

Determinação do índice de qualidade da água do Ribeirão Paraíso no município de Jataí/Goiás

Determination of the water quality index of Ribeirão Paraíso in the municipality of Jataí/Goiás

Daiane Ferreira Batista
Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí
daiane-fb@hotmail.com

João Batista Pereira Cabral
Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí
jbcabral2000@yahoo.com.br

Resumo

Esta pesquisa consistiu na avaliação da qualidade das águas do Ribeirão Paraíso a partir do índice de qualidade da água do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IQA-IGAM) em escala espacial e temporal. Os procedimentos metodológicos utilizados foram: revisão bibliográfica sobre a temática, determinação do IQA-IGAM e sistematização dos dados. Os parâmetros avaliados foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), coliformes termotolerantes (CT), oxigênio dissolvido (OD), variação da temperatura (Temp), nitrogênio amoniacal (Na), resíduos totais (RT), turbidez da água (Turb) e potencial hidrogeniônico (pH). Os resultados foram analisados frente aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA de nº 357/2005 e agrupados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA). Quatro variáveis influenciaram negativamente na variação do índice: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica do oxigênio, fósforo total e coliformes termotolerantes. Em termos gerais o IQA determinado para o Ribeirão Paraíso foi de 72,27 o que o enquadra na categoria de boa qualidade das águas.

Palavras-chave: Qualidade de Água. Bacia Hidrográfica. Enquadramento.

Abstract

This research had as an objective evaluating the quality of the water of Ribeirão Paraíso from the water quality index from Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IQA-IGAM) in spatial and time scales. The methodological procedures were: literature review concerning the theme, IQA-IGAM determination and data systematization. The evaluated parameters were: biochemical oxygen demand (OBD), total phosphorus (TP), thermotolerant coliforms (TC), dissolved oxygen (DO), temperature variation (Temp), ammonia nitrogen (An), total residue (TR), water turbidity (Turb) and hydrogenionic potential (pH). The results were analyzed according to established patterns by CONAMA resolution number 357/2005 and gathered to calculate the Water Quality Index (WQI). Four variables negatively influenced the index's variation: dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total phosphorus and thermotolerant coliforms. On the whole the

determined WQI for Ribeirão Paraíso was of 72.27 which fits it into the good quality of water category.

Key words: Water quality. Hydrographic basin. Framework.

Introdução

A intensidade das atividades agropecuárias de modo geral vem causando preocupações aos órgãos responsáveis a proteção, conservação e manejo das bacias hidrográficas. Os estudos voltados aos impactos ambientais em bacias hidrográficas estão presentes nos debates governamentais de todo o mundo, para reforçar o que se prega nas gestões dos recursos hídricos pela efetivação das legislações.

A partir dos anos 1990, com as confederações nacionais e internacionais voltadas aos impactos ambientais, o Brasil equacionou medidas objetivas buscando resolver os problemas relacionados à crise da qualidade e disponibilidade da água (WMO, 1992).

As bacias hidrográficas são consideradas um sistema hierarquicamente organizado, ao possuir qualquer alteração em sua estrutura como o uso das terras, ou mesmo o clima, provocam distúrbios significativos ao ecossistema envolvido (ALVES et al., 2014). Um dos elementos que sofre com tais alterações é água, que sem dúvidas, é um dos fatores essenciais para a vida no planeta; sua disponibilidade e boa qualidade são necessárias para que haja o desenvolvimento e bem-estar das nações (TUNDISI, 2005).

Hoje é notório que a qualidade das águas é alterada de diversas formas e com intensidade elevada, como pelas indústrias, agricultura, redes de esgoto, entre outros. Por estas afirmações, tem-se a importância e necessidade da preservação ambiental, visto que a água é o recurso natural mais importante para sobrevivência das espécies, e hoje, apresenta-se ameaçado (REBOUÇAS et al. 2002; ANA, 2005).

Com a finalidade de exercer o proposto estabelecido pelas legislações ligadas exclusivamente aos recursos hídricos brasileiros, como o Código das Águas (Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934), a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20, de 1986, que foi substituída pela Resolução CONAMA nº 357, de 2005, e a Lei das Águas (Lei nº 9.433/97), (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003), os estudos relacionados ao índice de qualidade das águas passaram a ser utilizados constantemente em programas de monitoramento dos corpos hídricos, buscando descrever as características de sua deterioração em função do tempo.

Desta forma, para o uso consciente das bacias hidrográficas, é necessário ter-se uma gestão adequada, de forma que, ao utilizar seus benefícios, os danos ocasionados tornem-se mínimos, fazendo com que o conhecimento diante das técnicas de manejo sobre estes recursos naturais seja utilizado para prever sua contaminação e eutrofização dos mananciais (TUCCI, 2005; TERNOS, 2011).

Uma destas alterações no meio natural é a geração de resíduos com cargas poluentes que atingem os sistemas hídricos e modificam a qualidade destas águas (WRUBLACK et al., 2013). A concentração de contaminantes está relacionada a locais que contêm descargas de efluentes domésticos, industriais, urbanos e o retorno de terras agropecuárias pelas produções das fazendas e atividades de lazer (GUZMÁN-COLIS et al., 2011).

Com isso, a presente pesquisa visou conhecer as principais características da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso que se localiza no município de Jataí-GO. A avaliação da qualidade das águas foi relacionada com os principais elementos constituídos na bacia, no qual, apresentaram causar alterações físico-químicas e biológicas das águas. Tal procedimento tornou-se de fundamental importância, visto que as águas do ribeirão desaguam no rio Claro, que é um grande abastecedor público para os municípios da região (SCOPEL et al., 2002). Atualmente, a bacia tem como principal uso e ocupação das terras voltadas a atividades agropecuárias, que oferecem quantidades significativas de resíduos sólidos e contaminantes ao manancial.

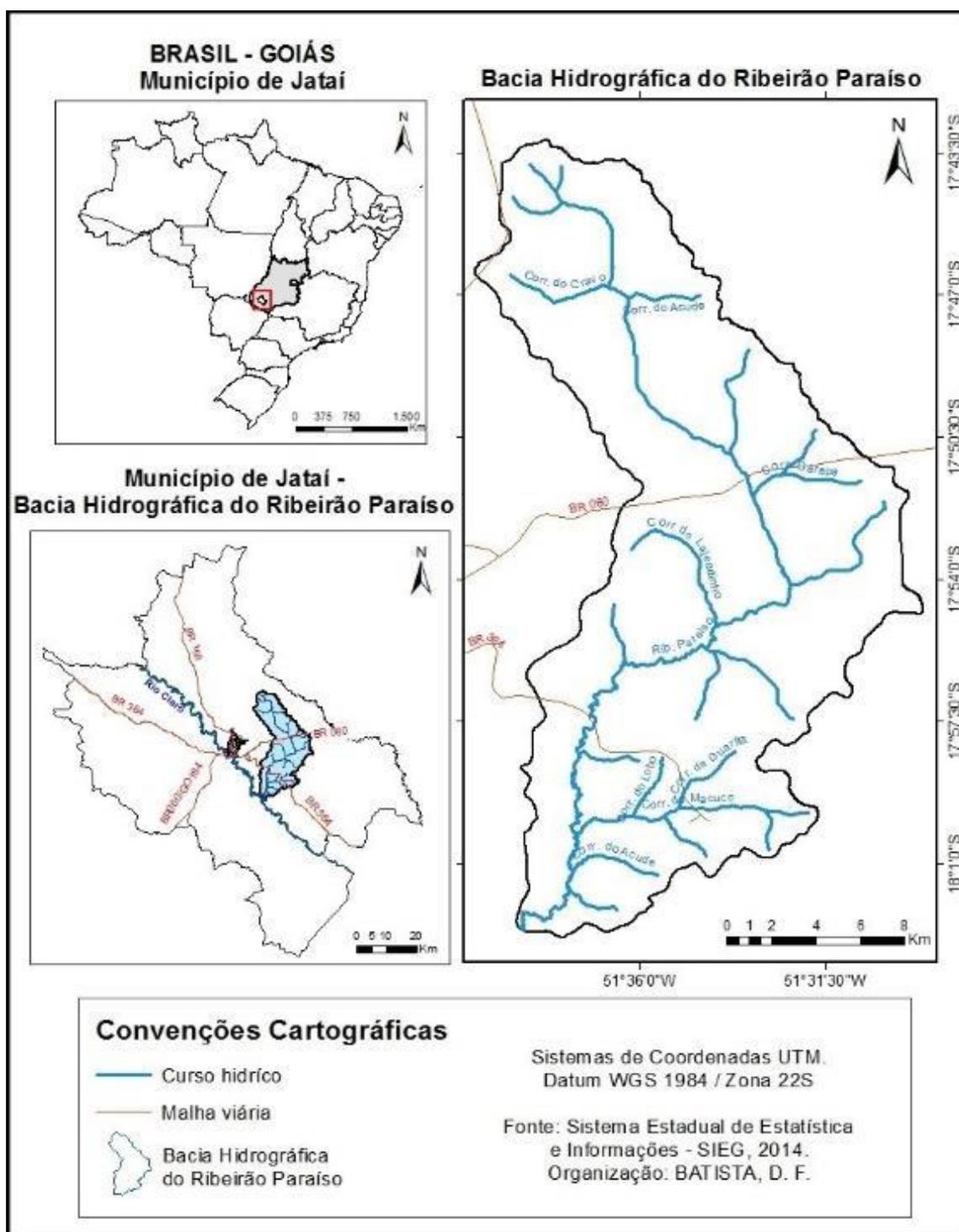
De tal modo, com o objetivo de elencar mecanismos de acompanhamento dos índices de qualidade das águas, os órgãos ambientais estabelecem indicadores físicos, químicos e microbiológicos, que, ao serem avaliados em conjunto, permitem visualizar o nível de contaminação e determinar a qualidade dos corpos hídricos, pela identificação dos principais responsáveis pelos impactos degradantes (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). Caso os valores encontrados pelas análises superem os estabelecidos, os mesmos indicam problemas quanto à sua qualidade (BOTELHO, 2012). Neste contexto, estão disponibilizados modelos e métodos para identificar se a água é viável ou não ao abastecimento público e se é necessário tratamento.

Portanto, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a qualidade das águas e realizar o enquadramento do corpo hídrico. Para esta pesquisa foi utilizado a classificação das águas doces para ambientes lóticos da Resolução CONAMA n° 357 do ano de 2005, e aplicado o Índice de Qualidade das Águas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IQA IGAM). Os

mesmos foram analisados em onze locais determinados ao decorrer do ribeirão, com o intuito de abranger a maior quantidade de informações da bacia.

Área de estudo

A localização da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso se dá entre as coordenadas 17°43'3" S a 18°3'41" S e 51°28'26" W a 51°41'17" W (mapa 1). Sua área de 361,7 km² pertencentes ao município de Jataí, no sudoeste do estado de Goiás. Suas águas fazem parte dos formadores do rio Claro, que é afluente do rio Paranaíba, ambos pertencentes a Bacia hidrográfica do rio Paraná.



Mapa 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Paraíso.

Descrição fisiográfica da área de estudo

A tabela 1 possui as informações fisiográficas da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso. Tais informações auxiliam na compreensão dos resultados do índice de qualidade das águas.

Tabela 1: Dados fisiográficos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso – GO.

Substrato geológico	Composto por: Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, (depositadas no Cretáceo Superior); seguido de cobertura Arenosa Indiferenciada, resultante do retrabalhamento de sedimentos arenosos do Pleistoceno; e pelos basaltos da Formação Serra Geral (Cretáceo Inferior).
O Substrato Geomofológico	Contendo: Unidade básica de Superfície Regional de Aplainamento II B, seguida da Superfície Regional de Aplainamento III B (SRA II B e SRA III B)
A declividade	Varia de 3 a 45%, com presença de relevo plano (23%), ondulado (68%) e forte ondulado (1%).
A pedologia	Tem-se: ao norte Cambissolo húmico, com maior porcentagem no centro da bacia encontra-se latossolo vermelho distrófico e latossolo vermelho distroférico ao sul.
O uso e ocupação das terras	Com maior área de culturas anuais sendo 47,17% da área em km ² , seguido de vegetação com 28,37%, 19,34% pela classe de solo exposto e 4,83% de pastagem
A hipsometria	As menores altitudes são próximo do exutório com 560m e as maiores altitudes nas nascentes com aproximadamente 920m.

Os dados climáticos para o ano da pesquisa referiram-se a um período atípico, que possuiu índices pluviométricos baixo e acima da média histórica (INMET, 2015). Como pode ser observado no gráfico 1, o mês de agosto não possuiu soma de precipitação (0,0mm) referente aos sete dias antecedentes a coleta das amostras, e a temperatura alcançou média de 22° C; em novembro a soma foi de 38,7mm e média de temperatura com 26°C; no mês de fevereiro constatou 27mm de chuva e 25° C de temperatura média; e maio apresentou 57,8mm com temperatura média de 21°C; todos os dados são referentes aos sete dias antecedentes a coleta das amostras.

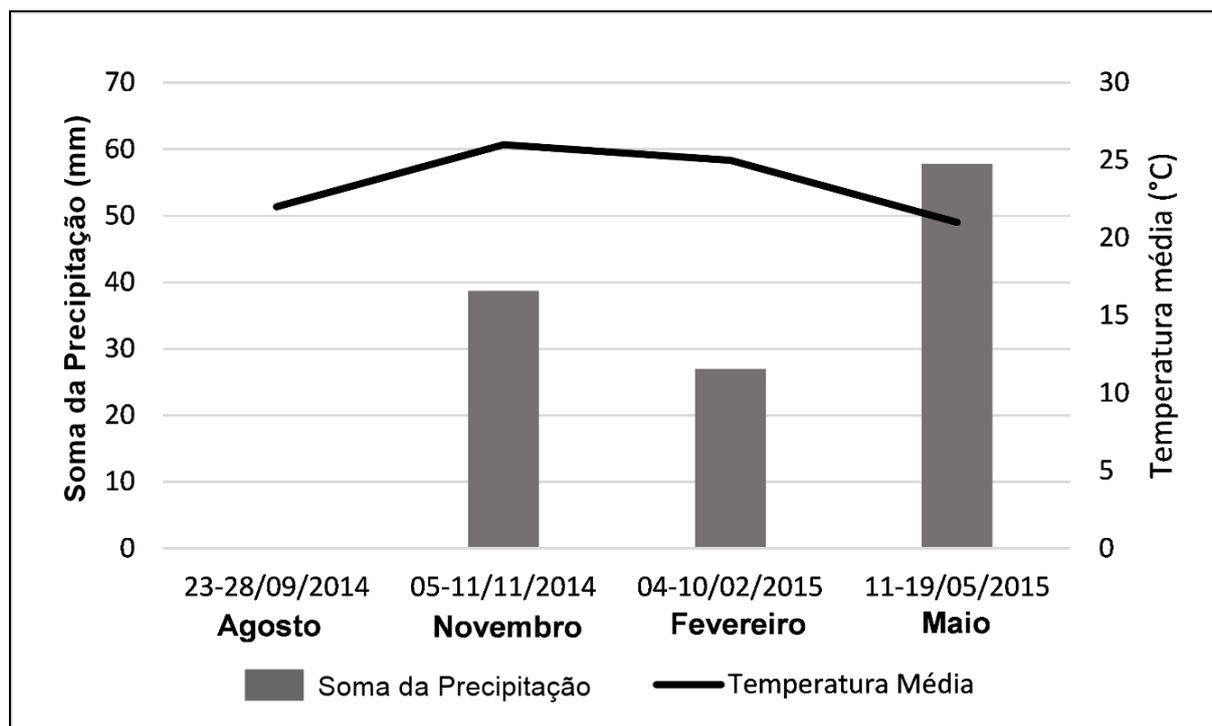


Gráfico 1. Soma da precipitação e temperatura média dos sete dias antecedentes a cada campanha realizada no Ribeirão Paraíso. Fonte: INMET, 2015.

Procedimentos metodológicos

A definição dos pontos de amostragem se deram de modo a abranger a maior quantidade de informações da bacia, considerando que o uso e ocupação das terras são indicadores de possíveis poluentes ao ribeirão. Por isso, foi selecionado 11 pontos de coleta o decorrer do ribeirão, e realizado quatro campanhas durante o período de um ano, sendo nos meses de agosto e novembro 2014, fevereiro e maio de 2015.

As análises dos parâmetros foram determinadas pelas seguintes metodologias:

- Oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH: Sonda Multiparâmetros OAKTON PCD 650.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio: método de Winkler modificado (APHA 1995).
- Nitrogênio amoniacal: persulfato-Brucina, por meio do bloco gestor, APHA (1995).
- Turbidez da água: turbidimeter-HI83414.
- Fósforo total: fotoclórímetro AT100 PB, APHA (1995)
- Coliformes Termotolerantes: técnica da Membrana Filtrante, disponibilizado pela CETESB (2015).
- Resíduos Totais: Wetzel e Likens (1991).

Para o enquadramento do corpo hídrico, foi utilizado os limites descrito pela Resolução CONAMA n° 3570/2005, que indica os valores de máximo e mínimo de cada

parâmetro, sua classe de qualidade (tabela 2) e o tratamento necessário para cada destino de uso (tabela 3).

Tabela 2. Enquadramento do corpo hídrico de acordo com Resolução CONAMA de nº 357/2005.

Parâmetros	Valor Máximo Classe 1	Valor Máximo Classe 2	Valor Máximo Classe 3	Valor Máximo Classe 4
OD	Não inferior a 6 mg l	Não inferior a 5 mg l	Não inferior a 4 mg l	Não inferior a 2 mg l
DBO	3 mg l	5 mg l	10 mg l	-
PH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão
Resíduos Totais	500 mg l	500 mg l	500 mg l	-
Turbidez	Até 40 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT
Nitrogênio	3,7 mg l	3,7 mg l	13,3 mg l	>13,3 mg l
Fósforo	0,1 mg l	-	0,15 mg l	-
Coliformes Termotolerantes	200 NMP(100 mL) ⁻¹	1000 NMP(100 mL) ⁻¹	4000 NMP(100 mL) ⁻¹	>4000NMP(100 mL) ⁻¹

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/05, adaptado por BATISTA (2016).

Tabela 3 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, estabelecida pela Resolução CONAMA de nº 357/2005.

Art. 4º, da Resolução CONAMA 357/2005			
CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e, e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e, e) à aquicultura e à atividade de pesca.	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e) à dessedentação de animais.	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/05, adaptado por BATISTA (20146).

A classificação final da qualidade das águas do ribeirão Paraíso, foi realizada por meio da aplicação do IQA interpretado pelo IGAM. Seu cálculo corresponde a seguinte equação:

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

IQA: Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

Qi: qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

Wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

O resultado final do cálculo pode variar de 0 a 100 (tabela 4).

Tabela 4. Classificação do IQA-IGAM (2015).

Interpretação IGAM	
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Os valores das análises de cada parâmetro obtidos nas quatro campanhas realizadas, foram reunidos e calculados em planilhas eletrônicas para avaliação espacial e temporal das informações.

Resultados e discussão

Os parâmetros quando analisados separadamente e comparados com os valores exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005, apresentaram resultados fora da classe 1 de águas doces em ambientes lóticos, proporcionando a variância do cálculo final do IQA para ribeirão Paraíso.

Nesta pesquisa, quatro parâmetros não corresponderam aos padrões da resolução vigente. A tabela 5 apresenta destacados em vermelho os valores dos parâmetros que não se enquadraram na classe 1 do CONAMA (357/2005) e seus determinados pontos de coleta.

Tabela 5. Resultados dos parâmetros que sobressairam ao estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005. *CT (coliformes termotolerantes), pH (potencial hidrogeniônico), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), PT (fósforo total).

Pontos	1º Campanha		2º Campanha		3º Campanha			4º Campanha	
	pH	CT (NMP)	PT (mg/L)	pH	CT (NMP)	pH	CT (NMP)	DBO (mg/L)	PT (mg/L)
1	5,93	0	0,06	5,62	130,00	5,06	121,00	2,00	0,12
2	6,36	160	0,03	5,99	80,00	5,56	231,00	3,10	0,13
3	6,83	320	0,12	6,32	510,00	6,26	187,00	5,30	0,00
4	6,82	640	0,44	6,44	316,00	6,15	215,00	2,60	0,03
5	6,67	6.073	0,33	6,45	50,00	6,12	231,00	4,10	0,00
6	6,79	960	0,45	6,16	20,00	6,08	242,00	3,60	0,00
7	6,81	1.041	0,85	6,70	18,00	6,44	198,00	7,80	0,00
8	6,94	1.760	0,51	6,95	30,00	6,45	198,00	8,80	0,00
9	7,16	800	0,73	6,86	70,00	6,69	209,00	2,00	0,00
10	7,07	2.160	0,39	6,52	200,00	6,54	286,00	4,00	0,00
11	7,14	880	0,47	7,12	396,00	6,63	264,00	1,30	0,00

Na primeira campanha, dois parâmetros indicaram problemas na qualidade das águas, sendo eles:

- pH: dos pontos 1 e 2, por apresentar valores abaixo do permitido pela resolução,
- Coliformes termotolerantes: com mais de 50% dos pontos de coleta comprometidos, por pertencerem a classe 2,
- Demanda bioquímica de oxigênio: dos pontos 2, 3, 5, 6, 7, 8, e 10 tiveram valores acima de 3mg/L, se enquadrando na classe 2 e 3,
- Fósforo total: com os pontos 1 e 2 pertencentes a classe 3-4 da resolução vigente.

A última campanha foi a que obteve a maior quantidade de parâmetros na classe 1 do COMANA (357/2005), sendo que apenas um parâmetro indicou alteração na qualidade das águas, que foi- Fósforo total: semelhante a 2^o campanha, apenas os pontos 1 e 2 pertenceram a classe 1, os demais foram da classe 3-4.

Tais resultados, estão diretamente relacionados com os fatores fisiográficos da bacia hidrográfica, como, o uso e ocupação das terras, geologia, pedologia e outros. O volume pluviométrico de cada estação auxilia na lixiviação dos solos até o ribeirão, este que, quando possuem nutrientes provindos dos agroquímicos utilizados nas lavouras e/ou produção leiteira, proporcionam alterações nos resultados de determinados parâmetros.

Os menores valores de pH foram nos pontos 1 e 2, sendo possível verificar que houve uma pequena diminuição em relação aos meses de agosto para novembro e fevereiro; já na última campanha (maio), o valor do pH foi superior aos demais meses, mas o mínimo encontrado nesta campanha também pertence ao ponto 1, que não sobressaiu aos padrões exigidos. Os dois primeiros pontos encontram-se nas nascentes da bacia hidrográfica, a vazão do curso da água é fraca e ocorre a presença de vegetação em decomposição, fator que pode interferir nos valores de pH.

A Geologia local é composta por coberturas arenosas indiferenciadas, e sua ordem pedológica é revestida por latossolo, exercendo influência nos valores de pH tornando a água levemente ácida. Semelhante a presente pesquisa, Demin (2013) diz que ao analisar a qualidade da água na província de Catamarca-Argentina, os valores de pH alcançaram a mesma variação, no qual obteve a mesma justificativa.

As três primeiras campanhas apresentaram valores de coliformes termotolerantes em desacordo com os valores vigente para classe 1. O mês agosto obteve os maiores valores, seguido do mês de fevereiro e depois maio. Este decréscimo sequencial entre as campanhas justifica-se pelo fato das coletas terem ocorrido em períodos diferentes, sendo que, na primeira campanha, a estação predominante é o inverno, com nenhuma presença de precipitação; a segunda, terceira e quarta campanhas corresponderam, respectivamente, às estações primavera, verão e outono, contando com a presença de índices pluviométricos.

Com o aumento da precipitação, as taxas de lixiviação do solo das pastagens e das lavouras ao ribeirão aumentaram consideravelmente, resultando em transporte de material, contaminando à água, processo observado pelos resultados encontrados nas campanhas de novembro, fevereiro e maio. No mês de agosto, em algumas áreas, ocorria a colheita das lavouras, contando com a presença de gado no processo de consórcio lavoura-pecuária, podendo aumentar o teor de coliformes termotolerantes neste período, pelo acesso destes animais ao corpo hídrico (figura 1).



Figura 1: Corredor de acesso do gado até o ribeirão.

Nas campanhas de novembro e fevereiro, a tendência de uso e ocupação das terras na maior parte da bacia era o plantio da nova safra e ativação do processo de secagem da

produção para colheita, que resulta no recolhimento de gado próximo ao ribeirão. O mês de maio representava o terço final da safra na maioria das lavouras, e continuava sem a presença de rebanhos próximos ao corpo hídrico, exceto nos pontos de coleta que contêm pastagem e criação de gado como atividade prioritária do uso e ocupação das terras. Estes fatores propiciaram resultados inversos aos teores encontrados na primeira campanha para coliformes termotolerantes.

O parâmetro fósforo total apresentou desconformidades a resolução vigente na 2^o, 3^o e 4^o campanha, os valores encontrados estão relacionados com o período de plantio adubação do solo das lavouras próximas ao corpo hídrico (figura 2). Estas atividades, juntamente com o elevado índice pluviométrico do mês de novembro, acarretaram maior quantidade de dejetos transportados ao ribeirão, proporcionando valores elevados na concentração de fósforo nas águas. Entretanto, o mês de fevereiro foi período de colheita, em que não ocorreu a utilização de produtos para adubação, correção do solo ou crescimentos das lavouras, obtendo-se, com isso, menor contaminação das águas pelo transporte de material ao corpo hídrico.



Figura 2: Lavoura de milha próxima ao ribeirão Paraíso.

A quarta campanha, também apresentou valores elevados de fósforo total, resultados que podem ser explicados por corresponder ao período de adição de insumos agrícolas nas lavouras para secagem da safrinha, como também, o elevado índice pluviométrico. Santos et al. (2014) afirmam que, o fósforo total também contém altos teores em águas de reservatórios de regiões áridas e semiáridas, como é o caso do reservatório de Orós, no estado do Ceará,

principalmente na estação chuvosa, na qual se atingiram os valores mais elevados. Comparando com os valores encontrados no ribeirão Paraíso, os teores mais elevados de fósforo também se deram na estação chuvosa.

Apenas na terceira campanha os valores de DBO estiveram fora da classe 1 do CONAMA (357/2005). Mais de 50% dos pontos enquadram nas classes 2 e 3 da resolução, este resultado está ligado a precipitação dos sete dias antecedentes às coletas, que atingiu 27 mm (gráfico 1), facilitando o transporte de matéria orgânica, nutrientes, resíduos sólidos entre outros efluentes ao ribeirão. Na pesquisa de Pontes, Marques e Marques (2012), os valores de DBO na bacia de Bom Jesus, em Belo Horizonte, ficaram em média 5 mg/L, tendo aumento significativo na estação chuvosa, dados que, comparados a esta campanha (mês de fevereiro) da presente pesquisa, assemelham-se bastante.

Após a análise de cada parâmetro nas 4 campanhas, foi possível realizar o cálculo do IQA IGAM. Os valores de mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação, estão expostos na tabela 6.

Tabela 6. Resultados estatístico do IQA.

Estatística Descritiva	Agosto	Novembro	Fevereiro	Mai
Mínimo	65,00	67,00	66,00	65,00
Máximo	89,00	75,00	76,00	79,00
Média	73,55	70,73	72,55	72,27
Desvio Padrão	5,66	2,30	3,31	3,93
Coeficiente de Variação %	7,70%	3,25%	4,57%	5,43%
Média final do corpo hídrico	72,27			

De modo geral, nota-se que na primeira e última campanha os valores mínimos do IQA foram iguais com o valor de 65, seguidos de fevereiro com 66 e logo novembro com 67. Já, o melhor resultado de IQA foi encontrado do mês de agosto com 89, seguindo de 79 no mês de maio, 76 na campanha de fevereiro e 75 em novembro.

O que se pode afirmar, é que a precipitação do mês de agosto e maio foram opostas, característica que contribuiu para que estes meses possuíssem a menor e maior qualidade das águas. Pouca precipitação diminui o processo de diluição dos nutrientes na água e muita precipitação proporciona maior transporte de sedimentos ao ribeirão, ambos alterando a qualidade das águas. Tais parâmetros físico-químicos e microbiológicos podem ter variações

em seus teores diante das mudanças sazonais e estratificações térmicas relacionadas aos aspectos físicos e climáticos de cada ambiente (TRACANNA et al., 2014).

Os valores de mínimo e máximo do IQA nesta pesquisa variaram devido as estações correspondentes a cada mês de coleta, como também, ao uso e ocupação das terras da bacia em cada ponto amostral. Nesta mesma perspectiva, Marques et al. (2012) afirmou que ao analisar o IQA na bacia hidrográfica do rio das Antas (RS), os resultados estiveram totalmente relacionados com as atividades produtivas na bacia, por influenciar diretamente na elevação de nutrientes e resíduos ao corpo hídrico, o mesmo que presenciado nesta pesquisa.

O valor mais elevado do IQA na primeira campanha foi proporcionado pela maior homogeneidade dos resultados dos parâmetros em grande parte dos pontos amostrais. Já, o menor valor do IQA constituiu-se por apresentar valores de coliformes termotolerantes na classe 4 (pontos 5, 7, 8 e 10) da resolução vigente, pH (ponto 1) fora do padrão permitido pela resolução.

A segunda e terceira campanha obtiveram respectivamente o mínimo de 67 e 66 e máximo de 75 e 76 de IQA, valores estes, considerados próximos. Os resultados nas análises dos parâmetros descritos na tabela 3, garantiram as oscilações no cálculo do IQA, devido os valores de fósforo total, coliformes termotolerantes, DBO e pH não pertencerem a classe 1 do CONAMA (357/2005).

O valor de fósforo total na classe 3-4 encontrado em quase todos os pontos na última campanha foi o responsável pelo valor mínimo de 65 do IQA, já o valor máximo de 79 se deu, devido o resultado dos demais parâmetros pertencerem a classe 1 da resolução vigente.

Pela média apresentada na tabela 4, é possível afirmar que as quatro campanhas se classificam como tendo águas de boa qualidade pela interpretação do IQA IGAM (tabela 3). A variância encontrada esteve relacionada às características de cada estação do ano e a predominância do uso e ocupação das terras em cada campanha.

Segundo Santos (2007) quando os valores do desvio padrão são iguais a 0, indicam que não há variabilidade entre os resultados e pontos amostrais, sendo que todos os valores são iguais à média, mas, quando os valores do DP forem $>$ que 0, indicam que há variabilidade em função da média. Deste modo, nota-se que todas as quatro campanhas apresentaram DP alto, diante da oscilação de valores encontrados entre os pontos de amostragem em todas as campanhas. Tais resultados são correspondentes as características climáticas e de uso e ocupação das terras da bacia.

Filho Cargnelutti e Storck (2007) afirmam que o CV consiste em estimar o erro experimental relacionado à média geral do ensaio. Assim, quanto menor a estimativa do CV maior será a precisão do experimento, e quanto maior a precisão, maior a qualidade experimental. Para a interpretação dos valores encontrados, foram estabelecidos padrões de interpretação, sendo que o CV até 10 % é baixo e consiste em alta precisão dos resultados. Para as quatro campanhas do IQA foram obtidos valores de CV abaixo de 10% afirmando a precisão dos dados.

Foi possível perceber que, locais com a presença de plantações próximas ao corpo hídrico apresentaram maiores elevações nos teores de alguns parâmetros na água. A lixiviação do solo e o transporte fluvial, contribuem para o carreamento de produtos agroquímicos e resíduos sólidos ao ribeirão, gerando alteração o índice de qualidades das águas. Como na presente pesquisa, Moretto et al. (2012) e Bertossi et al. (2013) afirmam que o parâmetro que mais influenciou no cálculo do IQA foi o fósforo total. Este parâmetro é facilmente relacionado aos produtos utilizados nas lavouras e na pecuária.

A média final do IQA para o ribeirão Paraíso, consistiu que em um ano de pesquisa suas águas puderam ser consideradas de boa qualidade segunda a interpretação do IQA IGAM, por apresentar o valor de 72,27. Em pesquisas realizadas pelo IGAM (2014), os corpos de água que apresentaram as melhores condições de qualidade no Estado de Minas Gerais em 2013 tiveram média do IQA entre 73,3 e 80,8, valores que corresponderam a mesma classificação final da presente pesquisa com IQA considerado Bom.

O recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 é que estas águas, antes de serem utilização para abastecimento antrópico, passem por tratamento específico (tabela 3), pois, ao analisar separadamente os parâmetros físicos, químicos e microbiológico nota-se que em alguns pontos amostrais os resultados foram elevados, fator que indica qualidade afetada das águas.

Conclusão

Os resultados da aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) interpretados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), foram satisfatórios aos objetivos almejados na presente pesquisa.

Diante dos valores estipulados pela Resolução CONAMA 357/2005, apenas quatro parâmetros sobressaíram do máximo permitido pela classe 1 dos ambientes lóticos com águas

doces, sendo eles: coliformes termotolerantes, pH, fósforo total e DBO. Os fatores responsáveis por estas alterações estão relacionados ao uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica, geologia, geomorfologia, e a variação pluviométrica em cada campanha avaliada.

A média final das quatro campanhas de análise pelo cálculo do IQA IGAM, para as águas do ribeirão Paraíso alcançou valor de 72,27, este que corresponde a águas de boa qualidade. Seu consumo é permitido após tratamento recomendado pela resolução vigente.

Referências

- ALVES, M. T. R.; TERESA, F. B.; NABOUT, J. C. A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. **Acta Limnologia Brasileira**, vol.26, n.3, pp. 245-253. ISSN 2179-975X. [online] 2014.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil. **Cadernos de recursos hídricos. Brasília, DF** - v. 1. 2005.
- APHA; AWWA; WPG. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. American Public Health Association.19ª Ed.-Washington D. C. 1995.
- BERTOSSI, A. P. A. [et al.]. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 1, p.107-117, 2013.
- BOTELHO, R. G. [et al.]. Water quality assessment in piracicamirim creek upstream and downstream a sugar and ethanol industry through toxicity tests with cladocerans. **Braz. arch. biol. technol.** [online], vol.55, n.4, pp. 631-636. ISSN 1516-8913, 2012.
- BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.19, n.2, 2003.
- BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. da. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água** [online]. vol.8, n.1, pp. 186-205. ISSN 1980-993X, 2013.
- CETESB, **Norma Técnica L5.214**. Coliformes totais - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio. SP, Ago. 2015.
- CONAMA. Conselho Nacional do meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**.
- DEMIN, P. E. Caracterización preliminar de localidad del agua enlacuenca superior delrío Del Valle (Catamarca). **Revista de laFacultad de Ciencias Agrarias**. Universidad Nacional de Cuyo [online], vol.45, n.1, pp. 0-0. ISSN 1853-8665, 2013.

IGAM. **Instituto Mineiro de Gestão de Águas**. Projeto Água de Minas – Qualidade das águas superficiais em 2006. Disponível em: <<http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/index.htm>> Acesso em Setembro de 2015.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. --- Belo Horizonte: **Instituto Mineiro de Gestão das Águas**, 2014.

INMET - **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. (Brasil) 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

FILHO CARGNELUTTI, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 17-24, jan. 2007.

GUZMÁN-COLIS, G. [et al.]. Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de Aguascalientes, México. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, vol.27, no.2, p.89-102. ISSN 0188-4999, 2011.

MARQUES, R. F. de P. [et al.]. Impacts of urban solid waste disposal on the quality of surface water in three cities of Minas Gerais – Brazil. **Revista Ciência e Agrotecnologia - Lavras**, v. 36, n. 6, p. 684-692, nov/dez., 2012.

MORETTO, D. L. [et al.]. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Revista Acta Limnológica Brasiliensia**. [online]. vol.24, n.1, pp. 29-42. Epub Aug 16, 2012. ISSN 2179-975X, 2012.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 467 p.; 1985.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação das terras na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo - Contagem. **Revista Ambienten & Água** [online], vol.7, n.3, pp. 183-194. ISSN 1980-993X, 2012.

REBOUÇAS, A. C. [et al.]. **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: Águas Doces no Brasil – capital ecológico, uso e conservação. (Org.). São Paulo, SP. 2 eds. 2002.

SANTOS, C. **Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem**, Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

SANTOS, J. C. N. dos [et al.]. Land use and trophic state dynamics in a tropical semi-arid reservoir. **Revista Ciência Agronômica** [online]. vol.45, n.1, pp. 35-44. ISSN 1806-6690, 2014.

SCOPEL, I. [et al.]. Escoamento superficial da água na microbacia do Córrego do Sapo, em Jataí-GO, como subsídio ao planejamento urbano. **Revista do Departamento de Geografia de Geografia**. Rondonópolis–MT: UFMT, v. 2 n. 2, 2002.

TERNOS, R. Z. [et al.]. Influence of urbanisation on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil. **Revista Acta Limnológica Brasiliensia**. [online], vol.23, n.2, pp. 189-199. ISSN 2179-975X, 2011.

TRACANNA, C. B. [et al.]. Assessment of the physicochemical variables of a subtropical reservoir in the northwest of Argentina. **Revista Acta Limnológica Brasiliensia**. [online]. vol.26, n.4, pp. 367-380. ISSN 2179-975X – 2014.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: **ABRH**; UFRGS, 2005.

TUNDISI, J. G. **Água do Século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: **RIMA** 2ed, 2005.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analysis**. 2ed. New York. Springer Verlag. 1991.

WMO. **The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century**. Dublin, Ireland. 26-31 January 1992.

WRUBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; BOAS, M. A. V. Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, **Brazil. Eng. Agríc.** [online], vol.33, n.5, pp. 1024-1037. ISSN 0100-6916, 2013.

Sobre os autores

Daiane Ferreira Batista

Possui mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí (2016). Graduação em licenciatura em Geografia pela Universidade Estadual de Goiás - Campus Iporá (2014). Atualmente é doutoranda em Geografia na área de organização do espaço nos domínios do Cerrado, pela Universidade Federal de Goiás - Regional de Jataí.

João Batista Pereira Cabral

Possui graduação em Geografia pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Imaculada Conceição (1994). Mestrado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus Rio Claro (2001). Doutorado em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (2006). Pós-Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí, Editor Chefe da revista científica Geoambiente On-line, pesquisador na área de Geociências com ênfase em Geografia Física e Geologia Ambiental, atuando principalmente nas linhas de pesquisa: Recursos Hídricos (Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico); Aspectos Hidroclimáticos; Hidrossedimentologia; Geotecnologias Aplicada ao Estudo de Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos.

Artigo recebido em Março de 2016.
Aceito para publicação em Julho de 2016.