

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO MANANCIAL DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ-RO E SUA RELAÇÃO COM O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO URUPÁ

Geniane Trindade Ribeiro <sup>1</sup>  
† Naara Ferreira Carvalho de Souza <sup>1</sup>  
Guilherme Bessa Bianchi <sup>1</sup>  
Beatriz Machado Gomes <sup>1</sup>  
Nara Luísa Reis de Andrade <sup>1</sup>

## EVALUATION OF WATER QUALITY OF THE MANANTIAL OF PUBLIC WATER SUPPLY OF JI-PARANÁ-RO AND ITS RELATION TO THE USE AND OCCUPATION OF THE SOIL OF THE URUPÁ RIVER BASIN

Recibido el 5 de febrero de 2021. Aceptado el 27 de mayo de 2021

### Abstract

The present study aimed to evaluate the quality of the manantial of public water supply of Ji-Paraná-RO city, and its interrelationships with the different land uses along the Urupá river basin. To this aimed, was analyzed a ten-year historical series of data of pH, turbidity and apparent color, and analyses for determination of the Water Quality Index (WQI), from water samples collections of five sample points, between April 2016 and January 2017. For the classification of land uses, images were acquired in the year 2006 and 2016, being defined eight thematic classes through Geographical Information System. For data analysis, non-parametric statistical tests were performed with significance level of 5% ( $\alpha = 0.05$ ). The Urupá River's WQI framed as "acceptable" and "good" conditions, being satisfactory to its destination to the public supply. However, there was a progressive deterioration in its quality, as identified by the historical series, in particular of the apparent color (average increase of 39.8%) and turbidity (average increase of 117.5%). Was still verified a inversely proportional correlation between the land use class "vegetation" and the variables phosphorus ( $r = -0.56$ ) in wet-dry period, and with the turbidity ( $r = -0.9$ ), temperature and WQI ( $r = 0.8$ ) in the dry period, indicating the importance of vegetation to maintain the quality of the source, mainly in the dry period.

**Keywords:** water quality index, soil cover, Urupá river.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Ambiental (DEA), Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus Ji-Paraná, Brasil.

\* Autor correspondente: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia. Rua Rio Amazonas, 351 – Jardim dos Migrantes, Ji-Paraná, Rondônia. Brasil. Email: [naaraferreira94@gmail.com](mailto:naaraferreira94@gmail.com)

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do manancial de captação da água para abastecimento público do município de Ji-Paraná - RO (rio Urupá), suas inter-relações com os diferentes usos e ocupações do solo ao longo do rio Urupá. Para tal, foi analisada uma série histórica de dez anos de dados de pH, cor aparente e turbidez, e realizadas análises para determinação do Índice de Qualidade de Água (IQA), a partir de coletas de amostras de água de cinco pontos amostrais, entre abril de 2016 e janeiro de 2017. Para a classificação dos usos do solo, foram adquiridas imagens do ano de 2006 e 2016 do município, sendo definidas oito classes temáticas por meio de Sistema de Informações Geográficas. Para a análise de dados foram realizados testes estatísticos não-paramétricos a nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ). O IQA do rio Urupá enquadrou-se entre condições “aceitáveis” e “boas” ( $48 < IQA \leq 73$ ), sendo satisfatória a sua destinação para o abastecimento público. Entretanto, foi verificada deterioração progressiva de sua qualidade, conforme identificado pelas séries históricas, em especial das variáveis da cor aparente (incremento médio de 39.8%) e turbidez (incremento médio de 117.5%). Foi verificada ainda correlação inversamente proporcional entre a classe “vegetação” e a variável fósforo ( $r = -0.56$ ) no período úmido-seco, e com as variáveis turbidez ( $r = -0.9$ ), temperatura e IQA ( $r = 0.8$ ) no período seco, indicando a importância da vegetação para manutenção da qualidade do manancial, sobretudo no período seco.

**Palavras chave:** índice de qualidade das águas, cobertura do solo, rio Urupá.

## Introdução

A ocupação do espaço no Brasil historicamente se deu com a substituição da cobertura vegetal nativa por pastagens, para o desenvolvimento de atividades agropecuárias. Com o aumento populacional acelerado, houve aumento na demanda por novas áreas para moradia e desenvolvimento de atividades econômicas, o que acarretou uma exploração desordenada dos recursos naturais e uma série de impactos negativos ao meio ambiente, tais como a redução da qualidade da água e dos solos (Coutinho *et al.*, 2013; Nascimento e Fernandes, 2017).

As ocupações de áreas urbanas e rurais sem um planejamento adequado, que leve em consideração as legislações ambientais vigentes, a ausência de saneamento básico e o desenvolvimento de atividades agropecuárias influenciam na mudança da composição físico-química e bacteriológica dos corpos hídricos, comprometendo os processos de autodepuração, visto que os corpos d'água necessitam de tempo para degradar a matéria orgânica de maneira natural (Guimarães, 2018; Lollo, 2016).

Assim, a poluição e a contaminação hídrica provenientes do uso e ocupação irregulares do solo em Áreas de Preservação Permanente, favorecem o aceleração dos processos de assoreamento e eutrofização por ação da retirada da mata ciliar. As matas ciliares são Áreas de Preservação Permanente que protegem os recursos hídricos, dificultando o transporte de sedimentos, substâncias químicas e nutrientes para o corpo d'água, o que afeta a qualidade e a quantidade das águas, além disso, servem como corredores para a circulação animal (Mesquita *et al.*, 2017; Pinz e Strauch, 2017).

Sendo assim, o monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura do solo são importantes para o conhecimento dos impactos e transformações sofridas pelo ambiente, assim como para propor possíveis soluções de mitigação e prevenção de situações futuras (Santos e Santos, 2010).

Desta forma, a presente pesquisa objetivou avaliar o Índice de Qualidade da Água - IQA, em trecho urbano do rio Urupá, assim como analisar uma série histórica de qualidade de água, e mapear o uso e ocupação da área de entorno do ponto de captação para abastecimento público nesse rio, no município de Ji-Paraná, Rondônia.

## **Metodologia**

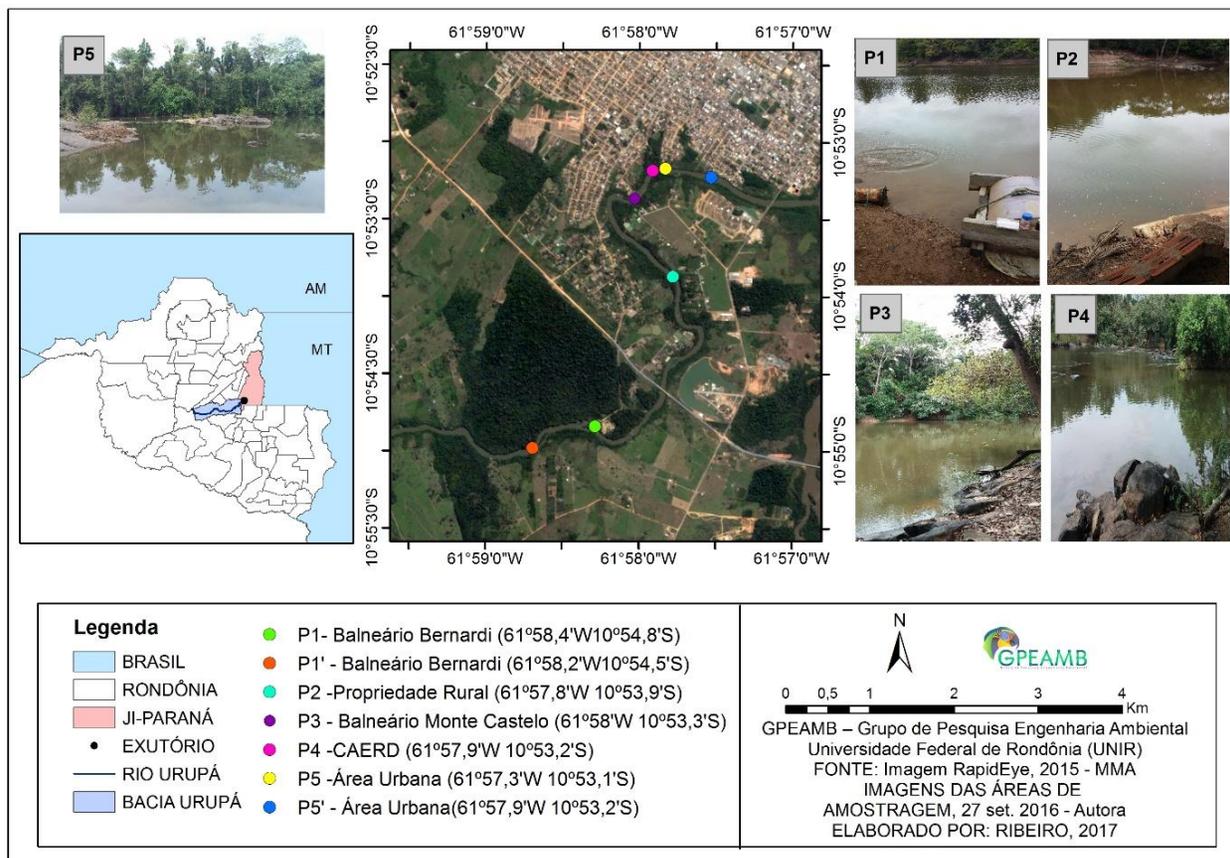
### **Área de estudo**

O município de Ji-Paraná está localizado na porção leste do estado de Rondônia, com uma população de cerca de 131560 habitantes (IBGE, 2016). Pela classificação de Köppen, o clima predominante no estado é do tipo Aw-Clima Tropical com chuvas de verão, precipitações médias anuais de 1963 mm e temperaturas que variam de 24 a 32°C, sendo definido o período úmido entre os meses de janeiro a março, o úmido-seco nos meses de abril a julho, períodos de transição seco nos meses de setembro e novembro e transição seco-úmido entre os meses de outubro e dezembro (SEDAM, 2012).

O presente estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Urupá, a qual contempla uma área de drenagem de 4172 km<sup>2</sup> e 4043 km de comprimento. Parte do curso do rio está situada na cidade de Ji-Paraná, onde seu exutório deságua no rio Machado (Figura 1).

Os pontos de coleta foram determinados próximos ao ponto de captação de água da Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia - CAERD, que se localiza a 1.9 km da foz do rio Urupá. A distância mínima e máxima entre os pontos foi de 384 a 2144 metros, respectivamente, sendo 1 ponto (P4) dentro do terreno da empresa CAERD, a 40 metros do ponto de captação da água bruta; 2 pontos (P3 e P5) em área urbana, respectivamente a montante e a jusante do ponto de captação, e 2 pontos (P1 e P2) a montante, em áreas com características rurais (Figura 1).

Durante as campanhas de amostragem, foi necessária a alteração da posição geográfica de dois pontos (P1' e P5'), devido às interferências de turbulência no rio e a distância mínima entre os pontos ser menor que 125 metros, respectivamente. Assim, o P1' foi alterado a partir da segunda campanha de amostragem e o P5' a partir da terceira, sendo estes representados pelos pontos na cor verde e amarelo na Figura 1 e substituídos pelas marcações de P1 e P5.



**Figura 1.** Localização geográfica da bacia do rio Urupá e dos pontos amostrais, com respectivas ilustrações.

### Procedimentos em campo e análises

As coletas foram realizadas mensalmente, de abril 2016 a janeiro de 2017, abrangendo os períodos úmido-seco (abril, maio e junho), seco (julho, agosto e setembro), seco-úmido (outubro, novembro e dezembro) e úmido (janeiro), no intuito de observar as alterações sazonais das variáveis da qualidade da água do rio Urupá e os processos de interação com o uso do solo no seu entorno (SEDAM, 2012; Pinto, 2015).

Para a amostragem de água bruta no rio Urupá foi utilizado: um coletor artesanal; quinze garrafas plásticas (frascos) de 500 mL para o armazenamento das amostras, sendo três frascos para cada ponto de amostragem; caixas térmicas para o acondicionamento dos frascos durante as saídas a campo. Posteriormente, as amostras em duplicata eram destinadas para análises.

A partir das amostras coletadas foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas para as variáveis que compõem o IQA. *In loco* foram avaliados pH e temperatura por meio do aparelho pHmetro LUTRON modelo 221 com sensor termômetro. No laboratório de Limnologia e Microbiologia da Universidade Federal de Rondônia - UNIR, *Campus* de Ji-Paraná, foram determinadas as variáveis Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), fósforo, sólidos totais, turbidez e Coliformes Termotolerantes, de acordo com os critérios da American Public Health Association (APHA, 2005) e das normativas NBR 10559 (ABNT, 1988), NBR 12614 (ABNT, 1992a) e NBR 10664 (ABNT, 1989).

Para quantificar o fósforo total a metodologia original foi adaptada, por meio da NBR 12772 (ABNT, 1992b), que possibilita encontrar concentrações de fósforo aparente, sem a utilização de amostras autoclavadas. No entanto, vale ressaltar que para tal adaptação são considerados confiáveis dados com concentrações acima de 2 mg.L<sup>-1</sup>.

E no laboratório Qualittá Ambiental, de Ji-Paraná, foi realizada a análise química de Nitrogênio Total, também de acordo com os critérios da APHA (2005).

Para determinação do IQA, foi utilizado o memorial descritivo de cálculos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, disponível no link <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume2.pdf>>, como base para aplicação das equações das curvas de qualidade ( $q_i$ ) para cada variável que compõe o IQA, para posterior aplicação da Equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Equação (1)

Em que:

IQA: Índice de Qualidade da Água que corresponde de 0 a 100;

$q_i$ : qualidade da  $i$ -ésima variável extraída da curva média de variação de qualidade (valores de 0 a 100);

$w_i$ : peso correspondente a  $i$ -ésima variável, atribuído em função da importância de cada parâmetro que compõe o índice (valores de 0 a 1);

$n$ : número de parâmetros que compõem o cálculo do IQA.

Para a determinação do IQA total de cada amostragem, foram considerados os parâmetros estipulados pela CETESB, sendo: OD, DBO, pH, turbidez, temperatura, fósforo, nitrogênio, coliformes termotolerantes e sólidos totais. Devido à falta de um padrão para a classificação do IQA no Estado de Rondônia, foram adotados os níveis de qualidade de outros estados, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Padrões de classificação dos níveis de qualidade para os resultados do IQA adotados em alguns Estados do Brasil (BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP).

Nível de Qualidade	Faixa
ÓTIMA	$80 < IQA \leq 100$
BOA	$52 < IQA \leq 79$
ACEITÁVEL	$37 < IQA \leq 51$
RUIM	$20 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$0 < IQA \leq 19$

Fonte: ANA, 2016.

Para a análise da série histórica de qualidade de água do rio Urupá foram obtidos dados diários disponibilizados pela empresa CAERD, referente ao período de janeiro de 2006 até dezembro de 2015, totalizando uma série de 10 anos de dados ( $n = 284$ ). Para a aquisição destes dados foram realizadas três visitas à concessionária de abastecimento público, com acompanhamento de uma servidora Técnica em Química, sendo dois dias no mês de agosto (03 e 08/08/2016) e um dia no mês de fevereiro (10/02/2017). A obtenção dos dados foi por meio de registro fotográfico.

As análises realizadas diariamente para a água bruta são: pH, cor aparente e turbidez. Para fins de comparação, foi utilizado como referência os padrões estabelecidos para corpos hídricos de Classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes para o seu enquadramento, com intuito de analisar as médias dos dados diários das variáveis na série em questão. Complementarmente, foi realizada uma análise de tendência dos dados, agrupados por períodos sazonais.

Foram adquiridas imagens do Satélite Land Remote Sensing Satellite 5 (LANDSAT 5) sensor TM - Thematic Mapper, imageadas em 16 de julho de 2006, na cena 231 com as órbitas 67 e 68, e imagens do LANDSAT 8 com o sensor OLI- espectral Operation Land Imager, imageadas em 27 de julho de 2016, na cena 231 e órbita 68. Ambas as imagens foram adquiridas gratuitamente no site do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2016).

Para a composição espectral foram utilizadas as bandas B5, B4 e B3 (RGB – falsa cor) com resolução espacial de 30 metros para a imagem do LANDSAT 5. Já no LANDSAT 8 foram utilizadas as bandas B6, B5, B4 (RGB – falsa cor) e a banda pancromática B8, para posteriormente realizar a fusão entres as imagens. Todas as bandas tem resolução espacial de 30 m com exceção da B8, com 15 metros (Santos, 2013).

Na etapa do pré-processamento e realce das imagens, foram realizados os processos de registro, contraste, mosaico, fusão e recorte (buffer de 500 metros do shape da linha do rio Urupá) com o auxílio dos Softwares de Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG): Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) e do ArcGIS da Environmental Systems Research Institute (ESRI).

O processo de análise das imagens é caracterizado pelas etapas de segmentação e classificação. Para a classificação foi utilizado o método de segmentação por crescimento de regiões com similaridade 10 para 30 pixels na imagem LANDSAT 5 do ano de 2006, e similaridade 5 para 15 pixels na imagem LANDSAT 8 do ano de 2016.

Na sequência, foi empregado o processo de classificação supervisionada por regiões pelo Método BATACHARYA com limiar de aceitação de 95% para ambas as imagens. Ao todo foram criadas 8 classes temáticas para o uso e ocupação do solo.

Com relação às análises estatísticas, os dados foram organizados por período sazonal (úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido) para a aplicação das análises estatísticas descritivas e analíticas por meio dos softwares Excel 2010, Action 3.1 da Estatcamp e SigmaPlot versão 10. Devido os dados não apresentarem normalidade, foi aplicado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis com nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ) para identificar possíveis diferenças entre os períodos sazonais. Para avaliar a correlação entre as variáveis analisadas e o IQA foi realizada a matriz de correlação não-paramétrica de Spearman, sendo considerado o nível de significância de 5%.

Foi calculada ainda a mediana para os dados de pH anual, mensal e sazonal do período de janeiro de 2006 a dezembro de 2015, de acordo com von Sperling (2001) esta estatística apresenta boas indicações de tendências centrais para os dados de pH.

Ainda, foi realizada a análise geoestatística Krigagem para visualizar a espacialização dos pontos por meio da interpolação por aproximação dos valores de IQA de cada ponto amostral através do software ArcGIS, versão 10.1.

### **Resultados e discussão**

Os dados referentes à série histórica de qualidade da água do rio Urupá estão dispostos nas Tabelas 2 (dados de pH), 3 (dados de cor aparente) e 4 (dados de turbidez).

Para o pH, as medianas mensais variaram no período estudado entre 6.13 a 7.80, mantendo a qualidade proposta para rios de Classe 2 (CONAMA 357/05), a qual preconiza que o pH deve variar entre 6 e 9. Analisando o comportamento do pH durante os períodos sazonais, nota-se variações

negativas com relação à mediana nos períodos úmido, úmido-seco e seco-úmido (Tabela 2), sendo que o período úmido apresentou a maior variação negativa, de -4.9% em relação à mediana com tendência ao aumento e no período seco, variação positiva de 3.7% em relação à mediana. Com a aplicação do teste estatístico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0.05$ ) foram observadas diferenças significativas entre os períodos úmido, seco e seco-úmido, e entre o período seco versus úmido-seco e seco-úmido.

**Tabela 2.** Medianas sazonais, mediana anual, variação em torno da mediana anual e análise de tendência do conjunto de dados, por estação, da variável pH para o período de 2006 a 2015, rio Urupá.

Período	Mediana	Variação (%)	Equação	Aumento/Queda	N
Úmido	6.60	-4.9 <sup>c</sup>	$0.0023x + 6.51$	+0.4%	29
Úmido-seco	6.90	-0.6 <sup>bc</sup>	$-0.0173x + 7.37$	-2.3%	30
Seco	7.20	+3.7 <sup>a</sup>	$0.0144x + 6.65$	+2.2%	28
Seco-úmido	6.90	-0.3 <sup>b</sup>	$0.0205x + 6.789$	+3.0%	28
Mediana anual	6.90	-	$0.0002x + 6.923$	+0.03%	115

*Notas: os índices a, b, c indicam conjuntos de dados que não são grupos similares com diferença significativa de variância ( $p \leq 0.05$ ) de acordo com o teste de Kruskal – Wallis; valores de  $x = 10$  anos.*

*Fonte: Elaborado pelos autores, com dados da Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia (CAERD), 2016.*

Na Tabela 3, pode-se observar que durante os períodos sazonais, o comportamento da variável cor aparente apresentou variação positiva alta no período úmido e seco-úmido e com tendência ao aumento, sendo justificado pelos grandes volumes de precipitações nestas estações. No período seco apresentou variação alta negativa, porém com tendência ao aumento, pois os sólidos que foram lixiviados para o curso hídrico ficam retidos no leito do rio em altas concentrações, favorecendo ao aumento da cor da água.

Houve diferenças significativas da cor aparente entre o período úmido versus úmido-seco e seco; seco versus seco-úmido; úmido-seco versus seco e seco-úmido ( $p \leq 0.05$ ). Todos os períodos ficaram em desacordo com as classes definidas na Resolução 357/05, ultrapassando o valor limite para rios de classe 2 de  $75 \text{ mg Pt.L}^{-1}$ , com exceção para o período seco que apresentou médias inferiores ao valor preconizado.

O comportamento sazonal dos dados de turbidez nos períodos úmido e seco-úmido apresentou variações positivas com tendência ao aumento, e nos demais períodos variações negativas em relação à média anual, com destaque para o período úmido-seco que apresentou menor variação

negativa, com tendência ao aumento de 211.4% e no período seco também com aumento de mais 100%, indicando que nos períodos chuvosos há o incremento de sólidos no rio e no período seco ocorre a decantação dos mesmos (Tabela 4).

Houve diferenças significativas entre os períodos úmido versus seco e úmido-seco; úmido-seco versus seco e seco-úmido; seco versus seco-úmido ( $p \leq 0.05$ ). Mesmo com o aumento progressivo da turbidez durante a série estudada, os dados estão em conformidade com o padrão estabelecido pela CONAMA 357/05, de 100 UNT, para rios de Classes 1, 2 e 3.

**Tabela 3.** Médias sazonais ( $\pm$ DP), média anual, variação em torno da média anual e análise de tendência do conjunto de dados, por estação, da variável cor aparente para o período de 2010 a 2015, rio Urupá.

Período	Média ( $\pm$ DP)	Variação (%)	Equação	Aumento/Queda	n
Úmido	149.70 $\pm$ 39.8	+40.3 <sup>a</sup>	15.491x + 70.489	+131.9%	11
Úmido-seco	85.96 $\pm$ 36.0	-19.5 <sup>b</sup>	4.6677x + 79.517	+35.2%	15
Seco	50.20 $\pm$ 21.0	-53.0 <sup>c</sup>	7.2838x + 23.382	+186.9%	14
Seco-úmido	136.00 $\pm$ 56.2	+27.4 <sup>a</sup>	7.4146x + 113.03	+39.4%	14
Média ( $\pm$ DP) anual	106.70 $\pm$ 55.8	-	5.6598x + 85.26	+39.8%	54

*Notas: os índices a, b, c indicam conjuntos de dados que não são grupos similares com diferença significativa de variância ( $p \leq 0.05$ ) de acordo com o teste de Kruskal – Wallis; valores de  $x = 6$  anos.*

*Fonte: Elaborado pelos autores, com dados da Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia (CAERD), 2016.*

**Tabela 4.** Médias sazonais ( $\pm$ DP), média anual, variação em torno da média anual e análise de tendência do conjunto de dados, por estação, da variável turbidez para o período de 2006 a 2015, rio Urupá.

Período	Média ( $\pm$ DP)	Variação (%)	Equação	Aumento/Queda	N
Úmido	27.26 $\pm$ 8.8	+16.6 <sup>a</sup>	2.1572x + 15.505	+139.1%	29
Úmido-seco	21.85 $\pm$ 7.7	-6.5 <sup>b</sup>	2.1097x + 9.9804	+211.4%	30
Seco	10.94 $\pm$ 6.1	-53.2 <sup>c</sup>	0.9856x + 5.3116	+185.6%	27
Seco-úmido	33.10 $\pm$ 13.1	+41.4 <sup>a</sup>	1.4313x + 25.512	+56.1%	29
Média ( $\pm$ DP) anual	23.4 $\pm$ 12.3	-	1.6681x + 14.198	+117.5%	115

*Notas: os índices a, b, c indicam conjuntos de dados que não são grupos similares com diferença significativa de variância ( $p \leq 0.05$ ) de acordo com o teste de Kruskal – Wallis; valores de  $x=10$  anos.*

*Fonte: Elaborado pelos autores, com dados da Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia (CAERD), 2016.*

### Caracterização físico-química e microbiológica

Os resultados analíticos realizados para o rio Urupá estão dispostos na Tabela 5, com as médias e desvios-padrão dos cinco pontos amostrais entre as dez campanhas para fins comparativos com a Resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 5.** Médias e desvios padrão ( $\pm$ DP) de variáveis físico-químicas e microbiológicas avaliadas nos cinco pontos amostrais.

Variável	P1	P2	P3	P4	P5	Padrão de enquadramento para Classe 2 (Resolução Conama 357/05)
	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	27.7 $\pm$ 1.8	27.8 $\pm$ 1.8	27.8 $\pm$ 1.9	27.6 $\pm$ 1.7	27.6 $\pm$ 1.8	40
Turbidez (UNT)	28.4 $\pm$ 22	29.3 $\pm$ 22	27.1 $\pm$ 21	26.8 $\pm$ 20	27.2 $\pm$ 18.7	100
Sólidos Totais (mg/L)	158 $\pm$ 100	150 $\pm$ 103	170 $\pm$ 112	182 $\pm$ 182	178 $\pm$ 155	500
pH	7.6 $\pm$ 0.4	7.7 $\pm$ 0.4	7.7 $\pm$ 0.6	7.9 $\pm$ 0.7	7.8 $\pm$ 0.9	6 a 9
OD (mg/L)	6.5 $\pm$ 2.2	6.5 $\pm$ 2	6.3 $\pm$ 1.9	6.4 $\pm$ 2.1	6.5 $\pm$ 1.9	> 5
DBO (mg/L)	0.8 $\pm$ 0.8	0.8 $\pm$ 0.7	0.7 $\pm$ 0.6	0.8 $\pm$ 0.5	0.9 $\pm$ 0.7	< 5
Nitrogênio (mg/L)	1.9 $\pm$ 0.9	2.1 $\pm$ 0.8	2.1 $\pm$ 0.8	2 $\pm$ 0.6	2.2 $\pm$ 0.7	10
Fósforo Total (mg/L)	1.8 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 0.8	1.7 $\pm$ 0.7	1.8 $\pm$ 0.7	1.8 $\pm$ 0.6	0.1
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	960 $\pm$ 740	1050 $\pm$ 694	1170 $\pm$ 1159	1040 $\pm$ 1411	1620 $\pm$ 1243	1000

*Nota: valores em negrito expressam a não conformidade com os padrões da Resolução Conama 357/05.*

*Fonte: Autores, 2017.*

É possível observar que apenas duas variáveis ultrapassaram os valores preconizados a Classe de referência adotada, sendo estas Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes. Para o Fósforo Total o ponto P3 apresentou a menor média, e os outros quatro apresentaram os mesmos valores. E, os pontos P2 e P5 apresentaram o maior desvio padrão em relação à média.

Os dados de coliformes termotolerantes apresentaram médias superiores ao padrão estabelecido para a Classe 2 em quatro pontos, apenas o ponto P1 apresentou valor de acordo com o limite, o que pode estar relacionado ao fato de que em algumas coletas foi observada a contaminação fecal a partir de lançamento de esgotamento sanitário e lixiviação das fezes de animais para o curso hídrico, principalmente no início do período chuvoso.

De maneira semelhante, Pereira (2019) encontrou valores de coliformes termotolerantes acima do permitido para o rio Urupá, no perímetro urbano do município de Ji-Paraná, a montante e a jusante do ponto de captação de água. Vale ressaltar que não há um sistema de coleta e tratamento de esgotos no município em questão, o que contribui para que os esgotos gerados sejam lançados nos corpos hídricos.

### Índice de Qualidade das Águas (IQA)

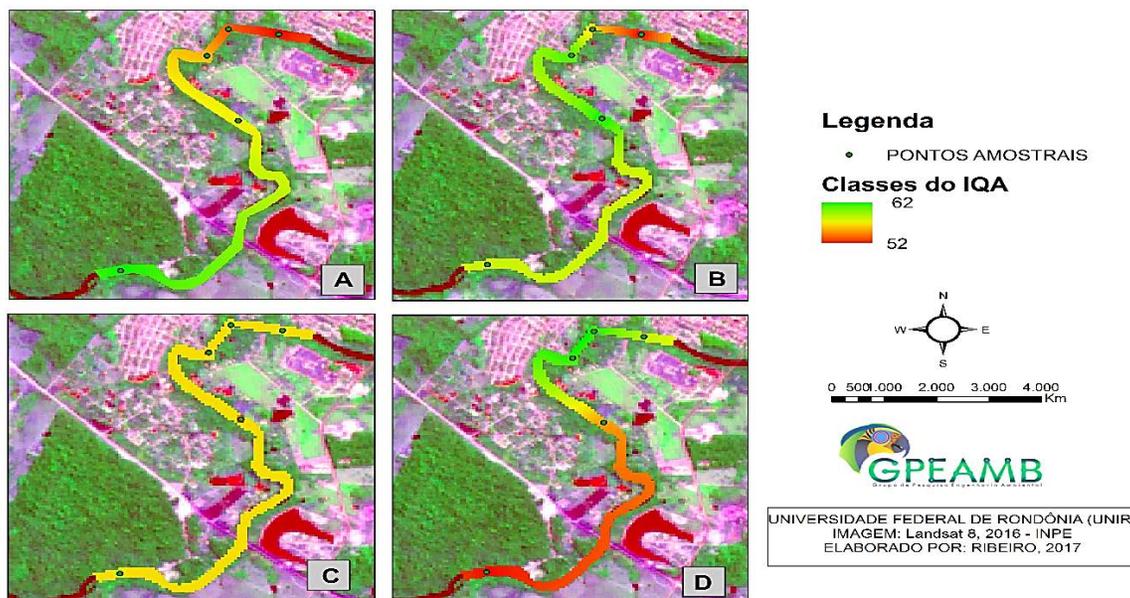
Os resultados do IQA para os pontos amostrais durante os meses estudados apresentaram variações entre 48 e 73, indicando condições de qualidade da água que tendem do aceitável à boa, em que 25% dos dados do IQA apresentaram condições de qualidade de água aceitável para os pontos P3 e P5. Para todos os cinco pontos amostrais 50% dos dados do IQA ficaram na faixa 55 a 60, caracterizando uma condição boa para a qualidade da água e 75% dos valores do IQA ocorreram entre 60 a 65, também representando condições boas para o rio Urupá, com destaque para o ponto P3 que apresentou maior variabilidade dos percentis em relação aos demais pontos.

Conforme ilustrado na Figura 2, o IQA apresentou nos períodos de transições (Figura 2a e 2c) as menores médias ( $56.1 \pm 4.7$  e  $55 \pm 4.9$ ) com variações negativas de 7% e no período seco apresentou as maiores médias ( $65.5 \pm 10$ ) com variações positivas de 11.2% (Figura 2b) em relação à média total, apresentando o aumento da qualidade da água com o fim das ocorrências das precipitações e redução da qualidade nos períodos de transições para o período seco e úmido. No tratamento estatístico apresentaram diferenças significativas entre o período de transição úmido-seco para o seco ( $p=0.008$ ) e do período seco para o seco-úmido ( $p=0.001$ ), de acordo com teste de Kruskal-Wallis para  $p \leq 0.05$ .

As variáveis fósforo ( $r = -0.67$ ), coliformes termotolerantes ( $r = -0.81$ ) e turbidez ( $r = -0.72$ ) apresentaram correlação significativa ( $p=0.04$ ) com o IQA, sendo a maior correlação com a turbidez ( $p = 0.02$ ). Assim, os níveis de qualidade da água são reduzidos quando há o aumento das concentrações das variáveis fósforo, coliformes termotolerantes e turbidez, sendo confirmado através do aumento das concentrações das variáveis citadas, com exceção da turbidez, que apresentaram limites superiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 2, influenciando na redução da qualidade da água do rio Urupá.

Ainda, as concentrações do fósforo correlacionaram-se fortemente com a turbidez ( $r = 0.92$ ) e nitrogênio ( $r = 0.63$ ), indicando que o aumento dos particulados sólidos, podendo ser observado na Tabela 5, contém nutrientes eutrofizantes presentes no solo lixiviado para a área de estudo.

Dependendo das concentrações e frequências das poluições pontuais ou difusas, condições nas zonas ripárias e dos ciclos hidrológicos, as variações sazonais que o IQA pode sofrer tende a revelar a situação de degradação do ambiente hídrico, sendo que do sentido foz à nascente a qualidade das águas no período úmido alternam da classe ruim a aceitável e no período seco a qualidade tende a aumentar chegando a classe boa (Paulino, 2014; Arruda, 2016).



**Figura 2.** Interpolação por Krigagem para o IQA médio durante os períodos sazonais úmido-seco (A), seco (B), seco-úmido e (C) e úmido (D).

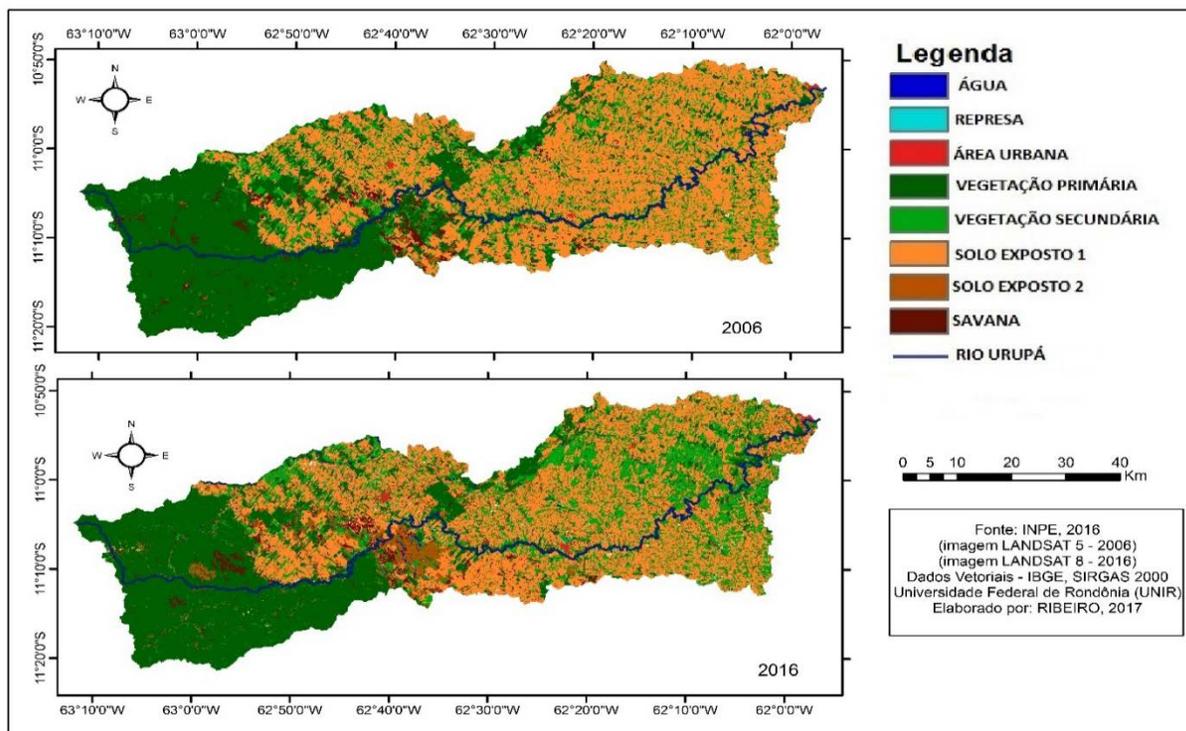
Segundo Faria (2012), ao analisar a qualidade da bacia do Ribeirão Guaratinguetá, em pontos localizados em áreas com considerável preservação, o IQA apresentou classe regular com tendências para a classe boa, porém as atividades de agropecuária e áreas urbanas favorecem o aumento da concentração de fósforo, nitrogênio, coliformes termotolerantes e DBO, reduzindo a qualidade hídrica.

#### Uso e ocupação do solo na bacia do rio Urupá

Por meio das análises espaciais, foi possível quantificar os usos do solo na microbacia do rio Urupá e também no entorno da área que compreende o estudo.

Na Figura 3, é possível observar no centro-oeste da imagem que no ano de 2016, ocorreu aumento de fragmentos de vegetação e expansão das áreas urbanas e de savana quando comparados com a imagem classificada do ano de 2006.

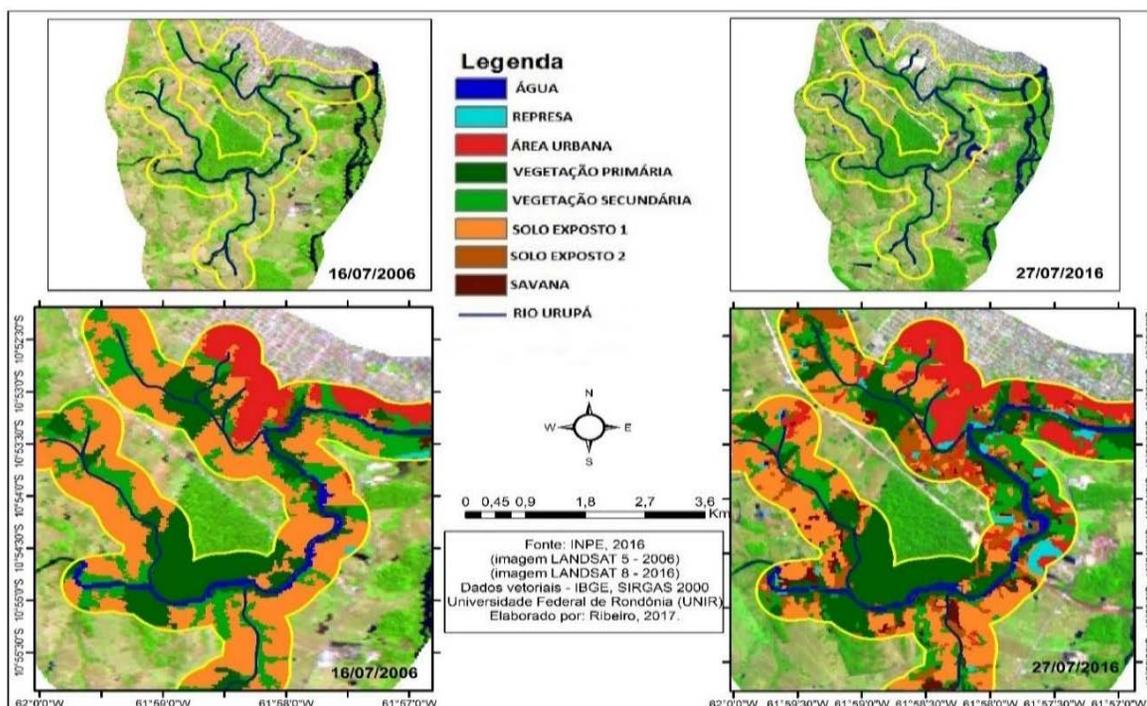
A vegetação secundária teve aumento de 4.6%, essa classe pode ser percebida na porção perto da foz do rio Urupá (Figura 3). Além da vegetação, as classes de uso represa e área urbana também tiveram aumento de 0.45 e 0.43%, respectivamente.



**Figura 3.** Imagens classificadas entre os meses de julho dos anos de 2006 e 2016 da bacia do rio Urupá, Ji-Paraná/RO.

Segundo estudo de Furlan (2013), a bacia do rio Urupá já apresentava o formato espinha de peixe desde 1987, devido ao intenso avanço agrícola das atividades econômicas de agricultura e pecuária familiar e estágios intermediários de ocupação em áreas de projetos de assentamentos rurais do INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, no Estado de Rondônia (Saito *et al.*, 2011), sendo que do centro até a foz da bacia se intensificaram as extensas áreas de atividades agrícolas e pecuária, além das atividades mais recentes de represamento para criação de peixes ou para áreas de lazer dos condomínios.

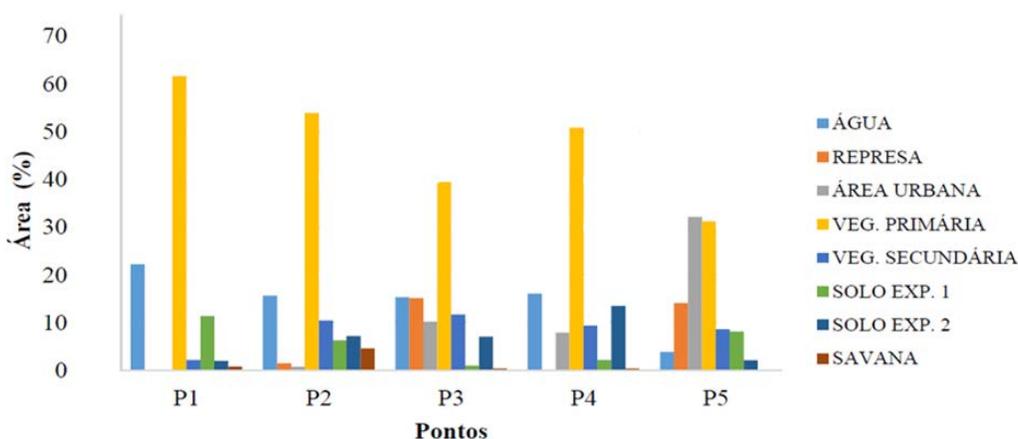
O buffer com 500 metros no ano de 2006, na Figura 4, destacou a maior porcentagem da classe solo exposto com 48.8 % de área. Para o comportamento do uso do solo no ano de 2016, apresentou a redução de duas classes temáticas, sendo o solo exposto 1 e vegetação secundária (18.37% e 3.27%) e o aumento para as demais classes com percentuais mais relevantes para os temas solo exposto 2 (8.45%), área urbana (4.94%) e vegetação primária (4.32%).



**Figura 4.** Imagens classificadas entre os meses de julho de 2006 e 2016 da área de estudo com buffer de 500 metros do rio Urupá, Ji-Paraná/RO.

Para aferir os quantitativos das áreas das classes temáticas entre os pontos, foram observadas maiores porcentagens para a classe vegetação primária em todos os pontos amostrais, com variações de 30 a 60%. O ponto P5 apresentou porcentagens próximas entre as classes vegetação primária e área urbana, ambos ocupando aproximadamente 30% da área total de 40.000 m<sup>2</sup> (Figura 5). A classe represa apresentou 10% de área nos pontos P3 e P5, enquanto as demais classes apresentaram abaixo de 20% de área para os pontos amostrais, com exceção da classe água que apresentou 22% de área no ponto P1, devido ao maior volume de área.

Assim, a classe área urbana apresentou aumento significativo, sendo representado principalmente entre os pontos P3 (10.1%) P4 (7.9%) e P5 (32.0%), enquanto a vegetação primária apresentou comportamento inverso nestes pontos, com redução principalmente entre os pontos P3 (39.4%) e P5 (31.2%). Embora o ponto P4 esteja a 40 metros do ponto de captação da água, ainda apresenta área de vegetação primária (50.8%) maior do que os dos pontos P3 e P5. Mas, por questões de abastecimento público, gera preocupação na transformação do cenário do ponto P4, pois a urbanização pode gerar impactos negativos ao manancial devido à intensificação da eutrofização.



**Figura 5.** Classes temáticas para cada ponto amostral no rio Urupá, 2016.

Porém, mesmo o ponto P4 apresentando menor área urbana em relação ao ponto P5 e vegetação primária suficiente para exercer a proteção do rio, outro agravante é a presença da classe de solo exposto total, apresentando maior área (15.7%), comparada aos pontos P1 e P2 (13.0%), P3 (8.0%) e P5 (10.2%), justificando a redução da vegetação devido ao aumento do solo exposto, o que corrobora para o aumento do assoreamento do rio e das áreas urbanizadas.

No tratamento estatístico dos dados, não foi verificada correlação significativa ( $p > 0.05$ ) entre os dados de uso e ocupação (considerando apenas as classes vegetação do uso do solo) e os dados de qualidade da água (Tabela 6).

**Tabela 6.** Coeficientes da Matriz de correlação das variáveis físico-químicas e microbiológicas e do IQA em relação aos usos do solo (considerando a somatória da vegetação primária e secundária na área de estudo), através das médias sazonais e total dos dados dos cinco pontos amostrais.

Variável	USOS DO SOLO (CLASSE VEGETAÇÃO)				Média
	úmido-seco	Seco	seco-úmido	úmido	
pH	-0.10	0.30	-0.10	0.20	0.56
TEMPERATURA	-0.22	0.80	0.31	0.22	0.80
FÓSFORO	-0.56	0.21	0.60	-0.20	-0.10
TURBIDEZ	-0.70	-0.90	0.50	0.80	-0.21
NITROGÊNIO	-0.10	-0.10	0.67	-0.50	0.40
SÓLIDOS TOTAIS	-0.30	-0.60	0.31	0.58	-0.30
COLIFORMES T.	-0.10	-0.30	0.20	-0.21	0.00
OD	-0.46	-0.60	0.10	-0.31	-0.50
DBO	-0.70	-0.90	0.10	-0.41	-0.90
IQA	0.40	0.80	-0.30	0.50	0.90

*Nota: valores em negrito expressam conjunto de dados que apresentaram nível de significância próximo a 5% ( $p = 0.08$ ).*

No entanto, foram observados valores elevados do coeficiente de correlação entre os mesmos, sendo que no período seco houve correlações altas negativas com as variáveis turbidez e DBO ( $r = -0.9$ ) e correlações altas positivas para o IQA para a média total nos pontos amostrais ( $r = 0.9$ ) e negativa com a DBO ( $r = -0.9$ ).

Estudos de Pereira (2014), considerando as correlações dos usos do solo com as variáveis, identificaram relações positivas ( $r = 0.27$ ) entre a classe formação florestais com o pH e relações negativas com nitrogênio e fósforo, favorecendo no aumento da qualidade do regime hídrico, já as áreas urbanas apresentam correlações negativas com o pH ( $r = -0.32$ ) e as piscicultoras correlações positivas ( $r = 0.30$ ) com as variáveis fósforo total e nitrogênio total. Em sua maioria, as correlações verificadas pelo presente estudo são superiores ao trabalho supracitado.

Em estudos realizados por Gutierrez *et al.* (2017), foi verificado que a vegetação secundária teve uma redução de 12% devido a expansão da área urbana de 14% ao redor das lagoas Bolonha e Água Preta localizada na APA de Belém, apresentando correlação fraca negativa com a turbidez, influenciando na redução do curso hídrico de 2% devido aos efeitos do assoreamento.

Assim, corrobora-se a afirmação de que a vegetação é um fator importante para a manutenção da qualidade da água durante os períodos estudados por reduzir as concentrações da turbidez e da matéria orgânica a ser degradada, especialmente durante o período seco, em que o corpo hídrico torna-se mais vulnerável a fatores externos, devido a menor capacidade de diluição em consequência da redução de seu volume.

Segundo Marmontel e Rodrigues (2015), a presença da vegetação contribui para a redução da temperatura, turbidez e sólidos totais. Porém, áreas com pouca presença de vegetação ciliar reduzem a qualidade hídrica devido aos processos erosivos, aumentando a temperatura e turbidez (Medeiros *et al.*, 2013). Ainda segundo o autor supracitado, as áreas com solo desnudo, aglomerados urbanos e lançamentos agrícolas desqualificam o uso da água destinada ao abastecimento público com tratamento convencional ou avançado, devido ao alto grau de poluição ocasionado por estas condições.

No presente estudo, áreas com maior cobertura vegetal refletiram em menores concentrações das variáveis turbidez e DBO, o que reflete em melhoria da qualidade da água, principalmente no período seco. Desta forma, observando a miúdo as correlações entre o uso do solo e o IQA, em que houve uma variação do  $r$  de  $-0.3$  no período seco-úmido a  $0.8$  na seca, evidencia-se a grande variação nas inter-relações dos elementos influentes no IQA com o uso do solo, sendo que tais interações também sofrem influência da sazonalidade regional.

## Conclusões

Na análise da série temporal de dados, foi observado que o trecho analisado do rio Urupá apresentou tendências de incremento para as variáveis turbidez, cor e pH, com destaque para os dados da turbidez e cor aparente, expressando o aporte de sedimentos que o rio vem acumulando ao longo da série de 10 anos de dados.

O IQA apresentou qualidade, em média, “boa” nos pontos amostrais durante os diferentes períodos do ano, contudo as melhores condições de qualidade ocorreram no período seco, com médias de 65, e, nos períodos de transições este índice sofreu influências significativas negativas das variáveis fósforo, coliformes fecais e turbidez, devido aos usos do solo no entorno do rio.

Os pontos P1 e P5 apresentaram comportamentos de qualidades opostos, em que o primeiro ponto mostrou condições ótimas de qualidade, devido 60% de sua área ser representada pela classe de vegetação primária, enquanto o último ponto apresentou condições regulares de qualidade, devido a presença de 30% de área urbana, com carência de saneamento básico e zoneamento municipal, observado pelo avanço da urbanização de áreas ripárias, que é o caso em que a qualidade da água se agrava nos pontos P3 e P4.

O presente estudo alerta para um panorama futuro em relação aos impactos da urbanização sobre qualidade hídrica, pois se não houver ações dos órgãos responsáveis e população, a contínua expansão populacional sem um sistema de tratamento de esgoto em áreas já fragilizadas comprometerá a resiliência do rio, o que poderá resultar, em longo prazo, na inviabilização do uso desse trecho do rio Urupá como ponto de captação para abastecimento urbano.

Ainda, tais dados podem servir de subsídio para a tomada de decisões relativas à gestão da bacia, visando ações conjuntas entre os diferentes usuários para viabilizar níveis aceitáveis de qualidade do manancial, por meio de ações como medidas de reflorestamentos em áreas ripárias e conscientização ambiental da população.

## Referências bibliográficas

- ANA, Agência Nacional de Águas (2016) *Portal da Qualidade das Águas*: Indicadores de qualidade. Acesso em: 26 jun. 2016, disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/>.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1988) *NBR 10559: Águas – Determinação de Oxigênio Dissolvido, Método Iodométrico de Winkler e suas modificações*. Rio de Janeiro, 1988, 11 pp.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992) *NBR 12.614: Águas – Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – Método de Incubação (20°C, cinco dias)*. Rio de Janeiro, 1992, 5 pp.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992) *NBR 10664: Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico*. Rio de Janeiro, 1989, 7 pp.

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *NBR 12.772: Água - Determinação de fósforo*. Rio de Janeiro, 1992, 9 pp.
- APHA, American Public Health Association, AWWA, America Water Work Association, WEF, (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21 ed., Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., Greenberg, A. E., Franson, M. A H, Washington, 325 pp.
- Arruda, J. L. de. (2016) *Avaliação da Qualidade de água do Rio Cuiabá no perímetro urbano da capital matogrossense*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 72 pp.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente (2005) *Resolução n°357 de 17 de março de 2005*, Diário Oficial da União, 18 de março de 2005, Brasília, 58-63.
- Coutinho, L.M., Zanetti, S.S., Cecílio, R.A., Garcia, G.O., Xavier, A.C. (2013) Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. *Floresta e Ambiente*, **20**(4), 425-434.
- Faria, D. A. (2012) *Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá, SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa Interunidades, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 119 pp.
- Furlan, D. N. (2013) *Efeito da mudança do uso e cobertura do solo nos balanços hídrico e energético da bacia do rio Ji-Paraná (RO) utilizando dados multitemporais de sensoriamento remoto*, Tese (Doutorado em Ciências Química na Agricultura e no Ambiente), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 150 pp.
- Guimarães, T. M. H. (2018) *Interferência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em bacia hidrográfica com disponibilidade hídrica crítica*, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 79 pp.
- Gutierrez, C.B.B., Ribeiro, M.C., Morales, G.P., Gutierrez, D.M.G., Santos, L.S. dos, Paula, M.T. de. (2017) Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **10**(2), 521–534.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) Cidades por Unidades Federativas – Estimativas 2016. Acesso em: 15 ago. 2016, disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm).
- NPE, Instituto de Pesquisas Espaciais (2016) Catálogo de imagens. Acesso em: 15 abr. 2016, disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo>
- Lima, A.M.M. de, Pimentel, M.A. da S., Rocha, E.J.P. da, Souza, L.F.P. de, Tamasauskas, P.F.L.F. (2016) Métodos de avaliação da influência das áreas ripárias na sustentabilidade hidrológica em bacias hidrográficas no Nordeste no estado do Pará. *Revista Caderno de Geografia*, **26**(45), 172-186. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p172>
- Lollo, J. A. de. (2016) A Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água. In Américo-Pinheiro, J. H. P., Mirante, M. H. P., Benini, S. M. (Eds.), *Gestão e Qualidade dos Recursos Hídricos Conceitos e Experiências em Bacias Hidrográficas*, ANAP, Tupã, 20-39.
- Marmontel, C. V. F.; Rodrigues, V. A. (2015) Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Revista Floresta e Ambiente*, **22**(2), 171-181.
- Medeiros, R.B., Pinto, A.L., Miguel, A.E.S. (2013) Implicações da vulnerabilidade ambiental na qualidade das águas superficiais da Bacia do Córrego das Antas, *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Tupi Paulista, São Paulo.
- Mesquita, F. N., Silvestre, K. S., Steinke, V. A. (2017) Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **10** (3), 722-734. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170047>

- Nascimento, T. V., Lindemberg, L. M. (2017) Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Ciência e Natura*, **39**(1), 170-177. <https://doi.org/10.5902/2179460X21737>
- Paulino, M. B. (2014) *Diagnóstico da relação entre o uso do solo e a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, Novo Hamburgo, RS, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Pereira, I. da S. (2014) *Índices de qualidade da água para consumo humano: modelagem e influência do uso e ocupação do solo*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 104 pp.
- Pereira, E. S. (2019) *Uso e ocupação do solo e a qualidade da água na bacia do rio Urupá, Rondônia*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici, 76 pp.
- Pinto, T. J. da S. (2015) *Fluxo evasivo de CO2 na interface água/atmosfera do rio Ji-paraná – RO*, Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-paraná, 70 pp.
- Pinz, G., Strauch, M. (2017) Proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Gestão das Águas. In Strauch M., Berwing J. A. (Eds.), *Gestão das Bacias Hidrográficas Bases Legais*, Perse, São Paulo, 205-231.
- Santos, J. (2013) *Processamento Digital – geotecnologias e software livre*. Rescale em Batch, composição colorida RGB e fusão de imagens Landsat 8, agosto de 2013. Acesso em: 29 out. 2016, disponível em: [http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2013/08/20130820\\_ArcGIS10\\_Rescale\\_RGB\\_Composite\\_PanSharpening.pdf](http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2013/08/20130820_ArcGIS10_Rescale_RGB_Composite_PanSharpening.pdf).
- Santos, A.L.C., Santos, F. (2010) Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, Sergipe. *Revista Saber Acadêmico*, **10**, 57-67.
- Saito, E. A. (2011) *Caracterização de trajetórias de padrões de ocupação humana na Amazônia Legal por meio de mineração de dados*, Tese (Doutorado em Geofísica Espacial), Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 132 pp.
- SEDAM, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (2012) Boletim Climatológico de Rondônia. Acesso em 14 set. 2016, disponível em: [http://www.sedam.ro.gov.br/images//2016/abril/coordenadorias/cogeo/boletins\\_anuais/BOLETIM\\_CLIMATOLOGICO\\_2010.pdf](http://www.sedam.ro.gov.br/images//2016/abril/coordenadorias/cogeo/boletins_anuais/BOLETIM_CLIMATOLOGICO_2010.pdf).
- Von Sperling, M. (2001) Coliformes E pH-médias aritméticas, médias geométricas e medianas, *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21ª Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, João Pessoa, Paraíba.