

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA NO  
RIO UBERABINHA**

**FERNANDA RIBEIRO SILVA**

**UBERLÂNDIA  
2016**

**FERNANDA RIBEIRO SILVA**

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA NO  
RIO UBERABINHA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Processos Ambientais, para obtenção do título de “Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental”.

**Orientadora:** Profa. Dra. Sueli Moura Bertolino

**UBERLÂNDIA  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586u Silva, Fernanda Ribeiro, 1981

2016 Uso e ocupação do solo associado à qualidade da água no Rio  
Uberabinha / Fernanda Ribeiro Silva. - 2016.

72 f.

Orientadora: Sueli Moura Bertolino.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Inclui bibliografia.

1. Qualidade Ambiental - Teses. 2. Água - Qualidade - Teses. 3.  
Metais pesados - Aspectos ambientais - Teses. 4. Geoprocessamento -  
Teses. I. Bertolino, Sueli Moura. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.

---

CDU: 574

**FERNANDA RIBEIRO SILVA**

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA NO  
RIO UBERABINHA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Processos Ambientais, para obtenção do título de “Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental”.

Uberlândia, 29 de agosto de 2016

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Sueli Moura Bertolino  
Instituto de Ciências Agrárias - UFU

---

Profa. Dra. Alexana Baldoni  
Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

---

Prof. Hudson de Paula Carvalho  
Instituto de Ciências Agrárias- UFU

## RESUMO

Este trabalho possui o objetivo de avaliar a qualidade da água na sub-bacia do Rio Uberabinha que abrange os municípios de Uberlândia, Uberaba e Tupaciguara. As coletas de amostras de água foram realizadas em duas estações distintas do ano: seca (maio e julho) e chuvosa (setembro e novembro) do ano de 2015 e as coletas foram realizadas em 06 pontos desde a nascente até a foz do Rio. Resultados da análises físico-químicas da água indicaram nos pontos analisados, valores acima dos limites estabelecidos pela legislação, para os seguintes parâmetros: OD, DBO, DQO, turbidez, fósforo total, ferro, nitrogênio amoniacal, coliformes termotolerantes, e para os metais pesados Cd, Cu, Pb, Cr, Zn. Os valores dos ensaios das amostras foram interpretadas em função dos limites de aceitação individuais para cada substância em cada Classe, visando ao atendimento dos padrões de qualidade das águas estabelecidas pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005). Para auxiliar a interpretação dos resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da água, a área de estudo foi mapeada quanto ao uso e ocupação do solo. Este mapeamento identificou a presença de 62,9% do uso antrópico, 24,4% de cobertura vegetal natural, 12,54% de reflorestamento com espécies exóticas e 0,16% ocupada pelos corpos d'água. Apesar do uso principal do solo ser para uso antrópico, principalmente agricultura, a classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) mostra que a sub-bacia do Rio Uberabinha, pelos pontos amostrados foi classificada dentro da faixa considerada boa. A avaliação de variáveis físicas, químicas e biológicas da água do Rio Uberabinha, aliada a técnicas de geoprocessamento, propiciou melhor conhecimento das condições ambientais da área de estudo e os resultados obtidos podem ser utilizados como fontes de dados primários para promover o planejamento e gestão ambiental local e regional.

**Palavras-Chave:** Qualidade da água. Metais pesados. Uso antrópico. Geoprocessamento.

## ABSTRACT

This work has the objective of evaluating the quality of water in the Uberabinha sub-basin that covers the cities of Uberlandia, Uberaba and Tupaciguara. The collection of water samples were carried out in two distinct seasons: Dry (May and July) and rainy (September and November) of 2015 and the samples were taken in 06 points from the source to the mouth of the Rio. Results of the physico-chemical analysis of water indicated in the analyzed points, the upper limit established by law for the following parameters: DO, BOD, COD, turbidity, total phosphorus, iron, ammonia nitrogen, fecal coliforms, and for heavy metals Cd, Cu, Pb, Cr, Zn. The values of the sample tests were interpreted on the basis of individual acceptance limits for each substance in each class, ensuring compliance with the quality standards of water established by Resolution 357 of CONAMA (2005). To assist the interpretation of the results of physical-chemical and bacteriological water, the study area was mapped as the use and occupation of land. This mapping has identified the presence of 62.9% of the anthropic use, 24.4% of natural vegetation cover 12.54% of reforestation with exotic species and 0.16% occupied by water bodies. Although the main land use is for anthropic use, especially agriculture, the classification of the Water Quality Index (AQI) shows that the sub-basin of the Uberabinha, the sampled points were classified within the range considered good. This evaluation of physical, chemical and biological characteristics of water Uberabinha, combined with geoprocessing techniques, provided better knowledge of the environmental conditions of the study area and the results obtained can be used as primary data sources to promote environmental planning and management local and regional.

**Keywords:** Water quality; Heavy metals; anthropic use; Geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha.....	13
Figura 2: Localização da área de estudo .....	35
Figura 3: Localização dos Pontos de amostragem .....	36
Figura 4: Nível de Qualidade de água.....	42
Figura 5: Uso e ocupação do solo da Sub-bacia do Rio Uberabinha. ....	44
Figura 6: Rede de drenagem da Sub-bacia do Rio Uberabinha .....	46
Figura 7: Uso e ocupação do solo na APP da Sub-bacia do Rio Uberabinha.....	47
Figura 8: Resultado das análises de Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> ).....	50
Figura 9: Resultado das análises de Condutividade.....	51
Figura 10: Resultado das análises de Nitrogênio Ammoniacal (mg.L-1) .....	52
Figura 11: Resultado das análises de Fósforo (mg.L-1).....	53
Figura 12: Resultado das análises de Ferro (mg.L-1) .....	54
Figura 13: Resultados das análises de OD (ppm) .....	55
Figura 14 Resultados das análises de DBO (mg.L-1) .....	55
Figura 15: Resultados das análises de DQO (mg.L-1).....	56
Figura 16: Resultados das análises Escherichia coli/100ml .....	57
Figura 17: Concentração de metal Cromo/mg.L-1 .....	63
Figura 18: Concentração de metal Cobre/mg.L-1 .....	63
Figura 19: Concentração de metal Cádmio /mg.L-1 .....	64
Figura 20: Concentração de metal Zinco/mg.L-1 .....	64
Figura 21: Concentração de metal Chumbo/mg.L-1 .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari.....	13
Tabela 2: Características dos Pontos de Amostragem .....	37
Tabela 3: Peso atribuído aos parâmetros do IQA – Fonte: CETESB 2007 .....	41
Tabela 4: Distribuição das áreas e porcentagens de uso e ocupação do solo .....	44
Tabela 5: Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo na APP.....	46
Tabela 6: Valores IQA dos pontos amostrados .....	58
Tabela 7: Valores médios dos parâmetros físico-químicos e biológicos dos pontos amostrados ao longo da sub-Bacia do Rio Uberabinha e Valor Máximo Permitido (VMP) segundo Resolução Nº 357 do CONAMA de 2005.....	59
Tabela 8: Valores estipulados pela Resolução 357/2005 CONAMA .....	60

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVO</b>	<b>9</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>10</b>
3.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS NO BRASIL	10
3.1.1 BACIA DO RIO ARAGUARI E A SUB-BACIA DO RIO UBERABINHA	11
3.2. O USO COMPARTILHADO DA ÁGUA E OUTORGA DE DIREITO	16
3.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO VERUS QUALIDADE DA ÁGUA	17
3.4. HISTÓRICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UBERABINHA	18
3.5. MAPEAMENTO DAS ÁREAS	20
3.6. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	22
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>35</b>
4.1. ÁREA DO ESTUDO	35
4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS PARA AMOSTRAGEM	36
4.3. COMPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS	37
4.4. LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	38
4.5. METODOLOGIA PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	39
4.6. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	41
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>
5.1. AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	43
5.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE APP	45
5.3. REFERÊNCIAS - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	47
5.4. ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE ÁGUA	48
5.5. CÁLCULOS DE ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)	57
5.6. METAIS PESADOS	60
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos mais importantes e fundamentais para a manutenção da vida com qualidade, para o conforto climático, e complementarmente, para o desenvolvimento econômico (VON SPERLING, 2005). Os recursos hídricos superficiais presentes no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul, e 11% dos recursos mundiais. Porém, mesmo detentora dessa expressiva quantidade de água, o Brasil padece de um mesmo equívoco de muitos outros países, que é a má gestão dos recursos hídricos (VON SPERLING, 2007).

Esta pesquisa teve suas razões motivadas na importância que a água exerce em todos os ecossistemas. A água é, provavelmente o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade.

A Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha, objeto do estudo é o principal manancial utilizado para o abastecimento de água do município de Uberlândia. Suas nascentes estão localizadas no município de Uberaba e deságua no Rio Araguari, no município de Tupaciguara. Está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e possui uma grande importância para a mesorregião do Triângulo Mineiro. Por se tratar de uma região em destaque no Brasil devido ao seu alto desenvolvimento econômico, principalmente no ramo agrícola, a bacia é caracterizada pelo uso intensivo dos recursos naturais.

Além de analisar a qualidade da água em diferentes épocas do ano, a finalidade desta pesquisa, está centrada na evolução do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Uberabinha, pois ao longo dos anos têm provocado impactos, entre eles, retirada da vegetação original, compactação do solo, assoreamento do rio, lançamento de agrotóxicos no solo e corpos d'água e redução das áreas de campos hidromórficos. Resta saber se esses impactos estão provocando alterações significativas no padrão de qualidade da água, uma vez que tem-se conhecida o limite máximo permitidos para o mesmo.

O uso e ocupação do solo têm relação direta com a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos que integram uma bacia hidrográfica. Dessa forma, a análise da qualidade da água deve levar em conta todas as possíveis interações dos corpos d'água existentes na bacia de estudo, com os demais componentes do ambiente como o meio físico, o meio biótico e o meio antrópico (MOTA, 2008). Segundo Merten e Minella

(2004) os dados de qualidade e de quantidade de um curso d'água refletem os fenômenos ocorrentes nas suas vertentes, que podem ser avaliados por meio de parâmetros de qualidade da água.

No mundo globalizado e de alta competição, torna-se necessário que a agricultura seja praticada de forma intensiva e com alta produtividade. Logo, é imprescindível a adoção de medidas mitigadoras, preservação das matas ciliares, e principalmente entender que a oferta de água pelos mananciais deve ser preservada e ampliada sendo a cobertura do solo um fator decisivo no escoamento superficial e no transporte de sedimentos, podendo influenciar na qualidade e disponibilidade de água dos rios. O estabelecimento de relações entre o uso e a ocupação dos solos e os recursos hídricos, é uma importante informação para o melhor planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Nesse sentido, estudos integrados visam diagnosticar as condições do ambiente natural, identificar suas potencialidades e usos indicados, incluindo a dinâmica do uso do solo e contribuir para o ordenamento do uso, ocupação e gestão sustentável de bacias hidrográficas.

Dessa forma, apesar de ainda não haver o enquadramento do Rio Uberabinha conforme legislação vigente, este rio se destaca num cenário de grande relevância ambiental por se configurar como um recurso natural de importância estratégica para o Triângulo Mineiro, sendo um dos principais mananciais de abastecimento para várias cidades, como Uberlândia, Uberaba e Tupaciguara, além dos distritos do município de Uberlândia. Como um todo, a Bacia do Rio Uberabinha apresenta sinais claros de degradação, mediante pressões antropogênicas, tais como desmatamento, agricultura intensiva, diluição de efluentes urbanos, que, provavelmente, estão interferindo negativamente na qualidade de suas águas.

## **2. OBJETIVO**

Verificar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do Rio Uberabinha, através do mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) nos pontos de coletas no Rio Uberabinha, identificar os diferentes usos e ocupações nas áreas de APP e os impactos ocorrentes, bem como verificar se estes estão de acordo com a legislação ambiental vigente; determinar a qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos e biológicos; determinar a presença de metais na água (chumbo, cobre, zinco, cádmio, cromo), bem como suas possíveis fontes de lançamento.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Bacias Hidrográficas no Brasil

No Brasil, existem diversos conceitos voltados para identificar uma bacia hidrográfica. Garcia (2011) em seu trabalho, descreve a bacia hidrográfica como sendo uma unidade física adotada na legislação para o gerenciamento de recursos hídricos que constitui um princípio básico para a implementação de sua gestão.

Da mesma forma o art. 1º da Lei nº 9.433 de 1997, que versa sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, baseia-se no fundamento de que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dessa forma, muitos conceitos de bacia hidrográfica têm sido descritos com o intuito de se concentrar os estudos na quantidade e qualidade da água.

Muitos trabalhos científicos contribuem com conceitos que nos levam a identificar e compreender a dinâmica que envolve uma Bacia Hidrográfica. Rocha (1997, p.73), entende Bacia Hidrográfica como sendo,

[...] uma área que drena as águas de chuvas por ravinias, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago. As Bacias Hidrográficas não têm dimensões superficiais definidas.

Tundisi (2003, p. 124) demonstra sua idéia referente ao conceito de Bacia Hidrográfica, definindo-a como uma unidade geofísica bem delimitada, presente em todo o território, em várias dimensões, que apresenta ciclos hidrológicos e de energia bem caracterizados e integra sistema a montante, a jusante e as águas subterrâneas e superficiais pelo ciclo hidrológico.

Portanto, os aspectos físicos, químicos e naturais das bacias hidrográficas geram as consequências diretas e indiretas sobre o seu sistema hídrico. A qualidade da água de mananciais que a compõem está relacionada com a quantidade de chuva, uso da terra e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. As alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como vegetação e uso do solo (SANTOS et al, 2011).

De um modo geral, a bacia hidrográfica, é uma unidade de diagnósticos, levantamentos, monitoramentos, planejamentos sustentáveis e de gestão, voltada a

favorecer o conhecimento dos impactos ambientais causados, seja de forma natural ou antrópico, dando condições de desmembramento em partes menores, como as sub-bacias, promovendo condições de estudos e correções aos danos causados. Dessa maneira, este trabalho contribui com o levantamento de informações que irão subsidiar na atitude a que se refere à apropriação da mesma como instrumento de gestão econômica, social e ambiental.

As definições aqui apresentadas de bacias hidrográficas apontam para uma importante reflexão e mudança de atitude no que se refere à apropriação das mesmas, pois a disponibilidade, qualidade e quantidade de água necessária ao bemestar da sociedade, em seus aspectos econômicos, sociais, culturais e políticos evidenciam a intransferível tarefa de cuidar de todas elas. A maneira como vêm sendo utilizadas reflete diretamente na água delas provenientes, fato evidenciado tanto para a zona rural como para a urbana.

Em seu trabalho, Bernardes (2007), analisa que o grande desafio é combinar crescimento econômico, aumento da população, alta demanda de água, uso do solo cada vez mais intenso, com equilíbrio e a manutenção das bacias hidrográficas, que estabelecem importante inter-relação entre os recursos naturais e as atividades humanas.

### **3.1.1 Bacia do Rio Araguari e a sub-bacia do Rio Uberabinha**

O Brasil possui doze bacias hidrográficas distribuídas pelo território brasileiro, sendo a Bacia Hidrográfica do Paraná aquela que apresenta o maior desenvolvimento econômico do País.

A área total da Bacia do Paraná é de 879.873 km<sup>2</sup> abrangendo os estados de São Paulo (25% da região), Paraná (21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%), Santa Catarina (1,5%) e o Distrito Federal (0,5%)(ANA,2016). A região possui a cidade mais populosa da América do Sul, São Paulo, com cerca de 11,1 milhões de habitantes. Outros importantes centros populacionais são: Brasília, Curitiba, Goiânia, Campinas, Campo Grande e Uberlândia. A maior parte da população se concentra nas unidades hidrográficas dos rios Tietê e Grande, que, juntas, correspondem a 61% da população total.

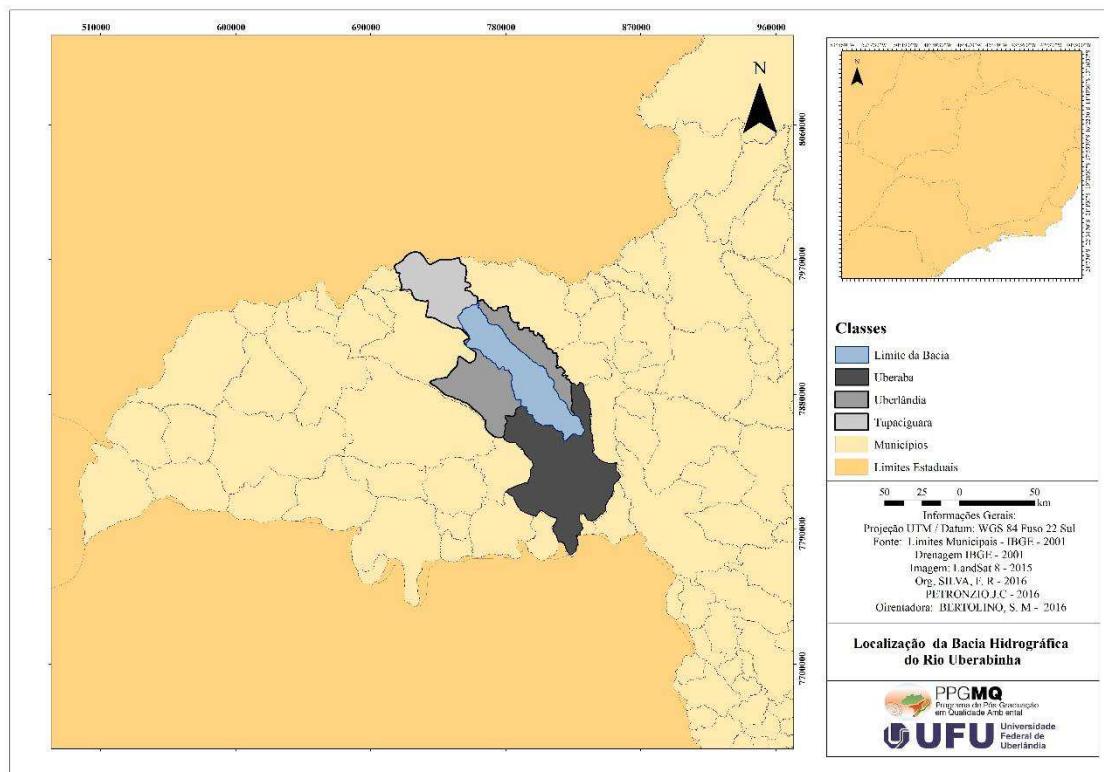
Originalmente, a Região Hidrográfica do Paraná apresentava os biomas de Mata Atlântica e Cerrado e cinco tipos de cobertura vegetal: Cerrado, Mata Atlântica, Mata de Araucária, Floresta Estacional Decídua e Floresta Estacional Semidecídua. O uso do

solo na região passou por grandes transformações ao longo dos ciclos econômicos do País, o que ocasionou um grande desmatamento(ANA, 2016).

Esta região hidrográfica possui a maior demanda por recursos hídricos do País, equivalente a  $736\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , que corresponde a 31% da demanda nacional. A irrigação é a maior usuária de recursos hídricos (42% da demanda total), seguida do abastecimento industrial (27%) (ANA, 2016).

Abacia do Rio Araguari está situada na porção oeste do estado de Minas Gerais (Figura 1), em uma extensão de 22.086 km<sup>2</sup> e ocupa áreas de 20 municípios. Esta bacia faz divisa a oeste e sudoeste com a bacia do Rio Tijuco, a sul com a bacia do Rio Grande, a leste com a bacia do Rio São Francisco, ao norte com a bacia do Rio Dourados e a nordeste com as nascentes do Rio Paranaíba.Demais características gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari podem ser analisadas na Tabela 1.

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha.



Fonte: a própria autora

Tabela 1: Características gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari.

Características Gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari	
Área da Bacia	22.091 km <sup>2</sup>
Extensão do Curso Principal	541 km
Localização	Latitude: 20°09'59" e Longitude: 46°40'44"
Ocupação	20 municípios
População (IBGE, 2010)	1.362.650 habitantes
Outorgas Superfícies Vigentes* (2014)	1.520 portarias
Outorgas Subterrâneas Vigentes* (2014)	1.440 portarias

\* Outorgas vigentes tratam-se das outorgas deferidas, renovadas e retificadas.

Fonte: CBH-Araguari, 2014.

Por abranger uma região grande, a Bacia do Rio Araguari é dividida em Sub-bacias, facilitando assim o seu monitoramento. Uma dessas subunidades é a Sub-Bacia do Rio Uberabinha.

A sub-bacia do Rio Uberabinha está localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro. Essa Bacia abrange os municípios de Uberaba, na sua porção Norte, e a porção Sudeste do município de Uberlândia (Figura 1) e tem uma área de 2000 km<sup>2</sup>. O Rio Uberabinha é afluente da margem esquerda do Rio Araguari e, este por sua vez, compõe a bacia do rio Paranaíba, um dos formadores da bacia do Rio Paraná.

### **3.1.2. Clima da Sub-bacia do Rio Uberabinha**

Com base na classificação de Köppen-Geiger (1936) apud Flauzino (2014), adotada universalmente e adaptada ao Brasil, o clima regional da Sub-bacia do Rio Uberabinha se caracteriza pelo regime tropical, com período de seca entre os meses de abril e setembro e de chuva entre os meses de outubro e março. A precipitação anual está em torno de 1.350 mm/ano. O predomínio da massa de ar Equatorial Continental, entre os meses de novembro a abril, é responsável pelas chuvas abundantes que representam cerca de 40% da pluviosidade média-anual, concentrada nos meses de dezembro a janeiro. Entre maio e outubro, prevalecem as massas de ar Tropical Atlântica e Continental, que se distinguem por tempo bom, com baixa nebulosidade, ocasionando escassez de chuva.

De acordo com a pesquisa realizada, as temperaturas médias dos meses mais frios e mais quentes do ano de 2015, variaram em torno de 20°C em maio e julho, e 24°C em setembro e novembro. Os ventos apresentam uma velocidade média entre 2 e 3 ms<sup>-1</sup>, provenientes principalmente do leste. As temperaturas foram mensuradas durante as coletas das amostras de água distribuídas ao longo da Bacia.

### **3.1.3. Geologia e Geomorfologia da Sub-bacia do Rio Uberabinha**

A área da bacia do Uberabinha está inserida em um conjunto regional de formas de relevo denominadas por Del Grossi (1991) apud Costa e Nishiyama (2008), como “Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central” e como Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, constituindo a subunidade Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná.

Ainda segundo os autores, as formas do relevo regional estão associadas à evolução da Bacia Sedimentar do Paraná, isto é, sua estrutura geológica, evolução tectônica e superfícies de erosão. Portanto, considera-se que o relevo em sua forma atual

é resultante da evolução passada e presente, condicionada pelo embasamento geológico e pelos processos morfoclimáticos.

A área em estudo encontra-se inserida na unidade morfoestrutural de Planatos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro da subunidade morfoescultural do Plantalto Setentrional da Bacia do Paraná. Dentre as unidades morfológicas presentes na bacia, destacam-se: as formas estruturais representadas, predominantemente, pelas unidades de superfície erosiva tabular; as formas de dissecação do relevo, abrangendo as formas aguçadas, convexas e tabulares; e, por fim as formas de acumulação que se caracterizam, especialmente, pelas planícies fluviais (BRASIL, 1983 apud FLAUZINO, 2014).

Em seu trabalho, Flauzino (2014) apresentou cinco compartimentos, aos quais denominaram “unidades morfoestruturais”, a saber: Complexo Granito-Gnáissico, Bacia Sedimentar do Paraná, Faixa de Dobramento, Intrusões Dômicas e Bacia Sedimentar Cenozóica. Assim a área estudada está compreendida na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizada pela unidade morfoestrutural Canyon do Araguari (BRASIL, 1983 apud FLAUZINO, 2014).

### **3.1.4. Solos e cobertura vegetal natural da Sub-bacia do Rio Uberabinha**

As características pedológicas da região são seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), as maiores ocorrências de Classes de solo, na área de estudo, estão relacionadas aos seguintes tipos: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Nitossolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo, Cambissolo, Gleissolo e Neossolo. Os solos da região da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha são considerados como um dos mais produtivos, predominando o seu uso e ocupação voltado especialmente para a agricultura.

De acordo com o Inventário Florestal de Minas Gerais, a cobertura vegetal natural predominante para esta região ao qual está inserida a bacia em estudo é composta por Cerrado (Senso stricto), Campo Cerrado, Áreas úmidas, Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual e Áreas de Tensão Ecológica (Contato Savana-Floresta Estacional).

Para gestão da bacia hidrográfica do Rio Araguari – Sub-bacia do Rio Uberabinha – foi criado o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari no ano de 1998, que surgiu com o intuito de auxiliar na gestão dos recursos hídricos da bacia. O Comitê se destaca pelo importante papel que desempenha na região e tem como

responsabilidade a decisão de aprovar ou desaprovar importantes programas e projetos ambientais.

A evolução da demanda pelo uso de recursos hídricos quer seja para captação, quer seja no lançamento de efluentes, provoca alterações que podem gerar conflitos ou influenciar os usos existentes de forma significativa. Assim torna-se necessário o enquadramento da água, para garantir a qualidade compatível segundo seu uso.

Contudo, o Plano Diretor da Bacia do Rio Araguari não faz menção sobre o enquadramento, explicando apenas que, este seja formulado de acordo com a Lei nº 9.433/1997, de acordo também com consultas públicas, maiores estudos e debates junto aos usuários da bacia, para assim propor alguma classificação. Atualmente, o Rio Uberabinha se insere na Classe 2, segundo consta no Artigo 42 da Resolução CONAMA nº 357/2005.

### **3.2. O uso compartilhado da água e outorga de direito na Sub-bacia do Rio Uberabinha**

De acordo com a outorga concedida ao Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), órgão responsável pelo abastecimento da cidade, o volume máximo de água que pode ser captado deste rio são  $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Outorgar refere-se à autorização dos direitos de uso de recursos hídricos. Trata-se de um instrumento que permite ao usuário a utilização da água. A autorização é por tempo determinado e em condições pré-fixadas, assegurando, dessa maneira, o controle qualitativo e quantitativo dos usos de água superficial ou subterrânea. Os critérios adotados para a outorga, são definidos pelo Poder Público e Comitês de Bacias. As modalidades de outorga são: autorização, concessão e permissão.

A exigência de outorga destina-se a todos que pretendam fazer uso de águas superficiais (rio, córrego, ribeirão, lago, mina ou nascente) ou águas subterrâneas (poços tubulares) para as mais diversas finalidades, como abastecimento doméstico, abastecimento público, aquicultura, combate a incêndio, consumo humano, controle de emissão de partículas, dessedentação de animais, diluição de efluentes sanitários ou industriais, envase de água, irrigação, dentre outros usos.

A outorga também é necessária para intervenções que alterem a quantidade ou qualidade de um corpo hídrico, como a construção de obras hidráulicas (barragens, retificações, canalizações, drenagens, travessias) e serviços de dragagem (mineraria ou para desassoreamento)

Até ano de 2015 estavam vigentes 1520 outorgas para o uso da água nos limites da Bacia do Rio Araguari, mais especificamente 256 outorgas vigentes para a bacia hidrográfica do Rio Uberabinha. Esse valor é baixo quando se observa o número de propriedades ao redor da bacia, e também pelo uso e ocupação do solo, uma vez que a agricultura é a principal atividade da região. Além da atuação do poder público sobre esta problemática, a fiscalização e o uso racional deste recurso também cabem aos proprietários de direito.

### **3.3. Uso e ocupação do solo *versus* qualidade da água na Sub-bacia do Rio Uberabinha**

O uso e a ocupação do solo de uma bacia hidrográfica têm relação direta com a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos que a integram. Dessa forma, a análise da qualidade da água deve considerar as atividades produtivas de uma bacia e sua interação com todos os componentes do meio físico, biótico e antrópico (MOTA, 2008).

Em contraposição à qualidade existente de uma determinada água, tem-se a qualidade desejável para esta água. A qualidade desejável para uma determinada água é função do seu uso previsto (VON SPERLING, 2005). Para o autor, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as consequências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água.

Segundo Merten e Minella (2004), a qualidade e a quantidade da água de um curso d'água refletem os fenômenos ocorrentes nas suas vertentes, o que pode ser avaliado por meio de parâmetros de qualidade da água. O disciplinamento do uso e ocupação do solo visa assegurar a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, sendo de extrema importância para organizar o desenvolvimento de uma bacia e ao mesmo tempo proteger os recursos naturais.

De acordo com Mota (2008), algumas medidas para o disciplinamento do uso e ocupação do solo podem ser adotadas entre elas: i) macrozoneamento, com a definição dos usos que serão realizados na bacia, em função das características ambientais e do potencial poluidor de cada um; ii) controle do parcelamento e da ocupação dos terrenos; iii) proteção de áreas especiais, como áreas de preservação ou de uso controlado; iv) estabelecimento de faixas de proteção às margens de cursos d'água e reservatórios, como a criação de parques lineares; v) proteção das áreas de recarga dos aquíferos e das águas

subterrâneas; vi) definição de unidades de conservação (UCs) e vii) proteção dos recursos hídricos de áreas urbanas.

Essas medidas são de fácil interpretação, mas, na prática, a adoção delas por parte dos gestores de uma bacia hidrográfica tem sido rara. Em geral, existe um descaso em relação às leis por parte dos responsáveis pela gestão do uso do solo. Em contrapartida, o setor público não consegue fiscalizar as demandas existentes, gerando um cenário de problemas no uso do solo e, em consequência, na qualidade da água.

### **3.4. Histórico do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha**

Para compreender o atual uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, este remete ao histórico do município que teve na agricultura um grande incentivo para seu desenvolvimento, destacando a cultura da soja, sorgo, milho, cana-de-açúcar e pecuária de corte.

Estudos mostram que é possível verificar o crescimento do uso e ocupação do solo nos últimos 40 anos (BERNARDES, 2007). O autor realizou em seu trabalho uma pesquisa analisando o desenvolvimento da bacia ao longo de quase quatro décadas.

Para Bernardes (2007) ao analisar o uso do solo em uma bacia deve-se levar em conta os componentes ecológicos e a dinâmica socioambiental, pois cada bacia inclui uma comunidade ecológica que transcende os limites das jurisdições políticas e econômicas vigentes. Nesse contexto, cabe destacar que o uso do solo na bacia hidrográfica do rio Uberabinha é diversificado, sendo que grande parte de sua área está voltada para a produção agropecuária, cortada por estradas vicinais e rodovias.

A área de inserção da bacia hidrográfica do rio Uberabinha tinha como vegetação original o Cerrado. Lima et al. (2004) apud Bernardes, (2007) ressaltam que esse bioma correspondia a um terço da biota brasileira. Continuando com a idéia dos referidos autores, o processo de ocupação desordenada aponta que esse bioma vem sofrendo as consequências provocadas pelo “desenvolvimento econômico”, pois desde 1960 tem ocorrido degradação de maneira intensa, o que vem sendo evidenciada pela prática da agricultura e ocupação urbana.

A pecuária extensiva até a década de 60 se desenvolvia em pastagens naturais de campo cerrado e campos hidromórficos. Na década de 70, passou a ser substituída pela implantação de extensas florestas homogêneas, de pinus e eucalipto, e a partir da década de 80 vem cedendo lugar à moderna agricultura comercial de grãos, especialmente a soja.

É importante mencionar que houve uma evolução do uso do solo desde a década de 60. Até 1964, o Código Florestal, Lei nº 4.741/65 não existia para assegurar a delimitação de Áreas de Preservação Permanente. Embora a vegetação natural estivesse ainda bem preservadas não havia, de acordo com a legislação citada, praticamente nenhuma restrição quanto ao manejo do solo nessas áreas de preservação. O gado era criado a beira d'água, sem que houvesse nenhuma proteção em torno das matas ciliares. O pisoteio desses animais compactava o solo e contaminava com bactéria os rios através de suas fezes.

Nesta época a cultura anual era destinada principalmente à subsistência, utilizando o plantio convencional como único meio de cultivo do solo da época. Após esse período, esse modelo de produção seguiu as tendências comerciais que exigiram uma ampliação da produção visando não somente ao mercado interno, mas também ao externo que, naquele momento era o principal motivo da expansão das áreas produtivas.

Em 1979 ocorreu na região uma redefinição quanto ao uso do solo. Houve a expansão do cultivo de florestas plantadas, com a reformulação do antigo Código Florestal e a criação de uma política nacional de incentivos de espécies exóticas. Cabe salientar que nessa década ainda havia total despreocupação com as Áreas de Preservação Permanente, uma vez que o Código Florestal Lei nº 4.771/1965 era bem recente.

No ano de 1994, houve uma nova reestruturação do espaço geográfico na área da bacia do rio Uberabinha e novas categorias de uso do solo foram encontradas. Começaram a acelerar o processo de mineração, o crescimento urbano e de represa. Houve uma redução nas áreas de reflorestamento e ampliação das áreas de cultura anual na região. Neste período o uso total da terra destinada a plantios agrícolas já representava acima de 44% (BERNARDES 2007). Em meados da década de 90, Schneider (1996) chama a atenção para a situação da bacia do Rio Uberabinha, uma vez que sua percepção foi devido as rápidas transformações quanto à utilização agrícola do seu uso. Em 2004, constatou-se mais uma vez a introdução de novas categorias na área em estudo, sendo elas, pivô central e granjas.

Ao analisar o uso do solo em uma bacia deve-se considerar a dinâmica ecológica e socioambiental. A área onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Uberabinha tem como vegetação original o Cerrado. Em 2004, Lima et al. (2004) ressaltaram que esse Bioma correspondia a um terço da biota brasileira e 5% da fauna e flora do mundo.

Em 2015 esse bioma representa apenas um quarto do território brasileiro, dados estes que alarmam para o agravamento do uso e ocupação desenfreada do solo.

Na micro região de Uberlândia, as atividades de uso e ocupação do solo geraram grandes transformações no rio Uberabinha e seu ambiente natural, como a eliminação de grandes extensões de mata nativa, erosão, compactação do solo e também problemas com a água, como contaminação por agroquímicos e utilização em grande escala de águas superficiais de forma desordenada. Devido à alta fertilidade do solo da bacia do Rio Uberabinha, o seu principal uso e ocupação do solo nesta bacia em estudo está veiculado à agricultura que em 2015 ocuparia cerca de 51 % do uso total, com destaque para as culturas de soja e cana-de-açúcar.

Avaliar tais tendências é importante para identificar possíveis influências ocasionadas pelas mudanças do uso do solo (por exemplo: aumento da compactação, lixiviação). Essas influências ocasionadas pela mudança do uso do solo tem ligação com a qualidade da água, podendo ocorrer lixiviação de contaminantes presentes no solo para os corpos d'água.

### **3.5. Mapeamento das áreas da Sub-bacia do Rio Uberabinha**

#### **3.5.2. Processamento digital de imagens**

As geotecnologias definem um conjunto de tecnologias cujo fundamento principal é a coleta, processamento, análise e visualizações de informações com referência geográfica. As geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas. Suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento têm aumentado (FLORENZANO, 2002).

Assim, o uso de geotecnologias, bem como a observação a campo para a classificação do uso da terra, monitoramento de bacias hidrográficas e os impactos tanto nos recursos hídricos como na vegetação nativa, tem sido muito utilizada como ferramenta para o geoprocessamento de mapas.

#### **3.5.3. Sensoriamento Remoto**

A origem do sensoriamento remoto vincula-se ao surgimento da fotografia aérea. O seu uso era muito comum e até hoje, estas fotografias são insubstituíveis para muitas aplicações e devido ao avanço tecnológico, as imagens dos sensores de satélites estão se aproximando da qualidade das fotografias aéreas.

Uma das vantagens de se utilizar o sensoriamento remoto para interpretação do uso da terra é que as informações podem ser atualizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens de forma global, confiável, rápida, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo de uma dada região.

#### **3.5.4. Imagens de Satélite/LANDSAT**

As imagens de satélite Landsat tiveram início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela NASA (sigla em inglês de National Aeronautics and Space Administration), e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada Earth Resources Technology Satellite (ERTS) e em 1975 passou a se denominar Landsat (EMBRAPA, 2013).

O Brasil adotou extensamente as tecnologias de sensoriamento remoto e é líder em tecnologia espacial na América Latina. A primeira instituição brasileira a trabalhar com esta tecnologia foi o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do uso das imagens do satélite Landsat, do qual dispõe de uma estação de recepção de imagens em Cuiabá, centro geográfico da América do Sul (EMBRAPA, 2013).

Essa é uma tecnologia recente, porém, o seu uso vem despertando o interesse em muitos pesquisadores e cada vez mais pesquisas conseguindo resultados positivos, pois é disponibilizada de forma simples e gratuitamente (EMBRAPA, 2013).

#### **3.5.5. Sistema de Informação Geográfica – SIG**

O crescimento do número de usuários de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) é um indicador da consolidação da idéia de que avançamos em direção a uma sociedade informacional. Um dos mais notáveis paradigmas da faceta informacional desta sociedade é a gestão e o domínio da informação territorial (FERREIRA, 2007).

Desta maneira, um SIG tem capacidade funcional para entrada de dados, manuseio, transformação, visualização, combinação, consultas, análises, modelagem e saída. A palavra informação pressupõe que os dados no SIG estejam organizados para produzir conhecimento útil, na forma de mapas e imagens, estatísticas, gráfico, etc. A palavra geográfica implica conhecimento da localização dos itens de dados, ou que eles possam ser calculados, em termos de coordenadas geográficas (FERREIRA, 2007).

Os Sistemas de Informações Geográficas podem auxiliar na avaliação de impactos ambientais e fazer simulações de cenários alternativos. Porém, vale ressaltar que o equacionamento de problemas ambientais torna-se complexo devido à falta de informações. Bases de dados espaciais já disponíveis podem sofrer restrições de uso devido à problemas de diferentes compilações, falta de precisão, sistema de amostragem não confiável, diferentes escalas de trabalho, dentre outros fatores(FERREIRA, 2007).

A característica principal dos SIGs é a localização geográfica do fenômeno, baseando-se no sistema de coordenadas geográficas sobre o qual o registro é geocodificado, permitindo assim, a expressão da territorialidade e da topologia dos dados Ambientais(FERREIRA, 2007).

### **3.6. Parâmetros de qualidade da água**

Com o propósito de assegurar água em quantidade e qualidade para todos os seus fins, foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, mais conhecida como a Lei das Águas, que dentre outras importâncias, instituiu no Brasil a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas como forma de gerenciamento dos recursos hídricos, permitindo a criação de um plano de gestão desses recursos. Os principais instrumentos deste modelo de gestão vão desde a cobrança pelo uso do recurso hídrico e os planos de gerenciamento de bacias hidrográficas até o seu enquadramento (BRASIL, 2006).

No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, através de legislação específica, classifica as águas do território nacional em doce, salobra e salinas de conformidade com os usos predominantes. Uma vez definidos os usos da água em um manancial, estará definida a sua Classe e a qualidade que a água que este manancial deverá apresentar(BRASIL, 2006).

As características físicas, químicas e biológicas da água, que em seu conjunto, permitem a avaliação da sua qualidade podem ser expressas por meio de concentrações ou outros valores numéricos, designados por parâmetros. Alguns destes parâmetros são referenciados como propriedades organolépticas no padrão de potabilidade vigente (VON SPERLING, 2005) .

### **3.6.1. Turbidez**

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água ocorre por absorção e espalhamento, pois as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca. A alteração a penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, tais como partículas inorgânicas, areia, silte, argila; e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral. É expressa por meio de unidades de Turbidez - uT, também denominadas unidades de Jackson ou Nefelométricas - UNT. (BRASIL, 2006).

A turbidez natural das águas está compreendida na faixa de 3 a 500 uT. Numa água de até 10 uT, ligeira nebulosidade pode ser notada, enquanto que com uma turbidez em torno de 500 uT a água é praticamente opaca. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação (VON SPERLING, 2007).

A turbidez elevada reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água.

### **3.6.2. Temperatura**

A temperatura expressa à energia cinética das moléculas de um corpo, enquanto que o seu gradiente é o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam em geral temperaturas na faixa de 20°C a 30°C (BRASIL, 2006).

A alteração da temperatura nos cursos d'água ocorre tanto pela transferência de calor por radiação, condução e convecção nos processos naturais, como de origem antropogênica, despejos industriais e águas de resfriamento e caldeiras. Temperaturas elevadas aumentam a taxa das reações físicas, químicas, diminuem a solubilidade de gases, aumentam a taxa de transferência de gases e influenciam nas atividades metabólicas dos organismos (VON SPERLING, 2007).

### **3.6.3. Série de sólidos**

As partículas suspensas ou dissolvidas na água, nos despejos domésticos ou industriais são denominadas de sólidos. Pode-se interpretar o termo sólido como sendo toda a matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação, a uma temperatura pre-estabelecida e por um tempo fixado. Os sólidos de uma água podem ser classificados em: sólidos em suspensão, sólidos coloidais e sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005).

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho, sólidos em suspensão e dissolvidos e com relação à natureza, fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos (VON SPERLING, 2005).

### **3.6.4. pH**

O potencial hidrogeniônico (pH) representa o logaritmo da atividade de íons hidrogênio. O valor do pH influí na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor graude solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (VON SPERLING, 2005).

Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6,0 a 9,0. Existem, no entanto, várias exceções a essa recomendação, provocadas por influências naturais, como e o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição da vegetação(VON SPERLING, 2005). Nessa situação, o pH das águas é sempre ácido, valores de 4,0 a 6,0. A acidificação das águas pode ser também um fenômeno derivado da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações ácidas. Podem também existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos em função da composição química de suas águas (BRASIL. 2006).

A variação do pH influencia o equilíbrio de compostos químicos. Em relação às águas residuárias, valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos, enquanto que valores de pH elevados possibilitam a precipitação de metais (VON SPERLING, 2005).

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Nas águas naturais as variações deste parâmetro são ocasionadas geralmente pelo consumo ou produção de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>, realizado pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração e fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos. Em água destinada à irrigação de culturas a faixa de pH adequada varia de 6,5 a 8,4(VON SPERLING, 2005).

### **3.6.5. Ferro**

O ferro está presente em todos os tipos de solo numa grande quantidade em forma de íons insolúveis Fe<sup>3+</sup>. Na ausência de oxigênio dissolvido eles se apresentam na forma solúvel reduzida, Fe<sup>2+</sup>. Caso a água contendo as formas reduzidas seja exposta ao ar atmosférico, o ferro se oxida na forma insolúvel, Fe<sup>3+</sup> ,que precipita podendo causar cor na água, originando manchas nos processos de lavagem (VON SPERLING, 2005). Altas concentrações desse elemento é também encontradas, em águas subterrâneas ou nas camadas mais profundas dos lagos (BRASIL, 2006).

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água, conferindo cor e sabor a água, ocasiona depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, promovendo a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição de água. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, sendo a concentração limite de 0,3 mLe estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/05, para águas doces Classe 1 e 2 (BRASIL, 2006).

### **3.6.6. Série nitrogenada**

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se altera entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o elemento químico nitrogênio pode ser encontrado de diversas formas:

- **Nitrogênio molecular** - N<sub>2</sub>: nessa forma, o nitrogênio está, continuamente, sujeito a perdas para a atmosfera. Algumas espécies de algas conseguem fixar o nitrogênio atmosférico, o que permite seu crescimento mesmo quando as outras formas de nitrogênio não estão disponíveis na massa líquida (VON SPERLING, 2005).
- **Nitrogênio orgânico:** é definido como um composto orgânico que possui o nitrogênio na forma trivalente negativo. O nitrogênio orgânico, dissolvido e em

suspensão, apresenta-se na forma de proteínas, peptídeos, ácidos nucléicos e ureia, além de numerosos compostos sintéticos. A concentração típica de nitrogênio orgânico em esgotos domésticos é da ordem de 20 mgL<sup>-1</sup> (VON SPERLING, 2005).

- **Nitrogênio amoniacal:** como amônia - NH<sub>3</sub> e ionizada NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. O íon amônio NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é a forma reduzida do nitrogênio, sendo encontrada em condições de anaerobiose; serve ainda como indicador do lançamento de esgotos de elevada carga orgânica (VON SPERLING, 2005).
- **Nitrito:** o íon NO<sub>2</sub><sup>-</sup> é a forma intermediária do processo de oxidação do nitrogênio, é uma forma instável, podendo ser oxidada a nitrato (VON SPERLING, 2005).
- **Nitrato:** o íon nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é a forma nitrogenada referente ao último estado de oxidação. Trata-se de um nutriente essencial para muitos seres autótrofos fotossintéticos, sendo, em alguns casos, considerado nutriente limitante de crescimento populacional (VON SPERLING, 2005).

O ciclo do nitrogênio conta com a intensa participação de bactérias, tanto no processo de nitrificação, oxidação bacteriana do amônio a nitrito e deste a nitrato, quanto na desnitrificação que é a redução bacteriana do nitrato ao gás nitrogênio. O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas, plantas aquáticas superiores, sendo facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato. Em condições fortemente alcalinas, ocorre o predomínio da amônia livre, ou não ionizável, que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos (BRASIL, 2006).

Nas águas naturais são diversas as fontes de nitrogênio. Os esgotos sanitários constituem a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas; e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela ureia na água. Nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização (PIVELI, 2005).

Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio encontradas. 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 prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação; amoniacal na

zona de decomposição ativa; nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (PIVELI, 2005).

### 3.6.7. Fosfatos

Fosfatos são compostos que possuem o fósforo (P) em sua estrutura molecular. O fósforo ocorre em águas naturais e em despejos domésticos, principalmente como fosfato(VON SPERLING, 2005).No meio aquático, o elemento químico fósforo pode ser encontrado ainda nas seguintes formas:

- **Ortofosfatos:** são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. Dentre os principais ortofosfatos, têm-se os radicais:  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , que combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas (VON SPERLING, 2005).
- **Polifosfatos:** são moléculas mais complexas, com dois ou mais átomos de fósforo. Os polifosfatos se transformam em ortofosfatos, pelo mecanismo de hidrólise. Os polifosfatos estão sempre presentes em despejos, contendo detergentes sintéticos (VON SPERLING, 2005).
- **Fósforo orgânico:** é normalmente de menor importância nos esgotos domésticos típicos, mas pode ser importante em águas residuárias industriais e lodos oriundos do tratamento de esgotos. No tratamento de esgotos e nos corpos d'água receptores, o fósforo orgânico é convertido em ortofosfatos (VON SPERLING, 2005).

O fósforo constitui em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. O excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, por outro lado, conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2009).

### 3.6.8. Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para que haja equilíbrio no meio ambiente aquático. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do OD nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Nas águas subterrâneas pode estar em pequena quantidade, já

que maior parte do ar dissolvido é consumido na oxidação da matéria orgânica durante a percolação da água na zona de aeração. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias, com possível geração de maus odores (VON SPERLING, 2005).

No caso do oxigênio, considerando-se como constituinte de 21% da atmosfera, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo,  $\alpha$  é igual a 43,9; portanto a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a  $43,9 \times 0,21 = 9,2 \text{ mgL}^{-1}$  (GARCEZ, 2004).

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade. A taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa (VON SPERLING, 2005).

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre principalmente em águas poluídas ou em águas eutrofizadas, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados como nutrientes pelas algas. Esta fonte não é representativa nos trechos iniciais de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos. A turbidez e a cor elevadas dificultam a penetração dos raios solares, apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver (VON SPERLING, 2005).

### **3.6.9. Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO**

A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica contida na água mediante processos bioquímicos aeróbios. É uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável. Muitos organismos vivos dependem, direta ou indiretamente, de oxigênio para manter os processos metabólicos que produzem energia necessária para o seu crescimento e reprodução. A matéria orgânica presente nas águas naturais e nos efluentes tende a ser mineralizada naturalmente pelos microrganismos aeróbios existentes, consumindo oxigênio dissolvido no meio aquoso (VON SPERLING, 2005).

A demanda pode ser suficientemente grande, para consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de

respiração subaquática. A morte de peixes em rios poluídos se deve, também, à ausência de oxigênio e não somente à presença de substâncias tóxicas (VON SPERLING, 2005).

### **3.6.10. Demanda Química de Oxigênio – DQO**

A DQO é a medida da capacidade da água em consumir oxigênio durante a oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é portanto uma indicação indireta da matéria orgânica presente. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, sendo útil quando utilizada conjuntamente com a  $DBO_{5,20}$  para observar a biodegradabilidade de despejos (GARCEZ, 2004).

Como na  $DBO_{5,20}$  mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relações  $DQO/DBO_{5,20} > 3/1$ , por exemplo (VON SPERLING, 2005). Mas valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico exercido pela fração não biodegradável sobre os microrganismos.

### **3.6.11. Metais Pesados**

Existem determinados elementos e compostos químicos que, mesmo em baixas concentrações, conferem à água características de toxicidade, tornando-a assim imprópria para grande parte dos usos. Tais substâncias são denominadas micropoluentes.

Os metais podem ser introduzidos nos ecossistemas aquáticos de maneira natural ou artificial. Naturalmente, por meio do aporte atmosférico e chuvas, pela liberação e transporte a partir da rocha matriz ou outros compartimentos do solo onde estão naturalmente (PAULA, 2006; SEYLER; BOAVENTURA, 2008). De modo artificial, por fontes antropogênicas de diversos ramos: esgoto *in natura* de zonas urbanas, efluentes de indústrias, atividades agrícolas, e rejeitos de áreas de mineração e garimpos (CAJUSTE et al., 1991; JORDÃO, 1997; SATO, 2011).

A agricultura, por exemplo, constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais em corpos d'água. As principais fontes liberadoras são

os fertilizantes (Cd, Cr, Pb, Zn), os pesticidas (Cu, Pb, Mn, Zn), os preservativos de madeira (Cu, Cr) e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (Cu, As, e Zn) (COSTA, 2007; KAY, 1973; PEDROSO; LIMA, 2001; SANTOSet al., 2002). Além disso, os metais lançados no solo, a partir desta atividade são carreados para os rios pelo escoamento de águas superficiais provenientes das chuvas, persistindo no meio aquático por apresentar forma livre, ou iônica, o que facilita sua acumulação nos tecidos principalmente dos peixes (QUEIROZ, 2006; VINODHINI; NARAYANAN, 2008).

Muitos micropoluentes inorgânicos nos ambientes aquáticos naturais são tóxicos. Entre estes, os metais que se dissolvem na água como o cádmio, o cromo, o chumbo, o cobre e o zinco tem especial destaque, geralmente são encontrados em águas residuárias industriais. Além de serem tóxicos, esses metais ainda se acumulam no ambiente aquático, aumentando sua concentração na biomassa de organismos à medida que se evoluí na cadeia alimentar - fenômeno de biomagnificação. Outros micropoluentes inorgânicos que apresentam riscos à saúde pública, conforme sua concentração são os cianetos e o flúor (VON SPERLING, 2005).

### **Cádmio**

O cádmio é um metal muito tóxico, que ocorre na natureza frequentemente como sulfato ou na forma iônica. É obtido como subproduto do refino de complexos de zinco e chumbo, pois não existe nenhum mineral específico de cádmio explorável economicamente. Ocorre também em fosfatos utilizados como fertilizantes. Produz efeitos tóxicos nos organismos vivos, mesmo em concentrações muito pequenas. A exposição ao cádmio nos humanos ocorre geralmente através de duas fontes principais: a primeira é por via oral (por água e ingestão de alimentos contaminados), e a segunda por inalação (MOREIRA & MOREIRA, 2004).

### **Chumbo**

O chumbo é um metal pesado perigoso na sua forma dissolvida, principalmente na forma iônica, pois assim está intensamente disponível para ser assimilado pela biota aquática, podendo atingir fatores de concentração na ordem de 1400 vezes as concentrações na água (Narayanan, 2008). Não sendo essencial ao metabolismo celular, é tóxico mesmo em pequenas concentrações, podendo provocar inibições em algumas enzimas e alterações no metabolismo das células (MOREIRA & MOREIRA, 2004).

O chumbo penetra no organismo principalmente pelo ar, porém a principal via de exposição são os alimentos. A maior fonte diária de absorção de chumbo em adultos e criança são os alimentos e as bebidas. Em peixes, uma forte contaminação pode provocar lesões nas brânquias e inibições nas trocas de oxigênio/gás carbônico(MOREIRA & MOREIRA, 2004). O uso do chumbo na indústria é tão grande que a quantidade introduzida por ano no ambiente é quase cem vezes maior que a do chumbo natural, sendo lixiviado para os solos, rios e transportado para os mares. Os principais usos do chumbo são a fabricação de baterias, com aditivo antidetonante de combustíveis, na fabricação de inseticidas, vidros, ligas metálicas, plástico, tintas, dentre outros(MOREIRA ; MOREIRA, 2004).

### **Cobre**

O cobre ocorre geralmente nas águas em concentrações inferiores a  $20 \text{ mgL}^{-1}$ . Em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e conferesabor às águas. Segundo pesquisas efetuadas, é necessária uma concentração de  $20 \text{ mgL}^{-1}$  de cobre ou um teor total de  $100 \text{ mgL}^{-1}$  por dia na água para produzirem intoxicações humanas com lesões no fígado(MOREIRA & MOREIRA, 2004).

Os autores ainda citam que o cobre em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilitando a cura de anemias. Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas.

### **Cromo**

O cromo é utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia. Pode ocorrer como contaminante de águas sujeitas a lançamentos de efluentes de curtumes e de circulação de águas de refrigeração, onde é utilizado para o controle da corrosão. A forma hexavalente é mais tóxica do que a trivalente. Produz efeitos corrosivos no aparelho digestivo e nefrite(MOREIRA & MOREIRA, 2004).

### **Zinco**

O zinco é muito utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, entre outros. O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, na borracha como pigmento ranco, suplementos

vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus, entre outros (MOREIRA & MOREIRA, 2004)..

Em águas subterrâneas ocorre na faixa de 10 a 40  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Na água de torneira, a concentração do metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações. Em concentrações acima de 5,0  $\text{mg L}^{-1}$ , confere uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente na água quando aquecida (CETESB, 2009).

### **3.6.12. Parâmetro Biológico**

Os coliformes são grupos de bactérias indicadoras de contaminação e são formados pelos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobactere* *Klebsiella*. As bactérias do grupo coliforme habitam o intestino de animais mamíferos, como o homem, e são largamente utilizadas na avaliação da qualidade das águas, servindo de parâmetro microbiológico básico às leis de consumo da água criadas pelos governos e empresas fornecedoras que se utilizam desse número para garantir a qualidade da água para o consumo humano (VON SPERLING, 2007).

Há os coliformes totais, que são grupos de bactérias gram-negativas, que podem ou não necessitar de Oxigênio - Aeróbias ou Anaeróbias, que não formam esporos, e são associadas à decomposição de matéria orgânica em geral. Há também os coliformes fecais, também chamados de coliformes termotolerantes pois toleram temperaturas acima de 40°C e reproduzem-se nessa temperatura em menos de 24 horas. Este grupo é associado às fezes de animais de sangue quente (VON SPERLING, 2007).

Pelo estudo da concentração dos coliformes nas águas pode-se estabelecer um parâmetro indicador da existência de possíveis microorganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças pelo uso ou ingestão da água, tais como a febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (VON SPERLING, 2007).

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é um grupo de bactérias que habitam normalmente no intestino humano e de alguns animais, e por isso a presença desta bactéria na água ou nos alimentos se deve à contaminação com fezes (VON SPERLING, 2007). As bactérias *E. coli* presentes no intestino humano não causam problemas de saúde, mas quando outros tipos desta bactéria entram no organismo, elas podem causar doenças como a gastroenterite e infecção urinária, por exemplo.

Para expressar de forma conjunta e simples o significado da avaliação dos parâmetros de qualidade da água foi criado o Índice de Qualidade da Água – IQA. Os

parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Portanto, a avaliação da qualidade da água obtida pelo índice apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (VON SPERLING, 2007).

A crescente demanda de recursos hídricos, associada à progressiva degradação e ao comprometimento das reservas do planeta, reforça a preocupação com a qualidade e controle da quantidade de substâncias consideradas índices e padrões para a classificação das águas. Essa demanda precisa ser normatizada para servir de instrumento para avaliação e classificação das reservas hídricas, aspecto que merece especial atenção, quando estas são represadas em meio urbano e se tornam fonte para o abastecimento público. Além disso, é condição fundamental para promover medidas de controle, mitigação e correção de práticas que potencializem a degradação destes mananciais e, portanto, da saúde da comunidade e do ambiente em geral (VON SPERLING, 2007).

Para os mais variados usos, a água deve principalmente ser isenta de substâncias químicas e organismos nocivos à saúde, e com outras características, como ser límpida, apresentar baixa turbidez, ser inodora e com baixa dureza. No entanto, existem diversos padrões que estabelecem requisitos para a qualidade das águas, que variam de um lugar para outro. Esses podem variar porque os estados podem estabelecer padrões próprios, legalmente compatíveis entre si. No Brasil o padrão de qualidade para águas que vigora é a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Não é possível deixar de mencionar que a água tem seu lugar assegurado na vida de todos os seres vivos especialmente para os seres humanos porque é essencial ao seu consumo, para o desenvolvimento de todas as atividades industriais e agrícolas. Rebouças (2004) reforça essa afirmativa, pois desde os tempos primitivos, o homem entendeu que não era possível viver sem água, sentindo, por isso fixou moradia próxima às margens dos rios.

Para Von Sperling (2007, p.23):

A qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tal se deve aos

seguintes fatores: condições naturais – mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica [...] A interferência do homem, quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade.

Diversos estudos sobre a qualidade da água em sub-bacias hidrográficas têm sido realizados (Tundisi 2005, Donadio et al. 2005), entretanto, muitos outros trabalhos são realizados de forma isolada do contexto geográfico de bacia hidrográfica e por curto período de tempo, o que não avalia adequadamente as variações espaciais e temporais e os diversos mecanismos de interações do sistema hídrico com sua bacia de drenagem. A importância do monitoramento em escala temporal busca elaborar programas de recuperação e manejo de ecossistemas (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). O monitoramento é a base para um adequado programa de gerenciamento dos recursos hídricos visando a tomada de decisão quanto à regulamentação de uso dos recursos naturais e elaboração de regras que atendam qualquer situação ambiental. Sub-bacias hidrográficas com vegetação natural remanescente são áreas muito importantes para manter o abastecimento de água de boa qualidade. Nessas áreas naturais a vegetação promove a proteção do solo contra a erosão, a sedimentação e a lixiviação excessiva dos nutrientes e o monitoramento de qualidade de água serve como referência para a comparação com outras microbacias impactadas.

A crescente utilização do espaço e a exploração econômica sem critérios dos recursos naturais motivam diversos estudos de forma a avaliar o atual estágio de degradação e mudanças na paisagem e ainda com o intuito de fornecer dados a respeito do meio físico para o gestor público e para a expansão de estudos em determinadas áreas. A bacia do rio Uberabinha desempenha importante papel para a cidade de Uberlândia e região. A grande tarefa dos usuários da bacia, dessa maneira é compatibilizar o uso do solo na bacia hidrográfica do rio Uberabinha, ou seja, da água, do solo, sob a perspectiva da preservação das nascentes e de todos os cursos d'água, das matas ciliares. A preservação é condição imprescindível para que continue fornecendo água em quantidade e qualidade satisfatória.

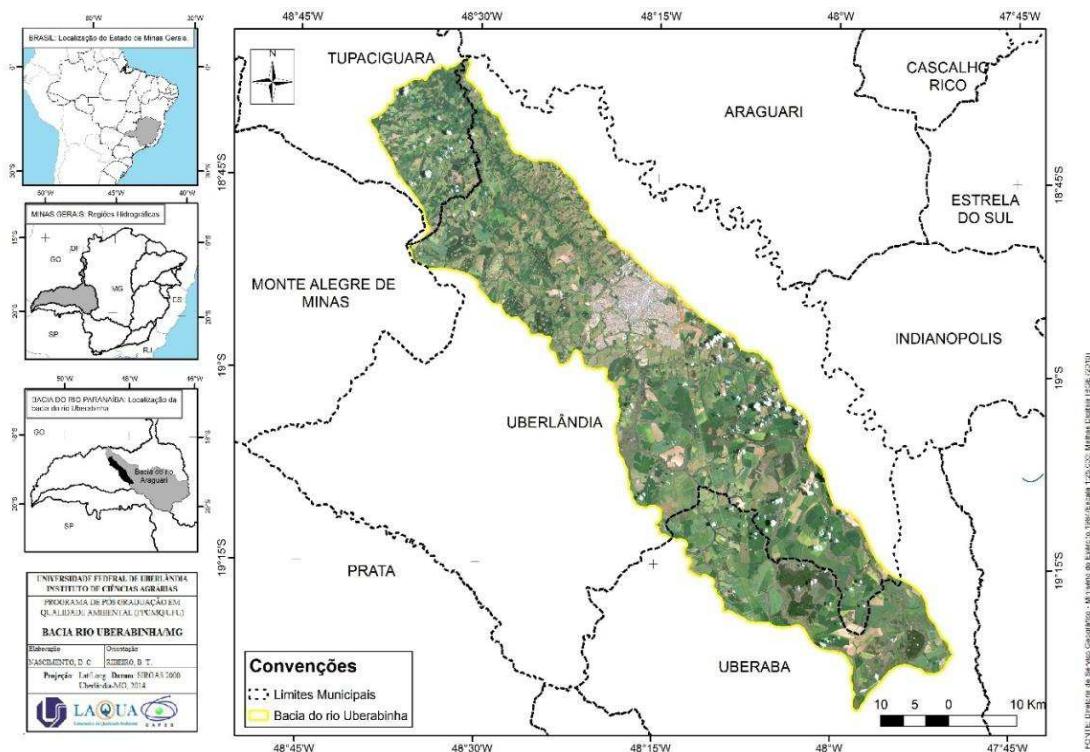
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.6. Área do estudo

A sub-bacia do Rio Uberabinha está inserida na Bacia do Rio Araguari localizada no Triângulo Mineiro em Minas Gerais, no quadrante definido pelos vértices de coordenadas UTM E747700, N7942000 e E831630, N7851000, com origem UTM no equador e meridiano 45 °W. Gr., acrescidas as constantes 10.000.000m e 500.000m, respectivamente. Ocupa os municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara, em aproximadamente 2.190 km<sup>2</sup>. O Rio Uberabinha nasce no município de Uberaba, por onde escoa por 15,4 km e deságua no Rio Araguari, após percorrer 134,4 km em terras do Município de Uberlândia, totalizando 149,8 km de curso, numa trajetória de SE para NO, conforme visto na Figura 2.

A área de estudo compreendeu desde duas nascente do Rio Uberabinha a montante de Uberlândia até a sua foz, quando encontra então com o Rio Araguari na divisa entre os municípios de Araguari e Tupaciguara.

Figura 2: Localização da área de estudo.



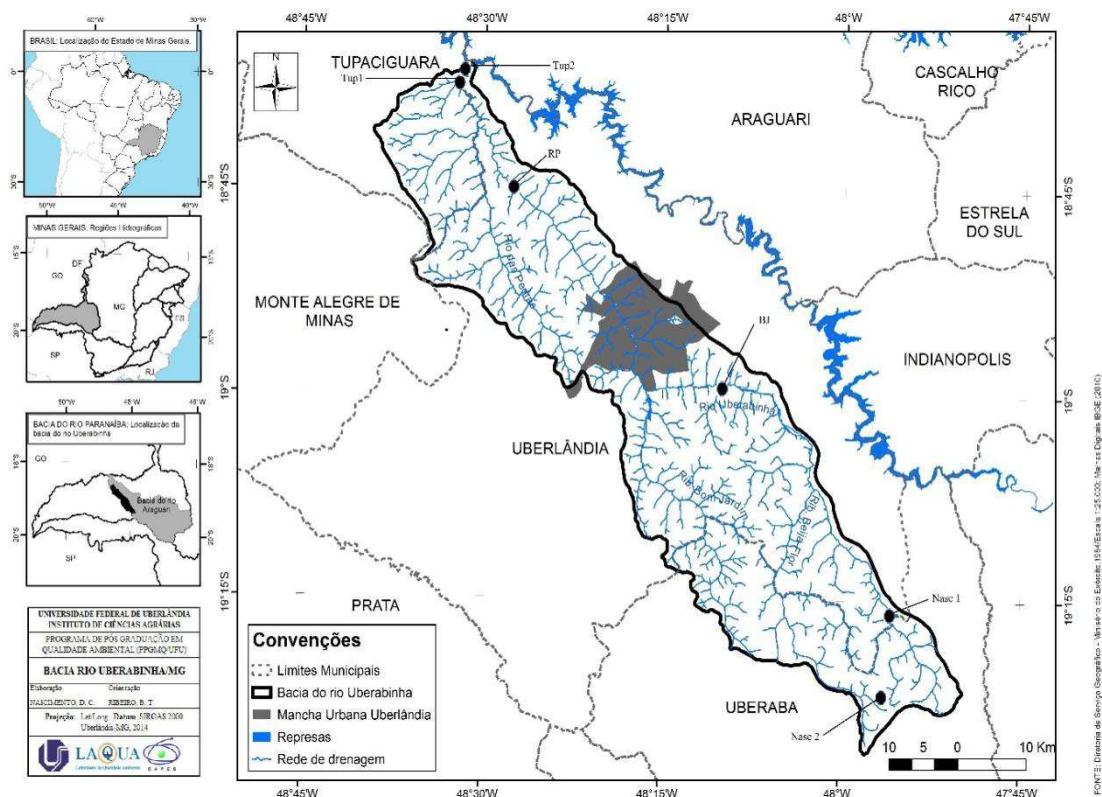
Fonte: Nascimento, D.C.(2014).

#### 4.7. Procedimentos experimentais para amostragem

Para a consecução dos objetivos propostos, considerando-se a sub-bacia do Rio Uberabinha, foi elaborado um plano experimental específico de amostragem e identificação dos pontos de captação da água, tomando-se as suas coordenadas geográficas com o uso do GPS - *Global Positioning System* do Multiparâmetros da marca Hanna – Modelo HI 9829. Para a definição dos seis locais de coleta, procurou-se identificar as áreas que caracterizam as condições naturais de escoamento das águas e as principais interferências antrópicas, relacionadas às atividades industriais, a ocupação agrícola e as descargas de efluentes. Dois pontos foram escolhidos à montante da cidade de Uberlândia, um ponto na área urbana do município, mais precisamente próximo a um ponto de captação de água para abastecimento público, e os demais pontos, todos a jusante da cidade, sendo um deles na sua foz.

A localização dos pontos, apresentada na Figura 3, permitiu a elaboração de análises físico-químicas comparativas das atuais situações das águas do Rio Uberabinha, visando caracterizar a sua qualidade. As análises das amostras foram realizadas com medições em campo e com análises laboratoriais, constituindo a etapa final dessa pesquisa.

Figura 3: Localização dos Pontos de amostragem.



Fonte: Nascimento, D. C. (2014)

#### 4.8. Composição das amostrase caracterização dos pontos de amostragens

Foram realizadas quatro campanhas de coleta de amostras pontuais de água em diferentes épocas do ano de 2015: maio e julho, correspondentes ao período seco e ao crítico seco; setembro e novembro, correspondentes a transição do período seco para o chuvoso, nos seis pontos de amostragem estabelecidos.

Dos seis pontos selecionados, os pontos definidos como N1 e N2 ficam a montante de Uberlândia e os demais pontos assim definidos, BJ, RP, Tup1 e Tup2, a jusante do município. A Tabela 2 mostra a localização geográfica de cada ponto, bem como sua nomenclatura.

Tabela 2: Características dos Pontos de Amostragem

Características dos Pontos de Amostragem			
Ponto	Nomenclatura	Coordenadas	Curso do Rio
Nascente	N1	19°22'06,8"S/ 47°51'48,9"W	BAIXO
Nascente	N2	19°16'06,8"S/ 47°55'44,5"W	BAIXO
Bom Jardim	BJ	18°59'18,6"S/ 48°12'34,7"W	MÉDIO
Rio das Pedras	RP	18°40'39,2"S/ 48°30'39,4"W	MÉDIO/ALTO
Tupaciguara	Tup 1	18°35'55,9"S/ 48°31'43,4"W	ALTO
Tupaciguara/Araguari	Tup2	18°35'42,1"S/ 48°31'50,1"W	ALTO

Fonte: a própria autora.

Um plano de amostragem foi desenvolvido a partir dos objetivos previstos nesta pesquisa, seguindo as recomendações da Norma Técnica NBR-9897 (ABNT, 1987) que discorre sobre o planejamento de amostragem de efluentes líquidos em corpos receptores.

As amostras de água foram acondicionadas em caixas isotérmicas refrigeradas e encaminhadas para os Laboratórios de Qualidade Ambiental (LAQUA) e para o Laboratório de Saneamento Básico (Engenharia Civil), da Universidade Federal de Uberlândia, para as análises e determinações dos parâmetros de qualidade da água.

A avaliação dos parâmetros inorgânicos, relativos às águas doces, investigados nesta pesquisa, foi realizada com utilização, entre outras, da Resolução CONAMA nº 357/2005 e COPAM/CERH nº01/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

#### **4.9. Levantamento do uso e ocupação do solo**

Para realização desta pesquisa, foram utilizadas imagens orbitais captadas pelo sensor Operacional Land Imager (OLI), instalado abordo do satélite Landsat-8 e disponibilizadas pela United States Geological Survey (USGS). A imagem foi captada na data de 12/11/2015 e a escolha desta imagem deveu-se ao fato da mesma ser a mais próxima das coletas das amostras de água para as análises dos parâmetros de qualidade da água e por estar sem a presença de nuvens sobre a região de estudo. As bandas 4R, 3G e 2B foram consideradas para compor a visualização em cor natural e para obter os índices de vegetação as bandas 4R e 5NIR. Foram utilizadas também bases cartográficas disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para a realização do processamento digital das imagens e álgebra de mapas (NDVI e SAVI) foi utilizado o software ArcGis 10.1. Nesta plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG), as áreas de preservação permanentes foram delimitadas, analisadas e espacializadas com a geração de *buffers*, que é uma região de memória temporária utilizada para escrita e leitura de dados. Estes foram gerados separadamente na seguinte ordem: cursos hídricos, que de acordo com o Código Florestal Lei Federal nº12.651/2012, deve ter 30 metros de área protegida, para cursos d'água com menos de 10 metros de largura, 50 metros de área protegida para as nascentes e de 15 metros para as represas. Depois da geração das dimensões das APPs, foram utilizadas as ferramentas *Union* e *Merge* do Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 10.1 para que os *buffers* fossem unificados em um único arquivo. Posteriormente iniciou-se a identificação visual e o mapeamento.

Para a classificação dos tipos de uso do solo foi utilizado o método de classificação visual da imagem que, aliada ao trabalho de campo, foi considerada uma boa alternativa de mapeamento, reduzindo ao mínimo a classificação das áreas duvidosas.

#### **4.10. Metodologia para os Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos**

As análises referentes aos parâmetros físico-químicos foram realizadas no Laboratório de Qualidade Ambiental – LAQUA (Engenharia Ambiental) e no Laboratório de Saneamento Básico (Engenharia Civil), ambos da Universidade Federal de Uberlândia.

Os parâmetros (turbidez, sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura e pH) foram analisados *in loco* utilizando-se o equipamento multiparâmetro da marca Hanna – Modelo HI 9829, e as demais análises (DBO, DQO, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato e os metais), realizadas nos laboratórios, seguindo as metodologias do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e também Normas Brasileiras Regulamentadoras.

##### **4.10.1. DBO e DQO**

Realizado pelo método da DBO de 5 dias. (Método 5210 B – Standard Methods 22º edição). O método consiste em incubar a amostra em frascos especialmente utilizados para a DBO, à temperatura de  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  no escuro por um período de cinco dias. No início e ao final do quinto dia mediu-se a concentração de oxigênio dissolvido (OD) presente na amostra e obteve por diferença, a demanda requerida pelos micro-organismos para a oxidação da matéria orgânica presentes nas amostras.

A análise para DQO, foi realizada pela digestão da amostra com dicromato de potássio, seguida de determinação colorimétrica no espectrofotômetro HACH DR-2800. (Método Colorimétrico 5220 D Standard Methods 22º edição).

##### **4.10.2. Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato**

A determinação do nitrogênio amoniacal foi realizada seguindo a NBR 10560 – Dezembro/ 1988: Águas - Determinação de nitrogênio amoniacal - Métodos de Nesslerização.

Para a indicação do nitrogênio em sua forma de nitrato foi utilizada a NBR 12619 – Agosto/1992: Águas – Determinação de nitrito – Método da sulfanilamida e N-(1-nafitil)-etilenodiamina. Essa norma aplica-se à concentrações de nitrito de 0,001  $\text{mgL}^{-1}$   $\text{NO}_2$  em N até 0,18  $\text{mgL}^{-1}$  em N.

A determinação do nitrogênio da forma de nitrito segue a NBR 12620 – Setembro/1992: Águas - Determinação de nitrato - Métodos do ácido cromotrópico e do ácido fenoldissulfônico. Onde nesse caso foi utilizado o método do ácido fenoldissulfônico que consegue determinar nitrato em concentrações a partir de 10  $\mu\text{g}$   $\text{NO}_3^-$  /L em N.

#### **4.10.3. Fósforo total (P)**

Realizado pelo método colorimétrico utilizando cloreto estanoso (Método Colorimétrico 4500 - P D Standard Methods 22º edição). Como o fósforo pode ocorrer combinado com a matéria orgânica, fez-se necessária uma digestão ácida da amostra para que todas as formas de fósforo fossem convertidas a ortofosfatos. Após, foi adicionado molibdato de amônio em meio ácido promovendo a formação do ácido molibdofósforico que então foi reduzido pela adição de cloreto estanoso, dando origem ao intensamente colorido azul de molibdênio, que por sua vez foi quantificado em espectrofotômetro a 690 nm.

#### **4.10.4. Metais pesados**

O método colorimétrico utilizando cloreto estanoso é indicado para amostras com concentrações entre 0,01 e 6  $\text{mgL}^{-1}$ . Para análise de metais a metodologia seguida foi NBR 13809 – Abril/1997. Dentre os diferentes métodos propostos nessa normativa, o mais adequado para esta análise é o método de análise dos metais totais por digestão ácida em ácido nítrico. Realizado então o procedimento de preparo das amostras pela digestão ácida em ácido nítrico, estas são submetidas às suas leituras pelo método de espectrometria de absorção atômica/emissão em chama. O aparelho usado é da marca Shimadzu, sendo do modelo AA- 7000 Séries.

#### **4.10.5. Parâmetros Biológicos**

O método usado para análise de parâmetros microbiológicos é o Método 9221-F (Emug Médium) do livro *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21<sup>a</sup> edição. O método consiste em preparar uma solução de caldo MUG Lauril Sulfato, na proporção de 35,65g de MUG/1 litro de água deionizada.

A solução foi aquecida para completa dissolução do meio. O caldo foi dispensado em tubos de ensaios previamente autoclavados a uma pressão de 15 lbs de pressão (121°C) por 15 minutos. Para cada ponto analisado foi necessário 3 tubos de ensaio. As proporções foram 1:1; 1:10; 1:100 respectivamente. O volume final em cada tudo foi de 10 ml. Os tubos contendo as amostras diluídas foram levados à estufa à 35°C por um período de 24 horas. Após este prazo, e em um ambiente estéril e sem iluminação, foi efetuada a leitura das amostras, com o auxílio de uma luz negra.

#### 4.11. Índice de Qualidade da Água

O IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos da América significa uma espécie de nota atribuída à qualidade da água, podendo variar entre zero e cem. Este índice é mais apropriado para corpos d' água corrente ou lótico.

Composto por nove parâmetros, o Índice de qualidade com seus respectivos pesos (w) foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água.

Para a realização dos cálculos de IQA deste trabalho, foi utilizada a metodologia da CETESB (2007). A cada parâmetro foi atribuído um peso, listados na Tabela3, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

Tabela 3: Peso atribuído aos parâmetros do IQA

Parâmetro	Peso - $W_i$
Oxigênio Dissolvido (%OD sat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
Ph	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (m/L)	0,10
Nitratos (mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,10
Fosfato total (mgPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L)	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos Totais (mg/L)	0,08

Fonte: CETESB 2007

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Adota-se o IQA multiplicativo, que é calculado pela Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^N q_i^{w_i} \text{ Equação 1.}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100 adimensional;

qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado na Figura 4.

Figura 4: Nível de Qualidade da água

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB 2007

Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (CETESB, 2007). A falta de resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido inviabiliza a utilização dos resultados do cálculo desse índice, em vista das correspondentes distorções, já que esses parâmetros possuem os maiores pesos no cálculo do IQA.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.6. Avaliação do uso e ocupação do solo

O desenvolvimento econômico tem gerado graves problemas, entre eles a degradação ambiental. No meio rural, a cobertura vegetal natural cede lugar, em sua maioria, às atividades agrícolas, modificando as características naturais originais.

Sabe-se que, a área de estudo, caracterizada como integrante do bioma Cerrado, possui um grande potencial agrícola, considerando a disponibilidade de tecnologias capazes de gerar a produção e melhorar a qualidade do solo. Porém, o modelo de agricultura adotado, em sua maioria, não leva em consideração as exigências legais de uma reserva legal como amostras do ecossistema natural, que funcione como um banco genético e, ao mesmo tempo, um refúgio para a fauna e flora nativas.

O que tem acontecido no entanto, é que extensas áreas de vegetação natural (cerrado, cerradão, matas de galerias, entre outras), estão sendo devastadas para o uso agrícola destinado nesta região, sobretudo, à produção de grãos como soja, milho, sorgo, além do cultivo intensivo de cana-de-açúcar, principalmente nos interflúvios amplos, de pouca inclinação e com presença de latossolos.

O mapa do uso e ocupação atual do solo da bacia, Figura5, obtido pela interpretação da imagem de satélite permitiu identificar sete classes de uso e ocupação do solo: agricultura, pastagem, reflorestamento, vegetação nativa, granja, área urbana e corpos hídricos.

A avaliação dos dados de cobertura vegetal e do uso antrópico da área de estudo, visualizado na Figura 5, indica que uma grande área da bacia é utilizada pelo cultivo de agricultura como ocupação do solo, seguido pela vegetação natural, reflorestamento, área urbana, pastagem, granja e corpos hídricos com 334,32ha (0,16%), como pode ser observado Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição das áreas e porcentagens de uso e ocupação do solo

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área (hectares)	Área (%)
Agricultura	124.286,43	51,29
Pastagem	2.151,259	9,7
Recursos Hídricos	344,32	0,16
Vegetação Natural	53.879,1	20,40
Granja	539,44	0,24
Reflorestamento	27.661,69	12,53
Área Urbana	11.921,384	5,40
Total	220.783,623	100

Fonte: a própria autora.

A região Triângulo Mineiro é responsável por uma das maiores produções de grãos do Estado de Minas Gerais, ocupando o segundo lugar no ranking mineiro, com destaque para os municípios de Uberaba e Uberlândia, que são considerados os principais produtores de grãos de todo o estado de MG. São produzidos por ano o equivalente a 23 % de toda produção de Minas Gerais, devido principalmente a sua localização estratégica no país e também consequência do processo de modernização na agricultura.

Na década de 60 esta região era considerada intacta, chegando a ocupar com o Cerrado 72% de toda a bacia. No final da década de 70, esse percentual de Cerrado já sofria uma queda de 44% e em 2004 a área ocupada por este bioma era de apenas 3,13%. Em 2015, sabe-se que a vegetação natural da bacia, incluindo o remanescente do Cerrado, ocupa uma área de cerca de 20%, podendo desaparecer até 2030.

Atualmente resta apenas cerca de 20 % de toda a vegetação original do Cerrado nesta região da Sub-bacia hidrográfica do Rio Uberabinha. O desmatamento vem ocorrendo principalmente em função da expansão das atividades agrícolas, agropecuária, aumento das áreas urbanas e mineração. Com a sua retirada há desvio no circuito da água, que deixa de ser vertical para se tornar horizontal, causando erosão e assoreamento de córregos e rios.

As áreas de reflorestamento distribuídas em toda bacia, ocupa uma área de 27,661 ha, representando 12,53%. Estas áreas pertencem a diversas empresas, cuja

ocupação é o reflorestamento para o aproveitamento da madeira na produção de *Medium Density Fiberboard* (MDF) e outros derivados.

A área urbana ocupa aproximadamente 5,4% do total da bacia, e é compreendida principalmente pelo município de Uberlândia, sendo o Rio responsável pelo abastecimento de boa parte da população, bem como da área industrial. Com o crescimento desordenado da população é possível que o Rio Uberabinha passe por um período de estresse hídrico no que tange a qualidade da água.

As áreas de pastagem, que no ano de 1964 ocupavam um percentual de 1,17% da bacia, sofreu grandes variações ao longo dos anos, chegando a ocupar 6,45% do total da área no fim da década de 70 e 13,35% no ano de 1994. Em 2004 já ocupava cerca de 19% da bacia como um todo, e no ano de estudo, 2015, houve uma redução de área de pastagem para 9,70%. Esta redução pode ser explicada pela substituição da pastagem pelo confinamento do gado e pela valorização monetária das culturas anuais como a soja, milho, sorgo e cana-de-açucar, o que contribuiu diretamente com o aumento do uso do solo para a agricultura.

As áreas ocupadas por granjas representaram em 2015, 0,24% do uso e ocupação do solo da bacia, e hoje é considerada uma atividade com potencial degradativo principalmente através da contaminação do solo e do rio com os dejetos das aves e suínos.

De acordo com os resultados apresentados por Bernardes (2007), os corpos hídricos na bacia do Rio Uberabinha em 1994 ocupava uma área de 408,74ha, ou seja, cerca de 0,32% do total da bacia. Em 2004, o mesmo estudo revelou que houve uma redução dos corpos hídricos na bacia para 0,23% e esta pesquisa, em 2015, indicou que apenas 0,16% da bacia hidrográfica é composta por corpos hídricos.

Essa redução indica que a medida que há o aumento das atividades agrícolas, industriais e da população, está havendo a redução e o comprometimento dos recursos, o que pode se agravar nos próximos anos (Figura 6).

## **5.7. Uso e ocupação do solo em áreas de APP**

As áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, representada neste estudo pelas matas ciliares, não escaparam à destruição. As cidades foram formadas às margens de rios, hidrelétricas foram construídas, estradas foram abertas, madeiras foram retiradas, areias extraídas dos cursos

d'água, áreas agrícolas foram ampliadas e não se poderia deixar de mencionar que essas matas são vistas pelos pecuaristas como obstáculo para o acesso do gado à água.

A Figura 7 e a Tabela 5 mostram as Classes de uso da terra nas áreas de preservação permanente da bacia do Rio Uberabinha, e nos permite avaliar que às margens do rio não são representadas somente por matas ciliares, como proposto pelo Código Florestal. Assim como no uso e ocupação da bacia hidrográfica como um todo, nas áreas de APP é ocupada além da vegetação natural, também pela agricultura, pastagem, reflorestamento, áreas urbanas e pelas granjas, além de outras atividades não relacionadas no mapa de uso e ocupação do solo em áreas de APP.

Prevista pela legislação CONAMA nº 357/2015, para Classe especial, nas áreas de preservação permanente, as condições naturais do ambiente não podem ser alteradas.

Tabela 5: Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo na APP

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área (hectares)	Área (%)
Área Urbana	263,645	2,35
Agricultura	2.532,175	22,58
Pastagem	59,079	0,527
Reflorestamento	218,667	1,95
Vegetação Natural	8.107,370	72,294
Granja	1,063	0,009
Total	11.214,30775	100

Fonte: a própria autora

As justificativas para o uso antrópico é o mesmo para o uso e ocupação dentro da APP. O crescimento da agricultura e pecuária, exploração mineral, crescimento desordenado da população, são exemplos notórios para o grave problema do

desmatamento destas matas, que tem como função proteger e impedir o assoreamento dos rios, do solo, do lençol freático. Qualquer redução significativa na mata ciliar pode interferir diretamente no volume de água do curso d'água, aumentando a concentração dos elementos químicos e biológicos prejudiciais à saúde de um modo geral.

Ao confrontar os usos descritos acima com o mapa de uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente (Figura 7), percebe-se que alguns destes encontram-se fora do previsto na Lei Federal nº 12.651/2012, referente ao novo Código Florestal e suas legislações complementares, conflitando diretamente com os usos estabelecidos na bacia, principalmente próximo as nascentes. Percebe-se que praticamente um terço da área é ocupada por atividades agropastoris, que não deveriam ser exercidas no local.

Os pontos coletados representativos das análises físico-químicas e biológicas estão todos dentro da faixa de 30 metros de acordo com o Código Florestal, e dentro de 50 metros nos pontos que representam as nascentes Nasc 1 e Nasc2. Cerca de 1/4 da área de preservação permanente da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha está com seu uso comprometido. A agricultura já ocupa 22% das margens do rio e cerca de 2% é ocupada pela malha urbana. Essa informação corrobora com os resultados preocupantes dos parâmetros de qualidade da água analisados(subitem 5.3 e5.4).

O desmatamento é uma das causas da poluição dos corpos hídricos, pois a função das matas ciliares é a proteção desses mananciais, impedindo erosão, carreamento do solo e assoreamento dos rios.

## **5.8. Referências - interpretação dos resultados das análises físico-químicos e biológicos**

Para a interpretação dos resultados referentes as variáveis físico-químicas e biológicas e do indicador IQA foram confrontados com os limites legais estabelecidos para cada um deles por meio da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMAnº. 357, de 17 de março de 2005 para rios Classe Especial e 2.

As águas doces superficiais, para efeitos de enquadramento, segundo a Resolução nº 357 de 17.03.2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, são classificadas de acordo com a qualidade requerida para os seus usos preponderantes em cinco Classes, a saber: Classe especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4. A citada Resolução diz que, enquanto não aprovadas os respectivos enquadramentos as águas doces serão consideradas de Classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem

melhores, o que determinará a aplicação da Classe mais rigorosa correspondente conforme citado no Cap.VI, art. 42 da Resolução CONAMA nº 357/2015.

A qualidade atual da água, nos trechos amostrados na sub-bacia do Rio Uberabinha, foi verificada através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e comparada com estudos anteriores. A qualidade da água foi fornecida através do IQA, onde este cálculo foi realizado de acordo com a metodologia da CETESB (2007).

Na bacia do Rio Uberabinha, em geral, o uso e ocupação do solo é utilizado principalmente para a agricultura de culturas anuais, como cana-de-acúcar, milho e soja. Nas proximidades de suas margens e nas de seus afluentes, além da agricultura, predomina a pecuária e plantio de espécies exóticas como *Eucalipto sp* e *Pinus sp*.

Os afluentes do Rio Uberabinha com foz em área urbana têm suas porções urbanas habitadas. Mata ciliar foi substituída durante os processos de urbanização. Em área rural, boa parte da mata ciliar está comprometida, e as atividades desenvolvidas na bacia, de uma forma geral, geram processos erosivos com o agravante da ausência da área de preservação permanente.

## **5.9. Resultados das análises das amostras de água**

### **5.9.1. Potencial Hidrogeniônico– pH**

Os valores de pH nos pontos amostrados estão dentro da faixa 6,0 a 9,0 conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe 1 e 2, exceto o ponto Nasc2 que apresentou uma média de 5,30. O valor de pH levemente ácido apresentado pode ser devido à decomposição da matéria orgânica, presente no entorno da nascente formando ácidos húmicos. Esse valor baixo pode ser indicativo da presença de efluentes industriais. No ponto Nasc1 a agricultura invadiu completamente a área de preservação permanente e não há mata ciliar no seu entorno. Já a Nasc 2 apresenta mata ciliar, porém a área de preservação permanente está pouco preservada.

O pH pode ser influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade disponível, menor o pH, pois para haver decomposição de materiais ocorre a produção de ácidos. O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área que este corpo recebe as águas da chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água.

### **5.9.2. Turbidez**

Os valores de turbidez encontrados nessa pesquisa, para os seis pontos de amostragem, nas quatro campanhas realizadas, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece valores até 40 UNT para a classificação dos corpos de água Classe 1 e até 100 UNT para as águas doces Classes 2. Os pontos analisados indicam baixa turbidez no corpo d'água, estando todos dentro da classificação de água para Classe 1 e Classe 2. Os maiores valores foram observados no período considerado chuvoso, dentro do perímetro urbano BJ (17,6 UNT), indicando presença de efluentes domésticos mais frescos ou mais concentrados.

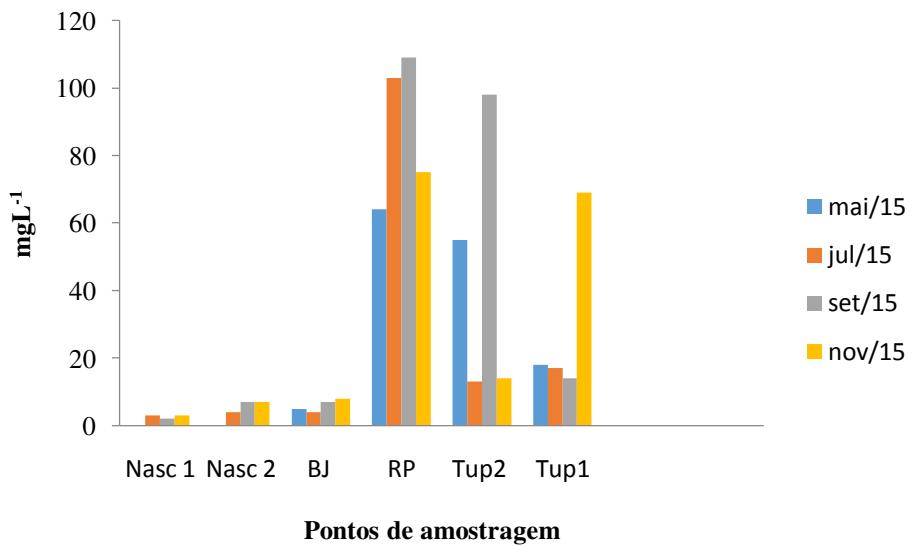
### **5.9.3. Temperatura**

Os valores das temperaturas das amostras de água coletadas, neste estudo, estão todos dentro da faixa permitida pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os maiores valores (25,7 e 27,5 °C) de temperatura foram observados em todos os pontos de coleta no mês de novembro. Todos as amostras permaneceram dentro da faixa, 20 °C a 30 °C, característica dos ambientes aquáticos (VON SPERLING, 2005).

### **5.9.4. Sólidos Dissolvidos Totais**

As variações das concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) nos pontos de coleta e suas médias ao longo do Rio Uberabinha encontram-se ilustradas na Figura 8. Observa-se na Figura 11, que houve aumento gradativo ao longo do escoamento superficial da sub-bacia entre os pontos Tup1 ( $55\text{mgL}^{-1}$ ), Tup2 ( $98\text{mgL}^{-1}$ ) e RP (128; 207; 218;  $150\text{ mgL}^{-1}$ ). O aumento considerável observado no ponto de amostragem RP se deve a presença da PCH Malagone (Pequena Central Hidráulica) devido ao acúmulo de substâncias pelo represamento, observando um carreamento das mesmas ao longo da sub-bacia. A Resolução CONAMA nº 357/2005 menciona em seu texto que para Sólidos Dissolvidos Totais ( $\text{mgL}^{-1}$ ) até  $500\text{ mgL}^{-1}$  classifica-se como Classe 1, pontualmente, este parâmetro, por apresentar valores inferiores ao mencionado, pode ser classificado como dentro da Classe 1. Próximo as nascentes não houve nenhuma variação entre as coletas nos 4 períodos analisados.

Figura 8: Resultado das análises de Sólidos Totais Dissolvidos ( $\text{mgL}^{-1}$ )

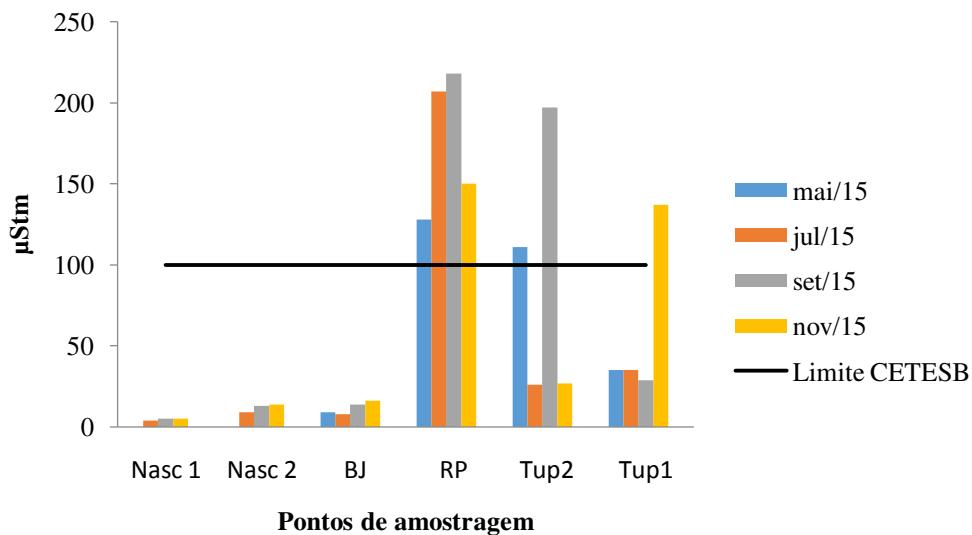


Fonte: a própria autora.

#### 5.9.5. Condutividade

A condutividade elétrica da água do Rio Uberabinha sofreu um aumento significativo nos pontos Tup1( $137 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Tup2( $197 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e RP( $218 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Os maiores valores apresentados em todas as coletas foram no ponto RP ( $218 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) que fica próximo a PCH (Pequena Central Hidrelétrica) Malagone. Embora não exista padrão de referência para o parâmetro condutividade pelo CONAMA, segundo a CETESB (2006), valores de condutividade acima de  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados; fato este comprovado durante a pesquisa em campo(Figura 9).

Figura 9: Resultado das análises de Condutividade



Fonte: a própria autora.

#### 5.9.6. Série Nitrogenada

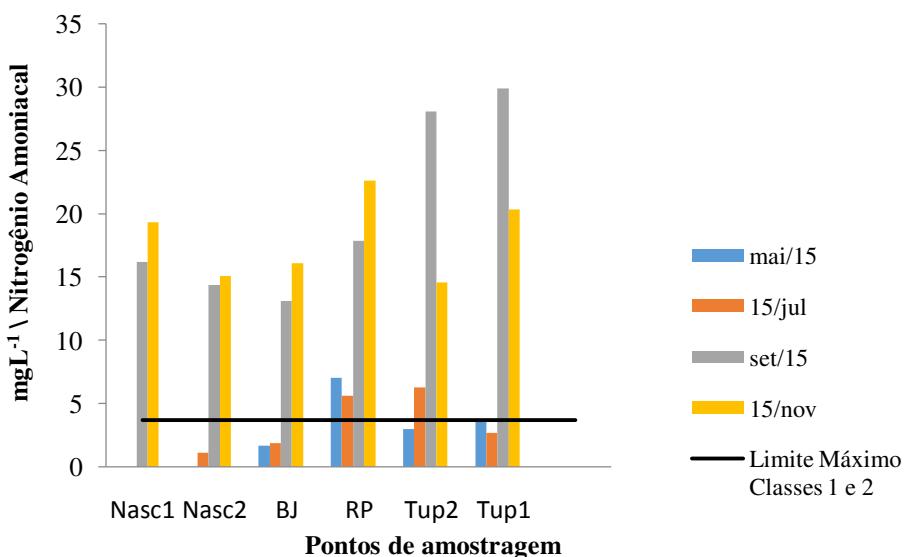
Os valores obtidos para o parâmetro Nitrato foram menores que os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/2005 para águas doces Classe 1 e 2, de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  e  $1 \text{ mgL}^{-1}$ , respectivamente. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio, pois nitratos inorgânicos, como o nitrato de amônia, são utilizados como fertilizantes.

#### 5.9.7. Nitrogênio Amoniacal

Por meio da Figura10 observa-se os valores da concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras de água, nos seis pontos de amostragem, nas quatro coletas realizadas entre os períodos seco e chuvoso. Os resultados obtidos foram comparados com o valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 1 e 2 de  $3,7 \text{ mgL}^{-1}$ . Observa-se que em todos os resultados das análises em todos os pontos de amostragens para o período chuvoso foram maiores que o limite máximo estipulado pela legislação, indicando uma grande quantidade matéria orgânica na água. A medição do nitrogênio amoniacal é importante não só para se constatar a presença de

esgotos domésticos lançados recentemente no corpo d'água, mas também como um indicador de futuro consumo de oxigênio no processo de nitrificação, anteriormente citado, e possível crescimento de algas. Os maiores valores encontrados no período seco, foram nos pontos Tup2 ( $6,26 \text{ mgL}^{-1}$ ) e RP ( $5,60 \text{ mgL}^{-1}$ ). No período chuvoso todos os pontos Tup1, Tup2, RP, BJ, N1 e N2 apresentaram médias muito acima do permitido ( $25,11; 21,30; 20,23; 15,02; 17,76; 14,71 \text{ mgL}^{-1}$ ), respectivamente.

Figura 10: Resultado das análises de Nitrogênio Ammoniacal ( $\text{mgL}^{-1}$ )



Fonte: a própria autora.

### 5.9.8. Fósforo total

O teor de fósforo total dissolvido na água aceitável para ambientes lóticos é de no máximo  $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ , e, no caso da área de estudo, nos pontos Tup1 ( $0,209 \text{ mgL}^{-1}$ ), RP ( $0,126; 0,123; 0,28 \text{ mgL}^{-1}$ ) e BJ ( $0,105 \text{ mgL}^{-1}$ ) os valores encontrados estão acima do recomendado. O resultado pode ser visto através da Figura 11.

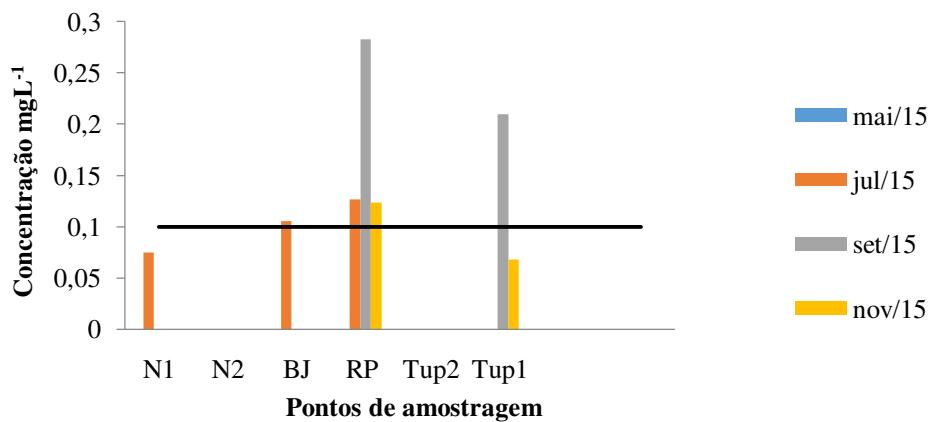
O aumento da quantidade de fósforo presente na água nesses pontos, tem relação direta com o manejo do solo na bacia hidrográfica do Rio Uberabinha. Esse resultado corrobora com o diagnóstico de uso e ocupação do solo ao detectar que 51,3% da área é utilizada para agricultura, ou seja, com o uso de fertilizantes. O fósforo aparece em águas naturais, devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal

fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas.

As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo (BRASIL, 2006). Esta informação pode ser confirmada pois no levantamento de uso e ocupação do solo na bacia, ficou evidenciado que 56,29% do solo é utilizado para uso em agricultura.

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos mas seu excesso pode causar a eutrofização das águas (BRASIL, 2006). Da mesma forma, pelo fato dos compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, conforme dados expostos pela Figura 21, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (BRASIL, 2006).

Figura 11: Resultado das análises de Fósforo ( $\text{mgL}^{-1}$ )



Fonte: a própria autora.

### 5.9.9. Ferro Total

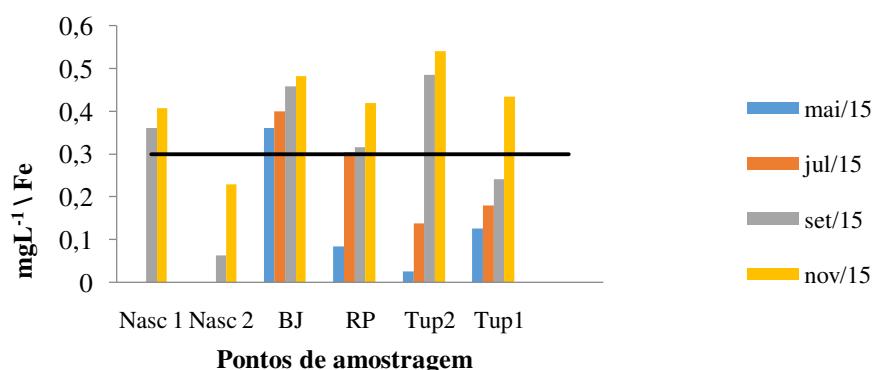
As variações das concentrações de ferro total nos pontos de coleta esuas médias ao longo do Rio Uberabinha encontram-se ilustradas na Figura 12.

A quantidade máxima de ferro dissolvido na água permitida pelo CONAMA nº 357/2005 é de  $0,3 \text{ mgL}^{-1}$  para Classes 1 e 2. Em todos os pontos foram encontrados

valores superiores ou próximos ao recomendado. Somente o ponto Nasc2 ( $0,06 \text{ mgL}^{-1}$  em setembro e  $0,228 \text{ mgL}^{-1}$  em novembro), é que se apresentou valor inferior em todas a coletas.

Em todos os pontos o parâmetro aparece com significativo aumento acreditando-se que nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também pode ser importante a contribuição dos efluentes industriais.

Figura 12: Resultado das análises de Ferro ( $\text{mgL}^{-1}$ )



Fonte: a própria autora

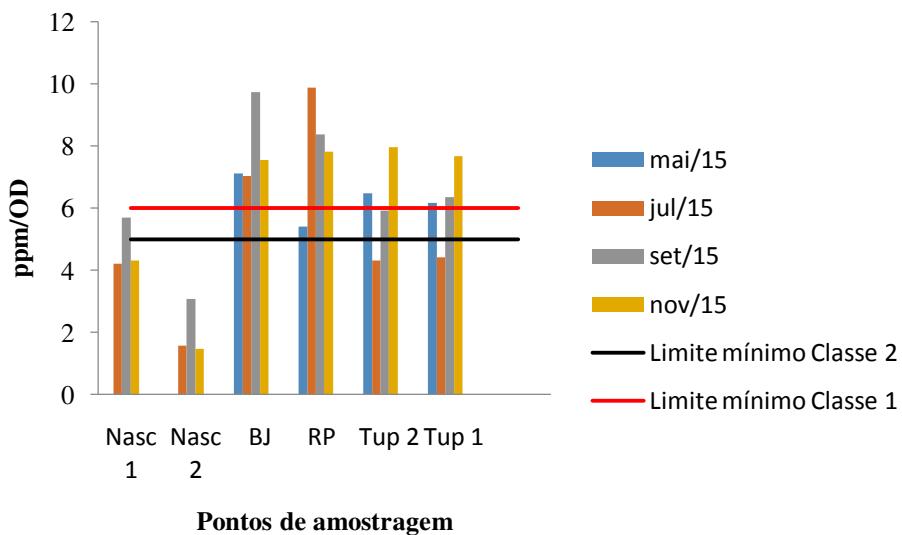
### 5.9.10. OD, DBO e DQO

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) variam de  $5,0$  a  $7,2 \text{ mgL}^{-1}$ , tendendo a diminuir no sentido da cabeceira para a foz dos cursos d'água. O ponto de amostragem BJ, apresentou concentrações acima do limite em todos as coletas, 7,12ppm em maio, 7,04ppm em julho, 9,74ppm em setembro e, 7,54ppm em novembro. Esse ponto está inserido na área urbana, o que pode ser caracterizado pela emissão de efluente doméstico sem tratamento devido no corpo d'água.

Conforme observado na Figura 13, os pontos Tup1, Tup2, RP, BJ e Nasc1, apresentaram teores de OD acima do limite mínimo de aceitação para as Classes 1 e Classes 2, conforme CONAMA nº 357/2005, considerando que os teores de oxigênio dissolvido sejam no mínimo  $6 \text{ mgL}^{-1}$  e  $5 \text{ mgL}^{-1}$  respectivamente.

Estes resultados indicam que todo o rio está poluído. Somente a Nasc2 (média 2,03ppm) apresentou valores adequados e próximos de  $5 \text{ mgL}^{-1}$ .

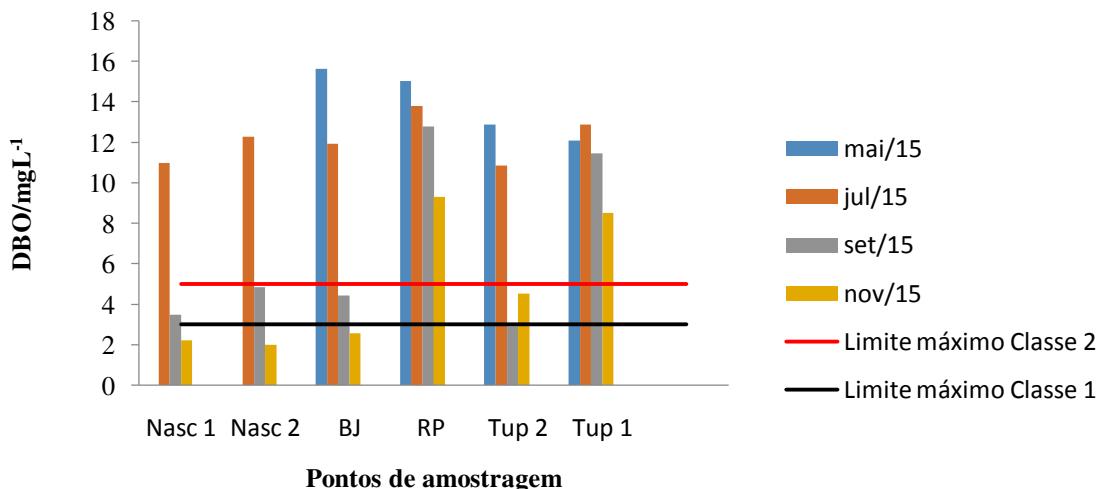
Figura 13: Resultados das análises de OD (ppm)



Fonte: a própria autora

Os valores de  $\text{DBO}_{5,20}$  (Figura 14) estiveram acima do padrão máximo de  $3\text{mgL}^{-1}$  e  $5\text{mgL}^{-1}$  em todos os pontos de amostragem no período seco emos pontos Tup 1 ( $12,88\text{mgL}^{-1}$ , maior valor) e RP ( $15,04\text{ mgL}^{-1}$  maior valor) no período chuvoso, provavelmente devido à concentração de contaminantes proveniente de escoamento e drenagem pluvial que se reflete também nos valores de OD.

Figura 14: Resultados das análises de  $\text{DBO}_{5,20}$  ( $\text{mgL}^{-1}$ )

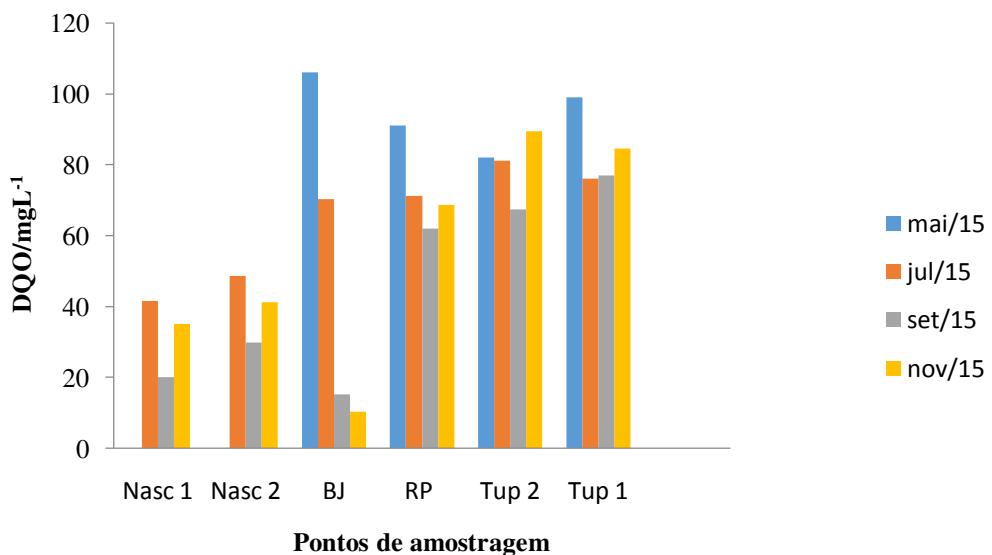


Fonte: a própria autora

Os maiores valores de DQO (Figura15) foram nos pontos Tup 1 (139,5mgL<sup>-1</sup>), Tup 2 (124,5mgL<sup>-1</sup>), RP (122,8mgL<sup>-1</sup>) e BJ (91,2mgL<sup>-1</sup>) que corresponde a pontos de lançamento de efluente industrial no rio.

Nos pontos de monitoramento das nascentes, ocorre uma grande redução no valor de DQO. Ainda que, a DQO não seja um parâmetro estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005, tem sido usado na literatura específica, por muitos pesquisadores.

Figura 15: Resultados das análises de DQO (mgL<sup>-1</sup>)



Fonte: a própria autora

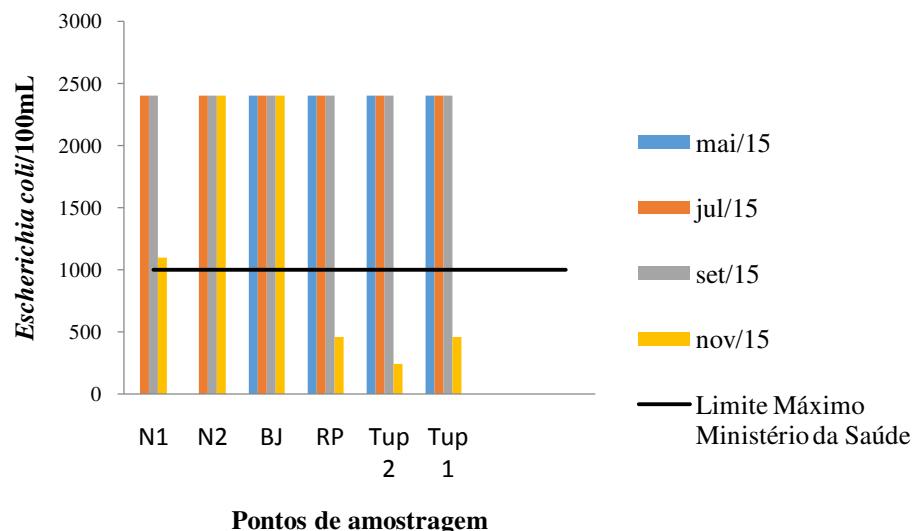
### 5.9.11. Parâmetro Biológico

Esta pesquisa foi feita com *Escherichia coli* em substituição ao parâmetro biológico Coliformes termotolerantes. Esta substituição é prevista pelo CONAMA nº 357/2005, desde que se obedeça os limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Para comparação dos resultados foi utilizada a Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade a determinação, que determina como limite máximo média maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL.

Os valores encontrado para o parâmetro biológico analisado para *E. coli* em praticamente todos os pontos de amostragens e coletas foram acima do permitido pelo

Ministério da Saúde. Somente o pontos das nascentes, Nasc1(460/100mL) e Nasc2 (240/100mL) e o RP(460/100mL)para o mês de novembro apresentaram valores abaixo do valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011, conforme visto na Figura 16. Isso pode ser dado devido ao período de chuva que ajudou a diluir a concentração de *E. coli* nestes pontos de coletas.

Figura 16: Resultados das análises *Escherichia coli*/100mL



Fonte: a própria autora

É importante destacar que a *E. coli* não causa problemas à saúde quando está no intestino, pois é uma bactéria normal nesse local. Entretanto, algumas variantes podem desencadear distúrbios gastrointestinais caracterizados por diarreia aquosa. Além disso, essa bactéria está relacionada com infecções urinárias, pneumonias e meningites (BRASIL, 2006). Quando encontramos esse tipo de bactéria em amostras de água, isso é um grande indicativo de que essa água foi contaminada por fezes e esgoto doméstico.

Sendo assim, os coliformes termotolerantes, mais especificamente a *E. coli*, são usados frequentemente para avaliar a qualidade da água e indicar a contaminação por fezes. Essa avaliação é importante, pois permite a prevenção de doenças que são transmitidas pelas fezes, como algumas verminoses.

### 5.10. Resultados dos Cálculos de Índice de Qualidade das Águas (IQA)

De acordo com os valores encontrados de IQA, o índice demonstrou uma qualidade média para o ambiente, ficando todos na faixa entre 50 a 70. Outro trabalho realizado anteriormente por GONÇALVES (2013) na sub-bacia do Rio Uberabinha,

utilizando o IQA da maneira que o IGAM utiliza, também mostrou o mesmo grau de qualidade (média), com valores de IQA na faixa de 50 a 70, o que corrobora com os resultados encontrados. Observa-se na Tabela 6 apresenta os valores de IQA de cada um dos pontos, realizados nas duas campanhas.

Tabela 6: Valores IQA dos pontos amostrados

IQA – CETESB					
Pontos de coletas	Maio/15	Julho/15	Setembro/15	Novembro/15	Média
N1	61	64	69	67	65
N2	63	65	68	66	65
BJ	64	69	69	70	68
RP	63	64	69	64	65
TUP1	65	67	66	67	66
TUP2	64	67	68	68	66

Fonte: CETESB, 2006.

Contudo esses valores encontrados não são satisfatórios, pois quando são verificados os parâmetros de qualidade da água, contidos na Tabela 7, percebe-se que alguns destes parâmetros (DBO, Coliformes fecais, Nitrogênio amoniacal, Fósforo), em determinados pontos estão acima do limite determinado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tabela 7: Valores médios dos parâmetros físico-químicos e biológicos dos pontos amostrados ao longo da sub-Bacia do Rio Uberabinha e Valor Máximo Permitido (VMP) segundo Resolução Nº 357 do CONAMA de 2005.

Parâmetros	Nasc1	Nasc2	BJ	RP	Tup1	Tup2	Média	Desvpad	VMP Classe 1	VMP Classe 2
pH	7,26	5,3	7,41	6,77	7,3	7,35	6,90	0,82	6 - 9	6 - 9
Turbidez (UNT)	5,66	5,36	8,25	4,98	4,52	4,3	5,51	1,43	40	100
Temperatura (°C)	20,3	20	22,6	24,3	25,6	24,3	22,85	2,30	NE*	NE*
Sólidos Dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> )	2,66	6	6	87,75	29,5	45	29,49	33,04	NE*	NE*
Condutividade (µStm)	4,66	12	11,75	175,75	29	90,25	53,90	67,45	100	100
Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	0,0778	0,0721	0,065	0,4915	0,1325	0,1845	0,17	0,16	10	10
Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	0,002	0,033	0,0016	0,261	0,0961	0,3356	0,12	0,14	1	1
Nitrogênio Amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	17,763	10,174	8,181	13,277	12,96	14,159	12,75	3,32	3,7	3,7
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,074	0	0,105	0,177	0	0,139	0,08	0,07	0,1	0,1
Ferro (mg.L <sup>-1</sup> )	0,383	0,145	0,424	0,28	0,297	0,244	0,30	0,10	0,3	0,3
OD (mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	4,73	2,03	7,86	7,87	6,15	6,16	5,80	2,20	6	5
DBO (mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	5,56	6,36	8,64	12,71	11,23	7,77	8,71	2,78	3	5
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	32,23	39,85	50,5	73,3	84,2	80,01	60,02	22,05	NE*	NE*
Escherichia coli/100ml	1900	2400	2400	1900	1900	1800	2050,00	273,86	1000**	1000**
Cádmio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,0155	0,0099	0,0195	0,0356	0,0029	0,0048	0,01	0,01	0,001	0,001
Cobre (mg.L <sup>-1</sup> )	1,0485	0,0049	0,1082	0,0069	0,0103	0,0084	0,20	0,42	0,009	0,009
Cromo (mg.L <sup>-1</sup> )	0,8822	0,8558	1,1477	1,508	0,8363	0,8424	1,01	0,27	0,05	0,05
Chumbo (mg.L <sup>-1</sup> )	1,2631	0,8208	1,0109	0,7456	0,596	0,6701	0,85	0,25	0,01	0,01
Zinco (mg.L <sup>-1</sup> )	0,3437	0,3403	0,2092	0,2581	0,2512	0,312	0,29	0,05	0,18	0,18

\*NE – Não estabelecido pela Legislação

\*\* Valor de referência da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Fonte: a própria autora.

Os pontos referentes às nascentes, N1 e N2, mesmo estando dentro da faixa considerada média para o limite estabelecido pelo Índice de Qualidade da Água, apresenta menores índices de qualidade em relação os demais pontos analisados ao longo do Rio. Estes valores de IQA remetem às características do local de amostragem das nascentes. Como pode ser analisado através do levantamento de uso e ocupação do solo, as áreas encontram-se dentro de propriedades cercadas por agricultura, não atendendo aos critérios exigidos pelo Novo Código Florestal, como delimitação de um raio em torno da nascente de 50m como Área de Preservação Permanente (APP), utilização de cercas para sua delimitação impedimento a entrada de animais.

### **5.11. Metais pesados**

Os resultados da análise de metais ao longo do curso do Rio Uberabinha apresentaram valores significativos para alguns metais importantes na avaliação da qualidade da água e a presença de poluentes no Rio Uberabinha. Observa-se na Tabela 8 os metais analisados e suas concentrações máximas aceitáveis pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os metais determinados no estudo em questão foram: cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), chumbo (Pb) e zinco (Zn). São enfatizados estes parâmetros por serem tóxicos e por se encontrarem amplamente disseminados em ambientes aquáticos (MOREIRA & MOREIRA, 2004).

Tabela 8: Valores estipulados pela Resolução 357/2005 CONAMA

Parâmetro	Valor máximo Classe	Unidades	I e II
Cádmio (Cd)	0,001	mg.L <sup>-1</sup>	
Cobre (Cu)	0,009	mg.L <sup>-1</sup>	
Cromo (Cr)	0,05	mg.L <sup>-1</sup>	
Chumbo (Pb)	0,01	mg.L <sup>-1</sup>	
Zinco (Zn)	0,18	mg.L <sup>-1</sup>	

Fonte: CONAMA/2005.

As análises dos metais indicam que os resultados estão em elevadas concentrações para todos os metais analisados, muito além do limite permitido pela CONAMA nº 357/2005.

Para o metal Cromo (Cr), a maior concentração encontrada foi na 2<sup>a</sup> coleta (julho/2015) do ponto RP, com o valor de 1,5565 mgL<sup>-1</sup>. Nota-se que este valor está 31 vezes acima do limite máximo que é 0,05 mgL<sup>-1</sup> segundo limite estabelecido pela CONAMA nº 357/2005. Esse resultado pode ser observado através da Figura 17.

Para o metal Cobre (Cu), conforme a Figura 18, a sua maior concentração ocorreu na terceira coleta (setembro/2015) do ponto BJ com o valor de 0,0205. Este valor é aproximadamente 2,77 vezes ao valor máximo permitido que é de 0,009 mgL<sup>-1</sup>.

O Cádmio (Cd) foi encontrado acima do valor máximo de referência para todos os pontos analisados somente na terceira coleta, que aconteceu logo após uma estiagem no mês de setembro/2015. De acordo com a Figura 19, os maiores valores de concentrações encontrados são nos pontos BJ, Nasc1 e Nasc2, respectivamente na ordem de 19,5; 15,5 e 9,9 vezes acima do valor máximo que é de 0,001 mgL<sup>-1</sup>.

Observa-se através da Figura 20 que os valores das concentrações de Zinco (Zn) avaliados também estavam muito acima do permitido em todos os pontos, principalmente na terceira coleta que aconteceu em setembro/2015. A maior concentração foi encontrada na Nasc 2 (0,5261mgL<sup>-1</sup>) e superou em 2,92vezes ao valor máximo de referência: 0,18 mgL<sup>-1</sup>.

O metal chumbo (Pb) apresentou um resultado preocupante. Observa-se a partir da Figura 21, que todas as concentrações encontradas foram altas em todos os pontos, durante as 4 coletas distribuída ao longo do ano, com destaque para os meses de maio, julho e setembro, onde a maior concentração(2,47 mg.L<sup>-1</sup> ) foi de aproximadamente 202 vezes acima do permitido. Isso indica que a água do Rio Uberabinha, mesmo estando classificada como boa para o consumo humano pelo IQA, através do resultado da análise deste parâmetro inorgânico, o rio se encontra impróprio para o uso e recreação.

A concentração do chumbo solúvel em água decresce com aumento do pH e potencial redox. Entretanto, este comportamento não foi evidenciado nos estudos feitos por Friedrich (2004) na Lagoa Mirim que não encontrou correlação entre a concentração de chumbo solúvel e o pH (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Apesar de todos os pontos de amostragem terem sido detectados altas concentrações de metais nas diferentes épocas do ano, as concentrações maiores

ocorreram durante e após o período de chuva que ocorreu entre os meses de setembro a novembro. Esse resultado pode ser explicado quando se entende que quanto mais a mata ciliar for substituída pela agricultura, pode haver uma maior exposição do solo, contaminação com fertilizantes e herbicidas e consequentemente carreamento de solo para a água aumentando a concentração destes contaminantes, principalmente no período chuvoso.

As amostras foram colhidas em períodos muito próximos aos dias chuvosos em que aumenta o carreamento do solo das terras agricultáveis próximas aos pontos e provavelmente resíduos de agrotóxicos usados nas áreas de cultivos da agricultura presente.

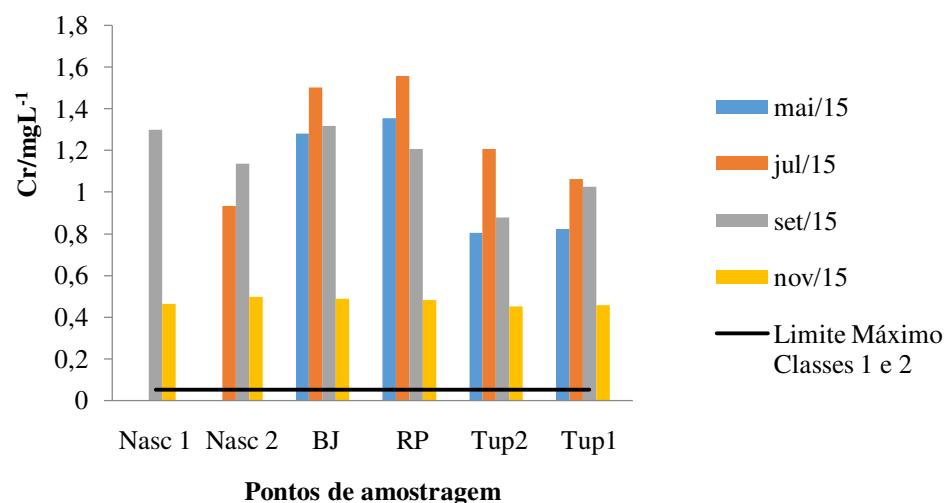
Por se tratarem também de áreas industriais e urbanas, a alta concentração pode ser causada pelo despejo de efluentes industriais e principalmente nos pontos Nasc1 e Nasc2, existe plantio de cana de açúcar muito próxima a APP, e também muitas indústrias, dentre elas a sucroalcoleira Uberaba, o que indica haver o despejo de esgoto industrial neste trecho do rio.

Próximo ao ponto de captação da água Bom Jardim representado pelo ponto de coleta BJ, devido sua localização urbana, o seu uso tem sido utilizado para recreação. Devido a alta concentração dos metais existentes é possível também indicar o lançamento de efluentes neste trecho.

No ponto RP, próximo ao Rio das Pedras, é possível que haja uma grande concentração de Cd ao longo da Bacia do Rio Uberabinhapois como visto no uso e ocupação do solo, a agricultura atinge cerca de 51,3% de toda a bacia e por estar bem próxima aos pontos de coletas, a aplicação de certos fertilizantes ou de excrementos de animais no solo destinado ao cultivo de alimentos pode contribuir para o aumento do nível de cádmio que, por sua vez, causa um aumento no nível deste elemento nos produtos cultivados(MOREIRA; MOREIRA, 2004).

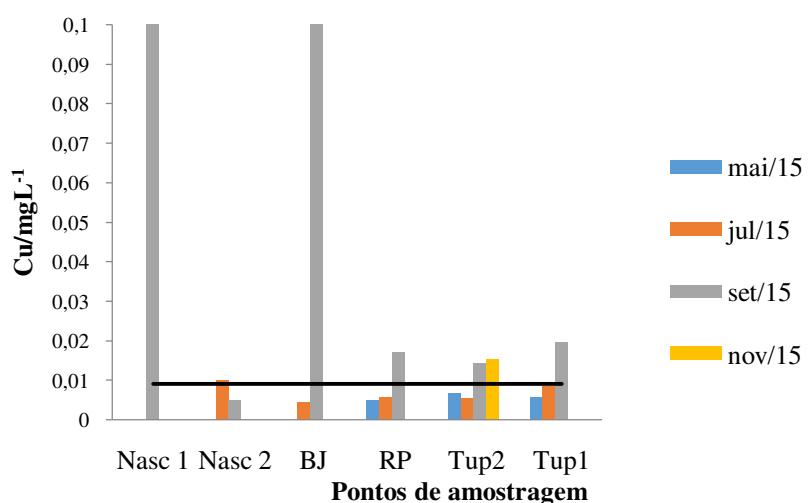
Após o breve período chuvoso que aconteceu entre os meses de setembro e novembro de 2015, é possível a ocorrência de carreamento, que provavelmente conduziram resíduos de agrotóxicos utilizados provavelmente nas lavouras. Realizando um diagnóstico quanto ao níveis de metais os resultados classificam as águas da sub-bacia do Rio Uberabinha como Classe III atualmente.

Figura 17: Concentração de metal Cromo/mgL<sup>-1</sup>



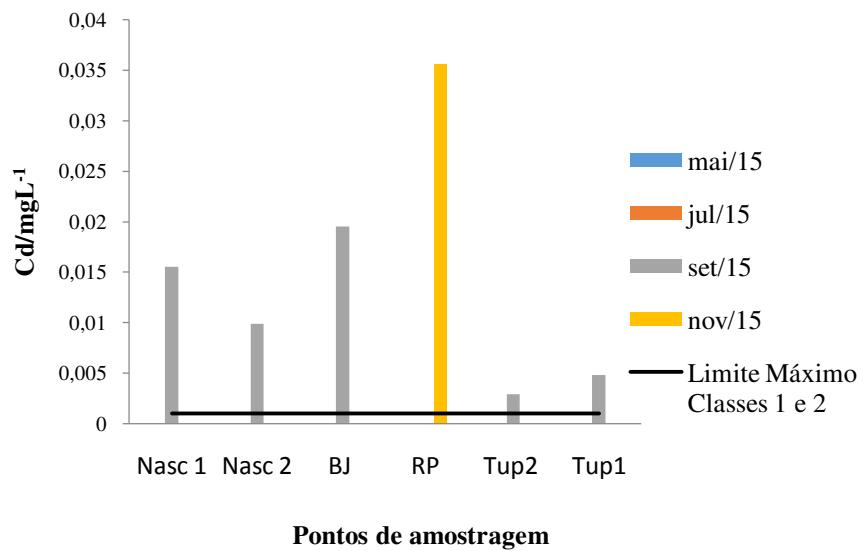
Fonte: a própria autora

Figura 18: Concentração de metal Cobre/mgL<sup>-1</sup>



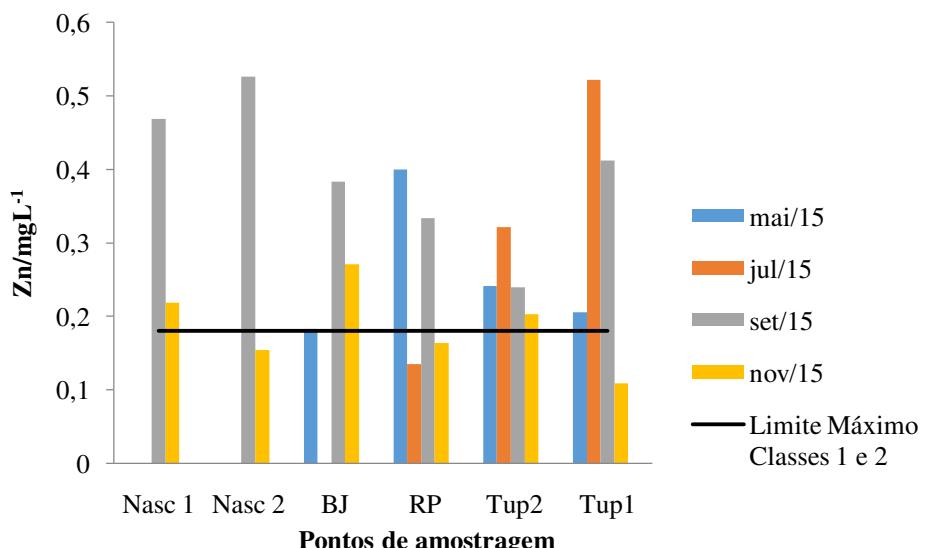
Fonte: a própria autora

Figura 19: Concentração de metal Cádmio/mgL<sup>-1</sup>



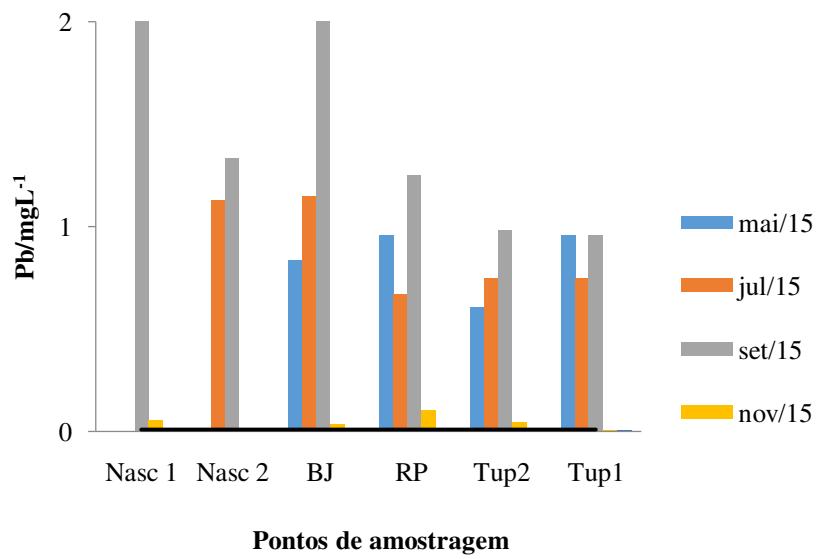
Fonte: a própria autora

Figura 20: Concentração de metal Zinco/mgL<sup>-1</sup>



Fonte: a própria autora

Figura 21: Concentração de metal Chumbo/mgL<sup>-1</sup>



Fonte: a própria autora

Outro agravante que influencia o resultado encontrado nas análises desses metais está relacionados à retirada de boa parte da mata ciliar, que poderia atuar como um filtro para elementos químicos tóxicos e o processo de erosão que se desenvolvem às margens do Rio Uberabinha.

## 6. CONCLUSÃO

O uso e ocupação do solo da Sub-bacia hidrográfica do Rio Uberabinha e da APP estão comprometidos pelo uso antrópico excessivo (62,9%) e (24,4%) respectivamente, o que pode contribuir com os resultados negativos nas análises dos parâmetros de qualidade da água.

Os resultados desta pesquisa permitem afirmar que o Rio Uberabinha está bastante vulnerável à interferência antropogênica.

Os aspectos de qualidade da água que mais chamaram atenção foram: Oxigênio Dissolvido, DBO, Sólidos Totais Dissolvidos, Fósforo, *Escherichia coli*, e os metais pesados Cr, Pb e Zn. Todos os valores obtidos nas análises dos referidos parâmetros estavam acima do valor permitido estabelecidos pela CONAMA nº 357/2015, o que contradiz estar em uma faixa considerada como boa pelo Índice de Qualidade da Água.

O Rio Uberabinha no ano de 2015 se enquadraria na qualidade de água de Classe 3, ao longo do percurso avaliado. Em nenhum dos pontos amostrados a água poderia ser destinada ao consumo em geral, pois a presença dos metais pesados estão muito acima do permitido pela legislação, principalmente em se tratando do Pb e do Cr que são altamente tóxicos e nocivos à saúde.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento se mostrou bastante eficaz no que se propôs no estudo.

Em suma, deve-se considerar a implantação de medida de revitalização econservação da bacia hidrográfica, através de medidas mitigadoras sobre as causas de degradação ambiental, como a proteção de nascentes, proteção e restauração da mata ciliar, proteção de áreas de preservação permanente, contenção de processos erosivos em geral, dentre outros previstos ou não em leis específicas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS ( Brasil).**Água Subterrâneas**. Disponível em<[www.ana.gov.br/.../aguasSubterr/EstudoAguas SubterraneasANA22-08- 02.doc](http://www.ana.gov.br/.../aguasSubterr/EstudoAguas SubterraneasANA22-08- 02.doc)>. Acesso em: 13jun 2016.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R; LEITÃO FILHO, H.F. (Org.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2001.

BERNARDES, M.B.J. Bacia hidrográfica do Rio Uberabinha: a disponibilidade de água e uso do solo sob a perspectiva da educação ambiental, 2007.222f.(Tese de doutorado)-Instituto, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005.**Diário Oficial da União**, Brasília, DF,n. 53, de 18 de mar. de 2005, p. 58-63.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**.Brasília:Ed. MS, 2006. ( Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 420 de30/12/2009**. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 13 de jun. de 2016.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. **Limnologia fluvial**: um estudo no Rio Mogi-Guaçu, São Carlos: RIMA, 2003. 278p.

CAJUSTE, L. J. et al. The distribution of metals from wastewater in the Mexican Valley of Mezquital. **Water, Air, and Soil Pollution**, Cidade do México, México, v. 57-58, p. 763-771,1991.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL ( S.P.)**Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2005/CETESB**. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Água/rios/ variaveis.asp#fósforo>>. Acesso em: 28 jul 2016.

KOPPEN,W.; REIGER, R. **O clima brasileiro**.2007. Disponível em: <http://www.climabrasileiro.hpg.com.br/dados.htm> . Acesso em jun.2016.

COSTA, F. P. M; DUARTE, W. de O.; NISHIYAMA, L. Mapa das permeabilidades do solo da bacia do Rio Uberabinha Elaborado a partir de Ensaios In Situ.In:**SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA EGEOAMBIENTAL**, 6.,2007. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: [s.n.], 2007. p. 35-37

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; RINALDO, C. P. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil.**Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>

FARIAS, T. Q. Princípios gerais do direito ambiental. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. 9, n. 35, dez. 2006. Disponível em: <[http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=1543](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1543)>. Acesso em: 15 Jul. 2016.

FERREIRA, M. C. Considerações teórica-metodológicas sobre as origens e a inserção do Sistema de Informação Geográfica na Geografia. In: VITTE, A. C. (Org.). **Contribuições à história e à epistemologia da geografia.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

FLAUZINO, F.S. Qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda – Minas Gerais, 2014.147f. (Tese de doutorado)- Instituto, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficinade Textos, 2002.

GARCEZ, L. M. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltadopara análises de águas e esgotos sanitários e industriais.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2004. 103 f. Apostila.

GOMES, F. S. Fronteiras e mocambos: o protesto negro na Guiana Brasileira. In: GOMES, F. S. (Org.). **Nas terras do Cabo Norte:** fronteiras, colonização, e escravidão na Guiana Brasileira – séculos XVIII/XIX. Belém: Ed. UFPA, 1999. p. 225-318.

GONÇALVES, A. K. **Pagamento por serviços ambientais como instrumento de gestão ambiental dos recursos hídricos:** projeto Mina D'Água na bacia do córrego do Palmitalzinho - São Paulo - Brasil. 2013.128f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) -Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais em 2000.** Belo Horizonte: FEAM, 2000.

JORDÃO, C. P.; PEREIRA, J. L.; JHAM, G. N. Chromium contamination in sediment, vegetation and fish caused by tanneries in the State of Minas Gerais, Brazil. **The Science of the Total Environment**, Viçosa, v. 207, p. 1-11, 1997.

KAY, K. Toxicology of Pesticides: Recent Advances. **Environmental Research**, Local, v. 6, p. 202-243, 1973.

KOPPEN, W.; REIGER, R. O clima brasileiro. 2007. Disponível em <http://www.climabrasileiro.hpg.com.br/dados.htm>. Acesso em 20 jul. 2016.

LIMA, I. O. et. al. Avaliação da contaminação de solos e águas superficiais da bacia do rio Balsas (MA) pelo herbicida trifluralina, In: ESPÍNDOLA, E. L. G; WENDLAND, E.

(Org.) **Bacia hidrográfica**: diversas abordagens em pesquisa. São Carlos: RIMA,2004. p. 33 – 46.

LIMA JUNIOR, R. G. S. et. al. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research Section**, Rio de Janeiro, v. 89, p. 171-179, 2002.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**.Local, v.3, n.4, p.33-38, 2004.

MONTEPLAN. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Araguari**. Araguari: [ s.n.], 2007.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MOREIRA, F.R. ; MOREIRA, J.C. **A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para avaliação dos riscos à saúde**. Química Nova,São Paulo, v. 27, n. 2, p. 251-260, 2004.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Tchê-Química**, Porto Alegre,v. 3, n. 6, p. 37-44, 2006.

PEDROZO; M. F. M.; LIMA, I. V. **Ecotoxicologia do cobre e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. 128 p.

PIVELI, R. P. **Qualidade das águas e poluição**:curso de química sanitária e ambiental. São Paulo: ABES, 2005.

QUEIROZ, M. T. A. **Bioacumulação de metais pesados no Rio Piracicaba, Minas Gerais, aplicando a análise por ativação Neutrônica Instrumental**. 2006. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2006.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA,B.; TUNDISI, J.G. (Ed.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. SãoPaulo: Escrituras, 1999.p. 1-36.

ROCHA, J.S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**.Santa Maria: Edições UFSM, 1997.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 57, n. 1, p. 111-118, 2007.

SANTOS, J. O; SOUZA, M. J. N. Impactos ambientais e riscos de ocupação na bacia hidrográfica do Rio Cocó-Ceará. In: SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M; MEIRELES,A. J. de A. (Org.). **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas** :

planejamento e gestão de bacias hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011. p.87-120. Tomo 1.

SCHNEIDER, M de O. Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meioambiente. 1996. xx f. Tese (Doutorado)- Instituto- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1996.

SEYLER, P. T.; BOAVENTURA, G. R. Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin. **Hydrological Processes**, U.S.A., v. 17, p. 1345–1361, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, 2005.

VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). **Intitute Journal Environment Science Technology**, v. 5, n. 2, p. 179-182, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.