

## **Aplicação de um índice de qualidade de água em dois trechos (urbano e rural) da bacia do córrego Guanandy, Aquidauana – MS**

*Water quality index application in two stretches (urban and rural) of Guanandy stream basin, Aquidauana – MS*

*Adriana de Barros*

Bióloga e Mestre em Geografia pela UFMS/CPAQ, Brasil  
[adriana.barros@ufms.br](mailto:adriana.barros@ufms.br)

*Valter Guimarães*

Doutor em Geografia e Professor Titular da UFMS/CPAQ, Brasil  
[vgeovalter@gmail.com](mailto:vgeovalter@gmail.com)

*Waleska Souza Carvalho Santana*

Doutora em Geografia pela UNESP/Rio Claro, Brasil  
[walesksantana@hotmail.com](mailto:walesksantana@hotmail.com)

### **Resumo**

A interferência do homem é uma das maiores causas de alteração da qualidade da água, portanto, o uso e ocupação do solo têm uma implicação direta na qualidade da água. Desse modo, a aplicação de índices de qualidade de água tem sido uma alternativa para acompanhar as alterações dos parâmetros de uma bacia hidrográfica, sejam elas de origem antrópica ou natural. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e classificar as águas da bacia do córrego Guanandy através da utilização de um índice de qualidade de água (IQA). As coletas de água foram realizadas nos meses de janeiro de 2017 e janeiro de 2018, e os pontos foram escolhidos de acordo com o grau de interferência ambiental das atividades desenvolvidas na bacia, visando estabelecer os efeitos de sua ocorrência no ecossistema, bem como sua inter-relação com a área de entorno. Ao se aplicar o índice de qualidade de água, observou-se que na primeira campanha, a maioria dos pontos tiveram suas águas caracterizadas como “muito ruim”, e na segunda coleta a maioria dos pontos foi agrupada como “ruim”. A aparente melhora na qualidade das águas do córrego no segundo período pode estar relacionada à intensidade das chuvas nesse período, ocasionando o aumento da vazão do curso d’água e a conseqüente diluição da concentração dos nutrientes. As variáveis que mais contribuíram para o baixo IQA nesses períodos foram, principalmente, a elevada contagem de coliformes e a reduzida taxa de oxigênio dissolvido, que são parâmetros ligados diretamente às atividades antrópicas na bacia.

**Palavras-chave:** atividade antrópica; qualidade de água; águas superficiais.

### **Abstract**

Human interference is one of the major causes of water quality alteration, therefore, the use and occupation of the soil has direct implication in water quality. Thus, water quality index application has been an alternative to accompany changes in the parameters of a river basin, whether of anthropic or natural origin. This study aims to characterize and classify the waters of the Guanandy stream basin through the use of water quality index (IQA). Water samples were collected in January 2017 and January 2018, and the spots were chosen according to the degree of environmental interference of the activities that were developed in the basin, aiming to establish the effects of their occurrence on the ecosystem, as well as their relation to the surrounding area. When applying the water quality index,

we observed that in the first moment, most of the samples had their waters marked as "very bad", and in the second, most of the samples as "bad". The apparent improvement in the water quality of the stream in the second period may be related to the intensity of rainfall during this period, increasing watercourse flow and, consequently, diluting nutrient concentration. The variables that mostly contributed to the low IQA in the mentioned periods were, mainly, the high counts of coliforms and the low rate of dissolved oxygen, which are standards directly related to the anthropic activities in the basin.

**Keywords:** anthropic activity; water quality; surface waters.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas urbanas, a má conservação do solo e as reduzidas áreas de matas influenciam diretamente na qualidade e na disponibilidade hídrica, ou seja, as alterações nos diferentes componentes do ambiente, como o relevo, o solo e a cobertura vegetal, podem resultar no comprometimento da qualidade da água e alteração do seu estado de equilíbrio dinâmico. Esta intervenção pode ser maior ou menor em função das características do ambiente ou das atividades desenvolvidas na área.

O aumento e diversificação das fontes de poluição dos corpos hídricos tem tornado o acompanhamento das alterações da qualidade de água dos corpos hídricos imprescindíveis, de maneira a embasar ações de proteção e recuperação ambiental destas áreas. O uso de índices de qualidade de água tem sido uma alternativa para acompanhar as alterações dos parâmetros ao longo de uma bacia hidrográfica ou do tempo, sejam elas de origem antrópica ou natural (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005). Para Siche et al. (2007), o termo "índice" representa a correta interpretação da realidade de um sistema, utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados, podendo servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, além de ser de grande importância para a divulgação de informações, já que ao avaliar a qualidade das águas superficiais deve se empregar métodos de compreensão acessíveis para que a informação possa ser facilmente transmitida aos usuários deste recurso (FERREIRA et al., 2015).

Na década de 1970, a National Sanitation Foundation (NSF) desenvolveu um índice de qualidade de água (IQA<sub>NSF</sub>) para comparar a qualidade dos corpos hídricos e monitorar as alterações temporais ou espaciais na qualidade da água, refletindo a sua contaminação por ações antrópicas (FERREIRA et al., 2015). Daí em diante, a partir dos estudos da NSF, diferentes índices de qualidade de água foram propostos na literatura, cuja premissa básica seria a fácil reprodutibilidade por pesquisadores de todo o país. No Brasil, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utiliza, desde 1975, uma versão adaptada do IQA<sub>NSF</sub>, e atualmente, é o índice de qualidade de água mais utilizado no país (POSSELT; COSTA, 2010).

Na cidade de Aquidauana o processo de urbanização provocou grandes mudanças nos ambientes naturais e parcela representativa da vegetação foi suprimida para dar lugar a construções. Especificamente na bacia do córrego Guanandy, o processo de expansão urbana ocasionou diversas mudanças na bacia, principalmente em virtude da retirada da vegetação para construções de residências, impermeabilização do solo e lançamento de esgoto e dejetos lançados diretamente no canal do córrego, interferindo em sua dinâmica. Além disso, parte da população inserida na microbacia encontra-se em condições pouco favoráveis, pois há deficiência quanto à rede de esgoto, galeria de águas pluviais, condições de saúde e moradia precárias. Dessa forma, a ocupação desordenada, a precária infraestrutura urbana que não atende à pressão demográfica da área e a ausência de um programa de saneamento ambiental eficiente são apontados como as causas diretas da degradação desta microbacia. Assim, este trabalho tem como objetivo caracterizar e classificar as águas da bacia do córrego Guanandy através da utilização de um índice de qualidade de água. Além disso, o que se espera obter com os resultados encontrados, além do levantamento de informações, a discussão sobre estratégias de monitoramento, adequação e preservação dessas áreas, já que o córrego Guanandy desagua no rio Aquidauana, que abastece a cidade.

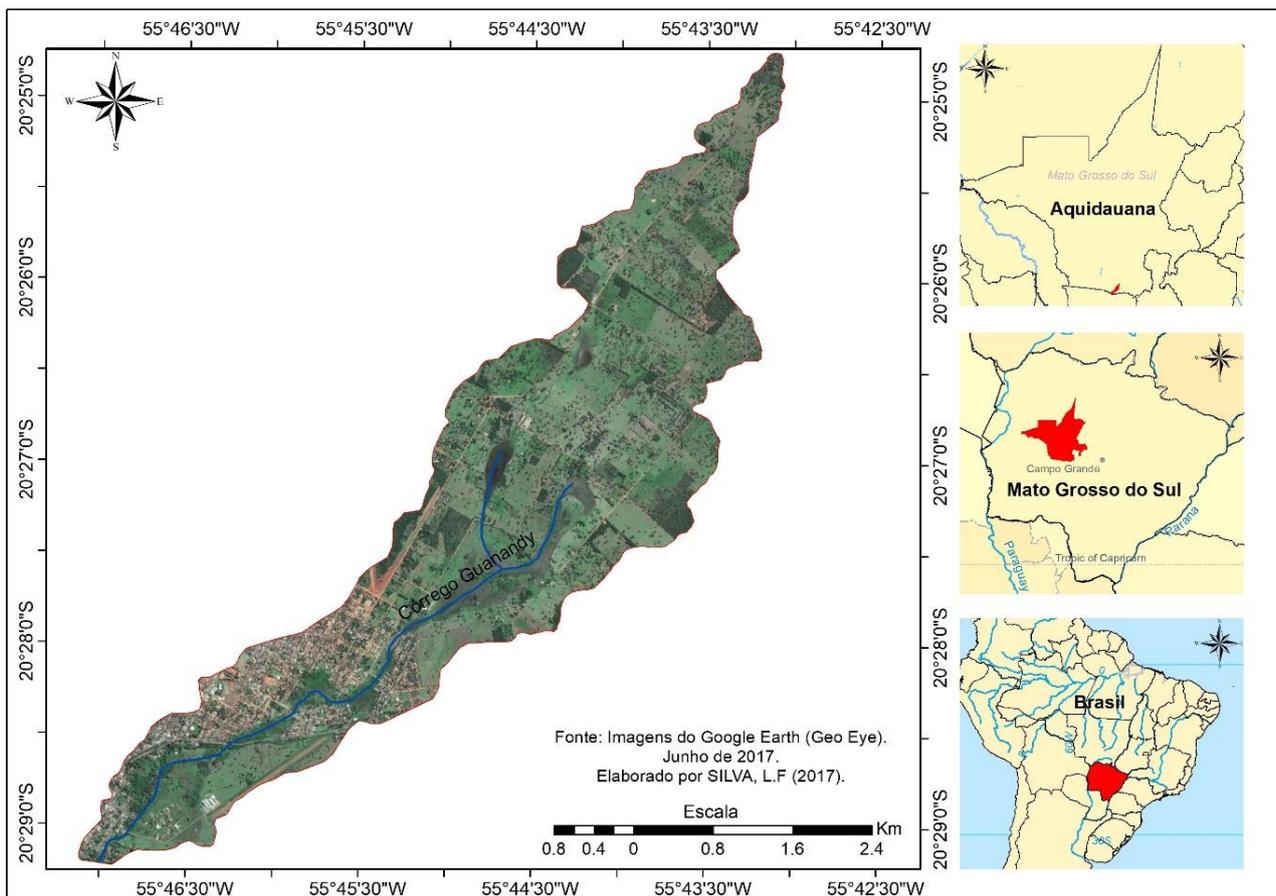
## 2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do córrego Guanandy localiza-se na região sul do município de Aquidauana, entre as latitudes 20° 29' 11 s e 20° 24' 47 s e longitudes 55° 47' 09 W e 55° 43' 02 W (MANTOVANI et al, 2015) e apresenta uma área de aproximadamente 1.504,10 hectares (Figura 1) que abrange tanto a zona rural (a montante), quanto à zona urbana, a jusante (CUNHA; BACANI; SAKAMOTO, 2015).

A rede de drenagem do córrego Guanandy é caracterizada por um curso hídrico de pequena extensão com leito principal de 6,6 km de comprimento. O córrego Guanandy não possui cabeceira organizada quanto à hierarquia de canais e em alguns trechos do alto curso, o córrego não apresenta um canal bem definido como no médio e baixo curso. A nascente principal do córrego situa-se na porção Nordeste do município de Aquidauana, próximo ao morro testemunho (“Morrinho”) e a sua foz localiza-se na margem direita do rio Aquidauana, no local conhecido como Ilha dos Pescadores. Até a confluência com o rio Aquidauana, grande parte de sua drenagem encontra-se na área urbana do município.

O clima na região pertence ao tipo Aw (tropical úmido), com precipitação pluvial média anual de 1.200 mm e temperaturas máximas e mínimas de 33 e 19 °C, respectivamente. São predominantes duas estações: uma chuvosa e outra seca. O período de maior precipitação inicia-se, no mês de outubro

e vai prolongando até março, com maior pico nos meses de dezembro a janeiro (SCHIAVO et al., 2010, p.883).



**Figura 1** – Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Guanandy

Na bacia do córrego Guanandy a principal atividade é a agropecuária, assim, a pastagem predomina na região no lugar da vegetação original, o cerrado (BRASIL, 1982), inclusive na área de nascentes e no entorno do córrego. As nascentes possuem uma relação direta com a cobertura vegetal e a supressão da vegetação nesses locais provoca alterações adversas, como redução da infiltração, aumento do escoamento superficial e consequentemente, o assoreamento do canal de drenagem (PEREIRA et al., 2002, p.149).

O tipo de solo predominante na bacia do córrego Guanandy, segundo adaptação da nomenclatura de classificação proposta pela EMBRAPA (2006), é o Latossolo Vermelho-Amarelo. Em geral, ocorre em relevo suave ou ondulado (como é o caso dessa bacia) e são solos com grandes problemas de fertilidade, porém podem apresentar boa produtividade agrícola e pecuária, desde que sejam utilizados com o manejo adequado (OLIVEIRA et al, 2012, p.19). Já na região das nascentes e da foz existe a presença de Gleissolo Háplico, que são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento e tem na má drenagem a sua maior limitação de uso. Já a área urbana

corresponde a diversos conjuntos habitacionais (alguns formados por construções irregulares), que estão total ou parcialmente inseridos na bacia do córrego Guanandy.

No alto curso do córrego existem algumas manchas de vegetação natural, mas há predomínio de pastagem na área de expansão urbana e na área de nascentes. Algumas áreas no médio e baixo curso estão ocupadas por construções irregulares, não obedecendo ao Código Florestal Brasileiro que considera Área de Preservação Permanente (APP) as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (CUNHA; BACANI; SAKAMOTO, 2015, p.71).

Dessa forma, a fragmentação florestal é um processo natural, porém tem se intensificado pela ação humana, de forma que o uso e a ocupação desorganizada pelas atividades antrópicas resultam em processos de perda e fragmentação de habitats, o que altera processos biológicos e fragiliza ecossistemas, resultando na perda de biodiversidade (REZENDE; PRADO FILHO; SOBREIRA, 2011). Assim, a bacia do córrego Guanandy vem sofrendo as consequências da falta de planejamento, em função principalmente do uso e ocupação da terra combinada com a precária infraestrutura urbana, que tende a levar o adensamento populacional cada vez mais em direção às nascentes, reduzindo ainda mais o atual espaço rural.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Análises físico-químicas e microbiológicas da água e caracterização dos pontos de coleta**

As coletas de água foram realizadas nos meses de janeiro de 2017 e janeiro de 2018, devido à importância da intensidade das precipitações sobre a dinâmica dos cursos d'água. Os pontos de coleta (Figura 2) foram escolhidos de acordo com o grau de interferência ambiental das atividades desenvolvidas na bacia, visando estabelecer os efeitos de sua ocorrência no ecossistema, bem como sua inter-relação com a área de entorno.

Os dois primeiros pontos (P1 e P2) foram escolhidos por estarem localizados na área de nascentes do córrego Guanandy, inseridas em propriedades rurais que desenvolvem atividades agropecuárias, cuja água é utilizada principalmente para dessedentação animal. Não há nenhuma indicação ou identificação sobre a existência das nascentes e a única proteção da área é feita por cercas de arame, facilmente transponíveis. No entorno, existem capões de vegetação em regeneração, mas na área alagada, o predomínio é de pastagem para o gado. O ponto P3 (próximo à saída de água da Lagoa dos Bobos) foi escolhido por estar em uma propriedade particular mais próxima à área urbana, porém mais bem preservada. A lagoa possui aproximadamente 2 hectares de lâmina d'água,

com 520 metros de comprimento e de 180 metros de largura em linha reta (SIMÃO, 2016; ALBUQUERQUE et al., 2013, p.87) e não possui mata ciliar. Já os pontos P4 e P5 foram escolhidos por estarem localizados diretamente na área de ocupação urbana, localizados no bairro São Francisco.

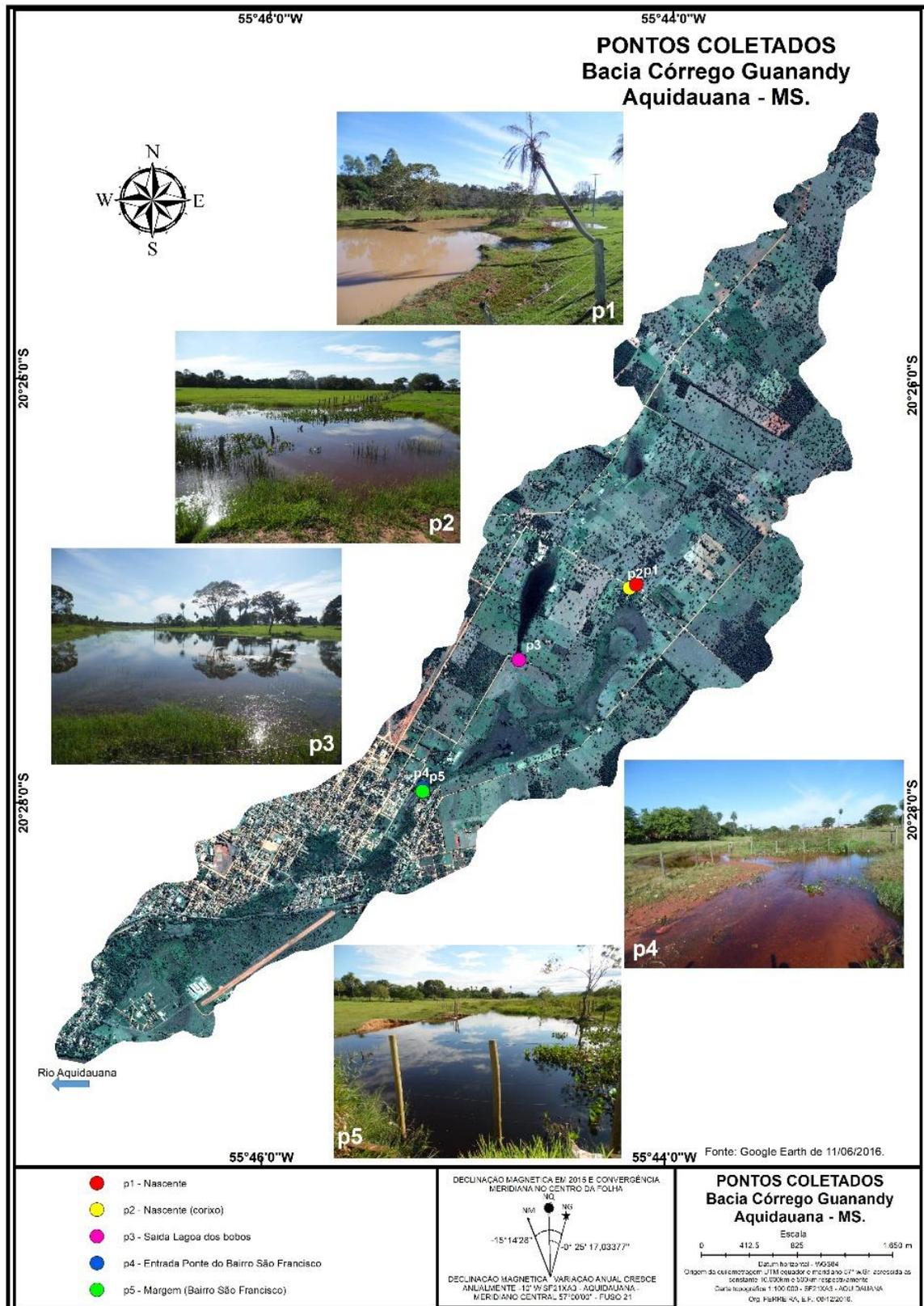


Figura 2 – Pontos de coleta no córrego Guanandy (Jan/2017 e Jan/2018)

O bairro, segundo Dias (2008, p.37), foi resultado da ocupação por integrantes de movimentos sem-teto e ainda permanece em situação irregular junto à Prefeitura Municipal. A área se caracteriza pela ausência de vegetação natural e mata ciliar e, segundo uma moradora, esse ponto do córrego eventualmente serve para recreação das crianças do local, além de servir para dessedentação dos animais que são criados no entorno. Em alguns locais a vegetação nativa foi praticamente suprimida, até mesmo nas margens do córrego. A pastagem e criação de gado predominam não só nessa área, mas também ao longo de toda a bacia.

O método de coleta consistiu na captação de água em 05 pontos ao longo do Córrego Guanandy, através de metodologias adequadas para cada tipo de análise e a preservação das amostras seguiram as orientações descritas pelos guias desenvolvidos pela CETESB (1977) e as recomendações de APHA (1995), Matheus et al. (1995) e com relação à preparação e armazenamento de soluções, Morita e Assumpção (1981). Na Tabela 1 estão representadas as variáveis analisadas e os respectivos métodos analíticos adotados.

**Tabela 1** – Métodos e instrumentação analítica utilizada para a determinação dos parâmetros físicos e químicos

<b>Parâmetros</b>	<b>Métodos analíticos</b>
Temperatura da água/ar	Eletrométrico
pH	Eletrométrico
Condutividade elétrica	Eletrométrico.
SDT	Eletrométrico.
Turbidez	Eletrométrico
Alcalinidade	Método titulométrico (APHA, 1985)
Dureza Total	Método Titulométrico do EDTA (APHA, 1985)
Oxigênio dissolvido	Titulométrico - Método de Winkler (APHA, 1995)
Nitrato	Espectrofotométrico: redução por cádmio (MACKERETH et al., 1978)
Nitrito	Espectrofotométrico (MACKERETH et al., 1978)
Amônia	Espectrofotométrico (APHA, 1995)
Fósforo total	Espectrofotométrico (VALDERRAMA, 1981)
MST, MSI e MSO	Gravimétrico (TEIXEIRA et al., 1965 e TUNDISI, 1969)
Bactérias coliformes	Tubos múltiplos (SOARES e MAIA, 1999)

**Fonte:** Adaptado pelos autores

As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno e transportadas em caixa térmica com gelo. Para determinação do oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em frascos DBO aferidos, de vidro, e fixadas no local da coleta. As amostras não processadas no dia foram devidamente acondicionadas e guardadas em condições adequadas até sua posterior utilização. Os dados de temperatura da água e do ar e pH foram coletados *in loco*. As temperaturas do ar e da água foram aferidas com termômetro digital tipo espeto JProLab e o pH foi determinado através do pHmetro Hanna HI 8424. A condutividade elétrica foi aferida com condutivímetro Tecnal Tec – 4MP, a turbidez através do turbidímetro de bancada Alfakit e as concentrações de nutrientes foram determinadas no espectrofotômetro Femto Cirrus. Todas as análises das amostras de água foram

executadas no Laboratório Hidrologia Ambiental e Limnologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/Campus de Aquidauana/Unidade II.

### 3.2. Cálculo do IQA

O índice de qualidade de água (IQA) foi definido utilizando-se o programa IQAData, que é um software dedicado ao desenvolvimento e a aplicação de diferentes índices de qualidade da água, desenvolvido pelo Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais em parceria com o Departamento de Biologia e Farmácia da Universidade de Santa Cruz do Sul, e tem como referência o modelo de IQA adotado pela National Sanitation Foundation (NSF), nos Estados Unidos (POSSELT; COSTA, 2010).

O programa permite selecionar as variáveis que o usuário julgar mais importantes para cada caso e estabelecer diferentes modelos de índices de qualidade. Neste caso, foram utilizados onze parâmetros, considerados como os mais representativos, sendo eles: temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrato, nitrito, amônia, pH, sólidos totais e turbidez da água. Cada variável recebeu um peso relativo, baseados nos índices da NSF e CETESB e que foram atribuídos proporcionalmente à sua importância para este estudo, de acordo com a Figura 3.

Código	Descrição	Variável	Peso	Unidade
3	IQA - Lab. Hidrologia	Temperatura (Tr-Ti)	0,10	° C
2	Lab Hidrologia	Oxigênio dissolvido	0,18	mg/L, O2
1	NSF	Coliformes termotolerantes	0,13	NMP/100 mL
		Demanda bioquímica de oxigênio	0,00	mg/L, O2
		Fósforo total	0,10	mg/L, P
		Nitrogênio total Kjeldahl	0,00	mg/L, N
		Nitrogênio amoniacal	0,02	mg/L, NH3 - N
		Nitritos	0,02	mg/L, NO2 - N
		Nitratos	0,02	mg/L, NO3 - N
		Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	0,00	mg/L, N
		Saturação de oxigênio	0,15	%
		pH	0,12	-
		Sólidos totais dissolvidos	0,08	mg/L
		Turbidez	0,08	NTU
		Temperatura de referência (Tr)	0,00	° C
		Temperatura (Ti)	0,00	° C

**Figura 3** – Modelo do IQA utilizado e os respectivos pesos das variáveis

Fonte: IQAData (2010)

O IQA é então calculado como um produto das notas individuais de cada parâmetro, elevadas aos respectivos pesos. O cálculo dos valores de  $qi$  foi feito a partir das médias dos resultados. O valor do índice varia de 0 a 100, de acordo com a equação abaixo.

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

Onde: IQA – índice de qualidade de água (0 a 100);  $qi$  – qualidade da variável  $i$  obtido através da curva específica de qualidade (0 a 100);  $n$  – números de variáveis utilizadas;  $wi$  – peso atribuído a cada variável em função da qualidade da água (0 a 1).

Por fim, a classificação do valor do IQA é dada por faixas de qualidade, de acordo com a Tabela 2.

**Tabela 2** – Níveis de qualidade de água para o IQA

Níveis do IQA	Classificação
0 – 25	Muito ruim
26 – 50	Ruim
51 – 70	Regular
71 – 90	Bom
91 – 100	Excelente

Fonte: Adaptado de IQADData (2010)

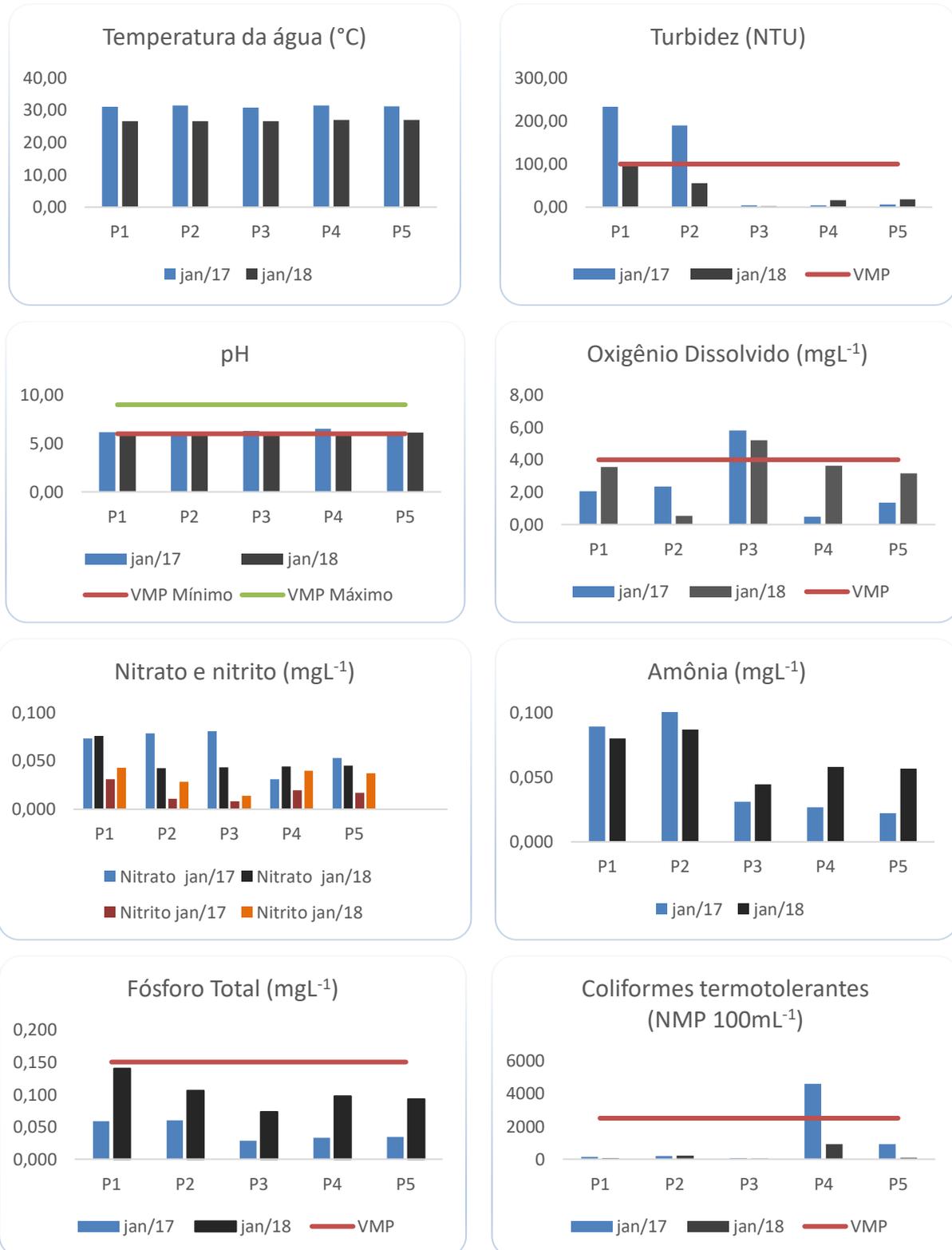
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água é um fator variável ao longo do tempo e localização. Em ambientes onde a ação antrópica é marcante, a qualidade da água é afetada não só por fatores naturais, mas também por impactos das atividades humanas (CUNHA et al., 2004; SILVA et al., 2008), assim, o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO; NICOLELLA, 2002, p.181).

Os resultados obtidos para os parâmetros analisados são apresentados na forma de gráficos (Figura 4) e para as variáveis que têm padrão legal estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), foram adicionados aos gráficos os limites, a fim de ilustrar com clareza as não-conformidades (FRANCO et al., 2012).

Os dados de temperatura do ar encontrados estiveram na faixa prevista para a região de Aquidauana, porém, a temperatura das águas no córrego sofreu variação entre as duas coletas, provavelmente pelo volume de água decorrente das chuvas intensas principalmente no segundo período, já que o aquecimento das águas é diretamente proporcional à insolação.

A turbidez e a concentração de sólidos em suspensão são parâmetros que possuem uma importante relação entre si por interferirem na penetração de luz na coluna de água e, portanto, influenciarem de forma direta processos fundamentais do ecossistema, como por exemplo, a atividade fotossintética (GODOI, 2008, p.25).



**Figura 4** – Concentrações das variáveis das águas do córrego Guanandy nos períodos de Janeiro/2017 e Janeiro/2018  
**Fonte:** Autores (2018)

As medidas da intensidade de turbidez e concentração de sólidos sugerem ainda a ocorrência de diversos eventos de origem natural e antrópica na bacia hidrográfica, como por exemplo, a erosão de solos expostos (PIVELI; KATO, 2006). Os valores de turbidez nos pontos P1 e P2 foram os mais elevados nas duas coletas realizadas, sendo importante salientar que os resultados obtidos nesses pontos na primeira campanha estiveram acima do valor máximo permitido pela legislação para Classe 3 (100 NTU). Os valores elevados da turbidez e de material em suspensão na área de nascentes do córrego (P1 e P2) confirmam a existência de transporte de material alóctone, que pode ser resultante do solo exposto, compactação e pisoteio dos animais e conseqüentemente, o revolvimento do sedimento de fundo, já que nas proximidades da nascente do córrego a mata ciliar foi suprimida, fato que pode contribuir diretamente para o desequilíbrio das características físico-químicas na área.

Com relação ao pH, no Brasil a maioria das águas são ácidas ou levemente ácidas (SOUZA; PERRONE, 2000) e a legislação para águas superficiais estabelece a faixa de pH variando de 6,0 a 9,0 para dessedentação animal, recreação de contato secundário e irrigação (BRASIL, 2005). Os valores de pH no córrego Guanandy variaram entre 5,80 a 6,29 nos dois períodos, provavelmente em função do solo predominante na bacia, já que os Latossolos apresentam baixa fertilidade natural e possuem elevado conteúdo de alumínio trocável, contribuindo para a elevada acidez (SÁ et al., 2010).

O oxigênio dissolvido (OD) é um excelente indicador de qualidade de água e é um elemento essencial no metabolismo dos seres aquáticos aeróbicos e a legislação fixa o limite mínimo de oxigênio dissolvido para águas Classe 3 em  $4 \text{ mgL}^{-1}$  (BRASIL, 2005). Os teores de oxigênio dissolvido obtidos nas águas do córrego Guanandy variaram de 0,48 a 5,81  $\text{mgL}^{-1}$  no primeiro período e 0,54 a 5,20  $\text{mgL}^{-1}$  no segundo. Com exceção do ponto P5, situado na Lagoa dos Bobos, todas as amostras de água analisadas apresentaram condição de hipóxia, com valores de oxigênio dissolvido críticos, abaixo de  $3 \text{ mgL}^{-1}$ . A elevação dos valores de oxigênio dissolvido nos pontos P4 e P5 (em relação à primeira coleta) pode ter ocorrido em função da movimentação da água, já que as chuvas podem ocasionar turbulência, gerando maior troca de oxigênio entre o ar e da água, porém os valores ainda permaneceram abaixo do limite mínimo estabelecido. Os baixos teores de oxigênio dissolvido refletem a situação da poluição da água do córrego, tanto na área de nascentes quanto na área mais urbanizada da bacia, já que o oxigênio dissolvido participa do processo de autodepuração do corpo hídrico (PIVELI; KATO, 2006).

Os teores de fósforo nas águas do córrego medidos durante o período de estudo estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução n° 357/05 para a Classe 3 (BRASIL, 2005). Apesar dos valores nas amostras do córrego Guanandy se enquadrarem nos padrões de aceitação da legislação, a avaliação destes parâmetros é importante para que seja caracterizado o nível de poluição das águas, uma vez que evidenciam a existência de lançamentos de resíduos (COSTA; FLAUZINO, 2009), já que essa variável é considerada como potencialmente crítica para os processos de

eutrofização. Os valores mais elevados de fósforo nos dois períodos ocorreram na área de nascentes, e pode ser proveniente da área de produção agropecuária, em função dos pesticidas utilizados para controlar insetos e combater plantas invasoras de culturas e pastagens. Já as fontes pontuais em áreas urbanizadas tem relação com o aumento do consumo de detergentes e produtos de limpeza. Já no segundo período houve uma elevação dos teores de fósforo em todos os pontos em relação à coleta anterior. Provavelmente o aporte pela água das chuvas contribuiu para o aumento desse nutriente, já que o escoamento da água sobre a camada superficial do solo durante eventos pluviométricos é a principal fonte difusa de poluição dos mananciais hídricos (PELLEGRINI, 2005).

Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, já que a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto que uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato (VON SPERLING, 1996, p. 36). As concentrações de amônia, nitrito e nitrato obtidas estiveram bem abaixo do limite estabelecido pela legislação, porém o monitoramento dessas variáveis é importante, pois o nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas. No primeiro período estudado, os valores de nitrato foram mais elevados nos três primeiros pontos, relacionado às áreas rurais da bacia. De acordo com Resende (2002, p.14), o nitrato é a principal forma nitrogenada associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias, pois o ânion nitrato tende a permanecer nas camadas mais superficiais do solo. O autor ressalta ainda que os solos tropicais, em especial os Latossolos (solo predominante na microbacia) parecem exibir capacidade de retenção de nitrato nas camadas subsuperficiais, devido à menor proporção ou ausência de matéria orgânica (RESENDE, 2002, p.22).

Os valores de nitrito em todos os pontos foram mais elevados no segundo período. Já o nitrito é uma forma do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades reduzidas nas águas superficiais, pois é instável na presença do oxigênio. Como é uma forma transitória e é rapidamente oxidada a nitrato, sua persistência indica despejo contínuo de matéria orgânica ou que essa fonte encontra-se a pouca distância do ponto onde foi feita a amostragem para análise. Com relação à concentração de amônia, foi observado uma elevação nos teores nos pontos P1 e P2 nos dois períodos, e na área urbana no segundo período. A amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, porém usualmente sua concentração é bastante baixa, devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato através do processo microbiano de nitrificação (RESENDE, 2002). Como a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas, provavelmente esse aumento na área de nascentes é devido ao acúmulo de dejetos provenientes dos animais que usam o local para dessedentação e na área urbana, provavelmente pela falta de saneamento adequada na área, já que existe uma predominância dos compostos menos

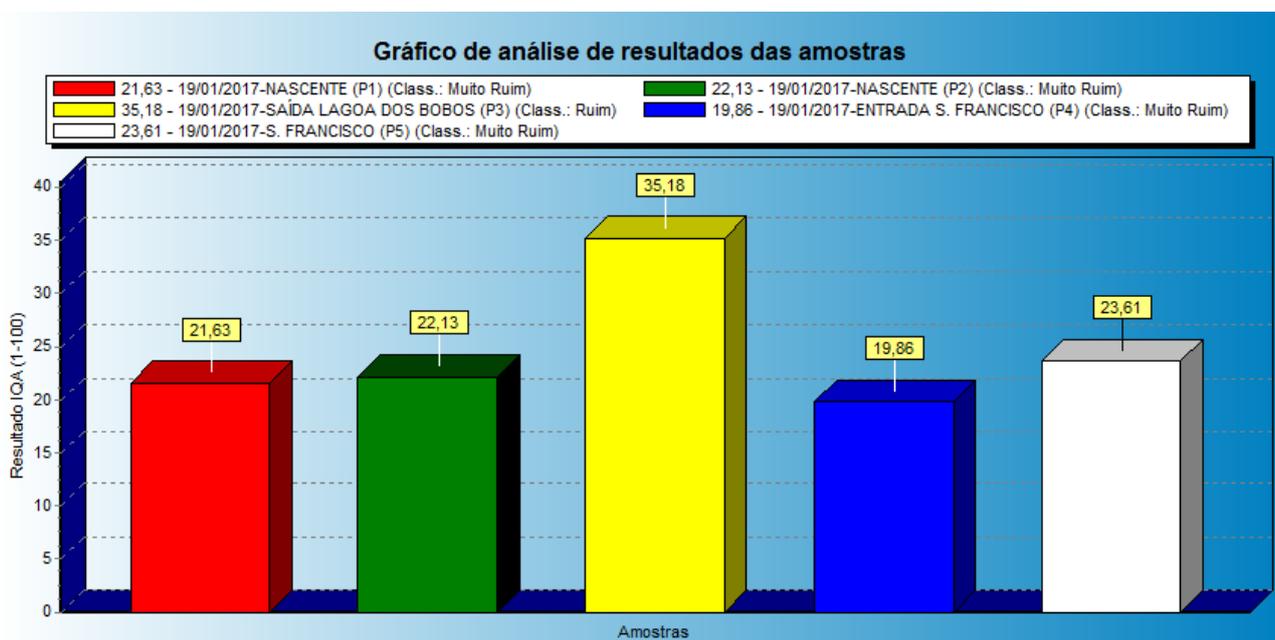
oxidados (como nitrogênio orgânico e amônia) próximos ao sistema de fossas sépticas (VARNIER; HIRATA, 2002, p.102).

Os coliformes termotolerantes, também chamados de termo resistentes ou fecais, são um grupo de bactérias que indicam a contaminação da água somente por fezes. São utilizados como organismos indicadores de contaminação e revelam a potencialidade da veiculação de doenças pela água (APHA, 2005). Sabe-se que ambientes com excessiva concentração dessas bactérias podem estar recebendo constantes despejos oriundos de efluentes domésticos sem tratamento adequado. Observou-se que os valores mais elevados foram encontrados nos pontos P4 e P5 no primeiro período de coleta, provavelmente devido à ocupação urbana, cujas instalações na maior parte das vezes não possuem planejamento urbano nem sanitário. É importante observar que no ponto P4, em Janeiro/2017, a taxa de coliformes termotolerantes ultrapassou os padrões definidos para Classe 3, segundo a Resolução CONAMA n° 357/05, onde o VMP de coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato secundário não deve exceder 2500 coliformes termotolerantes/100mL. Para a dessedentação de animais não deve ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes/100 mL e para os demais usos o limite é de 4000 coliformes/100 mL. Observa-se que a contaminação por coliformes termotolerantes nos três primeiros pontos é mais reduzida por ter pouca interferência antrópica nesse sentido. Nos pontos localizados no perímetro urbano a contaminação é mais elevada, já que o bairro São Francisco não possui sistema de coleta de esgotos adequado, assim, provavelmente existem fontes de contaminação pontual, cujos efluentes domésticos são despejados diretamente no canal sem nenhum tratamento.

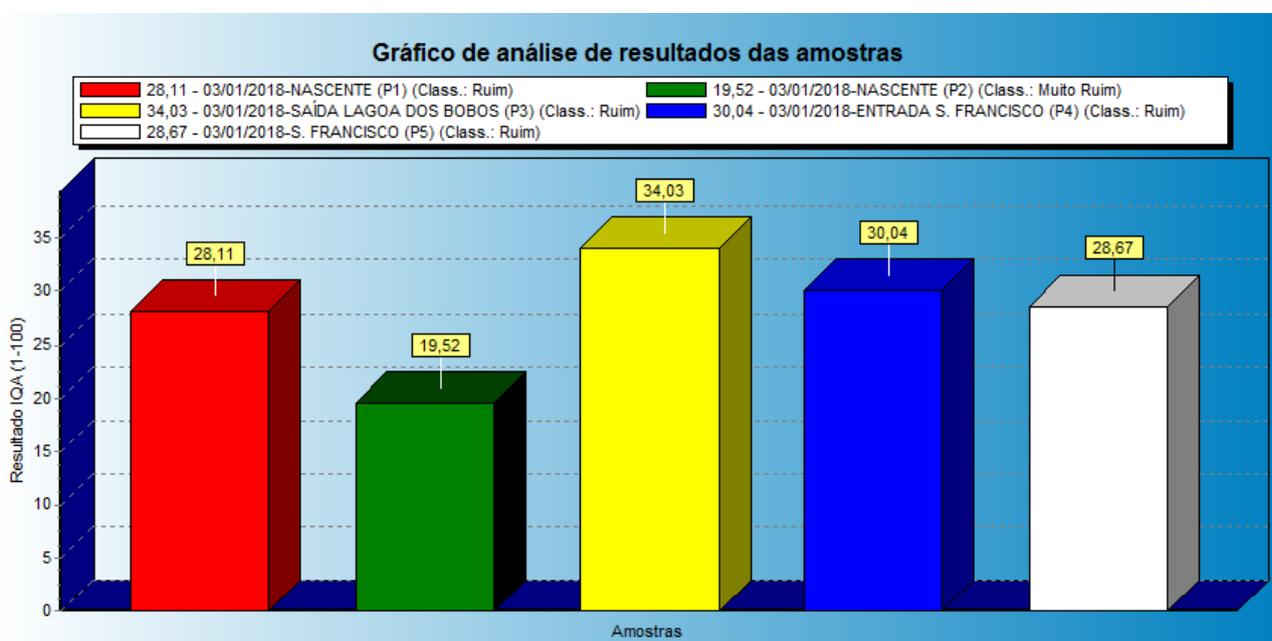
Ao se aplicar o índice de qualidade de água através do programa IQADData, foram definidos os níveis de qualidade nos pontos de coleta. Na primeira campanha (Jan/2017), apenas o ponto P3 (Lagoa dos Bobos) foi classificado como “ruim”. Todos os outros pontos tiveram suas águas caracterizadas como “muito ruim”, de acordo com a Figura 5.

O pior índice foi encontrado no ponto P4, localizado no bairro São Francisco, provavelmente porque esse trecho vem recebendo grande quantidade de cargas orgânicas, o que provoca uma expressiva queda da qualidade da água. Provavelmente, as variáveis que mais contribuíram para a diminuição do IQA nesse ponto foram a elevada contagem de coliformes termotolerantes, que está diretamente relacionada com o lançamento de dejetos e esgotos domésticos, e a reduzida taxa de oxigênio dissolvido, já que o oxigênio dissolvido participa como combustível no processo de autodepuração do corpo de água (PIVELI; KATO, 2006).

Já na segunda coleta, apenas o ponto P2 permaneceu com a mesma classificação. Os outros pontos da bacia foram agrupados como “ruim”, de acordo com a Figura 6.



**Figura 5** – Classificação das amostras de água do córrego Guanandy de acordo com o IQAData (janeiro de 2017)  
**Fonte:** IQAData (2010)



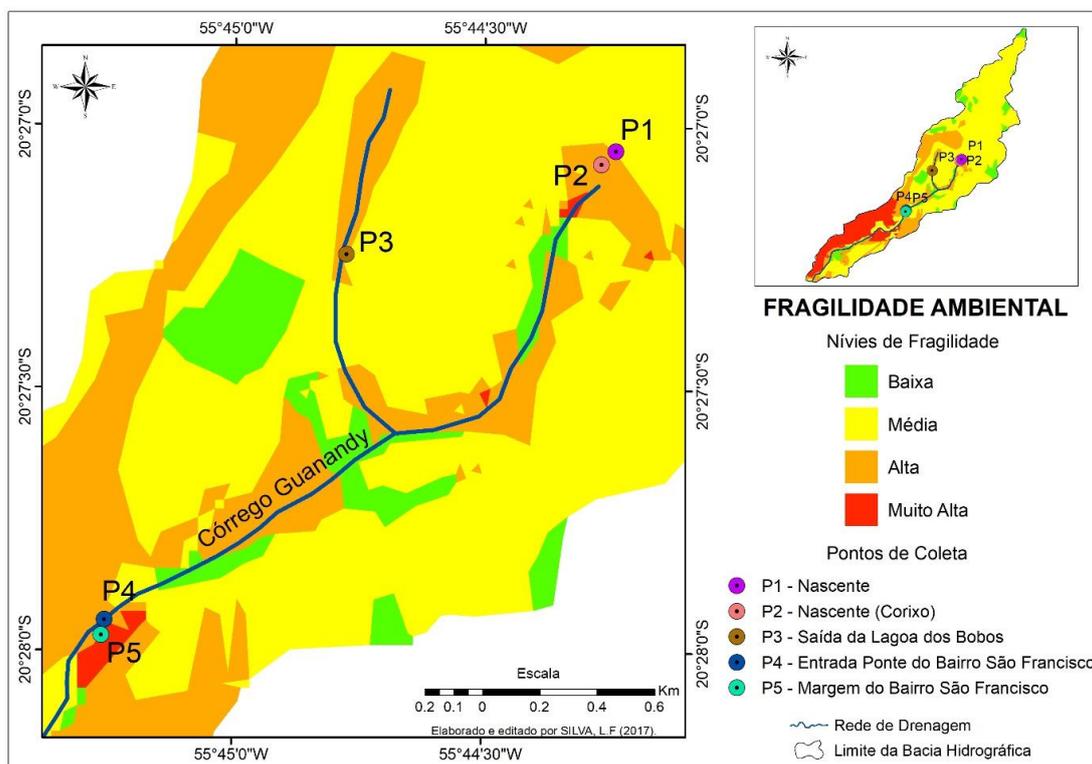
**Figura 6** – Classificação das amostras de água do córrego Guanandy de acordo com o IQAData (janeiro de 2018)  
**Fonte:** IQAData (2010)

A aparente melhora na qualidade das águas do córrego pode estar relacionada à intensidade das chuvas nesse período, ocasionando o aumento da vazão do curso d'água e a consequente diluição da concentração dos nutrientes, além da elevação da taxa de oxigênio dissolvido devido à movimentação das águas. O melhor índice encontrado foi no ponto P3 (Lagoa dos Bobos) nas duas campanhas, provavelmente devido à reduzida turbidez da água, que favorece a produção primária e a fotossíntese, portanto, com taxas elevadas de oxigênio dissolvido, além da baixa contagem de bactérias coliformes na época das coletas.

Observa-se que as atividades antrópicas comprometem diretamente as águas do córrego devido à introdução de nutrientes, cujos principais fatores identificados como causadores e responsáveis pelo processo de contaminação e degradação são principalmente as atividades agropecuárias (nas áreas de nascentes), e na zona urbana, as habitações, comércio, além de um laticínio. Também existem áreas que são utilizadas para depósito de lixo e restos de materiais de construção, cujos responsáveis são os próprios moradores do local e de setores circunvizinhos.

As áreas urbanas, a irregular conservação do solo e as reduzidas áreas de matas influenciam diretamente na qualidade e na disponibilidade hídrica e a bacia do córrego Guanandy vem sofrendo as consequências da falta de planejamento, em função principalmente do uso e ocupação da terra. Para Franco et al. (2012), as bacias hidrográficas fazem parte de um complexo sistema ambiental em que os cursos d'água servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem, assim, os parâmetros físico-químicos da água refletem o grau de fragilidade da área.

A bacia do córrego Guanandy apresenta predominantemente grau médio de fragilidade ambiental (Figura 7), mas também possui áreas onde o ambiente está mais frágil aos processos erosivos (fragilidade alta e muito alta), principalmente na área urbana e áreas com solo exposto, locais de nascente e próximos a foz (BARROS; BACANI; BORGES, 2017). Segundo esse estudo, a alta fragilidade predomina nas áreas onde estão localizados os corpos d'água e áreas úmidas, que necessitam de um alto grau de proteção. Já a fragilidade ambiental muito alta está relacionada principalmente às áreas de influência urbana e com solo exposto.



**Figura 7** – Fragilidade ambiental da bacia do córrego Guanandy

Fonte: BARROS; BACANI; BORGES (2017)

Assim, os valores do IQA também podem estar relacionados à fragilidade nas áreas de influência dos pontos de amostragem, já que as áreas com alta fragilidade ambiental estão relacionadas a áreas degradadas e com grande potencial de erosão, gerando perda da qualidade físico-química da água (FRANCO et al., 2012).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação inadequada do solo nas bacias hidrográficas e a má utilização desse bem no ambiente natural, em conjunto com outros fatores ligados à urbanização e industrialização, vêm provocando alterações adversas nessas áreas. De modo geral, os resultados obtidos demonstram que o comportamento de algumas variáveis estudadas são reflexos das atividades antrópicas que ocorrem de forma desordenada na bacia do córrego Guanandy, indicando a deterioração da qualidade da água em função da degradação ambiental e da precária infraestrutura urbana, que não atende à pressão demográfica da área. É evidente a pressão urbana e o avanço da fronteira agropecuária sobre as áreas de preservação permanente do córrego Guanandy, portanto, é indispensável a implementação de ações voltadas à recuperação das áreas degradadas ou alteradas, com intuito de resgatar, a partir do envolvimento social, as matas ciliares e áreas das nascentes.

Além do planejamento urbano deficiente, o córrego também sofreu canalizações em alguns locais. O processo de canalização surgiu pela necessidade de adequação do ambiente urbano às condições de vida da cidade, porém essa transformação gerada no meio natural, tem gerado um impacto direto nos córregos e na população, pois associado a falta de mata ciliar, o processo de assoreamento ocorre ainda com maior intensidade, aumentando também o problema de inundações na área de drenagem. Soma-se a isso a situação precária do esgotamento sanitário dos bairros menos favorecidos da bacia (como o bairro São Francisco), onde provavelmente as ligações clandestinas, em sua maioria, são feitas na rede pluvial.

Deve-se ainda considerar a influência da precipitação no período das coletas, já que provavelmente no período de estiagem as fossas sépticas das residências localizadas próximas ao canal do córrego não estão saturadas com a entrada externa de água. Desse modo, a capacidade de filtragem do solo é mais lenta, reduzindo a concentração de poluentes diretamente no canal. Já no período de chuvas, existe a possibilidade de saturação das fossas pela entrada de água, o que facilitaria o deslocamento de nutrientes através das camadas superficiais menos compactadas, elevando a carga de material alóctone no córrego. Por outro lado, há de se considerar o aumento do volume de água e da velocidade da correnteza, que pode favorecer a diluição da concentração dos contaminantes ao longo do canal.

A proposta metodológica de aplicação de um índice de qualidade de água foi considerada adequada para este trabalho, mas também é possível a indicação de outros índices mais apropriados ou mais restritivos ao contexto da bacia, já que os diversos índices de qualidades são compostos por diferentes variáveis e parâmetros que traduzem as condições ambientais dos corpos hídricos, através de enfoques e objetivos diferenciados definidos para cada índice e, por isso, podem apresentar valores finais distintos (WEINBERG, 2013). Destaca-se, ainda, que não se deve fazer uso exclusivo de índices de qualidade das águas em detrimento de uma análise mais detalhada dos dados gerados em um monitoramento ambiental, nem considerar somente um índice como uma ferramenta gerencial para os corpos d'água, já que, segundo Coimbra (2011), os mesmos apresentam características distintas a cada trecho, devido a sua vazão, ocupação das margens, existência de fontes de poluição, entre outros. Dessa forma, sugere-se que seja dada continuidade ao monitoramento da qualidade das águas do córrego Guanandy para avaliação da relação causa-efeito dos impactos ambientais e futuramente estabelecer o planejamento para o uso do solo, visando a obtenção da estabilidade ecológica e ambiental dessas áreas.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, D.; FAUSTINO, B. P.; PEREIRA, R. H. G.; BARROS, A. Composição zooplânctônica (Copepoda/Cladocera) em dois períodos distintos de uma lagoa no município de Aquidauana, MS. In: VI Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal (SIMPAN). **Anais...** Corumbá – MS, 26 a 29 nov 2013.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 15<sup>ed.</sup> Washington - DC, 1985.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19<sup>ed.</sup> Washington – DC, 1995. 1368p.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21<sup>ed.</sup> Washington – DC, 2005.

BARROS, A.; BACANI, V. M.; BORGES, T. A. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Guanandy, Aquidauana – MS. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas – MS, n. 26, ano14, p. 18-33, 2017.

BRASIL. Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra**. Folha SE 21 Campo Grande. Rio de Janeiro – RJ, 1982.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. Ministério do Meio Ambiente. 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, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil n° 053, Brasília, 18 de março 2005, págs. 58-63.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Análise físico-química para controle de estação de tratamento de esgoto**. São Paulo, 1977.

COIMBRA, C. M. **Avaliação da Metodologia IQAFAL nas Bacias Contribuintes à Lagoa Rodrigo de Freitas**. 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro PPEA/UERJ. Rio de Janeiro – RJ, 2011.

COSTA, P. S. M.; FLAUZINO, F. S. Qualidade da água na porção superior na bacia do córrego Galheiros em Xapetubas, município de Monte Alegre de Minas e Uberlândia, MG. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: a Geografia Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza. **Anais...** Viçosa-MG, 2009.

CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; BRASIL JUNIOR, A. C. P.; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro – RJ, v. 9, n. 4, p. 322-328, dez/2004.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y. Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal. **Geografia Ensino & Pesquisa**, UFSM, vol. 19, n. 2, p. 65-74, maio/ago, 2015.

DIAS, M. M. **Implicações do crescimento urbano de Aquidauana na bacia hidrográfica do córrego Guanandy**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana – MS.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, jan/abr de 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 286p.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, v. 46, n. 2, p. 277-286, abr-jun, 2015.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**. Ed. 42 (suppl.1), p. 114-127, dezembro de 2012.

GODÓI, E. L. **Monitoramento de água superficial densamente poluída: o córrego Pirajuçara, região metropolitana de São Paulo, Brasil**. 2008. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/USP. São Paulo – SP, 2008.

MACKERETH, F. J. H., HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Freshwater Biological Association Scientific Publication, nº 36, Titus Wilson & Son: Kendall – UK, 1978. 117p.

MANTOVANI, J. R. A.; CUNHA, E. R.; BACANI V. M.; FERREIRA, C. C.; RUI, S. L. Análise do comportamento do escoamento superficial através do método curve number na bacia hidrográfica do córrego Guanandy – MS. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** João Pessoa-PB, 25 a 29 de abr 2015. p. 5590-5597.

MATHEUS, C. E.; MORAES, A. J.; TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. **Manual de Análises Limnológicas**. BICRHEA – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada/USP. São Carlos: São Carlos, 1995.

OLIVEIRA, R. G.; BACANI, V. M.; SILVA, V. R.; CUNHA, E. R.; FERREIRA, E. M. Análise da Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do córrego São João – MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro – RJ, n° 64, Vol. 1, p.15-24. 2012.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento Aplicado na Caracterização da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Grande, RS**. 2008. 82 p. Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2008.

PELLEGRINI, J. B. R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino – Agudo – RS**. 2005. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria – RS, 2005.

PEREIRA, P. H. V.; PEREIRA, S. Y.; YOSHINAGA, A.; PEREIRA, P. R. B. Nascentes: análise e discussão dos conceitos existentes. **Anais...** In: Fórum Ambiental da Alta Paulista. v.07, n° 02. 2002.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005. 286p.

POSSELT, E. L., COSTA, A. B. **Software IQAData 2010**. Registro no INPI n° 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC, 2010.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação por nitrato**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2002. 29p.

REZENDE, R. A.; PRADO FILHO, J. F.; SOBREIRA, F. G. Análise temporal da flora nativa no entorno de unidades de conservação: APA Cachoeira das Andorinhas e FLOE Uaimii, Ouro Preto, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.435-443, 2011.

SÁ, J. C. M.; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 34, n. 4, p.1207–1216. 2010.

SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M.; DIAS NETO, A. H.; FONTANA, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 34 Viçosa – MG, 2010. p.881-889.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices vs. Indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo – SP, v. 10, n. 2. p. 137-148. jul/dez de 2007.

SILVA NETO, J. C. A. **Subsídios para análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego Guanandy, Aquidauana – MS**. 2005. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana – MS, 2005.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A, V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, v.38 n.4, p. 733-742. 2008.

SIMÃO, C. H. **Fenologia reprodutiva de macrófitas aquáticas no ecótono Cerrado-Pantanal**. 2016. 55p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Vegetal). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Campo Grande – MS, 2016.

SOARES, J. B.; MAIA, A. C. F. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: UFC, 1999. 206p.

SOUZA, R. M. G. L.; PERRONE, M. A. **Padrões de Potabilidade da Água**. Programa Estadual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – PRÓ AGUA. Vol. 2, 2000. 13p.

TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J. G.; KUTNER, M. B. Plankton studies in a mangrove II: the standing stock and some ecological factors. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, n. 24. p. 23-41. 1965.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, USP/ESALQ, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TUNDISI, J. G. **Produção primária, "standing stock" e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia**. 1969. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1969.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural waters. **Marine Chemistry**. v.10, 1981. p.109-222.

VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS, n. 16, p.97-104, mai/2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. 243p.

WEINBERG, A. **Uso de índices de qualidade de água para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Guandu**. 2013. 178 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2013.

Trabalho enviado em 20/04/2018

Trabalho aceito em 11/06/2018