



ANÁLISE DO GRAU DE TROFIA NO RIBEIRÃO DAS ABÓBORAS, NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE, SUDOESTE DO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

Wellmo dos Santos **Alves**¹, Alécio Perini **Martins**², Wilker Alves **Morais**³, Rhayane
Carvalho **Roque**⁴

(1 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Doutorando em Geografia – UFG/REJ, wellmo.alves@ifgoiano.edu.br, 2 – Universidade Federal de Goiás, Docente – Curso de Geografia - REJ, alecioperini@yahoo.com.br, 3 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Pós-Doutorando em Ciências Agrárias, wilker.alves.morais@gmail.com, 4 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Graduanda em Engenharia Ambiental, rhayane.xd@hotmail.com)

Resumo: O desenvolvimento social e econômico de uma região depende de disponibilidade hídrica em quantidade e com características física, química e biológica adequadas para atender aos usos múltiplos. Contudo, as expansões urbana, industrial e agrícola têm gerado impactos ambientais negativos nas bacias hidrográficas. A microrregião Sudoeste de Goiás apresenta população crescente, diversas empresas instaladas e é destaque na produção de soja, milho, aves e suínos. Esse avanço no uso dos recursos naturais, sem gestão e planejamento ambiental adequados, tem resultado em danos ambientais aos recursos hídricos da região. Assim, objetivou-se analisar o grau de trofia no Ribeirão das Abóboras, importante fonte de água para o desenvolvimento da região. O estudo do estado trófico foi realizado a partir do Índice de Estado Trófico para fósforo total. Os níveis de estado trófico variaram de mesotrófico a hipereutrófico, em decorrência das ações antrópicas dentro da bacia hidrográfica. Ações precisam ser empreendidas na área de estudo, no intuito de reduzir o índice de estado trófico, melhorando a qualidade da água e de vida.

Palavras-chave: Abastecimento público, Bacia hidrográfica, Eutrofização, Gestão hídrica.



ANALYSIS OF THE THROPIC STATE OF RIBEIRÃO DAS ABÓBORAS, RIO VERDE, SOUTH-WEST OF GOIÁS STATE, BRAZIL

Abstract: The social and economic developments of a region depend on the water availability in amount and with physical, chemical and biological characteristics proper to comply with multiple uses. However, the urban, industrial and agricultural expansions have been causing negative environmental impacts on the river basins. The microregion of the south-west of Goiás state presents an increasing population, several companies installed and it's a highlight in the production of soy, corn, poultry and swine. This "development", without management and proper environmental planning, has caused environmental damages to the water resources of the region. Therefore, the objective of this paper was to analyze the thropic state of the river basin of the River Abóboras, an important source of water for the development of the region. The study of the trophic state was performed from the Trophic State Index for total phosphorus. The thropic state levtabeels vary from mesotrophic to hypereutrophic, due to the anthropic actions inside the river basin. Actions need to be engaged in the studied area, aiming to reduce de thropic state index, improving the quality of water and life.

Keywords: Public supply, River basin; Eutrophication, Water Management.

ANÁLISIS DEL GRADO DE TROFÍA EN EL RIBEIRÃO DAS ABÓBORAS, EN EL MUNICIPIO DE RIO VERDE, SUDOESTE DEL ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

Resumen: El desarrollo social y económico de una región depende de disponibilidad hídrica en cantidad y con características físicas, químicas y biológicas adecuadas para atender a los usos múltiples. Sin embargo, la expansión urbana, industrial y agrícola ha generado impactos ambientales negativos en las cuencas hidrográficas. La microrregión Sudoeste de Goiás presenta población creciente, varias empresas instaladas y es destaque en la producción de soja, maíz, aves y cerdos. Este avance en el uso de los recursos naturales, sin gestión y planificación ambiental adecuados, ha resultado en daños ambientales a los recursos hídricos de la región. Así, se objetivó analizar el grado de trofia en el Río de las Abóboras, importante fuente de agua para el desarrollo de la región. El estudio del estado trófico se realizó a partir del Índice de Estado Trófico (IET) para fósforo total (FT). Los niveles de estado trófico variaron de mesotrófico a hipereutrófico, como consecuencia de las acciones antrópicas



dentro de la cuenca hidrográfica. Las acciones necesitan ser emprendidas en el área de estudio, a fin de reducir el índice de estado trófico, mejorando la calidad del agua y de la vida.

Palabras clave: Abastecimiento público, Cuenca, Eutrofización, Gestión hídrica.

1. Introdução

No Centro-Oeste do Brasil, políticas governamentais de incentivo à expansão da fronteira agrícola e aos programas de desenvolvimento agrícola tornaram possível, financeiramente, a implementação de uma agricultura nos moldes industriais de produção, no intuito de atender a demanda do mercado interno e externo (PRADO et al., 2009). O aumento no uso agrícola e industrial dos volumes de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como a poluição resultante, são causas de graves alterações no ciclo hidrológico e de aumentos consideráveis de poluentes orgânicos e inorgânicos, com efeitos consideráveis na biota aquática e nas condições físicas e químicas da água (VASCONCELOS, 2009).

Rio Verde, o principal município da microrregião Sudoeste de Goiás, destaca-se como modelo na produção agropecuária nacional, apresentando altos índices de produtividade de soja, milho, aves e suínos (IMB, 2017). Apresenta ainda diversas agroindústrias, como a Brasil Foods (BRF), antiga Perdigão, uma das maiores indústrias de alimentos do mundo, instalada na bacia do Ribeirão das Abóboras. Essas atividades são socioeconomicamente importantes, mas quando não conduzidas com vista a sustentabilidade, podem causar impactos ambientais negativos em corpos hídricos, como a eutrofização.

A eutrofização consiste no processo de aporte de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que tem como consequência o aumento da produtividade primária nos sistemas aquáticos. Esse processo pode ser natural, resulta de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam superfície terrestre, tendo relação com a formação geológica local, ou artificial, induzida pelo homem, sendo os nutrientes de diferentes origens, como, por exemplo, esgotos domésticos, efluentes industriais e atividades agropecuárias (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008; ESTEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011).

Um dos mais importantes impactos qualitativos e quantitativos em rios, lagos e represas é o da eutrofização, que afeta, com maior ou menor intensidade, praticamente todos os ecossistemas aquáticos continentais (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008).



A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de algas, podendo causar prejuízos aos múltiplos usos dos recursos hídricos, como prejudicar o processo de captação e tratamento de água para abastecimento público (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008; VASCONCELOS, 2009; LIBÂNIO, 2010; ESTEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011; CETESB, 2016).

Determinar o estado trófico de um corpo hídrico é fundamental para obtenção de informações sobre o mesmo, uma vez que possibilita a classificação das águas em classes tróficas, sendo amplamente utilizado em diversos trabalhos de monitoramento de qualidade das águas (BARRETO et al., 2014). Estes autores destacam, ainda, que a caracterização do estado trófico de cursos d'água torna-se essencial, uma vez que permite avaliar a efetividade das ações de gerenciamento implementadas, bem como estabelecer medidas pertinentes e corretivas necessárias.

O Índice de Estado Trófico (IET), destaca Aguiar et al. (2015), auxilia na avaliação da qualidade da água perante os diversos usos do solo e permite a simplificação da divulgação dos resultados quanto aos possíveis impactos que envolvem a degradação ambiental em um dado ponto monitorado.

Dentre as variáveis estabelecidas para cálculo do IET, o fósforo total (FT) é a mais importante, pois este nutriente é, na maioria das vezes, o fator limitante para a produção primária (LAMPARELLI, 2004).

Lamparelli (2004) propôs um IET adaptado para as condições brasileiras, considerando o teor de FT (IET-FT), e tendo por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, esse índice avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por fósforo total e seu efeito relacionado ao crescimento demasiado das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. No referido índice, os resultados calculados é uma medida do potencial de eutrofização, visto que o FT é um dos nutrientes envolvidos nesse processo.

O monitoramento das águas superficiais destaca-se como um importante instrumento de gestão, independente do tamanho da bacia, possibilitando a tomada de decisão por parte dos órgãos ambientais (FIA et al., 2015). Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar os níveis de estado trófico da bacia do Ribeirão das Abóboras, usando o IET-FT proposto por Lamparelli (2004), no intuito de levantar dados para subsidiar o planejamento e a gestão ambiental desse

recurso e para servir de base para outros estudos local e em outras regiões, bem como para disponibilizar informações para a população em geral.

O Ribeirão das Abóboras é a principal fonte de abastecimento de água da população urbana do município de Rio Verde (GO), além de fornecer água para os processos produtivos da BRF e ser um dos principais afluentes do Rio São Tomás, sendo este a fonte fornecedora de água da população do município de Santa Helena de Goiás (GO). A estimativa da população rio-verdense para 2017 é de 217.048 pessoas, e a santa-helenense, de 38.743 pessoas (IBGE, 2018).

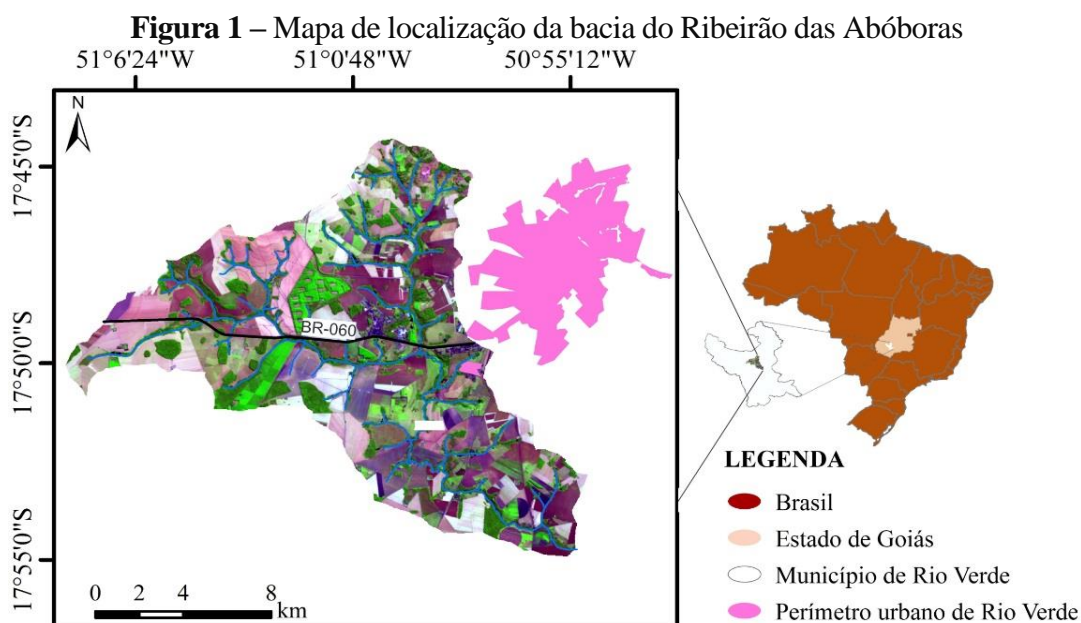
2. Material e métodos

Para melhor entender os resultados, foram levantados dados de aspectos físicos da bacia do Ribeirão das Abóboras (geologia, declividade, solos, uso da terra e cobertura vegetal), precipitação e de vazão nos pontos amostrais.

2.1 Caracterização geral da área de estudo

As bases de dados geográficos usadas nesse trabalho, para gerar produtos cartográficos (mapa geológico, geomorfológico, pedológico, de uso da terra e cobertura vegetal) e melhor caracterizar a área de estudo e entender os resultados de FT, foram disponibilizadas pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG) e pelo *United States Geological Survey* (USGS). Essas bases de dados foram processadas no software ArcGIS 10.1[®] licenciado para o Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás (UFG)/Regional Jataí.

A bacia do Ribeirão das Abóboras, com 199,10 km³, está inserida na região central do município de Rio Verde (GO), no Sudoeste de Goiás (figura 1).



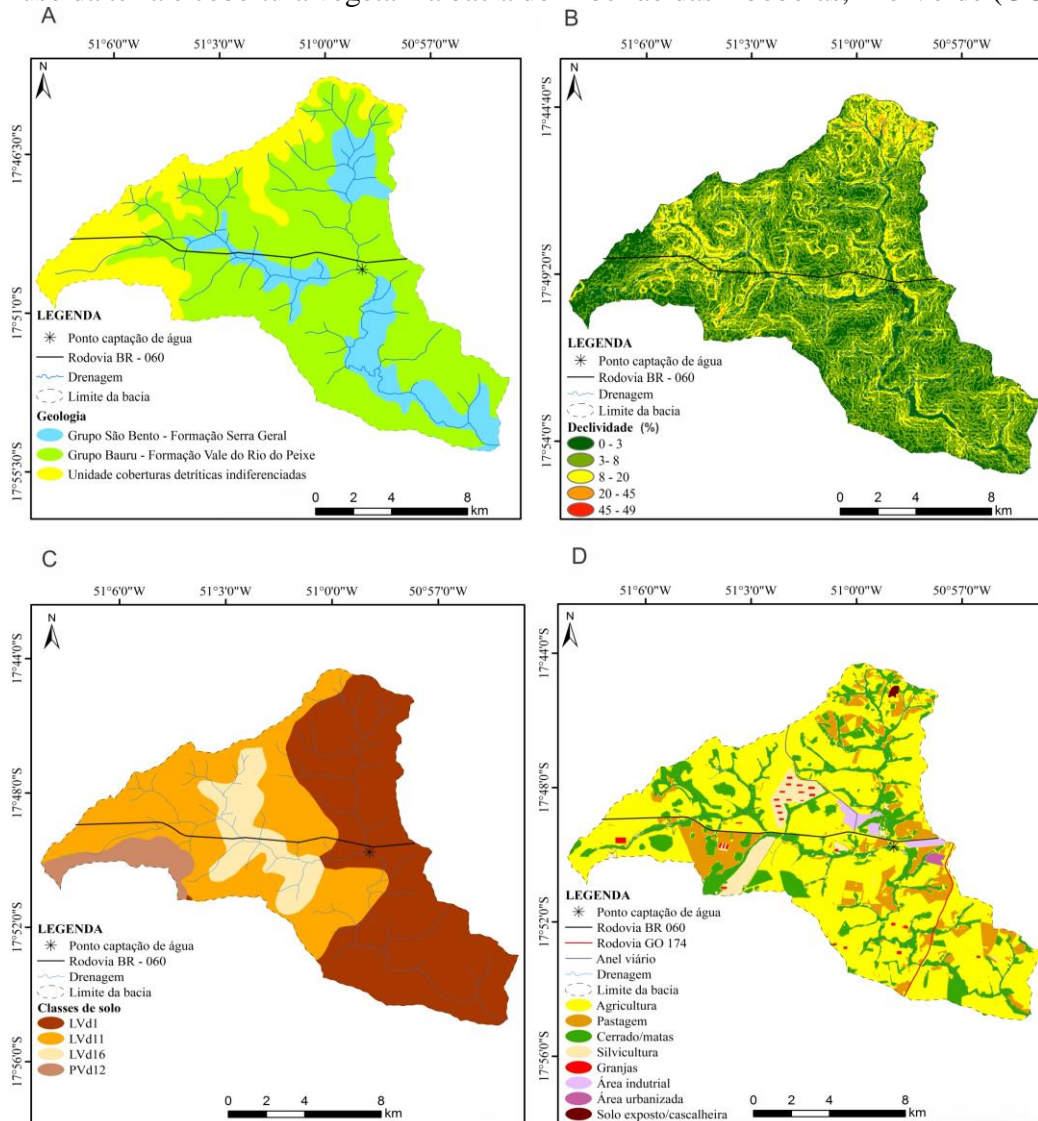
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de bases de dados geográficas disponibilizadas pelo SIEG (2018).

Conforme Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal, disponibilizado no site do SIEG (2018), a bacia do Ribeirão das Abóboras compõe as bacias hidrográficas dentro do Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo as rochas de idades que oscilam entre o Cretáceo e o Neógeno, ver figura 2, formadas por:

- Grupo Bauru - Formação Vale do Rio do Peixe, formação sedimentar, composta por arenito e argilito arenoso, representa 62,74% da área total da bacia hidrográfica;
- Coberturas detríticas indiferenciadas; formação sedimentar, composta por depósito de areia, cascalho e argila, corresponde a 19,89% da área total da bacia hidrográfica;
- Grupo São Bento - Formação Serra Geral, formação ígnea, composta por basalto e basalto andesito, representa 17,37% da área total da bacia hidrográfica.

A bacia do Ribeirão das Abóboras, conforme classificação da declividade da EMBRAPA (2013), apresenta declividade com predominância de 3-8% (suave ondulado), 53,67% da área total, seguida de 0-3% (plano), 28,39% da área total, 8-20% (ondulado), 17,32% da área total, 20-45% (forte ondulado), 0,61% da área total, e 45-49% (montanhoso), 0,01% da área total (figura 2 B).

Figura 2 - (A) Mapa geológico, (C) mapa de declividade, (B) mapa pedológico e (D) mapa do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Ribeirão das Abóboras, Rio Verde (GO)



Fonte: Elaborado pelos autores, sendo A, B e C a partir de bases de dados geográficas disponibilizadas pelo SIEG (2018), e D, a partir de imagem do ano de 2015 do satélite Landsat 8/Sensor OLI disponibilizada pelo USGS (2018).

A área de estudo apresenta as seguintes associações de solos (figura 2 C), conforme Mapa de Solos do Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba disponibilizado pelo SIEG (2018):

- Latossolo Vermelho Distrófico, horizonte A moderado ou proeminente, textura muito argilosa ou argilosa, simbologia (LVd1), corresponde a 48,39% da área total da bacia;
- Latossolo Vermelho + Latossolo Vermelho-amarelo, ambos textura argilosa + Latossolo Vermelho textura média, todos Distróficos, horizonte A moderado, simbologia (LVd11), sendo 36,21% da área de estudo;

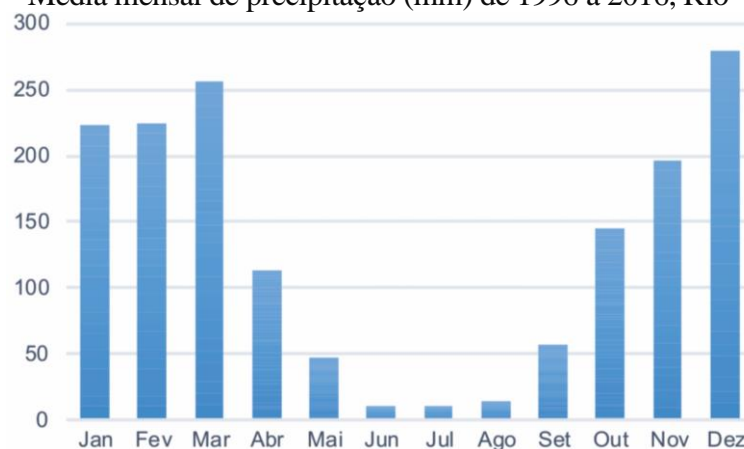
- Latossolo Vermelho + Latossolo Vermelho-amarelo, ambos textura média + Neossolo Quartzarênico, todos Distróficos e horizonte A moderado, simbologia (LVd16), equivalente a 10,80% da área total; e
- Argissolos Vermelhos Distróficos + Argissolos Vermelhos Eutróficos + Latossolos Vermelhos Distroféricos, simbologia (PVd12), menor área, 4,60% do total.

Na bacia do Ribeirão das Abóboras a área de agricultura ocupa a maior porção, 123,45 km² (62%), seguida de Cerrado/matras (galeria e ciliar), 39,03 km² (19,60%), pastagem, 23,77 km² (11,93%), eucalipto, 7,90 km² (3,97%), área industrial, 2,33 km² (1,17%), rodovias pavimentadas, 1,02 km² (0,51%), instalações de granjas, 0,85 km² (0,43%), área urbanizada, 0,50 km² (0,25%), e solo exposto, 0,25 km² (0,13%) (ALVES et al, 2016) (figura 2).

Como supracitado, a bacia do Ribeirão das Abóboras apresenta uso predominantemente agrícola, com destaque para a produção de grãos, principalmente soja, cultivada de outubro a novembro, e milho safrinha, cultivado de janeiro a abril.

O clima da região se enquadra no tipo AW, caracterizado por climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca no inverno e úmida no verão (PEEL et al., 2007). No município de Rio Verde (GO), a estação seca é de maio a setembro, e a chuvosa, de outubro a abril, sendo os maiores volumes de precipitação nos meses de janeiro a março e de novembro a dezembro, e com menores volumes, junho, julho e agosto (figura 3).

Figura 3 – Média mensal de precipitação (mm) de 1996 a 2016, Rio Verde (GO)



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados cedidos pelo BDMEP (2018).

Quanto a precipitação pluviométrica nas últimas 24 h anteriores a cada campanha: primeira campanha, 17,4 mm; segunda campanha, sem ocorrência; terceira campanha, 7,5 mm;

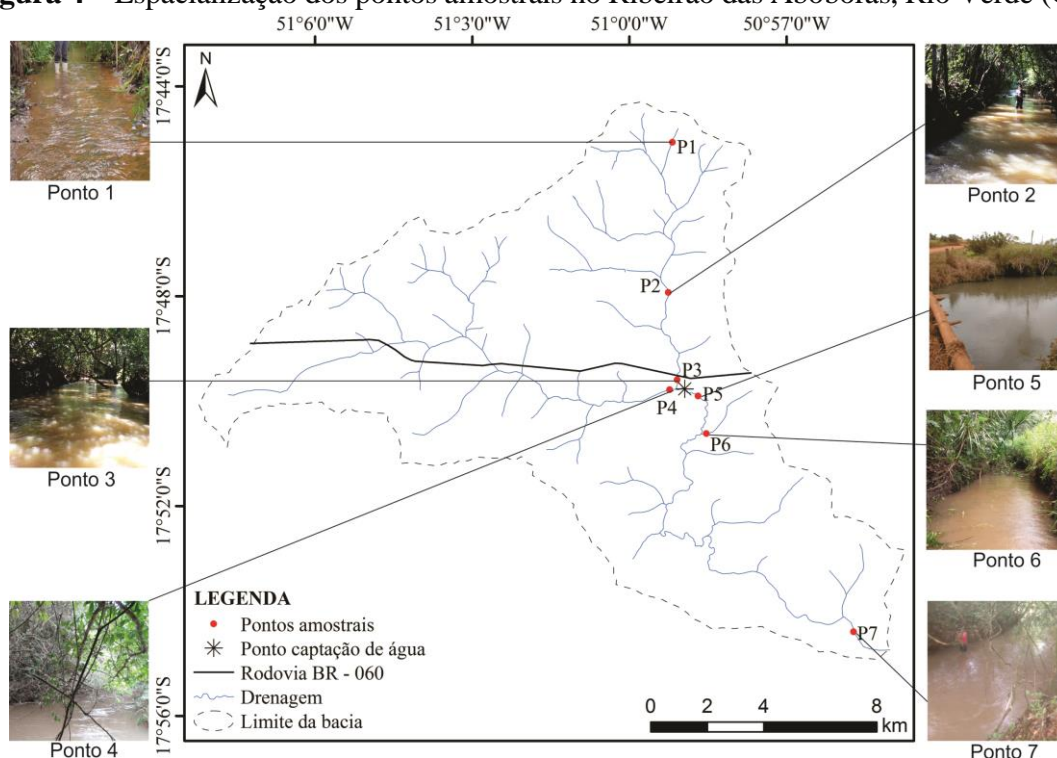
quarta campanha, 1,7 mm; quinta e sexta campanha, sem ocorrência; sétima campanha, 0,4 mm; e oitava campanha, sem ocorrência. Dados de precipitação obtidos da estação 83470 de Rio Verde (GO) e disponibilizados pelo BDMEP (2018).

2.2 Pontos amostrais

Foram planejados 7 pontos amostrais conforme NBR 9897 (ABNT, 1987), que trata do planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (figura 4; quadro 1). No quadro 1 são apresentadas as descrições desses pontos.

Foram definidos 4 pontos amostrais a montante do ponto de captação de água para o abastecimento da população urbana rio-verdense, e 3 pontos, a jusante do referido ponto de captação de água (figura 4).

Figura 4 – Espacialização dos pontos amostrais no Ribeirão das Abóboras, Rio Verde (GO)



Fonte: Mapa elaborado pelos autores a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG, (2018); fotografias: dos autores (2016).

Quadro 1 – Descrição dos pontos amostrais no Ribeirão das Abóboras, Rio Verde (GO)

Ponto	Descrição
P1	Localizado a 0,54 km da nascente principal, com coordenadas geográficas de 17°44'57,61"S/ 50°59'8,35"O, altitude de 787 m, presença de mata ciliar nas duas margens e área de contribuição coberta predominantemente por culturas anuais e pastagem (figura 2 e 4).
P2	Localizado a 6,59 km da nascente principal, a montante do setor industrial, com coordenadas geográficas de 17°47'50,16"S/ 50°59'13,55"O, altitude de 725 m, presença de mata de galeria e área de contribuição coberta predominantemente por culturas anuais (figura 2 e 4).
P3	Localizado a 9,90 km da nascente principal e a jusante do setor industrial, antes da foz do Córrego Marimbondo, principal afluente do Ribeirão das Abóboras, e 0,44 km acima do ponto de captação de água para abastecimento público, com coordenadas geográficas de 17°49'36,55"S/ 50°59'0,90"O, altitude de 701 m, presença de mata de galeria e área de contribuição coberta predominantemente por culturas anuais (figura 2 e 4).
P4	Localizado no Córrego Marimbondo, principal afluente do Ribeirão das Abóboras, distante 16,87 km de sua nascente principal, 0,02 km antes de sua foz e 0,15 km a montante do ponto de captação de água para abastecimento público, com coordenadas geográficas de 17°49'45,27"S/50°59'5,44"O, altitude de 699 m, presença de mata ciliar na margem direita, e pastagem, na margem esquerda, área de contribuição coberta predominantemente por culturas anuais e (figura 2 e 4).
P5	Localizado a 11,25 km da nascente principal, a jusante 0,11 km de onde é lançado o efluente tratado da BRF (antiga Perdigão S. A.), a montante da área urbanizada, com coordenadas geográficas de 17°49'46,05"S/50°58'54,17"O, altitude de 698 m, presença de mata ciliar na margem direita, e pastagem, na margem esquerda, área de contribuição com instalação de 19 granjas de aves e suínos de grande porte e coberta predominantemente por agricultura (figura 2 e 4).
P6	Localizado no Córrego dos Paletes, afluente do Ribeirão das Abóboras, curso hídrico dentro da microbacia na qual a área urbanizada está inserida, definido a 2,42 km de sua nascente, a jusante da área urbanizada e próximo de sua foz, com coordenadas geográficas de 17°50'38,18"S/50°58'30,92"O, altitude de 694 m, presença de mata ciliar na margem direita, e pastagem, na margem esquerda, e área de contribuição coberta predominantemente por agricultura, pastagem e área urbanizada (figura 2 e 4).
P7	Localizado a 27,66 km da nascente principal e próximo a sua foz, com coordenadas geográficas de 17°54'14,47"S/ 50°55'45,91"O, altitude de 647 m, presença de mata de galeria, área de contribuição coberta predominantemente por agricultura e apresenta os diversos usos da terra e cobertura vegetal supracitados (figura 2 e 4).

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

2.3 Vazão

Foram realizadas medições de vazão entre as seções transversais (superior e inferior, com distância de 6 m de uma para outra), definidas nos 7 pontos amostras, em todas as campanhas, conforme a metodologia do flutuador, proposta por Palhares et al (2007), para entender a influência do volume da água nos níveis de IET-PT.

As vazões foram obtidas em cada ponto amostral definindo-se o volume de água entre as seções transversais e o resultado deste volume dividido pela velocidade média de escoamento. Foram realizadas 6 repetições de medição da velocidade de escoamento, em cada ponto amostral e campanha, e calculada a média para melhor caracterizar a vazão.

O cálculo da vazão foi feito com o uso da Equação 1 (E1), conforme Palhares et al (2007):

$$Q = (A*L*C)/t \tag{E1}$$

Onde: Q é o resultado do cálculo da vazão, em m³.s⁻¹; A, a média das duas áreas molhadas (seção transversal superior e inferior), em m²; L, o comprimento da área de medição, ou seja, percorrida pelo flutuador da seção superior a seção inferior; C, o coeficiente ou fator de correção, sendo que é usado 0,8 para rios com fundo pedregoso, ou 0,9, para rios com fundo barrento; e t, o tempo, em segundos (s), que o flutuador leva para deslocar-se no comprimento definido.

Para todos os pontos amostrais foi usado o C de 0,9 nos cálculos das vazões, exceto para o P1, onde o fundo é pedregoso, sendo neste ponto as vazões determinadas com o uso do C de 0,8.

Em seguida, os volumes em m³.s⁻¹ foram convertidos para L.s⁻¹ e tabelados (Tabela 1). Nesta tabela observa-se que o volume de água do Ribeirão das Abóboras aumentou consideravelmente nas duas últimas campanhas do período chuvoso (janeiro e fevereiro), passando de 3000 L.s⁻¹ (novembro) para 6460 L.s⁻¹ (fevereiro), reflexo das maiores precipitações observadas nesses meses no município de Rio Verde (GO) (figura 3). Nota-se diminuição gradativa do volume de água a partir da 5ª campanha (junho), em decorrência das menores precipitações nesse período.

Os menores volumes e pequenas alterações nos pontos amostrais P1 e P6 são devido a menor área de contribuição dos cursos de água onde estes pontos estão localizados (tabela 1).

Tabela 1 – Vazão obtida para cada ponto amostral e campanha, no Ribeirão das Abóboras, Rio Verde (GO)

Vazão (L.s ⁻¹)				
Período chuvoso	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.
P1	40	30	50	60
P2	705	870	1.370	1.470
P3	770	1.020	1.480	1.570
P4	1.120	1.750	1.640	1.950
P5	1.880	2.780	3.120	3.520
P6	60	60	90	110
P7	3.000	3.730	6.160	6.460
Período de estiagem	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
P1	20	20	20	20
P2	420	400	390	340
P3	670	570	550	520
P4	960	950	840	790
P5	1.620	1.510	1.380	1.310
P6	30	30	30	20
P7	2.690	2.560	2.100	1.710

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).



2.4 Coleta, preservação e análise das amostras

Os frascos, de polietileno e de 1 L, para as coletas de amostras foram previamente lavados em laboratório com solução de ácido clorídrico 1:1.

As coletas das amostras foram realizadas no período chuvoso, nos dias 24 de novembro e 16 de dezembro de 2015, 30 de janeiro e 28 de fevereiro de 2016; e no período de estiagem, nos dias 24 de junho, 27 de julho, 29 de agosto e 30 de setembro de 2016.

As amostras foram preservadas em caixa térmica com gelo e levadas para o Laboratório de Águas e Efluentes do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (GO).

As coletas e a preservação das amostras seguiram os procedimentos descritos na Resolução 724/2011 da Agência Nacional de Água (BRASIL, 2011).

No laboratório supracitado, cada amostra foi dividida em 3 subamostras e quantificado o teor de fósforo FT pelo método 8190 (*phosver 3 with acid persulfate digestion*) adaptado pela *Hach Company* (HACH, 2018) de *Standart Methods For Examination of Water and Wastewater*, sendo a digestão realizada em um digestor BDR200, e a leitura, em um espectrofotômetro DR 5000. Obtidos os resultados, foi realizado o estudo do estado trófico.

2.5 Estudo do estado trófico

Os cálculos para a obtenção do IET-FT foram realizados de acordo com o índice de Lamparelli (2004) para rios, conforme a Equação 2 (E2):

$$IET-FT = 10 * (6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln PT)) / \ln 2)) - 20 \quad (E2)$$

Onde: IET-PT é o Índice de Estado Trófico para fósforo total; FT, a concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$; e ln, o logaritmo natural.

Os resultados do IET-PT foram comparados com a classificação do estado trófico para rios conforme Lamparelli (2004), ver quadro 2.

Observa-se no quadro 2 que um curso hídrico é enquadrado em uma categoria (classe) de estado trófico conforme o resultado de IET. Ainda no quadro 2 são apresentadas as características de cada uma dessas classes, podendo ser observado que quanto maior o resultado de IET, maiores poderão ser os impactos negativos aos corpos hídricos.

Quadro 2 – Valores, classes de estado trófico e características principais

Valor do IET	Classes	Características
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
$IET > 67$	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004) e CETESB (2016).

3. Resultados e discussão

Os resultados de FT são apresentados na tabela 2, e de IET, na tabela 3. Os valores de FT variaram de 40 a 4430 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Segundo a classificação de Lamparelli (2004), apresentada no quadro 2, observa-se que o IET variou de: mesotrófico ($52 < IET \leq 59$) a hipereutrófico ($IET > 67$), não apresentando os estados ultraoligotrófico ($IET < 47$) e oligotrófico ($47 < IET \leq 52$).

Nos pontos P1 e P2 nota-se que, mesmo localizados mais próximos da nascente principal, antes do setor industrial, apresentaram altos IET, podendo ser em decorrência das atividades agropecuárias e declividade mais acentuada, favoráveis ao carreamento de resíduos para o curso hídrico (figura 2 B; figura 2 D; quadro 1). Entretanto, o P1 apresentou mais ocorrência dos menores índices (tabela 3).

Tabela 2 – Valores de fósforo total obtidos no Ribeirão das Abóboras, Rio Verde (GO)

Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)					
Período chuvoso	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Média
P1	220	300	50	50	155
P2	430	270	50	50	200
P3	430	180	290	50	238
P4	320	190	50	50	153
P5	1830	910	420	350	878
P6	170	120	340	190	205
P7	540	550	420	440	488
Período de estiagem	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	
P1	180	40	50	710	243
P2	140	40	100	840	280
P3	4430	50	190	800	1368
P4	150	50	180	1370	438
P5	1110	50	880	80	530
P6	120	50	1100	50	330
P7	480	70	450	2250	813

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 3 – Índices de Estado Trófico no Ribeirão das Abóboras, Rio Verde (GO)

Índice de Estado Trófico (IET)											
Período e Ponto	Nov.		Dez.		Jan.		Fev.		Média		
	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	
Período chuvoso	P1	61,95	Eu	63,56	Super	54,26	Meso	54,26	Meso	58,51	Meso
	P2	65,43	Super	63,02	Super	54,26	Meso	54,26	Meso	59,24	Eu
	P3	65,43	Super	60,91	Eu	63,39	Super	54,26	Meso	61,00	Eu
	P4	63,90	Super	61,19	Eu	54,26	Meso	54,26	Meso	58,40	Meso
	P5	72,96	Hiper	69,33	Hiper	65,31	Super	64,37	Super	67,99	Hiper
	P6	60,61	Eu	58,81	Meso	64,21	Super	61,19	Eu	61,21	Eu
	P7	66,62	Super	66,71	Super	65,31	Super	65,55	Super	66,05	Super
Período estiagem		Jun.		Jul.		Ago.		Set.			
	P1	60,91	Eu	53,10	Meso	54,26	Meso	68,04	Hiper	58,70	Meso
	P2	59,61	Eu	53,10	Meso	57,86	Meso	68,91	Hiper	59,87	Eu
	P3	77,55	Hiper	54,26	Meso	61,19	Eu	68,66	Hiper	65,41	Super
	P4	59,96	Eu	54,26	Meso	60,91	Eu	71,45	Hiper	61,65	Eu
	P5	70,36	Hiper	54,26	Meso	69,15	Hiper	56,70	Meso	62,62	Eu
	P6	58,81	Meso	54,26	Meso	70,31	Hiper	54,26	Meso	59,41	Eu
P7	66,01	Super	56,01	Meso	65,67	Super	74,03	Hiper	65,43	Super	

Legenda: Quant.: quantitativo; Qualit.: qualitativo; Meso: mesotrófico; Eu: eutrófico; Super: supereutrófico; Hiper: hipereutrófico.

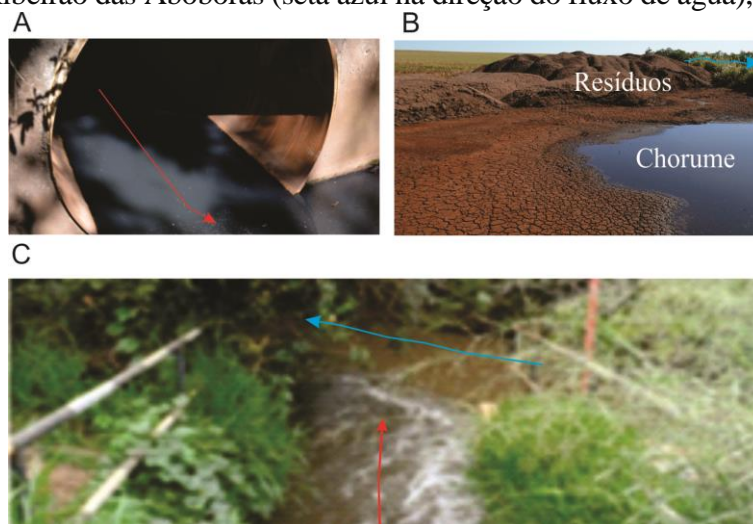
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O maior IET foi obtido para o P3, na quinta campanha (julho), sendo de 77,55 (tabela 3), tendo como possível explicação lançamentos no Ribeirão de efluentes sem tratamento (figura 5 A) oriundo do setor industrial, além de drenagem de atividades agropecuárias (figura 2 d).

Os altos índices no P4, localizado no Córrego Marimbondo, principal afluente do Ribeirão em questão, podem ser consequência da drenagem de áreas agrícolas e destinação inadequada de resíduos (figura 5 b) de granjas instaladas na área de drenagem desse ponto (figura 2 d).

Pode ser verificado que no P5, no período chuvoso, os índices variaram de supereutrófico a hipereutrófico, podendo ser consequências das fontes difusas e pontuais citadas e de lançamentos de efluentes (figura 5 c), de uma das maiores empresas de alimentos do mundo, 95 m a montante deste ponto.

Figura 5 - (A) ponto onde foram observados lançamentos de efluentes sem tratamento oriundos do setor industrial; (B) resíduos de granjas próximos à margem do Córrego Marimbondo (seta azul); (C) ponto onde são lançados os efluentes da BRF (seta vermelha na direção do fluxo do efluente) no Ribeirão das Abóboras (seta azul na direção do fluxo de água), entre o P4 e P5



Fonte: A: Alves, W. S. (2016); B e C imagens de 2017 do *Google Earth Pro*.

Observa-se, na tabela 3, que na 8ª campanha (setembro), em todos os pontos amostrais os índices obtidos são classificados como hipereutrófico (IET > 67), exceto no P5 e P6. Esses altos índices podem ser devido à menor vazão nesse dia (tabela 1), elevando a concentração de FT e, conseqüentemente, do IET. Como não ocorreu precipitação pluviométrica nas últimas 24 h anteriores a essa campanha, o aporte de fósforo pode ter origem pontual (resíduos de currais, granjas e outros). Esse baixo valor no P5 pode ter como explicação a entrada de efluentes com



melhor tratamento (ponto de lançamento entre o P4 e P5) nesse período, proporcionando mais diluição do FT no Ribeirão. E o baixo valor no P6, ponto localizado no Córrego dos Paletes, pode ser em decorrência de não ter sido carregado, nessa data, fontes de FT da área urbana (figura 2 D) para o referido Córrego.

Na 6ª campanha (julho), os índices de todos os pontos foram classificados como mesotrófico, podendo ser devido não ter sido carregados pelas águas das chuvas (sem precipitação nas últimas 24 horas) resíduos das lavouras, granjas e área urbana para os cursos hídricos e melhor tratamento dos efluentes lançados nestes canais.

Observa-se que no P7 (próximo à foz do Ribeirão), os resultados variaram de supereutrófico a hipereutrófico, exceto na sexta campanha, podendo ser em decorrência das diversas fontes difusas e pontuais de resíduos supracitadas.

Quanto às médias do estado trófico para cada ponto amostral, observa-se variação do estado eutrófico à hipereutrófico (tabela 3). Ou seja, mesmo considerando a média geral para cada ponto, os resultados são altos.

Conforme as características das classes de estado trófico descritas por Lamparelli (2004) apresentadas no quadro 2, os altos IET encontrados no Ribeirão das Abóboras são favoráveis à proliferação de algas, podendo comprometer o abastecimento público de água da população urbana de Rio Verde (GO) e de Santa Helena de Goiás (GO), além de outros usos múltiplos.

Resultados semelhantes foram observados por Alves et al. (2017) em outro estudo realizado também no Ribeirão das Abóboras, entre junho de 2012 a janeiro de 2013, em um ponto amostral localizado 30 m a montante do ponto de captação de água para abastecimento público, entre o P3 e P4, onde a água foi classificada como no estado eutrófico entre junho e dezembro de 2012, e supereutrófico, em janeiro de 2013. Os autores ressaltam que os maiores valores de IET coincidem com o período chuvoso e de intensas práticas agrícolas, como preparo do solo e altas aplicações de fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) nas lavouras de soja e milho, situação favorável ao carregamento de fósforo para o curso d'água.

Resultados semelhantes também foram constatados por Alves e Morais (2016) em estudos sobre o Córrego Barrinha, também localizado no município de Rio Verde (GO), onde obtiveram índice correspondente ao estado eutrófico e hipereutrófico. Segundo estes autores, os altos IET são em decorrência de drenagem urbana ou, possivelmente, de lançamento de esgoto rico em matéria orgânica e outras fontes de fósforo.



Nos estudos de Barreto et al. (2014), sobre o estado trófico em uma seção do Rio Catolé Grande, em Itapetinga (BA), sob diferentes níveis de vazão, também realizado em oito campanhas, o IET variou de mesotrófico a hipereutrófico, semelhante aos resultados encontrados no Ribeirão das Abóboras. Os autores ressaltam que a degradação da qualidade da água se deve às atividades agropecuárias da região, que interferem na cobertura da terra, bem como aos resíduos gerados pela população urbana, que se traduzem em fontes difusas e pontuais de poluição.

Fia et al. (2015), no estudo da qualidade da água de um sistema lótico urbano, da nascente a foz do Ribeirão Vermelho, destacam que os dados de índice de estado trófico revelam um ambiente oligotrófico a eutrófico, indicativo de maior entrada de nutrientes e consequente produção primária. Destacam, ainda, que os maiores índices podem estar associados ao excesso de esgoto. Nota-se que este autor observou valores de $47 < \text{IET} \leq 52$, menores que os obtidos no Ribeirão das Abóboras.

É notável que os constantes impactos ambientais negativos em bacias hidrográficas de intensa atividade antrópica, como a do Ribeirão das Abóboras, têm alterado significativamente a qualidade das águas utilizadas para abastecimento público e outros usos múltiplos. Conforme Andrietti et al. (2016), os usos múltiplos da água e as atividades antrópicas realizadas em uma bacia hidrográfica causam significativas alterações na qualidade dos recursos hídricos.

Tundisi et al. (2008) ressaltam que a eutrofização de rios, entre outros corpos de água, é uma das consequências dos usos excessivos de fertilizantes na agricultura, os quais, combinados com alterações de drenagem, podem aumentar consideravelmente e com rapidez os índices de estado trófico. A CETESB (2016) relata que: a matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte de fósforo; alguns efluentes industriais, como os de abatedouros e frigoríficos, apresentam fósforo em quantidades excessivas; e as águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

Os agricultores, visando garantir uma produção elevada, adicionam quantidades elevadas de nitrogênio e fósforo, frequentemente superiores à própria capacidade de assimilação dos vegetais. Com a substituição das matas por vegetais agricultáveis, o que pode causar também uma redução na capacidade de infiltração de água no solo, os nutrientes adicionados em excesso tende a escoar superficialmente pelo terreno até atingir o corpo hídrico (VON SPERLING, 2017).



Esteves e Meirelles-Pereira (2011) afirmam que a eutrofização artificial das águas continentais está relacionada com o aumento da população humana, da industrialização, do uso de fertilizantes químicos na agricultura e com a produção, desde 1945, de produtos de limpeza contendo compostos polifosfatados. Afirmam, ainda, que esses fatores resultam na liberação de nutrientes, como fosfatos e nitrogênio, estimuladores da eutrofização.

A eutrofização pode ocorrer de forma natural, quando os nutrientes são liberados por componentes da área de drenagem do corpo hídrico (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008; ESTEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011). Conforme foi apresentado, a bacia do Ribeirão das Abóboras apresenta como maior extensão geológica o Grupo Bauru – Formação Vale do Rio do Peixe. Esta formação apresenta em sua composição o arenito (figura 2 A). Segundo Mason (1971), o arenito é constituído por 0,08% de P_2O_5 (pentóxido de fósforo). Contudo, trata-se de uma concentração considerada baixa quando comparada com outras rochas, como, por exemplo, a apatita. Roeder et al. (1987) destacam que a apatita apresenta teor de fósforo variando de 34,89% (nas rochas metamórficas) a 42,35%, (nos veios hidrotermais).

A adição natural de fósforo à água é importante para o equilíbrio do ecossistema aquático. Pantano et al. (2016) afirmam que um processo, conhecido como bomba de fósforo no ambiente aquático, que promove a circulação do fosfato entre a coluna de água e os sedimentos, controla perfeitamente a produtividade primária em ecossistemas não impactados.

A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas. Grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos (CETESB, 2016).

A Resolução CONAMA 357/05 define as cianobactérias como microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (como observado no Ribeirão das Abóboras) podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde (BRASIL, 2005).

É importante ressaltar que várias espécies de algas e cianobactérias conferem sabor e odor às águas e as últimas são também produtoras de toxinas, como resultados do próprio metabolismo ou na lise celular (LIBÂNIO, 2010).



É importante ressaltar também que as toxinas produzidas por cianobactérias em florações, em condições especiais, podem levar à morte se acumuladas e ingeridas em água para consumo, sendo que os humanos são mais expostos as microcistinas pelo consumo de água contaminada ou atividades recreacionais, como a natação (FURTADO, 2007). Azevedo et al. (2002) relatam que em Caruaru (PE), em 1996, foram vitimadas mais de 50 pessoas sob tratamento por hemodiálise, devido à toxina presente na água utilizada.

Assim, são necessários planejamento, manejo e gestão mais adequados da bacia do Ribeirão das Abóboras, no intuito de evitar possíveis afloramentos de algas e comprometimento do abastecimento público e de outros usos múltiplos.

Para o controle da eutrofização, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo (CETESB, 2016). Conforme Von Sperling (2005): o controle da eutrofização, dependente da classificação do IET, pode ocorrer como medida preventiva (atuação na bacia por meio da redução das fontes externas) ou medida corretiva (processos mecânicos, químicos e biológicos); e sempre que possível, deve-se dar grande ênfase aos métodos preventivos, usualmente mais baratos e eficazes.

4. Conclusão

Neste estudo constatou-se que o Ribeirão das Abóboras apresenta valores altos para o Índice de Estado Trófico, com variação de mesotrófico a hipereutrófico, em decorrência da ação antrópica observada na sua área de drenagem, tais como descarte de efluentes urbanos, industriais e agropecuários em suas águas sem tratamento ou com tratamento inadequado, além de carreamento de resíduos agrícolas pelas águas das chuvas das áreas de atividades agropecuárias para o referido corpo hídrico.

Devido ser um curso hídrico importante para os usos múltiplos no município de Rio Verde (GO) e, ainda, ser um dos principais afluentes do Rio São Tomás, sendo este a principal fonte de abastecimento público urbano de Santa Helena de Goiás (GO), medidas de controle ambiental precisam ser implementadas na bacia do Ribeirão das Abóboras, dando ênfase aos métodos preventivos, buscando melhorar a qualidade de suas águas e, desta forma, garantir às presentes e futuras gerações desses municípios água com qualidade adequada aos usos múltiplos.

Estes resultados irão subsidiar o planejamento e a gestão desse curso d'água, além de servir de base para outros estudos, melhorando a qualidade ambiental e de vida.



5. Referências

- AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.; GOCH, Y. G. F.; GUIMARÃES, A. S. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região Amazônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 1093-1102, 2015.
- ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do Rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.
- ALVES, W. S.; SANTOS, L. N. S.; MEDEIROS, V. S.; AQUINO, D. S.; MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; PEREIRA, V. C.; MOURA, D. M. B. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde – GO, Brasil. **Geociências**, Rio Claro, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.
- ALVES, W. S.; SCOPEL, I.; MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A. Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras – Rio Verde (GO). **Geociências**, Rio Claro, v. 35, n. 4, p. 652-667, 2016.
- ALVES, W. S.; MORAIS, W. A. Qualidade e estado trófico da água do Córrego Barrinha localizado no município de Rio Verde, Sudoeste de Goiás, Brasil. **Geoambiente On-line**, Jataí, n. 26, p. 1-18, 2016.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.
- AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G.K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru – Brazil. **Toxicology**, Bethesda, v. 181, p. 441-446, 2002.
- BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Estado trófico em uma seção do Rio Catolé Grande sob diferentes níveis de vazão. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 250-260, 2014.
- BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. **Dados de precipitação de janeiro de 1996 a dezembro de 2016**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.



BRASIL. Agência Nacional de Água-ANA. Resolução n° 724, de 3 de outubro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 out. 2011. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2011/724-2011.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n° 357, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=58&data=18/03/2005>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. 2016. **Publicações e relatórios**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro - RJ: Embrapa Solos, 2013, 353 p.

ESTEVES, F. A.; MEIRELLES-PEREIRA, F. Eutrofização artificial. In: ESTEVES, F. A. (Coord.) **Fundamentos de Limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 27.

FIA, R.; TADEU, U. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 267-275, 2015.

FURTADO, A. L. F. F. **Isolamento, morfologia, análises moleculares e testes toxicológicos de cianobactérias em lagoa facultativa de sistema de estabilização (Cajati – SP)**. 2007. 155 p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos (SP), 2007.

HACH. Company/Hach Lange GmbH. **Método 8190 (PhosVer 3 with Acid Persulfate Digestion) para determinação de fósforo total**. Disponível em: <<https://www.hach.com/quick.search-download.search.jsa?keywords=8190>>. Acesso em 18 jan. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa da população brasileira em 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

IMB – Instituto Mauro Borges. **Goiás: visão geral**. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/visaogeral/index.html>>. Acesso em: 18 jan. 2018.



- LAMPARELLI M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo**: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 238 p.. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2004.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.
- MASON, B. H. **Princípios de geoquímica**. São Paulo: Editora Polígono e EDUSP, 1971. 381 p.
- PALHARES, J. C. P.; RAMOS, C.; KLEIN, J. B.; LIMA, J. M .M.; MULLER, S.; CESTONARO, T. **Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4 p.
- PANTANO G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 732-740, 2016.
- PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, Minich, v. 11, p. 1633–1644, 2007.
- PRADO, R. B.; FERREIRA, C. E. G.; BENITES, V. de M. NAUMOV, A. **Mapeamento e descrição do padrão de uso e cobertura da terra em municípios do sudoeste goiano a partir de imagens orbitais TM/Landsat-5**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 148: Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2009. 54 p.
- ROEDER, P. L.; McARTHUR, D.; MA, X. P.; PALMER, G. R.; MARIANO, A. N. Cathodoluminescence and microprobe study of rare-earth elements in apatite. **American Mineralogist**, Chantilly, v. 72, p. 801-811, 1987.
- SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. **Downloads/SIG Shapefiles**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em 18 jan. 2018.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3º ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.
- _____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 4º ed. Belo Horizonte: DESA – UFMG, 2017. 470 p.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; VON HAEILING, P. H.; FROLLINI, E. H. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 159–172, 2008.

USGS – United States Geological Survey. **EarthExplorer**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, G. J.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Avaliação da qualidade de água**. 1ª ed., Sociedade Mineira de Engenheiros Agrônomos, 2009. 322 p.