTop® measuring system</i>)
<i>Escherichia coli</i>	Standard Methods for the examination of water & wastewater (21 ^a Edição) – 9221 A	EC-MUG medium
Fósforo Total	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12772, novembro de 1992.	Colorimétrico por redução do ácido ascórbico
Nitrato	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12620, setembro de 1992.	Ácido fenoldissulfônico
Nitrito	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12619, agosto de 1992.	Sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina
Nitrogênio amoniacal	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10560, dezembro de 1988.	Nesslerização
Oxigênio dissolvido	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10559, dezembro de 1988.	Iodométrico de Winkler modificado pela azida.
pH	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9251, fevereiro de 1986.	Aparelho de medição de pH (Hanna HI 8314)
Sólidos Totais	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10664, abril de 1989.	Método gravimétrico
Sólidos dissolvidos totais	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10664, abril de 1989.	Método gravimétrico
Sólidos em suspensão totais	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10664, abril de 1989.	Método gravimétrico
Turbidez	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 17025.	Aparelho turbidímetro AP2000 - Policontrol
Metais	ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13809, abril de 1997 (Tratamento preliminar de amostras para determinação de metais)	Aparelho de Absorção atômica/emissão em chama

Fonte: Autor (2017).

O OD por ser um procedimento de titulometria foi necessário realizar o cálculo da concentração a partir da quantidade de reagente utilizado. No item 5.4.1.1 está descrito o cálculo feito para obtenção dos resultados de OD.

5.4.1.1 Cálculo de OD

A metodologia de Winkler consiste na determinação de oxigênio dissolvido na água por meio da sua capacidade em oxidar Mn^{2+} (formando um precipitado). No

laboratório, adicionou-se na amostra ácido sulfúrico, para liberação de iodo elementar, foi titulada por uma solução de tiosulfato de sódio.

A equação (1) determinou a concentração de oxigênio dissolvido em cada amostra.

$$\text{mg O}_2/\text{L} = \frac{V_1 \times n \times 8000}{V_2} \quad (1)$$

Em que: V_1 é o volume da solução de tiosulfato de sódio gasto na titulação, em mL; V_2 é o volume da amostra titulada, em mL; n é a normalidade da solução de tiosulfato sódio.

Determinou-se V_2 igual a 50 mL para todas as amostras. Já a normalidade da solução de tiosulfato sódio foi apurado no laboratório, onde o seu valor foi igual a 0,06815.

5.5 Avaliação estatística de dados de monitoramento

Os ensaios de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo total, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e sólidos totais foram todos realizados em triplicata, isto é, para análise de um parâmetro em um ponto (em cada campanha) foi realizado o ensaio em três amostras. Afinal, para realizar o monitoramento deve-se fazer com base em várias amostras para obter uma tendência dos resultados, e consequentemente, reduzir a possibilidade de erros.

Para caracterizar os dados das amostras, utilizou-se estatística básica. A estatística básica permite avaliar a medida de tendência central. Sendo assim, a caracterização dos dados foi feita por meio de média aritmética, como mostra a equação (2).

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{n} \quad (2)$$

Em que: $\bar{X}$ é média aritmética das três amostras; X_1 , X_2 e X_3 são resultados de cada amostra; n é o número de amostras.

Considerando os parâmetros que foram analisados em triplicata, deve-se ressaltar que dos três valores encontrados existe a possibilidade de um valor diferir consideravelmente dos demais. Caso ocorra um valor discrepante dos demais, a média é afetada de modo a ser deslocada erroneamente. Por isso, foi necessário que houvesse uma avaliação dos resultados obtidos, de forma a rejeitar um resultado discrepante dos demais. Resultados discrepantes podem acontecer por procedimentos incorretos na análise do parâmetro

(descartados no momento da análise), na coleta ou por razões não percebidas no momento da análise (VON SPERLING, 2014).

Para rejeição de resultado, quando necessário, recomendou-se a aplicação do Teste Q de Dixon. O teste tem como objetivo de detectar a presença de *outliers* (valor atípico) por meio da diferença entre os valores máximos e mínimos e seus valores vizinhos. Normalmente, o teste é utilizado para pequeno grupo de amostragem, entre 3 e 25 (ANDRIOTTI, 2005).

Portanto, o teste Q consiste na comparação entre diferença do valor discrepante e o seu vizinho mais próximo. A equação (3) apresenta o cálculo que foi obtido o cociente de rejeição e comparado com o cociente de rejeição crítico (tabelado).

$$Q = \frac{|\text{valor}_{\text{suspeito}} + \text{valor}_{\text{vizinho}}|}{\text{valor}_{\text{maior}} + \text{valor}_{\text{vizinho}}} \quad (3)$$

Em que: Q é cociente de rejeição; $\text{valor}_{\text{suspeito}}$ é o menor ou maior valor discrepante dos demais; $\text{valor}_{\text{vizinho}}$ é o valor mais próximo do maior ou menor valor discrepante dos demais; valormaior é máximo valor obtido nas amostras; valormenor é mínimo valor obtido nas amostras.

Primeiramente, colocou-se os valores em ordem crescente e determinou-se a faixa de diferença existente entre o maior e menor valor e a diferença em módulo entre o menor ou maior valor da série e o resultado mais próximo. Após realizar o cálculo da equação (3) e obter o valor do cociente de rejeição, foi possível compará-lo com o cociente crítico (tabelado). O cociente crítico foi obtido por meio da relação entre o grau de confiança adotado e o número de amostras. A Tabela 7 apresenta o valor crítico para o cociente de rejeição ($Q_{\text{crít}}$), considerado para três amostras e com grau de confiança de 95% (adotado).

Tabela 7 – Valor Crítico para o cociente de rejeição com grau de confiança de 95%.

Nº de Amostras	$Q_{\text{crít}}$
	95% de Confiança
3	0,970

Fonte: Adaptado de Miller (2010).

Caso o cociente obtido seja maior que o cociente crítico, o menor ou maior valor foi rejeitado. Como os ensaios foram feitos em triplicatas, o teste foi realizado somente uma vez para avaliar o resultado duvidoso.

5.6 Enquadramento dos corpos hídricos superficial da bacia hidrográfica do rio Araguari

Na esfera nacional, o enquadramento é de responsabilidade do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGREH, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos. O procedimento é conforme o plano de recursos hídricos da bacia e os planos de recursos hídricos estadual, municipal e nacional. Neste cenário, a bacia hidrográfica do rio Araguari possui apenas alguns cursos de água enquadrados, como mostra a Figura 8.

Com base no SNIRH, o rio Araguari e o rio Uberabinha possuem enquadramento. No caso do rio Araguari, apresenta trechos com classe especial, 1 e 2, porém os pontos de coleta das amostras de água foram realizados somente no trecho da classe 2. Já o rio Uberabinha possui dois trechos com enquadramento distintos, de modo que os pontos de coleta foram posicionados no trecho de classe 2. Porém, os afluentes do rio Araguari, o rio Claro e ribeirão das Furnas não possuem enquadramento. Dessa forma, os cursos de água não enquadrados, conforme a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, são considerados de classe 2.

Logo, realizou-se a avaliação de qualidade de água em cursos de água de classe 2, que possuem usos preponderantes como o abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, conforme o estabelecido para esta classe na Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

5.7 Limites estabelecidos pela legislação Nacional e Estadual

Foram utilizados como referência os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01 de 2008, para avaliar os resultados dos parâmetros em cada ponto amostrado. De acordo SNIRH, os rios Uberabinha e Araguari se enquadram na classe 2 e adotou-se os afluentes do rio Araguari com o mesmo enquadramento.

A Tabela 8 apresenta os limites estabelecidos dos parâmetros de qualidade de água pela legislação nacional e estadual para classe 2.

Tabela 8 - Limites estabelecidos para classe 2 de águas doces pela Resolução CONAMA 357/05 e a DN COPAM/CERH 01/08 para os parâmetros avaliados neste estudo.

Parâmetros	CONAMA nº 357 de 2005	DN COPAM/CERH-MG nº 1 de 2008
	Valores máximos	
Cádmio total	0,001 mg.L ⁻¹ Cd	0,001 m L ⁻¹ Cd
Chumbo total	0,01 mg.L ⁻¹ Pb	0,01 mg.L ⁻¹ Pb
Cobre dissolvido	0,009 mg.L ⁻¹ Cu	0,009 mg.L ⁻¹ Cu
Cromo total	0,05 mg.L ⁻¹ Cr	0,05 mg.L ⁻¹ Cr
DBO	5 mg.L ⁻¹ O ₂	5 mg.L ⁻¹ O ₂
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	1000	1000
Fósforo total*	0,10 mg.L ⁻¹	0,10 mg.L ⁻¹ P
Nitrato	10,0 mg.L ⁻¹ N	10,0 mg.L ⁻¹ N
Nitrito	1,0 mg.L ⁻¹ N	1,0 mg.L ⁻¹ N
Nitrogênio amoniacal total	3,7 mg.L ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5	3,7 mg.L ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg.L ⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0	2,0 mg.L ⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg.L ⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5	1,0 mg.L ⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg.L ⁻¹ N, para pH > 8,5	0,5 mg.L ⁻¹ N, para pH > 8,5
OD	Não inferior a 5 mg.L ⁻¹ O ₂	Não inferior a 5 mg.L ⁻¹ O ₂
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Sólidos dissolvidos totais	500 mg.L ⁻¹	500 mg.L ⁻¹
Turbidez	100 UNT	100 UNT
Zinco total	0,18 mg.L ⁻¹ Zn	0,18 mg.L ⁻¹ Zn
Sólidos em Suspensão totais	<i>Não estabeleceu</i>	100 mg.L ⁻¹

Fonte: CONAMA 357/2005 e DN COPAM/CERH 01/2008

Notas: *Para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários.

Logo, as legislações nacional e estadual estão em concordância em relação aos limites dos parâmetros. Apenas há uma distinção em relação aos sólidos em suspensão totais, a DN do COPAM/CERH nº 01 de 2008 estabelece um limite e a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 não estabelece restrições para o parâmetro.

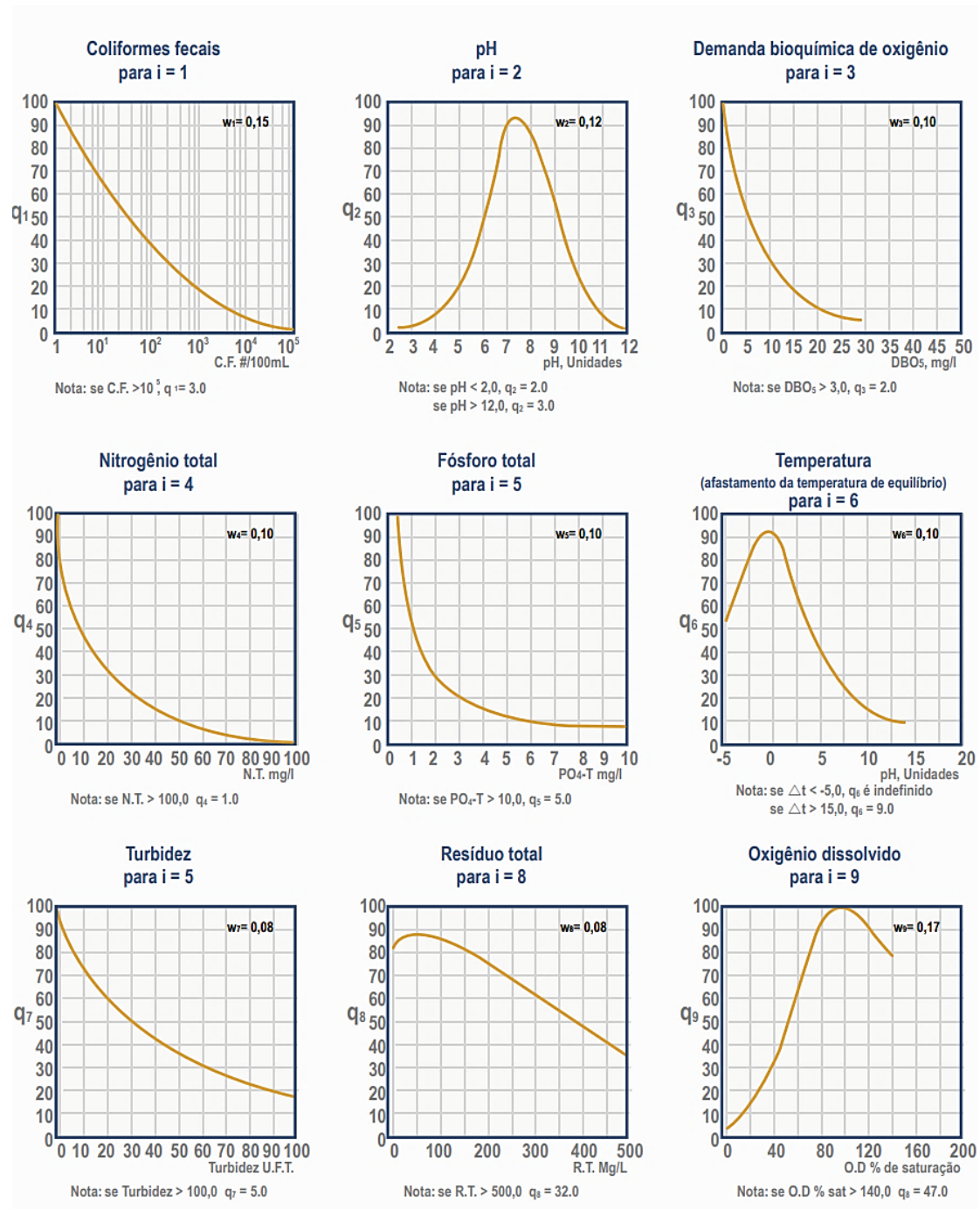
5.8 Metodologia do cálculo do IQA

Como a bacia hidrográfica do rio Araguari está em Minas Gerais, a metodologia adotada para determinação do IQA foi conforme o procedimento adotado para o monitoramento das águas superficiais do estado. Portanto, considerou-se o sistema de cálculo de qualidade ambiental utilizado pelo IGAM.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD (2005) elaborou um relatório contendo o sistema de cálculo de qualidade ambiental (SCQA), em que se descreve metodologia adotado pelo IGAM para o cálculo do IQA. As curvas médias de variação foram elaboradas segundo as curvas

obtidas pela *NSF* e estudos correlatos desenvolvidos. A Figura 20 apresenta as curvas de cada parâmetro consideradas pelo IGAM.

Figura 20 - Curvas de cada parâmetro considerado pelo IQA, utilizado pelo IGAM.



Fonte: ANA (2005).

O cálculo do IQA, com base na metodologia do IGAM, foi feito conforme equação (4).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (4)$$

Em que: IQA é o Índice de Qualidade das Águas (entre 0 a 100); q_i é a qualidade do i -ésimo parâmetro (entre 0 a 100); w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro (entre 0 a 1); i é o número de parâmetros que compõem o IQA (entre 1 a 9).

Os parâmetros contemplados nesta metodologia são oxigênio dissolvido, *E. coli*, pH, DBO_{5,20}, temperatura, turbidez, fosfato total, nitrato e sólidos totais. A Tabela 9 apresenta os parâmetros e os seus respectivos pesos atribuídos, segundo o IGAM.

Tabela 9 – Peso dos parâmetros.

Parâmetro	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Variação na Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mg/L)	0,08

Fonte: SEMAD (2005).

Desde 2013, o IGAM substituiu o parâmetro coliformes termotolerantes pelo parâmetro *E. coli*, pois dentre os coliformes termotolerantes, a *E. Coli* é a única indicadora inequívoca de contaminação fecal, enquanto algumas espécies de coliformes termotolerantes podem habitar ambientes naturais.

O cálculo de cada parâmetro (q_s) foi feito com base nas curvas médias da variação da qualidade da água para cada parâmetro desenvolvidas pelo IGAM. Com auxílio da planilha de IQA disponibilizada no site da Editora UFMG (2017), página sobre o livro Estudos e Modelagem da Qualidade de Água de Rios, o cálculo de IQA foi realizado.

A partir do resultado de qualidade de cada parâmetro, foi determinado o resultado do IQA geral por meio da equação (4), no qual obteve-se resultados entre 0 a 100. Conforme o resultado geral do IQA, realizou-se a avaliação da qualidade da água, como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Classificação de qualidade da água, de acordo com o IGAM.

Categoria	Ponderação
Excelente	$90 < IQA \text{ ou } IQA = 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Fonte: Adaptado IGAM (2017c).

5.9 Dados de estações pluviométricas

De acordo com a classificação climático do Köppen, a bacia hidrográfica do rio Araguari representa a categoria “Aw”, isto é, possui um clima tropical com todas as estações do ano quente (temperatura média mensal igual ou acima de 18°C) e com inverno seco (CBH PARANAÍBA, 2013).

A precipitação que ocorre em uma bacia hidrográfica é um dos fatores principais que influenciam a qualidade da água dos cursos de água. Assim, buscou-se informações sobre a precipitação na bacia hidrográfica. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) apresenta estações meteorológicas de superfície automática espalhadas no território brasileiro, entre os parâmetros analisados está a precipitação, que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora. Além disso, a ANA também possui estações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Araguari.

Para este presente estudo, buscou-se estações pluviométricas presente na bacia, com dados de precipitação do mesmo período das amostragens, de junho de 2016 a julho de 2017, para avaliar se a precipitação no local de estudo ocorreu conforme o previsto pela classificação do Köppen.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rio Araguari e o rio Uberabinha, como visto no item 5.7, foram enquadrados em classe 2 conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa do COPAM/CERH nº 01/2008. Nos outros afluentes do rio Araguari (rio Claro e ribeirão de Furnas) adotou-se classe 2 para a discussão dos resultados. Em sua maior parte, os parâmetros analisados apresentam limites estabelecidos pelo aparato legal.

Anterior a discussão dos resultados dos parâmetros analisados, foi feita avaliação da precipitação ao longo do período de amostragem com a finalidade de discutir a influência do período chuvoso e seco nos resultados obtidos. Além disso, também foi verificado a relação do uso e ocupação do solo próximo aos locais de estudos e os resultados observados.

Os resultados foram expostos por meio de gráficos em barras, devido ao extenso período de amostragem, viabilizando a melhor visualização da variação dos parâmetros ao longo dos meses. Além disso, por serem oito pontos de coleta, decidiu-se dividir em dois gráficos os resultados de cada parâmetro, gráfico para o rio Uberabinha e rio Araguari.

Por fim, realizou-se a avaliação da qualidade da água nos trechos de estudo do rio Uberabinha e Araguari por meio cálculo do IQA, conforme a metodologia do IGAM.

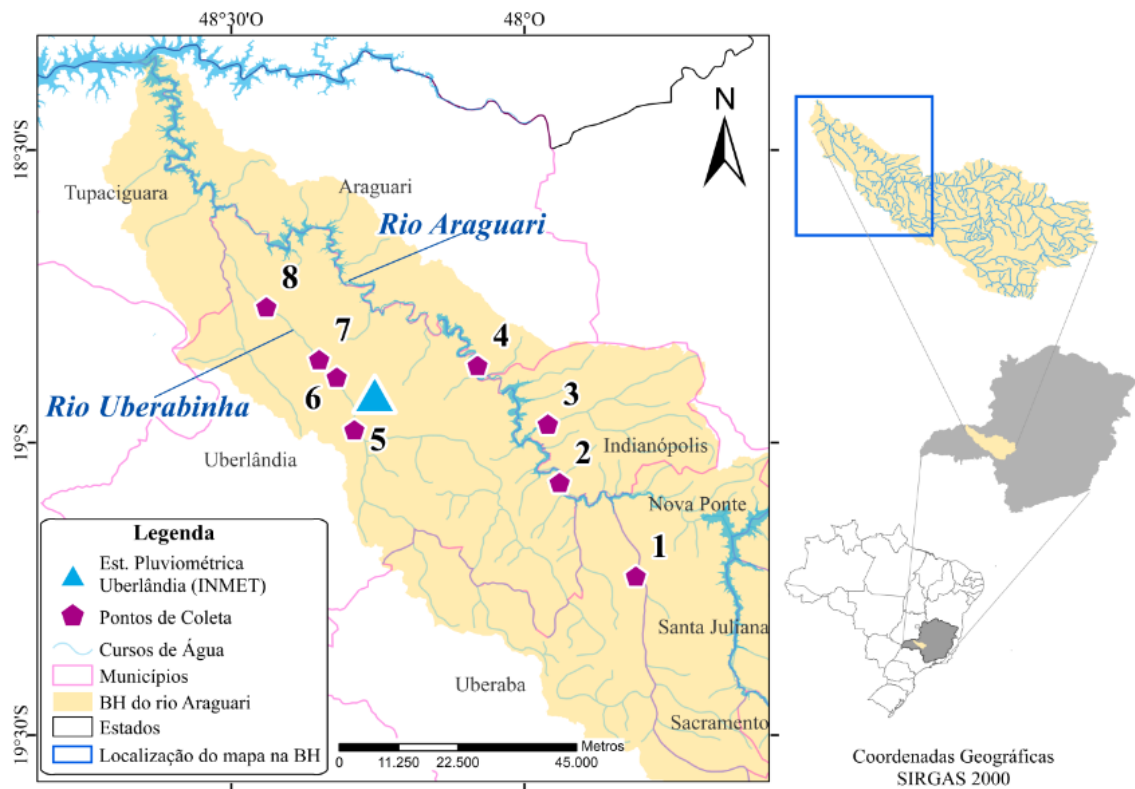
6.1 Precipitação

As principais instituições de monitoramento pluvial são a ANA e o INMET, como mostrado no item 5.10. Desse modo, procurou-se informações disponíveis por estas instituições. Entre as estações pluviométricas existentes na bacia hidrográfica do rio Araguari, avaliou-se quais estações estavam mais próximas dos pontos de coleta e quais apresentavam seus dados disponibilizados e atualizados.

Dentre as estações mais próximas dos pontos de coleta, apenas a estação Uberlândia do INMET continha informações de precipitações atualizadas. As demais estações apresentaram dados anteriores ao período de amostragem deste estudo, de julho de 2016 a junho de 2017.

A Figura 21 contém a localização da estação pluviométrica considerada na discussão deste estudo (estação pluviométrica Uberlândia do INMET). A Tabela 11 apresenta as informações sobre a estação pluviométrica considerada para analisar as precipitações que ocorreram próximas aos pontos de amostragem.

Figura 21 – Localização da estação pluviométrica de Uberlândia do INMET em relação a bacia hidrográfica do rio Araguari.



Fonte: Autor (2017).

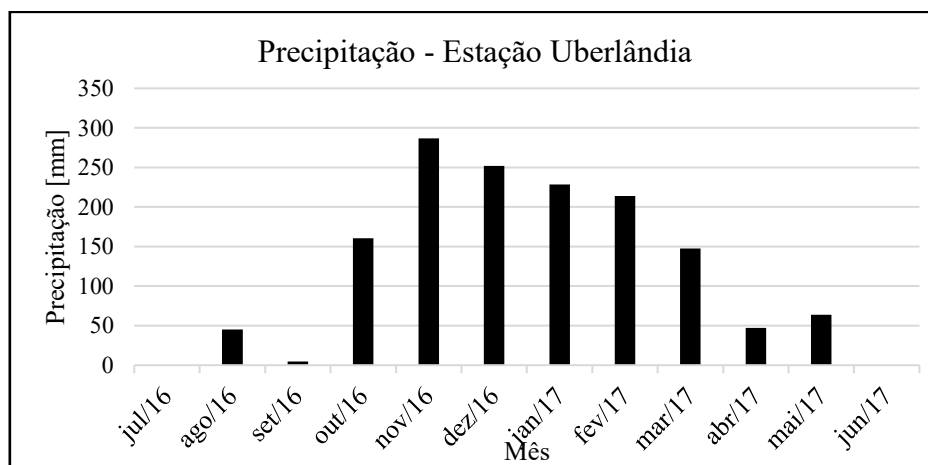
Tabela 11 – Informações sobre a estação pluviométrica do INMET considerada por este estudo.

Estação Pluviométricas	ID	Coord. Geográficas		Alt. (m)	Operador
		Latitude (Graus)	Longitude (Graus)		
Uberlândia	A507	-18,917°	-48,256°	875	INMET

Fonte: INMET (2017).

O período dos dados de precipitação total mensal considerado foi do dia 1 de junho de 2016 a 20 de junho de 2017. A precipitação total mensal representa a somatória da precipitação em milímetro (mm) que ocorreu ao longo do mês. O Gráfico 1 mostra a precipitação total mensal que ocorreu durante o período de amostragem (jul/16 a jun/17).

Gráfico 1 – Precipitação total da estação de Uberlândia nos meses entre julho de 2016 a junho de 2017.



Fonte: INMET (2017).

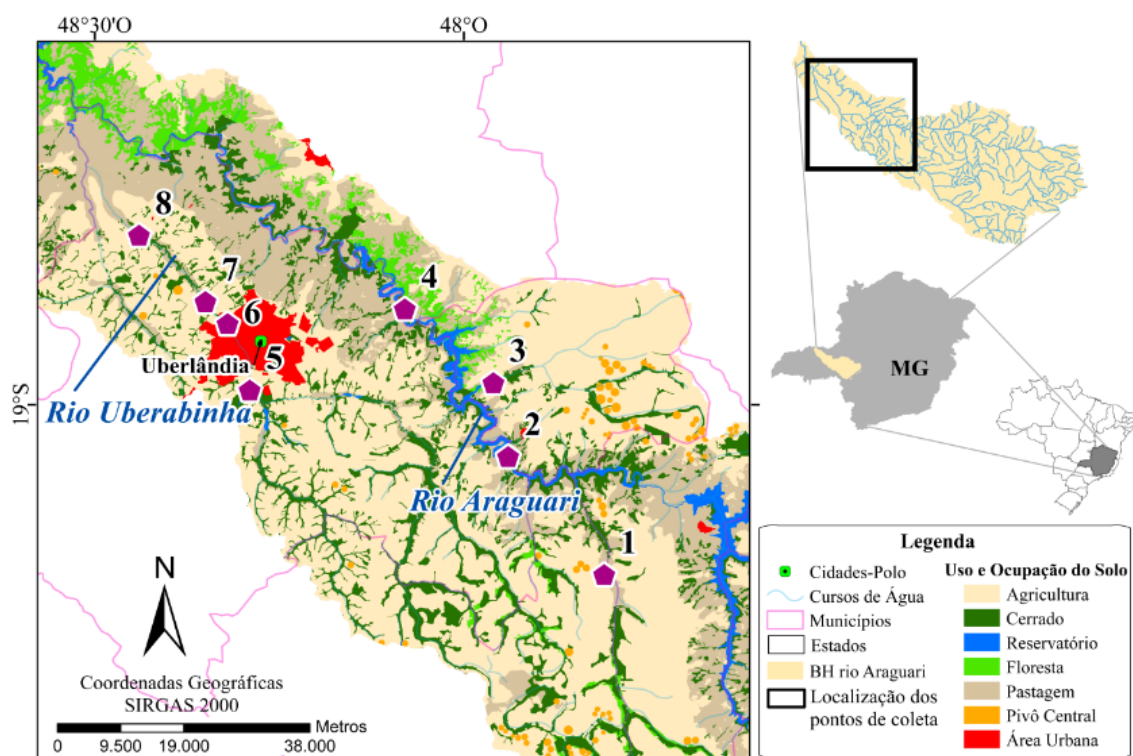
O período chuvoso ocorreu entre outubro de 2016 a março de 2017 e o período seco entre julho a setembro de 2016 e entre abril a junho de 2017. Os picos de precipitação total mensal ocorreram nos meses de novembro e dezembro de 2016. No entanto, em julho e setembro de 2016 e junho de 2017, a precipitação total desses meses foram nulas ou próximas de nulas. Desse modo, a ocorrência de chuva na região apresentou uma variação em conformidade com a classificação de Köppen designada para a região, com chuvas no verão e seca no inverno (CBH PARANAÍBA, 2013).

A compreensão do período chuvoso e seco foi fundamental para relacionar com a variação de resultados de alguns parâmetros. Afinal, o período chuvoso influencia diretamente a vazão dos cursos de água, devido ao escoamento superficial da água e à infiltração da água nas camadas subsuperficiais do solo. A precipitação após o período de estiagem pode ocasionar um aumento significativo de sólidos e nutrientes nos cursos de água, provocado pelo carreamento desses materiais ao curso de água. No entanto, ao longo do período chuva ocorre um aumento da vazão dos cursos de água, e consequentemente elevação da capacidade de autodepuração, influenciando a concentração de diversos parâmetros que foram analisados (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

6.2 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação influencia diretamente a qualidade da água, conforme Von Sperling (2005). A Figura 2 apresenta os usos e ocupações do solo na região da bacia hidrográfica do rio Araguari onde foram realizadas as amostragens.

Figura 22 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguari, com foco na região dos pontos de coleta.



Fonte: Adaptado de SNIRH (2017).

Verificou-se que a bacia hidrográfica do rio Araguari nesta região apresenta predominantemente a atividade agrícola. Todavia, em menor proporção, a presença de vegetação natural (cerrado) também é significativa no uso e ocupação do solo da bacia, principalmente, nas áreas ao redor dos recursos hídricos, indicativo de áreas preservação permanente.

Segundo Silva (2016), a bacia hidrográfica Triângulo Mineiro é uma das regiões que mais produz grãos, refletindo diretamente no uso e ocupação da bacia, isto é, propicia o aumento do desmatamento e elevação da demanda por água, e consequentemente, redução das áreas de cerrado.

Em relação ao rio Araguari, notou-se que apresenta extensos reservatórios de água, sendo consequência da presença de usinas hidrelétricas em cascata ao longo do seu curso (SALLA, *et al.*, 2014). Além disso, as áreas de pastagem e agrícolas foram predominantes no trecho de amostragem do rio. Já os seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas, apresentaram uma parcela significativa de cerrado em suas margens. Entretanto, no ponto de coleta do rio Claro, houve dominância de pastagem.

Quanto ao rio Uberabinha, notou-se que no trecho de amostragem os usos e ocupações significativos foram áreas agrícolas e a área urbana de Uberlândia. A presença de

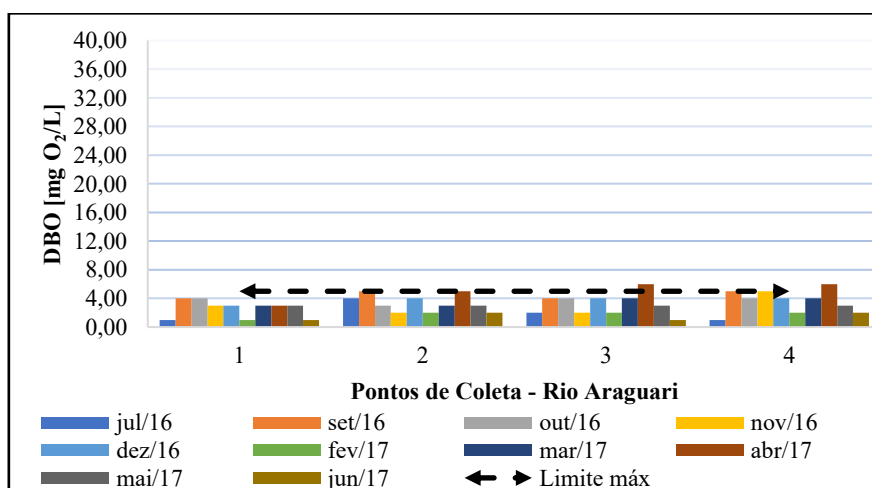
vegetação nativa, principalmente ao redor dos cursos de água, foi pequena. De acordo com Silva (2016), além da reduzida área de cerrado, os recursos hídricos vêm sendo comprometidos pelo aumento das atividades agrícolas, industriais e o crescimento populacional, podendo gerar uma situação de estresse hídrico no que se refere a qualidade de água.

6.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A $DBO_{5,20}$ é um parâmetro indireto de medição de matéria orgânica, um fator importante para avaliar se está ocorrendo despejo industrial e doméstico, e prevenir uma situação da eutrofização do curso de água (VON SPERLING, 2005).

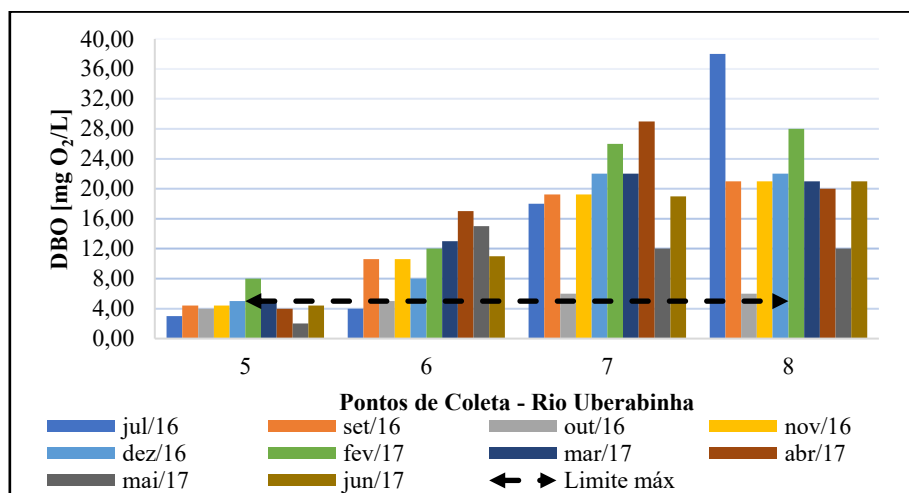
Os Gráficos 2 e 3 apresentam as variações de concentração de $DBO_{5,20}$ nos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e Uberabinha, respectivamente, durante os meses de amostragem deste estudo.

Gráfico 2 - Concentrações médias $DBO_{5,20}$ nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 3 - Concentrações médias DBO_{5,20} nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e a Deliberação Normativa do COPAM nº01 de 2008, o valor máximo permitido para DBO_{5,20} é de 5 mg O₂.L⁻¹ para cursos de água de classe 2.

Em relação ao rio Araguari e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem, todos estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela legislação, com exceção do ponto 3 e 4 no mês abril de 2017. Quanto ao rio Uberabinha, o ponto 5 se enquadrou ao limite estabelecido na maioria dos meses, apenas no mês de fevereiro a DBO_{5,20} ficou acima do permitido, e os demais extrapolaram o limite em maior parte dos meses. Em destaque, os pontos 7 e 8 apresentaram as máximas concentrações de DBO_{5,20}.

Conclui-se que a quantidade de matéria orgânica entre os pontos 6 a 8 do rio Uberabinha foi bem superior aos demais cursos de água. Essa discrepância deve-se a influência da expressiva área urbana de Uberlândia, principalmente quando observado no ponto 7. Afinal, este ponto de amostragem estava disposto a jusante do lançamento de esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Uberabinha, e quando comparado com o cenário anterior ao lançamento, isto é, a montante da ETE, notou-se um aumento de DBO é considerável. Isto também foi observado por Cutrim (2013), em que relacionou os resultados elevados as ações antrópicas, em destaque o lançamento de esgotos sanitários.

Além disso, em relação ao período de estiagem, observou-se que as concentrações de DBO_{5,20} foram inferiores do que nos meses com precipitação, com exceção os

pontos do rio Uberabinha. Os resultados elevados provavelmente foram relacionados ao carreamento de matéria orgânica ao leito do rio devido ao escoamento superficial. Entretanto, em outubro, início de período chuvoso, a DBO_{5,20} reduziu expressivamente.

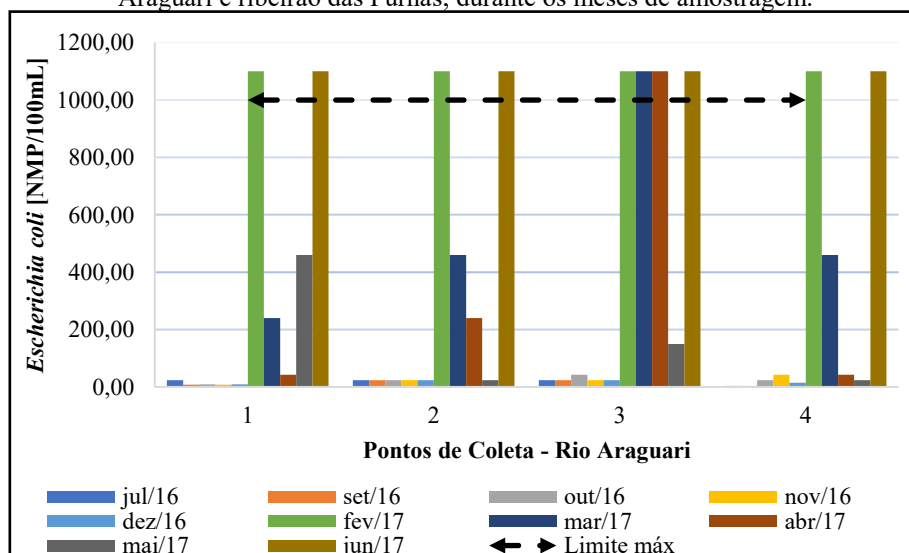
Tal fato, também foi constatado por Gonçalves em 2009, em que atribui o aumento de DBO aos maiores índices de pluviosidade do verão na região do Triângulo Mineiro.

Relacionando a DBO com OD, não houve uma relação direta de aumento de DBO com redução de OD, como o esperado. Um fator que contribui para que não houvesse redução significativa de OD, foi o fato do aumento de DBO ter ocorrido no período chuvoso, em que se eleva a quantidade e velocidade de água, e consequentemente, aumenta-se o coeficiente de reaeração. Tal fato foi observado por Almeida (2013), que avaliou a variação de coeficiente de reaeração ao longo do curso do rio Uberabinha, constatado aumento notório nos meses chuvosos.

6.4 *Escherichia coli*

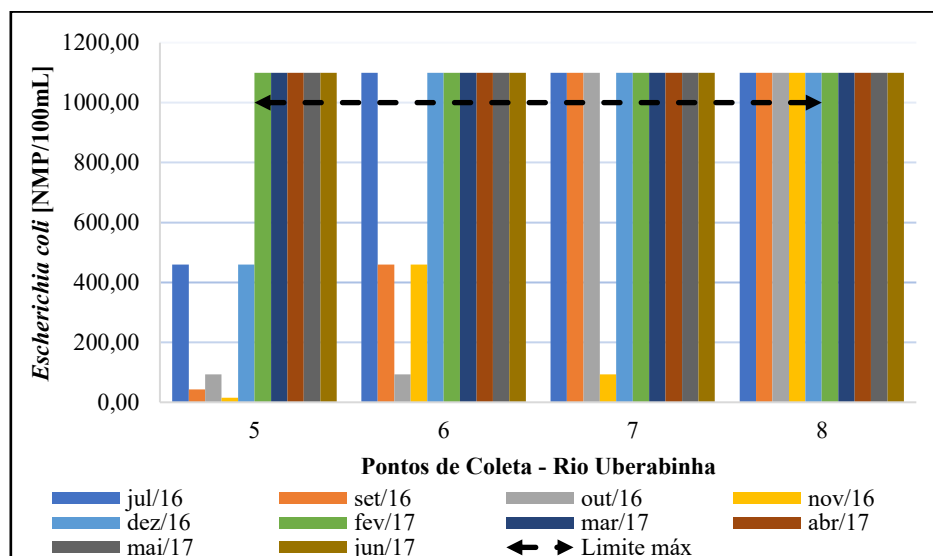
Os Gráficos 4 e 5 apresentam o número mais provável de presença de *Escherichia coli* na amostra de 100 mL de água durante os dez meses de amostragem dos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 4 – Resultados de *Escherichia coli* nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 5 - Resultados de *Escherichia coli* nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Conforme a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e a Deliberação Normativa do COPAM nº01 de 2008, o limite máximo permitido para cursos de água de classe 2 é até 1000 NMP.100mL⁻¹.

Os pontos do rio Araguari e o rio Claro, na maioria dos meses, obtiveram o número mais provável (NMP) de *E. coli* inferiores ao limite máximo permitido pela legislação. Com exceção do ponto 3, ribeirão das Furnas, que os valores superaram o limite máximo estabelecido em quatro meses (fevereiro a abril e junho) mostrando a presença de contaminação fecal.

Em relação aos pontos de coleta do rio Uberabinha, observou-se que o ponto 5 foi o local de coleta que apresentou mais meses com teores dentro do estabelecido pela legislação. O ponto 6 atendeu em somente três meses (setembro a novembro de 2016) o limite máximo permitido. Já os pontos 7 e 8 não obedeceram ao limite estipulado em todos os meses (exceto o ponto 7 em novembro de 2016). A contaminação fecal neste trecho, provavelmente foi resultado do lançamento de efluentes domésticos, pois a presença de *E. coli* indica lançamento de despejos de animais ou lançamento de esgoto (VON SPERLING, 2005). Ambos os pontos foram dispostos a jusante da ETE Uberabinha, sendo válido ressaltar que a estação não possui tratamento exclusivo para desinfecção, isto é, eliminação de organismo patógenos (DMAE, 2017).

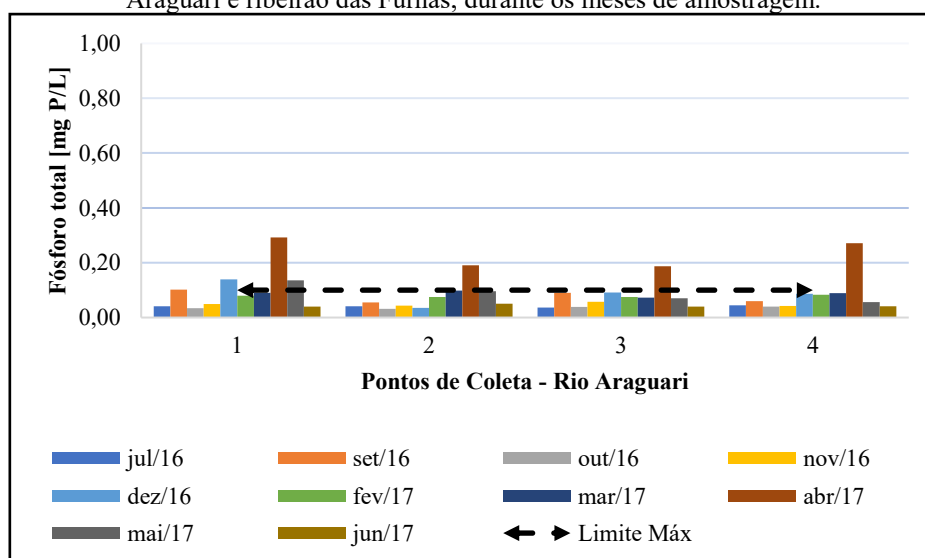
Segundo o Resumo Executivo de Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2016 elaborado pelo IGAM (2017c), no trecho dos pontos de amostragem,

apresentam um ponto de monitoramento no rio Araguari (a jusante da foz do Ribeirão das Furnas), próximo do ponto de amostragem 4. Neste ponto, não houve contaminação por *E. coli* entre 2015 a 2016, contrariando o resultado apresentado do ponto 4 nos meses de fev/17 e jun/17, como mostra o Gráfico 4. Além disso, o IGAM também monitora dois pontos no rio Uberabinha, ambos apresentaram contaminação fecal, estando em concordância com os resultados obtidos para o rio Uberabinha, como mostra o Gráfico 5.

6.5 Fósforo total

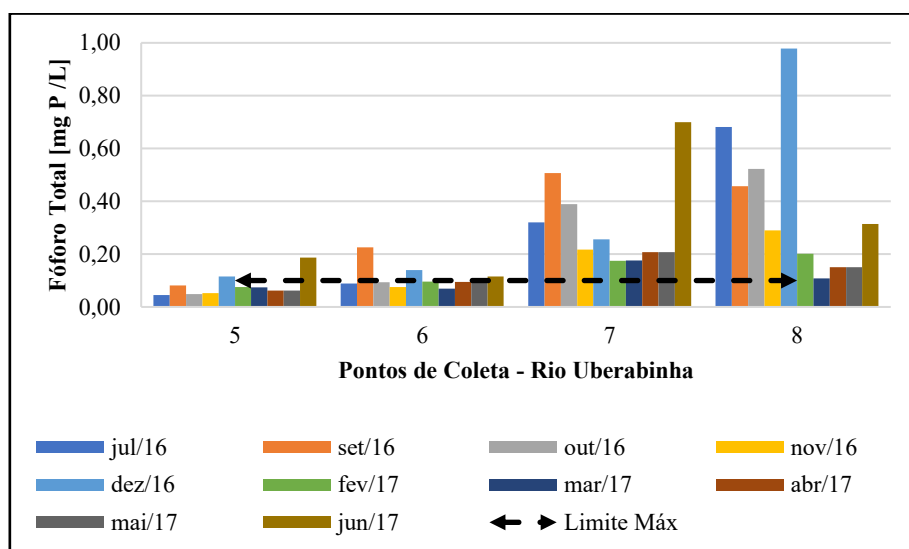
O Gráfico 6 e 7 apresentam os dados médios de monitoramento de fósforo total durante o período de amostragem deste presente estudo, dos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 6 – Concentrações média de fósforo total nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 7 – Concentrações médias de fósforo total nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Ao longo dos dez meses, as concentrações médias de fósforo total na maioria dos pontos de amostragem do rio Araguari estiveram abaixo do limite estabelecido ($0,1 \text{ mg P.L}^{-1}$) pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº01/2008.

Os pontos 2, 3 e 4 ficaram dentro do limite estabelecido ao longo de todos os meses de amostragem, com exceção do mês de abril. Entretanto, o ponto 1 apresentou em três meses, entre o período de chuvoso e seco, concentrações acima do limite determinado. Esse aumento da concentração de fósforo no ponto 1, no mês de dezembro, pode ter sido ocasionado pelo carreamento de excremento de animais ou fertilizantes pela chuva até o leito do rio, devido ao fato de ter em sua proximidade atividade agropecuária, como mostrado na Figura 24.

Vale ressaltar, que as concentrações médias do mês de abril de 2017 nos pontos de coleta do rio Araguari, Claro e ribeirão das Furnas foram bem elevadas do que as demais médias de concentrações em todos os outros meses, tornando o resultado anormal.

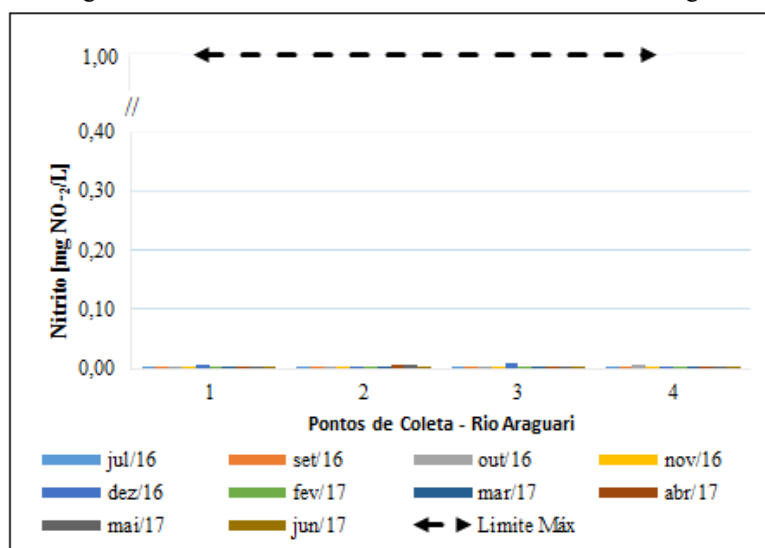
Já os teores de fósforo total nos pontos do rio Uberabinha variaram significativamente entre um ponto e outro. Os pontos 5 e 6 ficaram dentro dos limites estabelecido pela legislação em praticamente em todos os meses. No entanto, os pontos 7 e 8 apresentaram em vários meses concentrações bem acima do estabelecido. Além disso, observou-se que as concentrações nos pontos 7 e 8 foram diminuindo conforme o período chuvoso e aumentaram no início do período de estiagem.

As concentrações elevadas de fósforo total nos últimos pontos do rio Uberabinha podem ser atribuídas ao despejo doméstico e industrial contendo fertilizantes, pesticidas, conservas alimentícias, abatedouros e laticínios (CETESB, 2009). Confirmando o impacto dessas ações antrópicas, Cutrim (2013) também obteve valores mais elevados de fósforo total nos pontos de monitoramento após o despejo do esgoto tratado do município de Uberlândia, e no período de estiagem, como consequência da redução de vazão.

6.6 Nitrito

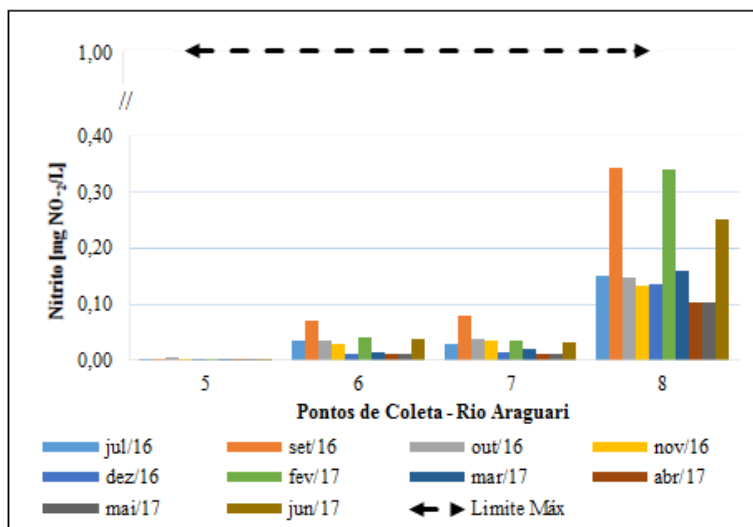
Os Gráficos 8 e 9 mostram as concentrações média nitrito nos pontos de amostragem dispostos no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente, durante os dez meses de estudo.

Gráfico 8 – Concentrações médias de nitrito (NO_2^-) nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 9 – Concentrações médias de nitrito (NO_2^-) nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº01/2008 estabelecem que cursos de água de classe 2 devem ter valores de nitrito abaixo de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

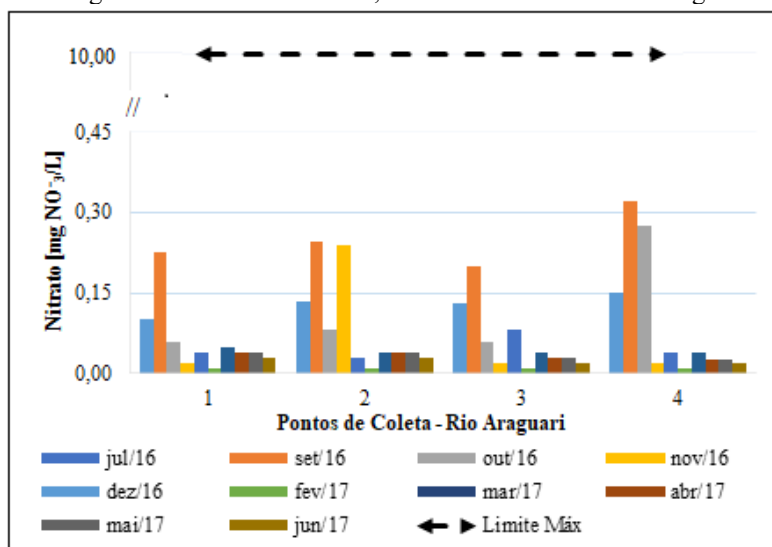
Observou-se que em todos os pontos durante todo o período de amostragem tiveram teores de nitrito conforme o estabelecido pelas legislações vigentes. Em especial, o rio Araguari, Claro e ribeirão das Furnas, onde os resultados foram próximos de nulo (todas abaixo de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, como mostrado no APÊNDICE A). O ponto 8, mesmo estando em conformidade legal, apresentou as maiores concentrações de nitrito.

Espera-se que encontre baixas concentrações de nitrito, pois são instáveis na presença de oxigênio (BRANCO, 1989). No entanto, a presença indica processo biológico ativo relacionado à poluição orgânica, isto é, houve poluição em longo prazo de tempo (CETESB, 2009). Desse modo, a proximidade com áreas urbanas eleva a probabilidade de despejos domésticos, o que pode ter influenciado os resultados mais elevados no ponto 8.

6.7 Nitrito

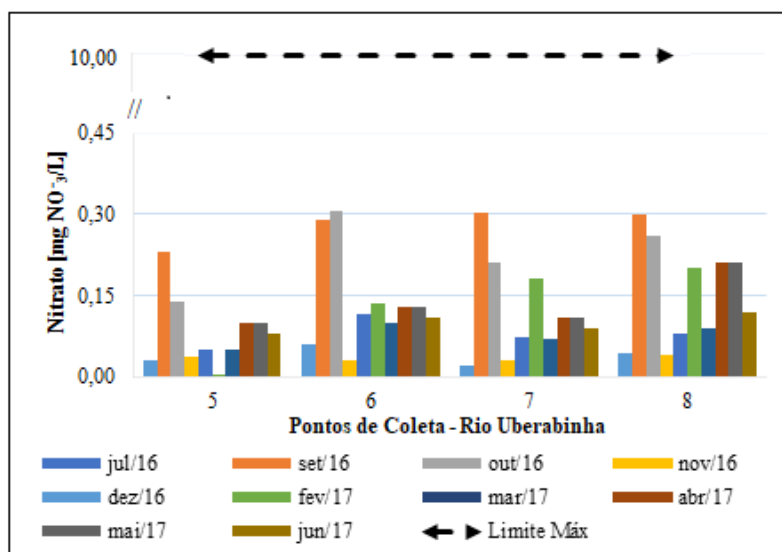
Os Gráficos 10 e 11 apresentam concentrações médias de nitrato (NO_3^-) durante os dez meses de amostragem dos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 10 – Concentrações médias de nitrato (NO_3^-) nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 11 – Concentrações médias de nitrato (NO_3^-) nos pontos de coleta no rio Uberabinha, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº01/2008, o limite máximo aceito de nitrato para cursos de água de classe 2 é $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Assim, todos os pontos de coletas em ambos os rios obtiveram concentrações médias bem abaixo do valor máximo estabelecido, com todas as concentrações iguais ou inferiores a 0,5% do limite.

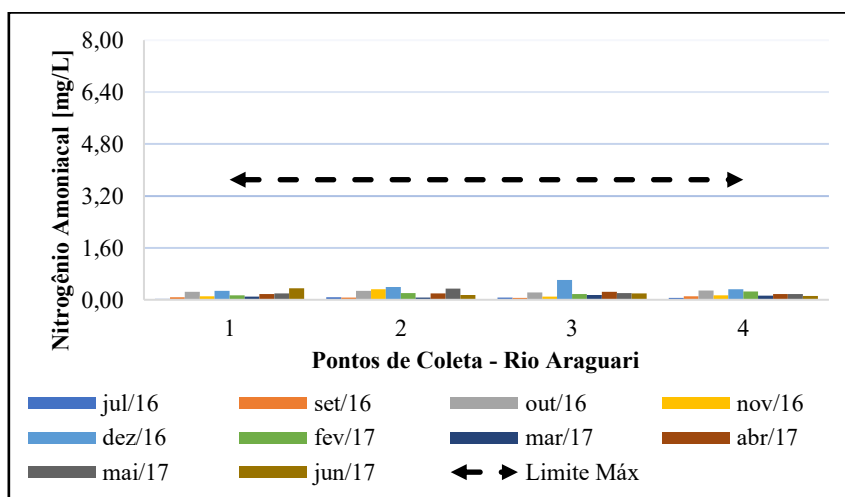
Os picos de nitrato para o rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas ocorreram no período de estiagem. A concentração mais elevada dos meses de estiagem pode ser consequência de carreamento de fertilizantes e excremento de animais, devido à presença de atividade agropecuária na região.

Observou-se que o trecho do rio Uberabinha no ponto 5 apresentou menores concentrações do que os demais pontos no rio, provavelmente influenciado por estar a montante da extensa área urbana de Uberlândia. Segundo Cutrem (2013), os valores mais elevados de nitrato encontrados nos pontos dentro e a jusante da área urbana de Uberlândia, ressaltam a influência de esgoto doméstico no parâmetro. Portanto, notou-se que as concentrações mais elevadas de nitrato no ponto 8 foi consequência da distância do lançamento de esgoto da ETE Uberabinha, afinal, o nitrato representa o último estágio da decomposição biológica.

6.8 Nitrogênio amoniacal

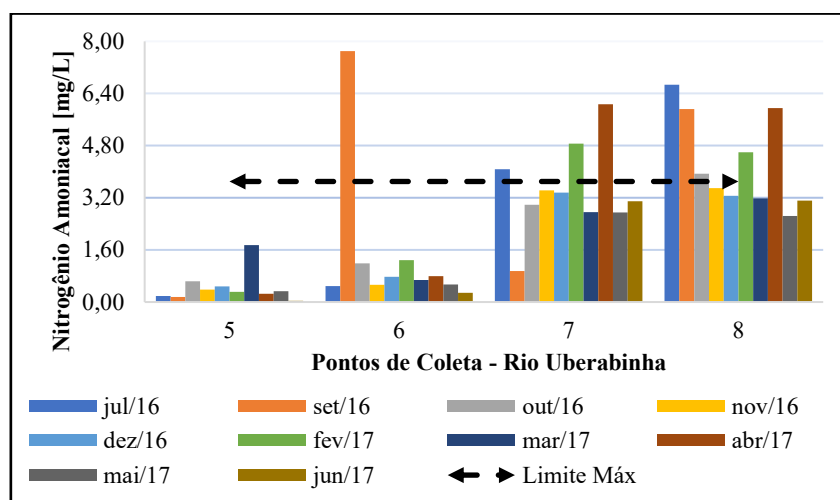
Os Gráficos 12 e 13 mostram os dados de nitrogênio amoniacal obtidos durante dez meses de coleta de amostras de água realizadas nos rios Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 12 – Concentrações médias de nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 13 - Concentrações médias de nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº01/2008, o limite máximo aceito de nitrogênio amoniacal para cursos de água de classe 2 é $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$, quando a amostra contém pH igual ou abaixo de 7,5. Neste estudo, todos os resultados de pH foram baixo de 7,5, como apresentado no item 6.10.

Logo, o rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas obtiveram concentrações médias abaixo do valor máximo permitido. As concentrações médias foram inferiores a 10% do limite máximo estabelecido, como mostrado no APÊNDICE A. Quanto ao rio Uberabinha, os pontos 5 e 6 obedeceram ao limite estabelecido, na maioria dos meses, e os demais não estiveram de acordo com a legislação em alguns meses.

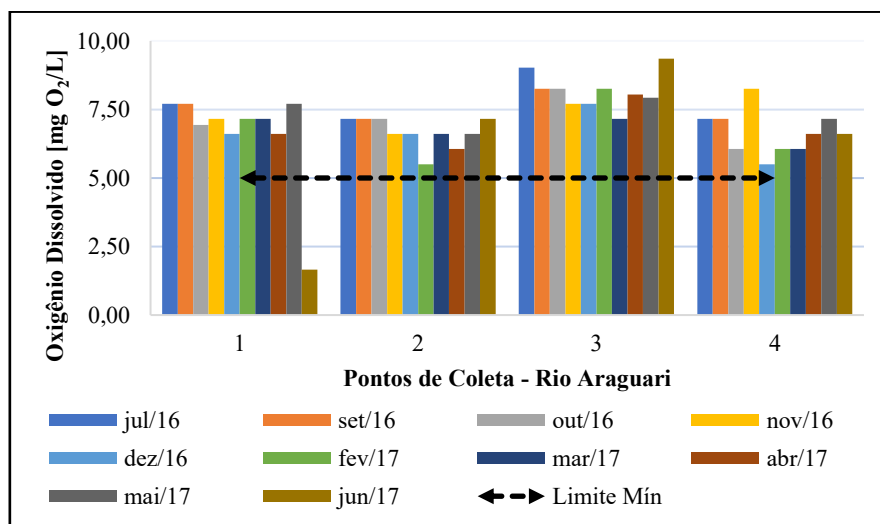
A reduzida concentração de nitrito e nitrato e as altas concentrações de nitrogênio amoniacal nos pontos 7 e 8 podem estar associadas a fase inicial da nitrificação, devido à ao curto prazo de tempo ou distância da fonte de carga nitrogenada (CETESB, 2009).

De forma similar, Vasconcelos (2012) e Cutrim (2013) encontraram resultados de nitrogênio amoniacal acima do estabelecido pela legislação nos pontos de monitoramentos no trecho final do rio Uberabinha em relação a área urbana de Uberlândia e a jusante dela. O lançamento de efluentes domésticos é uma das principais causas de concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal. Sendo assim, os constantes resultados demonstram o reflexo do despejo doméstico no trecho em questão.

6.9 Oxigênio dissolvido

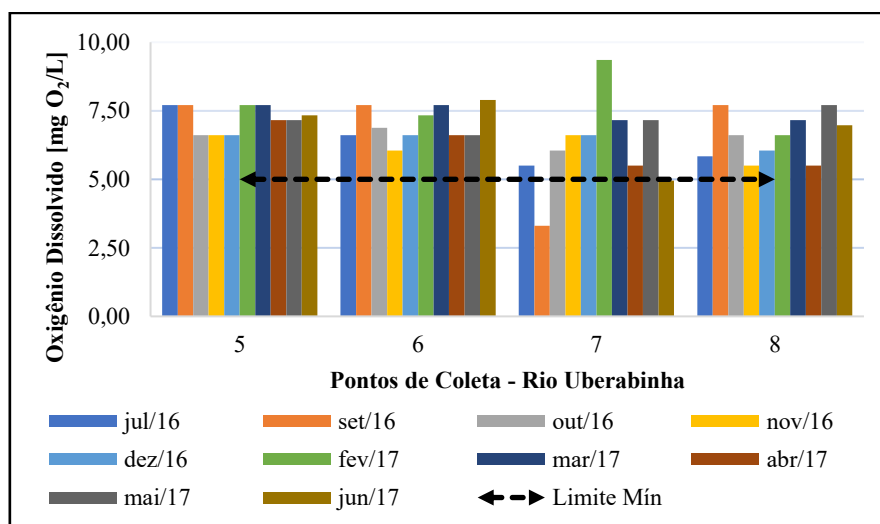
Os Gráficos 14 e 15 mostram os dados de concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) obtidos durante os dez meses de amostragem nos rios Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 14 - Concentrações médias de OD nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 15 - Concentrações médias de OD nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e a Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 2008 determinam que a concentração de OD deve ser no mínimo de 5,00 mgO₂.L⁻¹. Sendo assim, praticamente todos os pontos obtiveram concentrações superiores do limite

mínimo estabelecido, com exceção do ponto 1 no mês de junho de 2017 e do ponto 7 no mês de setembro de 2016.

Em relação aos pontos 2 e 4, ambos pontos de coleta do rio Araguari, apresentaram menores concentrações de OD do que os pontos do rio Claro e ribeirão das Furnas. Esses pontos foram dispostos em ambientes próximos de lânticos, e esses ambientais não favorecem o aporte de oxigênio atmosférico.

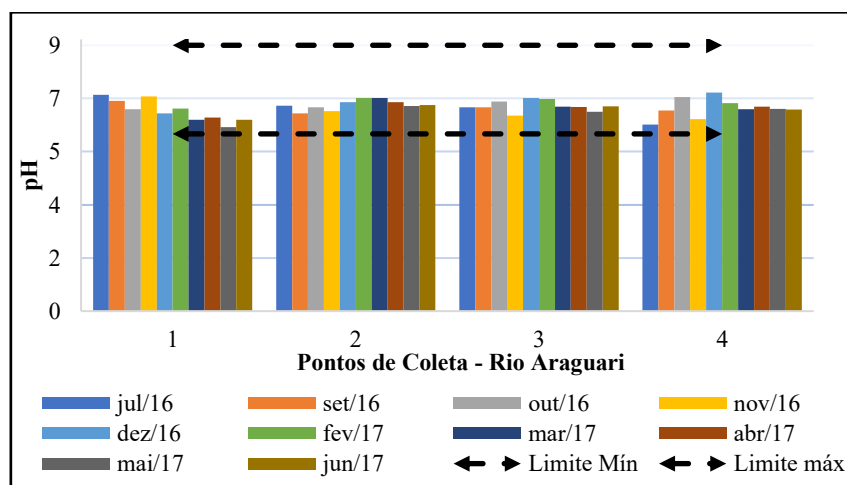
Quanto ao rio Uberabinha, notou-se menores concentrações de OD nos pontos 7 e 8, mas em conformidade com a quantidade mínima estabelecida por lei na maior parte dos meses. Estes pontos por estarem inseridos e a jusante da área urbana, respectivamente, sofrem influência direta de ações antrópicas. O aumento de matéria orgânica no corpo de água eleva o consumo de oxigênio pela decomposição da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada, por parte dos microrganismos aeróbios (LIBÂNIO, 2010).

Quanto a sazonalidade, foi possível observar que a maioria dos pontos (pontos 2, 3, 4, 6 e 8) obtiveram as concentrações de OD inferiores nos meses com maiores temperaturas. Tal fato esperado, pois a solubilidade dos gases em água diminui com a elevação da temperatura.

6.10 Potencial hidrogênionico

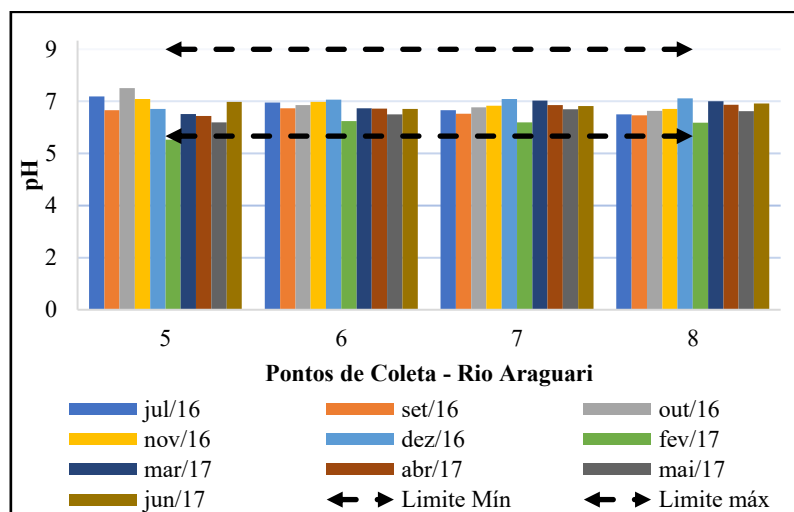
Os Gráficos 16 e 17 apresentam o pH de cada ponto de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente, durante os dez meses de amostragem.

Gráfico 16 – Valores de pH nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 17 – Valores de pH nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008, o pH de cursos de água de classe 2 devem ficar dentro da faixa de 6 e 9.

Analisando os resultados de pH, percebeu-se que todos os pontos durante todo o período de amostragem ficaram dentro da faixa estabelecida pela legislação. A maioria dos resultados obtidos ficaram com pH entre 6 e 7, próximo da neutralidade, fator essencial para o equilíbrio da vida aquática (VON SPERLING, 2005). No entanto, esse pH com característica levemente ácida (abaixo de 7) possivelmente representa a influência do solo do cerrado, em especial o Triângulo Mineiro, latossolo. Afinal, a água ao escoar no solo ácido, altera o seu pH, e consequentemente, o pH do curso de água (CUTRIM, 2013).

No geral, os pontos apresentaram uma pequena variação de pH, de modo, os indicadores por outros parâmetros de ocorrência de despejo de excrementos animais, fertilizante, efluente domésticos ou industrial no período de amostragem, eles não alteraram de forma notória o pH dos cursos de água.

6.11 Sólidos totais

Os sólidos totais representam a somatória de sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais. Como dito no item 5.5, de julho a dezembro de 2016, as concentrações médias de sólidos totais foram obtidas por meio do método gravimétrico dos sólidos suspensos e por determinação dos sólidos dissolvidos por meio da Sonda Multiparâmetros.

A partir de fevereiro de 2017, os sólidos dissolvidos passaram também a serem obtidos pelo método gravimétrico. No entanto, notou-se que os resultados de sólidos dissolvidos aumentaram significativamente, possivelmente ocasionado pela mudança de metodologia de análise.

Como tentativa de minimizar a variação significativa dos resultados dos sólidos totais, a partir de abril de 2017, os sólidos totais passaram a serem obtidos de forma direta, isto é, sem o somatório de sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais. Contudo, os resultados continuaram mais elevados do que os resultados obtidos durante o período de julho a dezembro de 2016.

A Tabela 14 mostra os resultados de sólidos totais durante o período de amostragem de todos os pontos de coleta.

Tabela 12 – Concentrações médias de sólidos totais dos pontos de coleta durante o período de amostragem.

Mês	Sólidos Totais [mg/L]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Jul/16	6,75	17,25	10,25	16,25	22,75	31,00	84,50	96,00
Set/16	12,50	22,67	30,33	22,83	19,33	38,50	145,00	101,50
Out/16	15,11	28,00	48,33	27,00	31,00	48,50	92,33	82,00
Nov/16	32,22	31,50	31,67	30,67	43,33	32,67	54,89	54,00
Dez/16	6,67	28,00	13,33	18,00	9,33	26,67	58,50	53,67
Fev/17	51,00	113,33	103,33	156,00	2692,50*	463,83	484,83	240,33
Mar/17	77,50	62,00	92,33	54,00	145,94	113,56	126,78	150,33
Abr/17	293,11	98,44	121,00	167,78	67,00	97,67	173,33	617,33
Mai/17	90,00	152,33	109,78	237,67	1225,67*	124,00	283,83	2541,33*
Jun/17	2720,38*	115,77	104,62	124,36	88,46	131,15	131,15	143,46

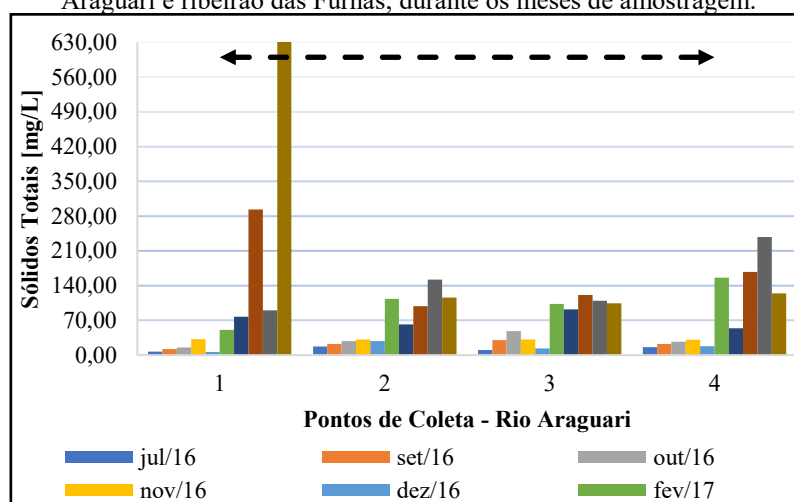
Fonte: Autor (2017).

Nota: *Concentrações médias de sólidos totais muito acima dos demais resultados.

Houveram valores de sólidos totais muito acima dos demais resultados. Um indicativo de aumento do teor de sólidos totais no curso de água é o aumento de turbidez, pois são parâmetros diretamente proporcionais (VON SPERLING, 2005). Entretanto, como foi possível observar no item 6.13, o ponto 6 em fevereiro de 2017, os pontos 5 e 8 de maio de 2017 e no ponto 1 em junho de 2017, não obtiveram um aumento pontualmente em relação aos demais meses que justificassem essa elevação considerável de sólidos totais.

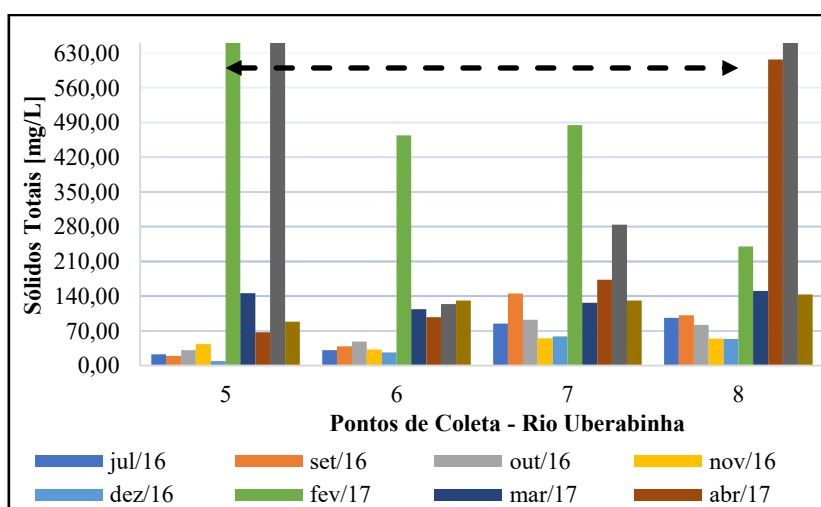
Os Gráficos 18 e 19 apresentam os teores de sólidos totais durante os meses de amostragem dos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 18 – Teores médios de sólidos totais dos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 19 - Teores médios de sólidos totais dos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Como já abordado neste item, os pontos 6 em fevereiro de 2017, 5 e 8 de maio de 2017 e 1 em junho de 2017 foram desconsiderados na escala dos gráficos para permitir melhor observação dos resultados dos demais meses.

Os teores de sólidos totais nos pontos de coleta do rio Araguari, rio Claro, ribeirão das Furnas e Uberabinha foram menores entre julho e dezembro de 2016 do que entre fevereiro e junho de 2017, possivelmente devido à mudança de metodologia nas análises.

A Resolução do CONAMA nº 357/2005 e nem a Deliberação Normativa do COPAM nº 01/2008 determinam limite máximo para os sólidos totais. Porém, estabelecem o limite máximo para os sólidos dissolvidos totais de 500 mg.L⁻¹ e a Deliberação Normativa do COPAM nº 01/2008 estabelece o limite máximo para os sólidos suspensos totais de 100 mg.L⁻¹. Considerando os limites estabelecidos para sólidos dissolvidos e suspensos pela Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008, o limite máximo permitido para os sólidos totais foi representado pelo somatório dos limites em questão, sendo igual a 600 mg.L⁻¹.

Dessa forma, praticamente todos os pontos durante o período de amostragem estiveram abaixo do valor máximo considerado, conforme os limites estabelecidos para sólidos dissolvidos e suspensos totais pela Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008.

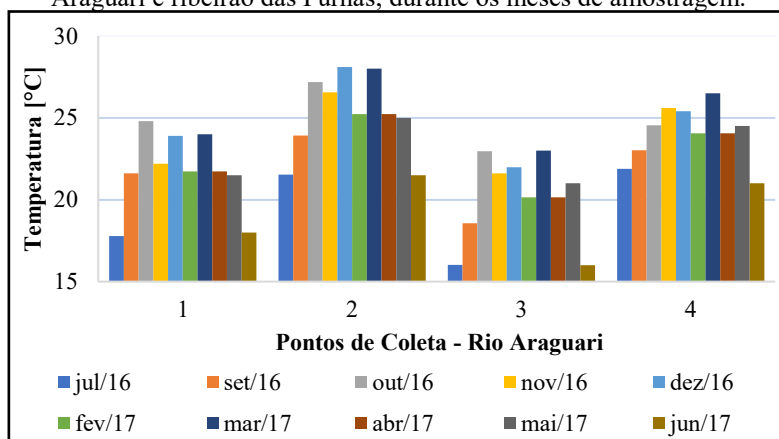
Em particular os pontos do rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas, observou-se que apresentaram concentrações com pequenas variações entre si. Quanto ao rio Uberabinha, notou-se que as concentrações médias nos pontos 7 e 8 foram maiores em boa parte dos meses de amostragem. Nestes pontos a influência de despejos domésticos e indústrias são consideráveis, pois, estavam dispostos a jusante da extensa área urbana de Uberlândia, da ETE Uberabinha e de indústrias.

Observou-se que em fevereiro na maioria dos pontos os teores de sólidos totais foram altos, possivelmente relacionado com a precipitação total no mês anterior e no próprio mês terem sido elevadas, conforme mostrado no item 6.1.

6.12 Temperatura

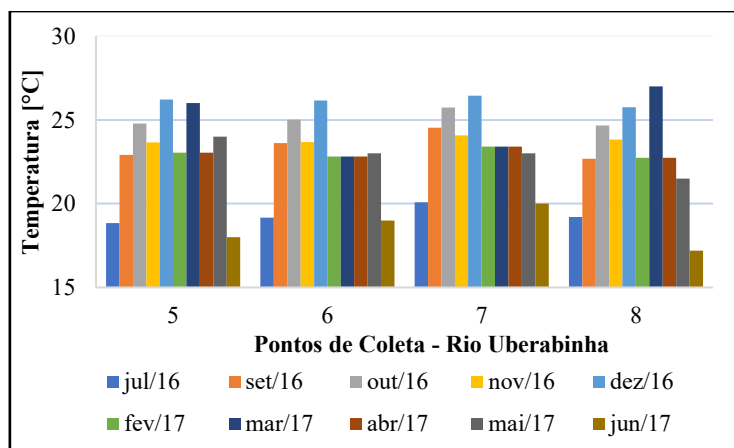
Os Gráficos 20 e 21 apresentam as temperaturas durante os dez meses de campanha dos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 20 – Dados de temperatura [°C] nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 21 - Dados de temperatura [°C] nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

A Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008 não estabelecem os limites máximo e/ou mínimo em relação a temperatura dos cursos de água.

Foi observado que as temperaturas foram menores no período seco, e no decorrer das campanhas, as temperaturas se elevaram, no período chuvoso. Assim, variação da temperatura ao longo do período de amostragem foi conforme a mudança da temperatura atmosférica em relação as estações do ano.

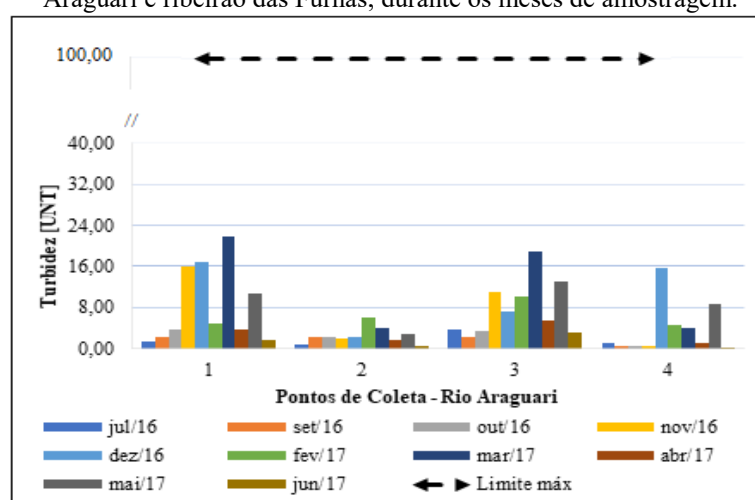
Os pontos 1 e 3 obtiveram menores temperaturas. Quando relacionado com a concentração de OD, foram os pontos que apresentaram os maiores teores de OD. Além disso, os pontos 1 e 3 foram dispostos no rio Claro e ribeirão das Furnas, respectivamente, que

possuem um leito menor e uma maior cobertura vegetal (como mostrado no item 6.2), propiciando menor incidência de luz solar, e consequentemente, menores temperaturas.

6.13 Turbidez

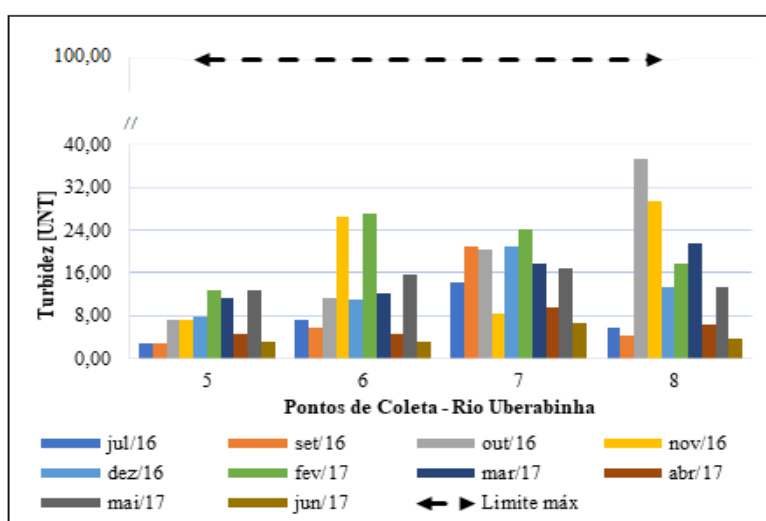
Os Gráficos 22 e 23 apresentam os teores de turbidez dos pontos de coleta no rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente, durante os dez meses de amostragem.

Gráfico 22 - Dados de turbidez [UNT] nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 23 - Dados de turbidez [UNT] nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008, a turbidez de cursos de água de classe 2 devem ser menores ou iguais a 100 UNT. Dessa forma, conclui-se que todos os pontos ao longo dos meses de amostragem obtiveram resultados de turbidez bem inferiores ao valor máximo permitido pela legislação.

Observou-se os pontos de coleta do rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas obtiveram os maiores valores de turbidez durante o período chuvoso. Esse aumento da turbidez no período chuvoso deve estar relacionado com escoamento superficial que carrega material particulado até ao leito do rio, em que parte desse material fica em suspensão na água, refletindo na turbidez (VON SPERLING, 2005).

Os pontos 2 e 4 obtiveram menores resultados de turbidez que os demais pontos do rio Araguari. Esses dois pontos foram dispostos em áreas de represamento do rio Araguari, como mostra a Figura 24. Ambientes lânticos apresentam velocidade inferiores, propiciando que as partículas em suspensão decantem, ou seja, as partículas mais densas que água vão para o fundo do corpo hídrico (BRAGA, *et al.*, 2005). Portanto, foi esperado que nestes pontos os resultados de turbidez fossem menores.

Quanto aos pontos de coleta do rio Uberabinha, percebeu-se o aumento de turbidez durante o período chuvoso. Os pontos 6, 7 e 8 obtiveram os maiores valores de turbidez dos pontos de coleta do rio Uberabinha. O uso do solo inadequados no trecho entre os pontos 6 a 8 intensifica o impacto negativo no curso de água, Bernardes (2007) aponta a bacia do rio Uberabinha contém diversas áreas degradadas, com o solo exposto.

6.14 Metais

Os metais analisados foram cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu) chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os metais Cd, Cu e Pb não foram encontrados na maior parte dos meses para todos os pontos estudados, e assim, todos os pontos respeitaram os limites estabelecidos pelas resoluções, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13 – Concentração média de Cd, Cu e Pb dos pontos de coleta durante o período de amostragem.

Metal	Mês	Pontos								Limite
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Cádmio	jul/16	N.D	N.D	0,0011	0,002	N.D	N.D	N.D	N.D	0,001 mg/L
	set/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	out/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	nov/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	dez/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,0257*	
	fev/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	mar/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	abr/17	0,0004	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	mai/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	jun/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
Cobre	jul/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,009 mg/L
	set/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	out/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	nov/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	dez/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	fev/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	mar/17	N.D	N.D	0,0053	0,0076	N.D	0,0119*	0,0148*	N.D	
	abr/17	N.D	N.D	0,0038	N.D	N.D	0,0076	N.D	N.D	
	mai/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	jun/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
Chumbo	jul/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,01 mg/L
	set/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	out/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	nov/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	dez/16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	fev/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	mar/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	abr/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	mai/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
	jun/17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	

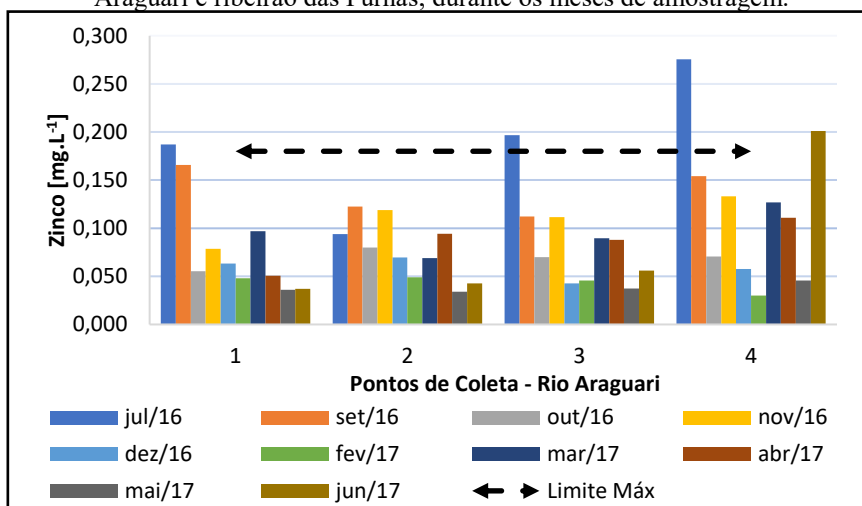
Fonte: Autor (2017).

Nota: *Valores acima dos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e a DN COPAM/CERH 01/2008; N.D é detectado.

A Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008 estabelecem valores máximos aceitáveis de cádmio, cobre e chumbo, sendo 0,001 mg.L⁻¹ Cd, 0,009 mg.L⁻¹ Cu, 0,01 mg.L⁻¹ Pb, respectivamente. Assim, observou-se que na maior parte do tempo os cursos de água analisados não apresentam esses metais. Em particular, o rio Uberabinha apresentou concentrações de Cd e Cr superiores aos valores recomendados pela legislação, em poucos meses. Tal fato também foi observado por Vasconcelos (2012), em que os resultados desses metais não foram detectados no rio Uberabinha ao longo dos seus quatros meses analisados.

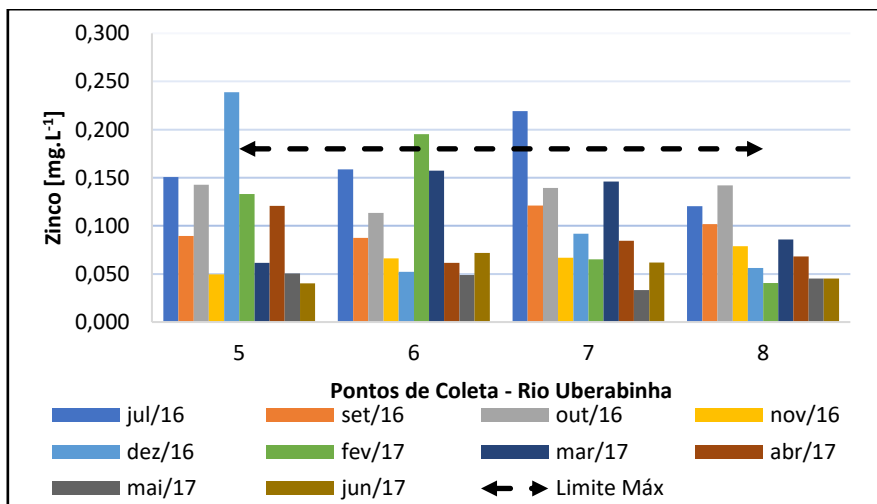
Entretanto, o Cr e o Zn foram encontrados de forma mais significativa nos pontos de amostragem. Os Gráficos 24 e 25 apresentam as concentrações médias de Zn de cada ponto durante os dez meses de amostragem do rio Araguari (e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas) e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 24 – Concentrações médias de Zn nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 25 - Concentrações médias de Zn nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



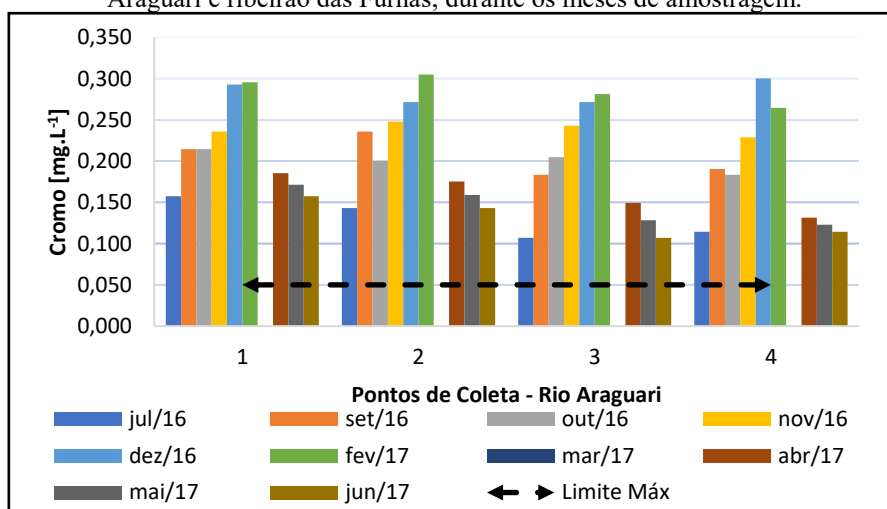
Fonte: Autor (2017).

A Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008 estabelecem que cursos de água de classe 2 devem ter concentrações de Zn menores que 0,18 mg.L⁻¹ Zn.

Com exceção dos pontos 2 e 8, foi observado que no mínimo em um mês os demais pontos apresentaram concentrações acima do estabelecido. Outro ponto importante, foi a variação das concentrações no período seco e chuvoso, houve uma redução na maioria dos pontos das concentrações de Zn.

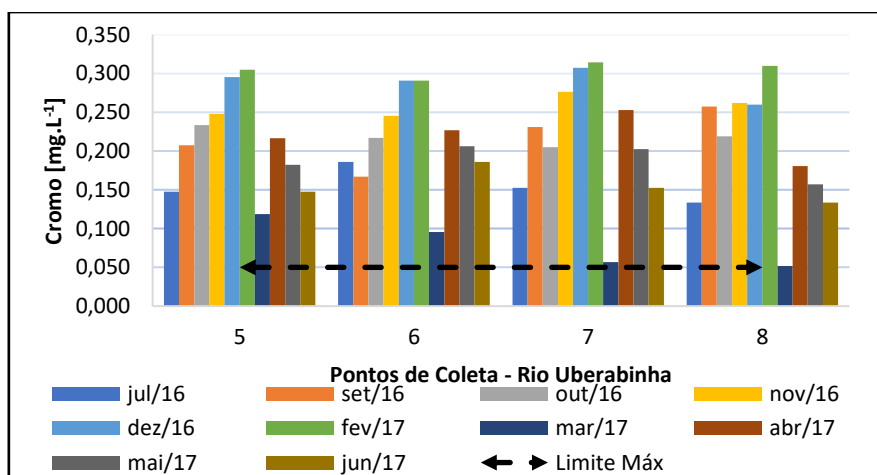
Por fim, os Gráficos 26 e 27 apresentam as concentrações médias de Cr de cada ponto durante os dez meses de amostragem do rio Araguari e rio Uberabinha, respectivamente.

Gráfico 26 - Concentrações médias de Cr nos pontos de coleta no rio Claro, rio Araguari e ribeirão das Furnas, durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 27 - Concentrações médias de Cr nos pontos de coleta no rio Uberabinha durante os meses de amostragem.



Fonte: Autor (2017).

A Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 e Deliberação Normativa do COPAM nº 01 de 2008 estabelecem que cursos de água de classe 2 devem ter concentrações de menores que $0,05 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cr}$. Assim, os pontos de amostragem ultrapassaram o limite estabelecido em praticamente todo período estudado.

A variação das concentrações de Cr entre os pontos foi pequena. Entretanto, ao contrário do Zn, houve aumento de Cr no período chuvoso em todos os pontos, durante o período de estudo.

6.15 Índice de qualidade da água (IQA)

O IQA representa uma forma simples de interpretação da qualidade das águas em corpos hídricos. Para o cálculo do IQA considerou-se a metodologia adotada pelo IGAM, como citado no item 5.9.

Tendo como base os resultados e a discussão de cada parâmetro, constatou-se determinados valores discrepantes dos demais resultados dos mesmos parâmetros. Os resultados de contaminação fecal (*E. coli*) nos meses de fevereiro e junho de 2017 foram bem superiores que nos demais meses, até em pontos que não tiveram alta contaminação ao longo do tempo. Outra questão observada foi em relação aos sólidos totais (item 6.11), o ponto 1 em junho, o ponto 5 em fevereiro e maio e o ponto 8 em maio tiveram os valores superiores aos encontrados nos demais meses. Portanto, para que esses resultados discrepantes não prejudicassem de forma significativa o IQA de um ponto de coleta em determinado mês, não foi considerado esses valores para o cálculo do índice. Ao invés disso, substitui-se pela média dos resultados de IQA do parâmetro obtida nos demais meses.

A Tabela 14 apresenta os resultados gerais mensais do IQA de cada ponto de coleta de água durante o período deste estudo.

Tabela 14 – Resultados de IQA geral de cada ponto de amostragem na bacia hidrográfica do rio Araguari.

Período	Meses	Pontos de Coleta							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Seco	Jul/16	85,53	82,52	85,07	88,65	74,79	68,73	54,85	44,81
	Set/16	85,26	80,98	82,56	85,78	80,45	73,68	45,19	56,32
Chuvoso	Out/16	84,46	84,46	81,56	81,80	77,55	76,01	66,92	64,88
	Nov/16	84,28	84,14	82,72	79,23	82,01	70,56	64,43	53,08
	Dez/16	81,15	83,03	81,80	78,90	71,06	70,31	55,32	52,26
	Fev/17	84,31	79,80	80,89	82,47	71,47	65,07	49,61	50,88
	Mar/17	72,76	74,36	68,39	72,27	68,32	70,65	56,01	56,94
	Abr/17	75,42	72,82	71,40	79,99	69,09	59,72	51,20	55,73
Seco	Mai/17	70,96	82,11	76,42	81,08	70,74	68,09	66,79	70,55
	Jun/17	85,37	82,98	83,04	83,86	74,03	73,21	52,63	56,13
Média		BOM	BOM	BOM	BOM	BOM	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO

Fonte: Autor (2017).

Nota: As cores representam a situação do trecho do curso de água conforme a classificação do IQA pelo IGAM. O azul é EXCELENTE, verde é BOM, amarelo é MÉDIO, laranja é RUIM e vermelho é MUITO RUIM.

A partir dos resultados de IQA, conclui-se que os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram em maior parte do período de amostragem um resultado BOM na qualidade da água. Porém, os pontos 6, 7 e 8 apresentaram uma qualidade da água inferior aos outros pontos, obtendo uma classificação MÉDIA.

Sendo assim, o rio Araguari, e seus afluentes, rio Claro e ribeirão das Furnas, obtiveram uma boa qualidade da água média durante os meses analisados, com exceção do ponto 3 no mês de março. O resultado de IQA de turbidez foi o fator principal que influenciou essa diferença no mês de março, como mostra no Apêndice B. Quanto aos pontos de coleta no rio Uberabinha, apenas o ponto 5 apresentou uma boa qualidade da água no decorrer das coletas, porém, nos meses de março e abril de classificação passou para média, devido aos parâmetros de *E. coli* e DBO, principalmente.

Entretanto, a qualidade do rio Uberabinha deteriorou ao longo do rio. Observou-se que o ponto 6 quando comparado com os pontos 7 e 8 apresentou mais meses (com classificação de boa qualidade da água. O trecho final e a jusante da área urbana apresentaram na maior parte do período de estudo uma classificação de qualidade da água entre média e ruim. Os principais fatores que influenciaram o IQA desses pontos foram *E. coli*, DBO, fósforo total. Portanto, a qualidade do rio Uberabinha foi impactada após o lançamento de efluentes industriais e o efluente tratado da ETE Uberabinha, de modo que o ponto mais próximo da ETE (ponto 7) obteve os piores IQA gerais ao longo do tempo. O

resultado foi esperado, pois, o IQA é um indicador bastante sensível à contaminação das águas por esgotos domésticos (ANA, 2016).

Segundo o Resumo Executivo de Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2016, elaborado pelo IGAM (2017c), no trecho do rio Araguari que foram realizadas as coletas por este estudo, também obteve um resultado bom para qualidade de água. No que diz respeito do rio Uberabinha, o IGAM apresentou uma classificação de média qualidade de água para o ano 2016 para o médio curso do rio Uberabinha. Já para o baixo curso do rio Uberabinha, tanto no ano de 2015 quanto no ano de 2016 obteve um resultado ruim para qualidade de água, devido, principalmente, os parâmetros de DBO, fósforo total e *E. coli*. Desse modo, os resultados apresentados por este estudo estiveram em conformidade com os resultados obtido pelo a instituição responsável no estado de Minas Gerais pelo monitoramento dos corpos hídricos.

Conclui-se que o rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas apresentaram um IQA geral superior ao trecho do rio Uberabinha. A diferença entre o IQA geral dos rios foi possivelmente provocada pelo uso e ocupação do solo discrepantes entre eles. O trecho do rio Uberabinha apresentou ser notoriamente degradado ao passar pela extensa área urbana de Uberlândia.

Quanto ao período chuvoso e seco, notou-se que durante o período chuvoso, o rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas, o resultado de IQA geral reduziu levemente. Essa variação foi provocada pela alteração do IQA da turbidez e DBO, principalmente. Assim, o período chuvoso provocou o aporte de material particulado nos cursos de água. Entretanto, para o trecho do rio Uberabinha, principalmente o ponto, houve uma melhora na qualidade da água, provavelmente associado ao aumento da vazão no rio, permitindo maior capacidade diluição, sedimentação e reaeração atmosférica (LIBÂNIO, 2010)

7 CONCLUSÃO

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008, para os cursos de água de classe 2, os limites estabelecidos para nitrato, nitrito, pH, OD e turbidez foram obedecidos em praticamente todos os pontos de coleta de amostra de água durante todo o monitoramento. Em particular, o rio Araguari, o rio Claro e o ribeirão das Furnas obedeceram aos valores definidos pelas resoluções para a maior parte dos parâmetros, no decorrer deste estudo. Entretanto, o rio Uberabinha, no trecho que percorre a extensa área urbana e a jusante da área, não esteve em conformidade nos parâmetros de fósforo total, nitrogênio amoniacal, *E. coli* e DBO. Os metais pesados não foram encontrados de forma notória nos cursos de água, com exceção o Cr, que se apresentou acima do limite estabelecido em todos os pontos, na maior parte do tempo do estudo. Além disso, o período chuvoso representou em geral um fator atuante na variação de DBO, OD, turbidez e metais.

A classificação do IQA geral demonstrou que a qualidade da água do rio Araguari, rio Claro e ribeirão das Furnas foram boas durante os meses de estudo, como diferença discreta entre eles. No entanto, no rio Uberabinha, no decorrer do seu curso, teve a qualidade reduzida, principalmente no ponto 7, onde são lançados efluentes industriais e o efluente tratado da ETE Uberabinha. Desse modo, a diferença de qualidade da água entre os rios e no próprio percurso do rio Uberabinha possibilitou concluir do mau uso e ocupação do solo interferem significativamente na qualidade dos cursos de água superficiais.

Portanto, os resultados propiciam mais informações aos gestores públicos, possibilitando, o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Araguari, na região do Triângulo Mineiro. Vale ressaltar, que o trecho estudado do rio Uberabinha merece um melhor gerenciamento visando a manutenção da qualidade da água do rio ao percorrer a área urbana de Uberlândia.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. S. M. **Condições de oxigenação e desoxigenação de um trecho do rio Uberabinha no município de Uberlândia.** 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Pós graduação em Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2013.

AMM. Caracterização econômica das regiões de planejamento. **Portal da Associação Mineira dos Municípios**, 2017. Disponível em: <<http://portalamm.org.br/caracterizacao-economica-das-regioes-de-planejamento/>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília: ANA, SPR, 2005

ANA. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água, resultados por estado.** Agência Nacional de Águas/Engecorps/Cobrape. Brasília. 2010.

ANA. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.** Agência Nacional de Águas. Brasília, p. 73. 2015.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016.** Agência Nacional de Águas. Brasília/DF, p. 95. 2016.

ANA. Sobre a ANA. **Agência Nacional da Águas**, 2017. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/default.aspx>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Técnicas estatísticas aplicáveis a tratamento de informações oriundas de procedimentos laboratoriais.** CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Porto Alegre, p. 41. 2005.

APHA. **Standard Methods for the examination of water & wastewater.** 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005. 9-47 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10559:** águas – determinação de oxigênio dissolvido método iodométrico de Winkler e suas modificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 10560:** águas – determinação de nitrogênio amoniacal métodos de Nesslerização, fenato e titulométrico. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 10664**: águas- determinação de resíduos (sólidos) – método gravimétrico. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 12614**: águas – determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – método de incubação (20° C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 12619**: águas – determinação de nitrito – método da sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12620**: águas – determinação de nitrato – métodos do ácido cromotrópico e do ácido fenoldissulfônico. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12772**: água – determinação de fósforo. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 13809**: água – tratamento preliminar de amostras para determinação de metais – método da espectrometria de absorção atômica emissão em chama. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 17025**: água – determinação da turbidez método nefelométrico. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1986.

BARRELLA, W. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p. 320.

BERNARDES, M. B. J. **Bacia Hidrográfica do rio Uberabinha: a disponibilidade de água e uso do solo sob a perspectiva da educação ambiental**. 2007. 222 f. Dissertação (Doutorado) - Pós graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2007.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G; BARROS, M. T. L. DE; VERAS JUNIOR, SPENCER; M., PORTO, M. F. A.; NUCCI, N. L. R; JULIANO, N. M. A.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN 978-85-7605-041-4.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1989. p. 640.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 10 ago. 2017.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 10 ago. 2017.

BUZELLI, G. M.; SANTINO, M. B. D. C. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté/SP, vol. 8, n. 1, jan./apr. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

CBH PARANAÍBA. **Plano de ação de recursos hídricos da unidade de gestão hídrica rio Araguari**. Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba, Agência Nacional de Águas e Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, p. 183. 2013.

CETESB. **Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 44. 2009.

CETESB. Site da CETESB. **Água Interiores**, 2017a. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

CETESB. Histórico da legislação hídrica no Brasil. **Site da CETESB**, 2017b. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

CONNOR, R.; KONCAGÜL, E. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. UNESCO. Perugia, p. 8. 2015.

CONNOR, R.; PAQUIN, M. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. UNESCO. Perugia, Itália, p. 12. 2016.

CUTRIM, A. L. F. **Avaliação da qualidade ambiental do rio Uberabinha (MG) utilizando parâmetros físicos-químicos e comunidades de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores**. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Pós graduação em biologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2013.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (MG); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (MG). **Deliberação Normativa n. 01 de 05 de maio de 2008**. Belo Horizonte/MG, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Brasília/DF, 2005.

PORTAL DATAVIVA. **Plataforma DataViva**, 2017. Disponível em: <http://dataviva.info/pt/location/4mg08/opportunities?menu=activities-space-scatter&url=scatter%2Frais%2F4mg08%2Fall%2Fall%2Fcnae%2F%3Fcolor%3Dcolor%26controls%3Dtrue%26depth%3Dcnae_1%26y%3Dcho_diversity_eff%26x%3Ddistance%26size%3Dnum_jobs>. Acesso em: 17 mar. 2017.

DMAE. Sobre o esgoto. **Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia**, 2017. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=767>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

EDITORA UFMG. Obras: Estudos e modelagem da qualidade da água de rios - Planilha de Excel Exemplo 6.2 IQA. **Site da Editora UFMG**, 2017. Disponível em: <<https://www.editoraufmg.com.br/pages/obra/514/estudos-e-modelagem-da-qualidade-da-agua-de-rios>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha - Uberlândia - MG**. 2009. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Pós graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. D. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, vol. 1, 2010. 418 p.

IBGE. Cidades@, 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=317020>>. Acesso em: 15 Janeiro 2017.

IGAM. Enquadramento. **Site da Instituto Mineiro de Gestão das Águas**, 2017a. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/enquadramento>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

IGAM. Geoprocessamento. **Site do Instituto Mineiro de Gestão das Águas**, 2017b. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas/1262>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

IGAM. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2016**: resumo executivo. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2017c. 172 p.

INMET. Estações Automáticas. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 2017 jun. 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

MARTINS, A. P. **Bacia do ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG) : Avaliação ambiental integrada e alternativas de uso**. 2009. 227 f. Dissertação (Mestrado) - Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2009.

MILLER, J. N.; MILLER, J. C. **Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry**. 6 ed. England: Pearson Education Limited, vol. 1, 2010.

OLIVEIRA, L. M. de; PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, L. E. Avaliação da qualidade da água no médio e baixo curso do rio Uberabinha, triângulo mineiro. In: XIII Congresso nacional de meio ambiente, vol. 13, 2016, Poços de Caldas. **Anais...**, 2016. p. 1-8.

PÁDUA, V. L.; TEXEIRA, B. N.; COELHO, E.; FIGUEIREDO, I. C. **Qualidade da água e padrões de potabilidade, abastecimento de água: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org). Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 80 p.

SALLA, M. R.; PAREDES-ARQUIOLA, J.; SOLERA, A.; ÁLVAREZ, J. A.; PEREIRA, C. E.; ALAMY, J. E. F.; OLIVEIRA, A. L. Integrated modeling of water quantity and quality in the Araguari. **Latin American Journal of Aquatic Research**, Valparaíso, vol. 42, n. 1, p. 224-244, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.cl/pdf/lajar/v42n1/art19.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ihéus: Editora da UESC, 2002. 293 p.

SEMAD. **Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA): estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Relatório 1. Belo Horizonte: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais, 2005.

SILVA, F. R. **Uso e ocupação do solo associado à qualidade da água no rio Uberabinha**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Pós graduação em Qualidade Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2016.

SNIRH. Acesso Temático. **Site do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

TUNDISI, G. J. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003. 283 p.

VASCONCELOS, M. D. G. **Avaliação integrada da qualidade da água do rio Uberabinha - MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécimes da ictiofauna**. 2012. 188 f. Dissertação (Doutorado) - Pós Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais: vol. 1, 2005. 243 p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2^a. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, vol. 7, 2014. 592 p.

APÊNDICE A – Resultados médios dos parâmetros.

Mês	Pontos	N. amoniacal (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	OD (mg.L ⁻¹)	<i>E.Coli</i> (NMP.100 mL ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)	Temp. (°C)	Turb. (UNT)	ST (mg.L ⁻¹)	pH
jul/16	1	0,03	0,001	0,10	0,04	7,63	23	1,00	17,79	1,50	6,75	7,32
	2	0,08	0,003	0,14	0,04	7,08	23	4,00	21,53	0,90	17,25	6,96
	3	0,06	0,002	0,13	0,04	8,93	23	2,00	16,03	3,70	10,25	6,90
	4	0,05	0,003	0,15	0,04	7,08	3	1,00	21,89	1,05	16,25	6,32
	5	0,18	0,002	0,03	0,05	7,63	460	3,00	18,83	2,70	22,75	7,37
	6	0,49	0,035	0,06	0,09	6,54	1100	4,00	19,17	7,10	31,00	7,16
	7	4,07	0,030	0,02	0,32	5,45	1100	18,00	20,08	14,20	84,50	6,90
	8	6,67	0,149	0,04	0,68	5,77	1100	38,00	19,20	5,60	96,00	6,75
set/16	1	0,08	0,001	0,23	0,10	7,63	7	4,00	21,62	2,20	12,50	7,12
	2	0,07	0,003	0,25	0,06	7,08	23	5,00	23,92	2,10	22,67	6,70
	3	0,06	0,002	0,20	0,09	8,17	23	4,00	18,56	2,10	30,33	6,90
	4	0,10	0,003	0,32	0,06	7,08	4	5,00	23,02	0,55	22,83	6,79
	5	0,16	0,002	0,23	0,08	7,63	43	4,43	22,90	2,90	19,33	6,90
	6	7,70	0,072	0,29	0,23	7,63	460	10,63	23,62	5,80	38,50	6,96
	7	0,95	0,081	0,30	0,51	3,27	1100	19,25	24,54	20,90	145,00	6,77
	8	5,92	0,342	0,30	0,46	7,63	1100	21,00	22,68	4,40	101,50	6,72
out/16	1	0,25	0,001	0,06	0,03	6,86	9	4,00	24,80	3,70	15,11	6,84
	2	0,28	0,004	0,08	0,03	7,08	23	3,00	27,18	2,10	28,00	6,90
	3	0,23	0,004	0,06	0,04	8,17	43	4,00	22,96	3,50	48,33	7,10
	4	0,29	0,005	0,28	0,04	5,99	23	4,00	24,55	0,55	27,00	7,25
	5	0,64	0,006	0,14	0,05	6,54	93	4,00	24,79	7,30	31,00	7,66
	6	1,18	0,035	0,31	0,09	6,81	93	5,00	25,02	11,20	48,50	7,07
	7	2,99	0,037	0,21	0,39	5,99	1100	6,00	25,73	20,20	92,33	6,99
	8	3,94	0,147	0,26	0,52	6,54	1100	6,00	24,66	37,20	82,00	6,87
nov/16	1	0,11	0,001	0,02	0,05	7,08	7	3,00	22,20	16,10	32,22	7,27
	2	0,32	0,004	0,24	0,04	6,54	23	2,00	26,55	2,00	31,50	6,77
	3	0,10	0,001	0,02	0,06	7,63	23	2,00	21,61	11,00	31,67	6,62
	4	0,14	0,002	0,02	0,04	8,17	43	5,00	25,61	0,55	30,67	6,50
	5	0,38	0,004	0,04	0,05	6,54	15	4,43	23,65	7,20	43,33	7,28
	6	0,53	0,031	0,03	0,08	5,99	460	10,63	23,68	26,50	32,67	7,18
	7	3,43	0,034	0,03	0,22	6,54	93	19,25	24,08	8,40	54,89	7,05
	8	3,49	0,133	0,04	0,29	5,45	1100	21,00	23,83	29,30	54,00	6,94

Mês	Pontos	N. amo- niacal (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	OD (mg.L ⁻¹)	<i>E.Coli</i> (NMP.100 mL ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)	Temp. (°C)	Turb. (UNT)	ST (mg.L ⁻¹)	pH
dez/16	1	0,27	0,005	0,04	0,14	6,54	9	3	23,9	16,7	6,67	6,7
	2	0,4	0,003	0,03	0,04	6,54	23	4	28,1	2,1	28	7,07
	3	0,61	0,009	0,08	0,09	7,63	23	4	21,98	7,3	13,33	7,22
	4	0,32	0,004	0,04	0,09	5,45	15	4	25,42	15,7	18	7,4
	5	0,48	0,001	0,05	0,12	6,54	460	5	26,21	7,9	9,33	6,94
	6	0,78	0,013	0,12	0,14	6,54	1100	8	26,16	11,13	26,67	7,26
	7	3,36	0,014	0,07	0,26	6,54	1100	22	26,45	20,9	58,5	7,28
	8	3,26	0,137	0,08	0,98	5,99	1100	22	25,75	13,2	53,67	7,3
fev/17	1	0,14	0,002	0,01	0,08	7,08	1100	1	21,73	4,88	51	6,86
	2	0,2	0,004	0,01	0,07	5,45	1100	2	25,22	6,11	113,33	7,22
	3	0,17	0,003	0,01	0,08	8,17	1100	2	20,14	10,2	103,33	7,18
	4	0,25	0,004	0,01	0,08	5,99	1100	2	24,06	4,51	156	7,04
	5	0,31	0,001	0	0,08	7,63	1100	8	23,05	12,8	2692,5	5,88
	6	1,28	0,041	0,14	0,1	7,26	1100	12	22,81	27	463,83	6,52
	7	4,86	0,034	0,18	0,17	9,26	1100	26	23,41	24,1	484,83	6,48
	8	4,6	0,339	0,2	0,2	6,54	1100	28	22,73	17,7	240,33	6,46
mar/17	1	0,1	0,003	0,05	0,09	7,08	240	3	24	21,8	77,5	6,48
	2	0,06	0,003	0,04	0,1	6,54	460	3	28	3,91	62	7,21
	3	0,14	0,003	0,04	0,07	7,08	1100	4	23	18,9	92,33	6,92
	4	0,13	0,004	0,04	0,09	5,99	460	4	26,5	3,9	54	6,84
	5	1,75	0,001	0,05	0,07	7,63	1100	5	26	11,3	145,94	6,76
	6	0,68	0,015	0,1	0,07	7,63	1100	13	22,81	12,1	113,56	6,96
	7	2,76	0,019	0,07	0,18	7,08	1100	22	23,41	17,7	126,78	7,23
	8	3,18	0,161	0,09	0,11	7,08	1100	21	27	21,5	150,33	7,21
abr/17	1	0,17	0,002	0,03	0,29	6,54	43	3	21,73	3,68	293,11	6,55
	2	0,2	0,003	0,03	0,19	5,99	240	5	25,22	1,75	98,44	7,07
	3	0,24	0,003	0,03	0,19	7,96	1100	6	20,14	5,51	121	6,91
	4	0,18	0,006	0,03	0,27	6,54	43	6	24,06	1,02	167,78	6,92
	5	0,25	0,002	0,03	0,17	7,08	1100	4	23,05	4,65	67	6,7
	6	0,8	0,033	0,03	0,2	6,54	1100	17	22,81	4,7	97,67	6,95
	7	6,07	0,029	0,03	0,24	5,45	1100	29	23,41	9,66	173,33	7,07
	8	5,95	0,296	0,04	0,32	5,45	1100	20	22,73	6,36	617,33	7,08

Mês	Pontos	N. amoniacal (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	OD (mg.L ⁻¹)	<i>E.Coli</i> (NMP.100 mL ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)	Temp. (°C)	Turb. (UNT)	ST (mg.L ⁻¹)	pH
mai/17	1	0,2	0,003	0,04	0,14	7,63	460	3	21,5	10,65	90	6,23
	2	0,34	0,007	0,04	0,1	6,54	23	3	25	2,86	152,33	6,94
	3	0,21	0,004	0,03	0,07	7,85	150	3	21	13,05	109,78	6,75
	4	0,18	0,004	0,02	0,06	7,08	23	3	24,5	8,71	237,67	6,85
	5	0,33	0,002	0,1	0,06	7,08	1100	2	24	12,8	1225,67	6,47
	6	0,54	0,012	0,13	0,09	6,54	1100	15	23	15,8	124	6,75
	7	2,75	0,013	0,11	0,21	7,08	1100	12	23	16,9	283,83	6,93
	8	2,64	0,103	0,21	0,15	7,63	1100	12	21,5	13,2	2541,33	6,86
jun/17	1	0,35	0,001	0,03	0,04	1,63	1100	1	18	1,76	2720,38	6,48
	2	0,15	0,001	0,03	0,05	7,08	1100	2	21,5	0,45	115,77	6,98
	3	0,2	0,002	0,02	0,04	9,26	1100	1	16	3,06	104,62	6,93
	4	0,12	0,002	0,02	0,04	6,54	1100	2	21	0,32	124,36	6,83
	5	0,03	0,003	0,08	0,19	7,26	1100	4,43	18	3,08	88,46	7,18
	6	0,28	0,038	0,11	0,12	7,81	1100	11	19	3,11	131,15	6,94
	7	3,09	0,033	0,09	0,7	4,9	1100	19	20	6,65	131,15	7,04
	8	3,11	0,252	0,12	0,31	6,9	1100	21	17,2	3,72	143,46	7,13

APÊNDICE B – Resultados do IQA

Mês	Pontos	OD	E. Coli	pH	DBO	Nitrato	Fósforo Total	Turbidez	ST	Temp.	IQA geral	Situação
jul/16	1	91,9	56,0	92,5	88,4	99,7	94,5	96,2	81,8	92,0	85,5	BOM
	2	92,0	56,0	90,9	61,0	99,5	94,6	97,8	84,0	92,0	82,5	BOM
	3	99,8	56,0	89,8	78,1	99,5	95,1	90,8	82,6	92,0	85,1	BOM
	4	92,4	83,1	74,3	88,4	99,4	94,1	97,4	83,8	92,0	88,6	BOM
	5	93,3	26,5	92,5	69,1	100,0	94,0	93,2	84,8	92,0	74,8	BOM
	6	84,4	20,2	92,3	61,0	99,9	88,8	83,1	85,8	92,0	68,7	MÉDIO
	7	69,6	20,2	89,8	13,6	100,0	68,5	69,9	85,9	92,0	54,8	MÉDIO
	8	73,6	20,2	86,6	2,0	99,9	49,9	86,4	85,1	92,0	44,8	RUIM
set/16	1	96,8	70,4	92,1	61,0	99,0	87,4	94,5	83,1	92,0	85,3	BOM
	2	94,8	56,0	85,4	54,0	98,9	92,7	94,7	84,8	92,0	81,0	BOM
	3	97,4	56,0	89,8	61,0	99,2	88,6	94,7	85,7	92,0	82,6	BOM
	4	93,8	80,4	87,5	54,0	98,5	92,2	98,7	84,8	92,0	85,8	BOM
	5	98,5	48,9	89,8	57,9	99,0	89,7	92,7	84,3	92,0	80,5	BOM
	6	99,4	26,5	90,9	72,3	98,7	75,7	86,0	86,4	92,0	73,7	BOM
	7	30,2	20,2	87,1	11,9	98,6	57,5	60,9	80,4	92,0	45,2	RUIM
	8	98,2	20,2	85,9	10,0	98,6	60,1	89,2	84,7	92,0	56,3	MÉDIO
out/16	1	93,9	67,5	88,6	61,0	99,9	95,4	90,8	83,6	92,0	84,5	BOM
	2	98,8	56,0	89,8	69,1	99,8	95,7	94,7	85,5	92,0	84,5	BOM
	3	97,3	48,9	92,0	61,0	99,9	94,9	91,3	86,8	92,0	81,6	BOM
	4	85,6	56,0	92,5	61,0	98,8	94,7	98,7	85,4	92,0	81,8	BOM
	5	90,8	40,8	91,4	61,0	99,5	93,5	82,7	85,8	92,0	77,6	BOM
	6	93,6	40,8	91,9	54,0	98,6	88,3	75,0	86,8	92,0	76,0	BOM
	7	86,9	20,2	91,4	80,1	99,1	64,0	61,6	85,4	92,0	66,9	MÉDIO
	8	90,6	20,2	89,2	80,1	98,8	56,8	46,0	86,0	92,0	64,9	MÉDIO
nov/16	1	92,8	70,4	92,5	69,1	100,0	93,5	67,0	85,9	92,0	84,3	BOM
	2	92,8	56,0	87,1	78,1	98,9	94,2	95,0	85,8	92,0	84,1	BOM
	3	96,8	56,0	83,4	78,1	100,0	92,5	75,4	85,8	92,0	82,7	BOM
	4	94,5	48,9	80,0	54,0	100,0	94,4	98,7	85,8	92,0	79,2	BOM
	5	89,5	61,2	92,5	57,9	100,0	93,2	82,9	86,6	92,0	82,0	BOM
	6	84,4	26,5	92,3	72,3	100,0	90,4	54,7	85,9	92,0	70,6	BOM
	7	90,0	40,8	91,8	11,9	100,0	76,4	80,4	86,8	92,0	64,4	MÉDIO
	8	76,6	20,2	90,5	10,0	100,0	70,6	52,2	86,8	92,0	53,1	MÉDIO

Mês	Pontos	OD	<i>E. Coli</i>	pH	DBO	Nitrato	Fósforo Total	Turbidez	ST	Temp.	IQA geral	Situação
dez/16	1	89,8	67,5	85,4	69,1	100,0	83,5	66,1	81,8	92,0	81,2	BOM
	2	94,5	56,0	91,9	61,0	100,0	95,3	94,7	85,5	92,0	83,0	BOM
	3	97,3	56,0	92,4	61,0	99,8	88,6	82,7	83,3	92,0	81,8	BOM
	4	79,2	61,2	92,5	61,0	100,0	89,1	67,6	84,1	92,0	78,9	BOM
	5	92,4	26,5	90,5	54,0	99,9	85,9	81,4	82,4	92,0	71,1	BOM
	6	92,3	20,2	92,5	76,2	99,6	83,5	75,1	85,3	92,0	70,3	BOM
	7	92,7	20,2	92,5	9,1	99,8	73,2	60,9	86,8	92,0	55,3	MÉDIO
	8	87,0	20,2	92,5	9,1	99,8	40,6	71,5	86,8	92,0	52,3	MÉDIO
fev/17	1	92,2	54,9	89,0	88,4	100,0	89,9	88,0	86,8	92,0	84,3	BOM
	2	78,9	49,3	92,4	78,1	100,0	90,5	85,3	83,6	92,0	79,8	BOM
	3	99,5	43,7	92,3	78,1	100,0	90,4	76,9	84,5	92,0	80,9	BOM
	4	84,9	57,6	91,7	78,1	100,0	89,5	88,9	79,2	92,0	82,5	BOM
	5	98,7	33,1	54,9	76,2	100,0	90,4	72,2	74,0	92,0	71,5	BOM
	6	95,1	24,4	80,6	70,6	99,5	88,0	54,2	37,6	92,0	65,1	MÉDIO
	7	88,6	22,8	79,4	6,5	99,3	80,1	57,7	35,4	92,0	49,6	RUIM
	8	88,6	20,2	78,8	5,6	99,2	77,7	64,7	68,5	92,0	50,9	MÉDIO
mar/17	1	94,9	31,9	79,4	69,1	99,9	88,8	59,9	86,3	92,0	72,8	BOM
	2	94,4	26,5	92,4	69,1	100,0	87,8	90,3	86,8	92,0	74,4	BOM
	3	93,7	20,2	90,1	61,0	100,0	90,7	63,2	85,4	92,0	68,4	MÉDIO
	4	87,7	26,5	88,6	61,0	100,0	88,9	90,3	86,8	92,0	72,3	BOM
	5	97,9	20,2	86,8	54,0	99,9	90,5	74,8	80,3	92,0	68,3	MÉDIO
	6	98,4	20,2	90,9	69,5	99,7	91,1	73,4	83,6	92,0	70,6	BOM
	7	94,2	20,2	92,4	9,1	99,8	80,0	64,7	82,4	92,0	56,0	MÉDIO
	8	98,5	20,2	92,4	10,0	99,7	86,7	60,2	79,8	92,0	56,9	MÉDIO
abr/17	1	87,7	48,9	81,5	69,1	100,0	70,4	90,9	61,0	92,0	75,4	BOM
	2	86,4	31,9	91,9	54,0	100,0	78,6	95,6	84,9	92,0	72,8	BOM
	3	97,7	20,2	89,9	80,1	100,0	79,0	86,6	82,9	92,0	71,4	BOM
	4	90,0	48,9	90,1	80,1	100,0	72,0	97,5	77,8	92,0	80,0	BOM
	5	93,8	20,2	85,4	61,0	100,0	80,7	88,6	86,7	92,0	69,1	MÉDIO
	6	88,7	20,2	90,7	15,3	100,0	78,1	88,5	85,0	92,0	59,7	MÉDIO
	7	75,9	20,2	91,9	5,3	100,0	74,8	77,9	77,2	92,0	51,2	MÉDIO
	8	74,6	20,2	91,9	11,1	100,0	68,8	84,7	93,0	92,0	55,7	MÉDIO

Mês	Pontos	OD	<i>E. Coli</i>	pH	DBO	Nitrato	Fósforo Total	Turbidez	ST	Temp.	IQA geral	Situação
mai/17	1	96,7	26,5	71,1	69,1	100,0	83,9	76,0	85,5	92,0	71,0	BOM
	2	91,0	56,0	90,5	69,1	100,0	88,1	92,8	79,6	92,0	82,1	BOM
	3	97,9	36,1	86,6	69,1	100,0	91,0	71,8	84,0	92,0	76,4	BOM
	4	95,5	56,0	88,8	69,1	100,0	92,6	79,8	68,9	92,0	81,1	BOM
	5	94,9	20,2	79,1	78,1	99,7	91,9	72,2	98,0	92,0	70,7	BOM
	6	88,9	20,2	86,6	2,0	99,5	88,2	67,4	82,6	92,0	47,9	RUIM
	7	93,7	20,2	90,3	70,6	99,6	77,2	65,8	62,3	92,0	66,8	MÉDIO
	8	96,7	20,2	89,0	70,6	99,1	82,4	71,5	100,0	92,0	70,5	BOM
jun/17	1	93,0	54,9	79,4	88,4	100,0	94,7	95,6	100,0	92,0	85,2	BOM
	2	91,9	49,3	91,2	78,1	100,0	93,3	99,0	83,4	92,0	83,0	BOM
	3	98,0	43,7	90,3	88,4	100,0	94,6	92,4	84,4	92,0	83,0	BOM
	4	86,8	57,6	88,4	78,1	100,0	94,5	99,3	82,6	92,0	83,9	BOM
	5	89,2	33,1	92,3	57,9	99,8	79,0	92,3	85,6	92,0	74,0	BOM
	6	95,0	24,4	90,5	71,8	99,6	86,0	92,2	81,9	92,0	73,2	BOM
	7	58,7	22,8	91,7	12,2	99,7	49,2	84,1	81,9	92,0	52,6	MÉDIO
	8	85,4	20,2	92,2	10,0	99,6	68,9	90,8	80,6	92,0	56,1	MÉDIO

Nota: As cores representam a situação do trecho do curso de água conforme a classificação do IQA pelo IGAM, o azul é excelente, verde é bom, amarelo é médio, laranja é ruim e vermelho é muito ruim.