

**Índice de Estado Trófico do Riacho das Porteiras, Petrolina, PE
com base nos teores de Clorofila-a**

*Trophic State Index of Riacho das Porteiras, Petrolina, PE based on Chlorophyll-a
contentes*

*Índice de Estado Trófico de Riacho das Porteiras, Petrolina, PE baseado em conteúdo de
Clorofila-a*

Fernanda da Silva Macedo

Graduanda em Ciências Biológicas, UNIVASF, Brasil.
Fs_macedo@outlook.com

Bianca Rodrigues Santos

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Brasil.
biancarsantos5@gmail.com

Iasmin de Souza Silva

Graduanda em Ciências Biológicas, UNIVASF, Brasil.
iasminsouzabr@gmail.com

Guilherme Henrique de Lima Freitas

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Brasil.
guilherme145lima@gmail.com

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Professora Doutora, UNIVASF, Brasil.
miriam.cleide@univasf.edu.br

Resumo

A qualidade da água de um manancial influencia todo o ecossistema aquático, promovendo interferência nos sistemas de macrodrenagem das cidades, abastecimento e conservação da área; conseqüentemente acarretando impactos para os usuários. Rios e riachos no Semiárido brasileiro são, em sua maioria, irregulares, cujo fluxo de água superficial desaparece durante o período de estiagem e, em áreas urbanas integram a rede de drenagem local, além de receberem lançamentos de efluentes tratados ou não, portanto sujeitos a alterações na qualidade de suas águas. Este trabalho objetivou determinar o Índice de Estado Trófico (IET CL) das águas do Riacho das Porteiras, Petrolina, PE a partir das concentrações de clorofila-a em cinco pontos de amostragem, buscando determinar o nível de trofia dos pontos de coletas e realizar o comparativo entre os teores desse pigmento em cada um destes pontos. A partir da metodologia estabelecida por Yunes e Araújo, a qual utiliza de medições do espectrofotômetro, volume de pigmentos e volume de filtragem determinou-se a concentração de clorofila-a presente na água, diagnosticando o seu nível de eutrofização. Evidenciou-se grande aporte de nutrientes presentes em cada um dos cinco pontos citados, comprovando níveis de trofia hipereutrófica, com valores de clorofila-a em dissonância com a Resolução 357/2005 do CONAMA, corroborando elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes decorrentes das causas e efeitos do uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: Eutrofização. Ecossistemas aquáticos. Hipereutrófico.

Abstract

The water quality of a spring influences the entire aquatic ecosystem, promoting interference in the cities' macro drainage systems, supply and conservation of the area; consequently causing impacts to users. Rivers and streams in the Brazilian semi-arid region are, for the most part, irregular, whose surface water flow disappears during the dry season and, in urban areas, form part of the local drainage network, in addition to receiving discharges of treated or untreated effluents, therefore subject to changes in the quality of its waters. This work aimed to determine the Trophic State Index (TSI CL) of the waters of Riacho das Porteiras, Petrolina, PE from the chlorophyll-a concentrations in five sampling points, seeking to determine the trophic level of the collection points and carry out the comparison between the levels of this pigment in each of these points. Based on the methodology established by Yunes and Araújo, which uses spectrophotometer measurements, pigment volume and filtration volume, the concentration of chlorophyll-a present in the water was determined, diagnosing its level of eutrophication. There was evidence of a large contribution of nutrients present in each of the five mentioned points, proving hypereutrophic trophic levels, with chlorophyll-a values in dissonance with CONAMA Resolution 357/2005, corroborating high concentrations of organic matter and nutrients resulting from the causes and effects of land use and occupation.

KEYWORDS: Eutrophication. Aquatic ecosystems. Hypereutrophic.

Resumen

La calidad del agua de un manantial influye en todo el ecosistema acuático, promoviendo interferencias en los macro sistemas de drenaje de las ciudades, abastecimiento y conservación del área; consecuentemente acarreando impactos para los usuarios. Los ríos y arroyos de la región semiárida brasileña son en su mayoría irregulares, cuyo caudal superficial desaparece durante la estación seca y, en las áreas urbanas, integran la red de drenaje local, además de recibir efluentes tratados o no, por lo tanto sujetos a alteraciones en la calidad de sus aguas. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el índice de estado trófico (TSSI CL) de las aguas del Arroyo Porteiras, Petrolina, PE, a partir de las concentraciones de clorofila-a en cinco puntos de muestreo, buscando determinar el nivel trófico de los puntos de captación y realizar una comparación entre los contenidos de este pigmento en cada uno de estos puntos. A partir de la metodología establecida por Yunes y Araújo, que utiliza medidas de espectrofotómetro, volumen de pigmento y volumen de filtración, se determinó la concentración de clorofila-a presente en el agua, diagnosticando su nivel de eutrofización. Una gran cantidad de nutrientes estaba presente en cada uno de los cinco puntos mencionados, comprobando niveles de trofismo hipereutrófico, con valores de clorofila-a en disonancia con la Resolución CONAMA 357/2005, corroborando altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes provenientes de las causas y efectos del uso y ocupación del suelo.

PALABRAS CLAVE: Eutrofización. Ecossistemas acuáticos. Hipereutrófico.

1. INTRODUÇÃO

A principal característica hidrográfica da região semiárida brasileira é o caráter intermitente de seus rios. De acordo com Maltchik (1999), os corpos hídricos intermitentes estão associados ao clima semiárido, sendo essa particularidade diretamente ligada à precipitação da região, de maneira que o fluxo de água superficial desaparece durante o período de estiagem, sendo classificados como rios pequenos com possíveis áreas de inundação em períodos chuvosos (ESTEVES *et al.*, 1999).

A rede hidrográfica da RIDE (Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento) do polo Petrolina/PE-Juazeiro/BA é constituída por rios e riachos que, desde a década de 1960, possui, próximo às suas margens, o desenvolvimento de atividades relacionadas à produção energética e atividades agrícolas e agroindustriais propiciadas por infraestruturas hidráulicas construídas pelo Governo Federal (ANDRADE, 2014). O riacho das Porteiras, segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), integra o grupo de bacias de pequenos rios interiores 8 (GI8), constituído por riachos que deságuam na margem esquerda do rio São Francisco e drenam a porção sul do município de Petrolina, PE.

Tais corpos hídricos integram o sistema de macrodrenagem das áreas urbanizadas, funcionando não só como receptor de águas de chuvas, como também como receptores de efluentes, e, segundo Nigro (2017) o riacho das Porteiras, recebe lançamentos de esgotos domésticos e de resíduos agrícolas visto que percorre áreas irrigadas do Projeto Nilo Coelho.

As atividades antrópicas interferem na qualidade da água, uma vez que promove, entre outros impactos ambientais, a eutrofização dos corpos d'água, seja pelos despejos domésticos, industriais ou defensivos agrícolas (BRAGA *et al.*, 2005). A eutrofização é o enriquecimento por nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) em ecossistemas aquáticos, com crescimento excessivo de plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, que modifica a dinâmica do ecossistema aquático, provocando a diminuição da qualidade da água e, interferências nos usos do corpo d'água, e, em muitos casos, impede seu uso para consumo humano (THOMANN e MUELLER, 1987; VON SPERLING, 2005).

Um dos impactos da eutrofização é a elevação nos custos de tratamento de água, por causa da necessidade de remoção da própria alga, cor, sabor, odor, além do maior consumo de produtos químicos, lavagem mais frequentes dos filtros, e a toxicidade das algas (DI BERNARDO, 2005; VON SPERLING, 2005). Os efeitos nos consumidores estão associados à presença de compostos potencialmente tóxicos e carcinogênicos, sabor e odor desagradáveis, enfermidades gastrointestinais, irritações nos olhos ou doenças na pele (SOUSA *et al.*, 2018).

Os índices de qualidade de água são aplicados no monitoramento da qualidade das águas, sendo um instrumento de comunicação que informa ao corpo técnico e a sociedade, o nível de degradação dos corpos hídricos (CHAMBERS *et al.*, 2012), por ser uma ferramenta matemática que transforma vários parâmetros em uma única grandeza. O Índice do Estado Trófico (IET) é um índice que avalia o temporal e espacialmente o funcionamento limnológico dos corpos hídricos por meio da mensuração dos nutrientes que acarretam o crescimento elevado de algas, atribuindo uma classificação de acordo com diferentes níveis de trofia.

Sendo a clorofila a é um parâmetro de qualidade da água utilizado como indicador de biomassa algal e também considerado o principal indicador do estado trófico dos ambientes

aquáticos (VON SPERLING, 2005), o IET, obtido a partir dos teores de clorofila a (IET CL), aponta como o corpo hídrico reage ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas (CETESB, 2015). Além disso, é uma forma de registrar a influência antrópica nas bacias hidrográficas, possibilitando ações de remediação (MAIA, 2015).

Macedo *et al.* (2022) prospectando trabalhos científicos que abordam a qualidade da água em riachos localizados no Semiárido brasileiro, demonstraram que publicações na temática, embora tenham crescido com o passar dos anos, ainda há lacunas nesse ramo de estudo. De fato, Silva (2023) em estudo com o Riacho das Porteiras constatou que o riacho não se enquadra como água doce de Classe 3 em 11 dos 18 parâmetros no estudo analisados. Assim, espera-se com o estudo, do Índice de Estado Trófico da água do Riacho das Porteiras e avaliação de sua relação com o uso e ocupação do solo contribuir para a gestão dos recursos hídricos no município de Petrolina, PE.

2. OBJETIVOS

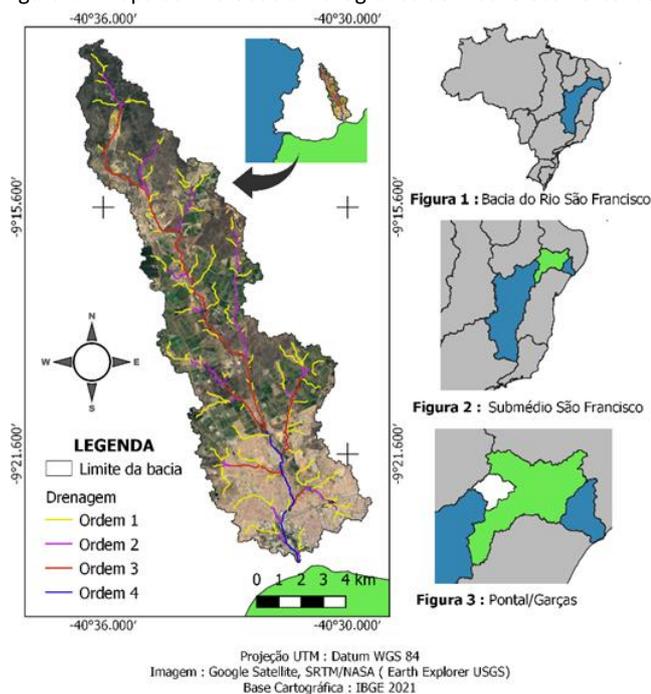
Esse estudo tem, como objetivos, obter o Índice de Estado Trófico da água do Riacho das Porteiras a partir das concentrações de clorofila-a avaliando seu teor conforme preconiza a Resolução CONAMA N° 357/05 e sua relação com o uso e ocupação do solo.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Riacho das Porteiras, afluente da margem esquerda do rio São Francisco, cuja bacia hidrográfica está totalmente inserida no município de Petrolina, PE. Possui área de drenagem de 107,12 km², inserida entre as longitudes -40°36.000' e -40°30.000' e entre as latitudes -9°21.600' e -9°15.600', conforme Figura 1.

Figura 1 - Mapa da microbacia hidrográfica do Riacho das Porteiras.



Fonte: Santos *et al.* (2022)

3.2 Definição dos pontos de amostragem

Para definição dos pontos de amostragem, definiu-se dois principais critérios: localização e influência antrópica. Quanto à localização definiu-se que todos os pontos estariam localizados no perímetro urbano da sede do município de Petrolina, exceto o primeiro ponto que deveria estar localizado na área agrícola do município. Quanto às atividades antrópicas definiu-se que os pontos deveriam estar sob influência de lançamentos de estações de tratamento de esgotos, locais densamente povoados e sua foz. Com auxílio do *Google Maps*, observou-se o curso d’água e, a partir de visitação prévia in loco, definiu-se então cinco pontos codificados conforme Quadro 1 e imagem de satélite da Figura 2.

Quadro 1 - Descrição dos pontos amostrais e coordenadas geográficas.

Ponto	Descrição	Coordenada geográfica
P1	Ponto localizado antes do perímetro urbano do município e em área agrícola do Projeto de irrigação Nilo Coelho.	S 09°18.675' W 40°31.513'
P2	Ponto receptor dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto João de Deus.	S 09°21.099' W 40°31.935'
P3	Ponto que recebe influência de duas ETEs do município.	S 09°21.739' W 40°31.506'
P4	Ponto em meio a área residencial.	S 09°22.686' W 40°31.289'
P5	Ponto que corresponde à foz do riacho situada no distrito industrial do município.	S 09°23.520' W 40°31.51'

Fonte: Autores, 2023.

Figura 2 – Imagem de satélite do Riacho das Porteiras e pontos de amostragem da água.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2022)

3.3 Coleta de amostras de águas

Considerando que o clima predominante da área do estudo é semiárido BshW (classificação climática de Köppen-Geiger), com precipitação média anual de 431,8 mm com período chuvoso se iniciando em novembro e com término em abril, definiu-se dois períodos de coleta, sendo o primeiro no período chuvoso e o segundo no período seco.

Dessa forma, a coleta de amostras da água do Riacho das Porteiras foi realizada em duas campanhas, a primeira em 27 de abril de 2022 e a segunda em 10 de outubro do mesmo ano visto a ausência de chuvas conforme dados do Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (LabMet), ambas no turno matutino.

Com auxílio de um balde plástico e funis previamente higienizados, as amostras foram coletadas e acondicionadas em garrafas de vidro âmbar de 500 mL, em seguida foram armazenadas em caixas térmicas e encaminhadas ao Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), pertencente ao domínio da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), no campus Juazeiro, onde foi realizada a determinação da concentração de clorofila-a, sendo todos os ensaios realizados em triplicata.

3.4 Determinação da concentração de clorofila-a

A metodologia empregada para determinar a concentração de clorofila *a*, foi realizada conforme o estabelecido por Yunes e Araújo, tendo como referência Mackinney (1941), Paranhos (1996) e Chorus (1999). A fim de obter os dados de clorofila-a em $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para o cálculo, utilizou-se as medições do espectrofotômetro Spectrum modelo SP-2000 UV-vis, o volume de pigmentos extraídos e o volume filtrado, conforme a Equação 1:

$$Cl\ a \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right) = \frac{27,9 \left((A_{663} - A_{750})_{\text{antes}} - (A_{663} - A_{750}) \right) * V(\text{mL}) * \text{lado da cubeta (cm)}}{V_a (\text{L})} \quad (1)$$

Em que:

Cl a: concentração de clorofila-a em $\mu\text{g.L}^{-1}$

A: absorvância em 663 e 750 nm antes da adição do ácido clorídrico;

A: absorvância em 663 e 750 nm depois da adição do ácido clorídrico;

27,9: constante da equação de Lamparelli (2004);

V : volume de metanol utilizado;

Va: volume de amostra filtrada.

3.5 Cálculo do Índice de Estado Trófico e análise dos dados

A partir da concentração de clorofila-*a*, calculou-se o Índice de Estado Trófico (IET CL) para cada ponto de coleta, segundo metodologia de Lamparelli (2004), que utiliza a Equação 2 para ambientes lóticos:

$$\text{IET (CL)} = 10 * \left(6 - \frac{(-0,7 - 0,6 * \ln (CL))}{\ln (2)} \right) - 20 \quad (2)$$

Sendo:

CL: concentração de clorofila-a em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

Ln: logaritmo natural.

3.6 Enquadramento do nível trófico

Para o enquadramento do nível trófico utilizou-se a classificação do estado trófico para rios segundo índice de Carlson (1977), adaptado de Lamparelli (2004) que o classifica em seis graus de trofia conforme descrito e sintetizado na Tabela 1:

- Ultraoligotrófico: corpo hídrico limpo, de produtividade mínima e concentrações insignificantes de nutrientes que não causam prejuízos aos usos da água;
- Oligotrófico: corpo hídrico limpo, de produtividade mínima, em que não acontece interferências indesejáveis sobre os usos da água, em razão da presença de nutrientes;
- Mesotrófico: corpo hídrico com produtividade média, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, onde, maioria dos casos, os níveis são aceitáveis;
- Eutrófico: corpo hídrico com produtividade elevada em relação às condições naturais e baixo nível de turbidez. Em geral, são afetados por ações antrópicas, que acarretam alterações indesejáveis na qualidade da água, em razão do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos seus inúmeros usos;
- Supereutrófico: corpo hídrico com produtividade elevada em relação às condições naturais, e nível de turbidez mediano. Em geral, são afetados por ações antrópicas, que acarretam frequentemente alterações indesejáveis na qualidade da água, causando crescimento de algas e interferência nos seus inúmeros usos;
- Hipereutrófico: corpo hídrico afetado consideravelmente pelas altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, a partir do uso indevido, associado ao crescimento de algas e mortalidade da vida aquática.

Tabela 1 - Níveis tróficos conforme valores de IET (CL) e concentrações de clorofila-a, Lamparelli (2004).

Nível Trófico	IET (CL)	Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET (CL)} \leq 47$	$\text{CL} \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 \leq \text{IET (CL)} \leq 52$	$1,17 \leq \text{CL} \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 \leq \text{IET (CL)} \leq 59$	$3,24 \leq \text{CL} \leq 11,03$
Eutrófico	$59 \leq \text{IET (CL)} \leq 63$	$11,03 \leq \text{CL} \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 \leq \text{IET (CL)} \leq 67$	$30,55 \leq \text{CL} \leq 69,05$
Hipereutrófico	$\text{IET (CL)} > 67$	$\text{CL} > 69,05$

Fontes: Adaptado de Lamparelli, 2004.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de clorofila-a obtidos nos cinco pontos amostrais nas duas campanhas de coleta são apresentados na Tabela 2.

As concentrações de clorofila-a variaram de $69,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $6.821,55 \mu\text{g.L}^{-1}$ na primeira campanha, já na segunda coleta, os teores de clorofila-a oscilaram entre $153,45 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $385,95 \mu\text{g.L}^{-1}$. Os pontos 1, 2 e 3 se destacaram durante o monitoramento devido a elevada quantidade desse pigmento. O ponto 5, em ambas campanhas de coleta expressou o menor valor de clorofila-a. Os valores elevados deste indicador em P1 podem estar associados a um alto teor de nutrientes presentes nesse ponto do riacho, visto que P1 está localizado em área majoritariamente agrícola, zona onde são utilizados adubos (químicos e orgânicos), prática que segundo Barreto *et al.* (2013) pode provocar o aumento de nutrientes no curso d' água, visto que esses fertilizantes são transportados para os rios e riachos por meio dos processos de drenagem e erosão das margens. A influência das áreas próximas a esse ponto de amostragem foi também relatada por Barreto (2015), afirmando que o riacho recebe águas servidas do perímetro irrigado Nilo Coelho, área com intensa atividade agrícola.

Tabela 2- Concentrações de clorofila-a nas amostras de água dos pontos do Riacho das Porteiras.

Pontos de coleta	Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) 1ª Campanha	Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) 2ª Campanha
P1	6821,55	334,8
P2	863,05	385,95
P3	1395,611	246,45
P4	185,24	283,65
P5	69,75	153,45

Fonte: Autores, 2023.

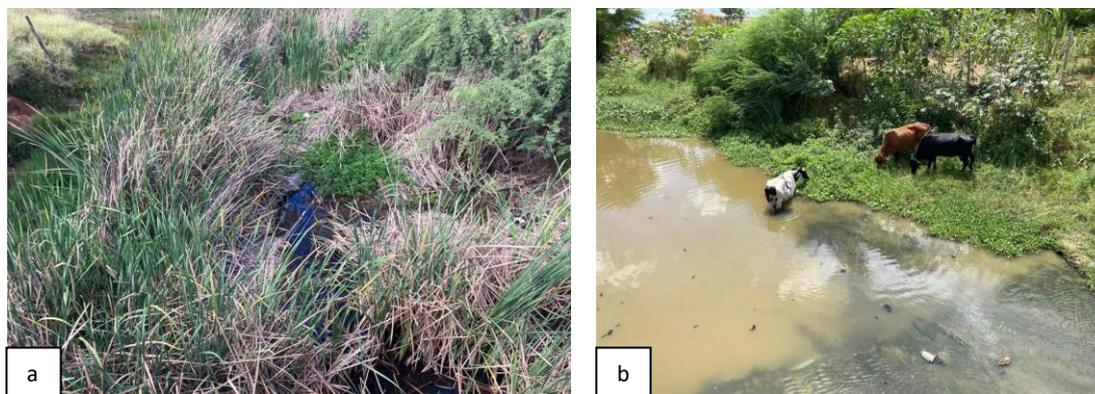
Quanto ao P2 e P3, ambos os pontos estão a jusante de estações de tratamento de esgoto, dessa forma, se tornam pontos receptores de um grande fluxo de matéria orgânica, além

da interconexão com a rede clandestina de escoamento, que despeja no riacho esgoto doméstico bruto oriundo das construções presentes em suas margens. Essa prática irregular também é percebida em P4, provocando um aumento de nutrientes nesse ecossistema aquático, principalmente de fósforo em razão da grande quantidade de detergentes superfosfatados nesse tipo de efluente (SOUSA, *et al.* 2000). Esses fatores estão em concordância com o observado por Simionatto e De Carvalho (2022), que verificaram a influência direta dos fatores antrópicos na deterioração da qualidade hídrica, por meio do recebimento de efluentes de ETEs, processos erosivos e água de drenagem urbana.

Outra possível influência é a vazão, de modo que essa característica varia ao longo do riacho e, de acordo com Canter - Lund e Lund (1995), também pode afetar os valores de clorofila-a. Conforme esses mesmos autores, a densidade das algas no ambiente aquático decorre, além de outros fatores, da velocidade da vazão, de modo que em trechos com um elevado fluxo de água a tendência é que exista uma menor densidade desses organismos pois, devido à correnteza nesses locais, não há tempo hábil para que o fitoplâncton se multiplique e reponha sua biomassa. Corroborando com a pesquisa realizada por Dodds *et al.* (2002), em que foram identificados fatores de influência na biomassa de algas em rios da América do Norte e Nova Zelândia, e se constatou que a velocidade da água se mostrou a variável mais importante quanto à interferência nesse indicador.

Durante o desenvolvimento deste estudo, foi observada, em P1, uma baixa vazão advinda não só do pequeno volume de água nesse trecho do riacho, como também pela retenção realizada pelo grande número de macrófitas no local, enquanto que o P5 possui um maior fluxo de águas advindas dos sistemas drenagem e escoamento urbano, como das ETEs e as contribuições indevidas de esgoto não tratado. A Figura 3 apresenta os dois pontos amostrais durante as coletas de abril e outubro.

Figura 3 - Pontos P1 e P5 durante a primeira e a segunda campanha de coleta.





(a) Ponto de coleta P1 em abril de 2022; (b) Ponto de coleta P5 em abril de 2022; (c) P1 em outubro de 2022; (d) P5 em outubro 2022. Fonte: Autores, 2022.

Os dados mostraram que no intervalo de cinco meses, as concentrações de clorofila-a sofreram redução nos pontos 1, 2 e 3, enquanto nos pontos 4 e 5 ocorreu o aumento desse indicador. Conforme a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que determina os valores limites para clorofila-a. O órgão estabelece que para águas doces de classe 1 as concentrações de clorofila-a não devem ultrapassar $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, para classe 2 o limite é de até $30 \mu\text{g.L}^{-1}$, e até $60 \mu\text{g.L}^{-1}$ para águas de classe 3 (BRASIL, 2005). Por ser afluente do Rio São Francisco, considerado como classe 2, o Riacho das Porteiras recebe a mesma classificação. Dessa maneira, nas duas campanhas de coleta, nenhum dos cinco pontos do Riacho das Porteiras enquadra-se nos padrões impostos pela legislação.

As elevadas concentrações desse pigmento fotossintético nos pontos amostrais do riacho podem indicar uma elevada produtividade do fitoplâncton nesse ecossistema. Consoante Souza *et al.* (2009), concentrações elevadas de clorofila-a estão presentes onde há muita disponibilidade de nutrientes inorgânicos dissolvidos. Em estudo realizado por Oliveira (2009), nos rios Lavapés, Capivara, Araquá e Pardo, no município de Botucatu, em São Paulo, os valores obtidos variaram entre $27,52 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $0,22 \mu\text{g.L}^{-1}$, concentrações consideravelmente menores do que as encontradas no Riacho das Porteiras. Em uma pesquisa realizada por Souza *et al.* (2009), em um estuário do rio Cachoeira, localizado na região nordeste brasileira, foram encontrados valores em torno de $60 \mu\text{g.L}^{-1}$. Enquanto os autores Thiemann e Kaufmann (2000) calcularam para um lago na Alemanha concentrações de clorofila-a entre 1 a $90 \mu\text{g.L}^{-1}$, Yang *et al.* (2012) descreveu valores maiores em um reservatório, variando entre 17.05 ± 1.29 e $264.54 \pm 15.37 \mu\text{g.L}^{-1}$.

A discrepância entre os valores de clorofila-a nas duas campanhas de coleta pode ser explicada com base nos fatores que influenciam a produtividade do fitoplâncton, a exemplo do acúmulo de nutrientes. De acordo com dados do LabMet da UNIVASF, coletados na Estação Meteorológica Automática em Petrolina-PE, o mês de abril de 2022 apresentou uma precipitação total de 60,0 mm sendo 84% desse volume de chuva ocorrendo entre os dias 15 e 20 de abril. Considerando que a primeira coleta ocorreu no dia 27, sete dias após as chuvas, essa campanha pode ter sofrido influência da precipitação e conseqüentemente pelo carreamento de nutrientes das áreas adjacentes ao riacho, principalmente no perímetro agrícola do Projeto de Irrigação Nilo Coelho, onde está localizado o primeiro ponto amostral do riacho (P1).

Quanto ao mês de outubro de 2022, não foram registradas precipitações antes da coleta e o volume total de chuvas no mês anterior foi de 0,2 mm. Sendo assim, para ser possível estabelecer uma relação direta entre a precipitação e os valores de clorofila-a, recomenda-se intensificar o monitoramento e avaliação da água do riacho. Visto que, ao observar os resultados obtidos por Bastos *et al.* (2005) e Souza *et al.* (2009) a clorofila-a, não obedeceu a um padrão quanto aos índices pluviométricos. Consoante o primeiro autor, as maiores concentrações de clorofila-a foram encontradas no período seco, já no segundo estudo foi observado o contrário, assemelhando-se ao obtido no Riacho das Porteiras na presente pesquisa.

Salienta-se que a precipitação pode ser um fator de influência indireta quanto à concentração da clorofila-a no meio. Conforme Silva e Bambi (2000), uma das possíveis explicações para uma menor produtividade no mês de outubro é o acúmulo de sedimentos na água devido à baixa precipitação nesse período e em meses anteriores, desse modo, ocorre uma concentração de sólidos em suspensão no meio aquático. Esses compostos dissolvidos acabam diminuindo a incidência da radiação solar no ecossistema aquático dificultando o processo fotossintético. Respalhando Whatley & Whatley (1982) que em seus estudos postulam que entre os diversos fatores externos e internos que afetam a síntese, a luz é essencial. Desse modo, os sedimentos interferem na transparência da água, acarretando, conseqüentemente, uma baixa produção de biomassa de fitoplâncton. Produzido pela adaptação da planta a diferentes condições de ambiente e a sua eficiência fotossintética na biossíntese de clorofilas.

Os valores de IET correspondentee a cada ponto de amostragem para as duas campanhas, estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3- Índice de estado trófico dos cinco pontos nas duas coletas realizadas.

Pontos de coleta	IET 1ª Campanha	IET 2ª Campanha
P1	126,51	98,08
P2	108,62	101,32
P3	112,78	95,70
P4	95,30	93,48
P5	86,84	92,14

Fonte: Autores, 2023.

Assim, conforme a classificação da Tabela 1, o nível trófico dos cinco pontos de amostragem do Riacho das Porteiras, para as coletas realizadas no mês de abril e outubro, encontra-se classificado como hipereutrófico, considerado o estado de eutrofização mais elevado pela classificação para corpos hídricos lóticos (LAMPARELLI, 2004). O estado trófico hipereutrófico, representa ambientes aquáticos afetados com maior intensidade pelo aumento de nutrientes e matéria orgânica, influenciando nos múltiplos usos da água, além de estar relacionado às florações de algas e à mortalidade de peixes. Tais resultados indicam que o Riacho das Porteiras está sujeito ao elevado aporte de cargas de nutrientes. Semelhante à avaliação temporal observada por Botelho e Tornisielo (2014), no rio Piracicaba, em que,

durante dez meses, o nível trófico permaneceu como oligotrófico, não tendo alteração no seu estado trófico.

Sendo considerado como riacho intermitente, seguindo o mapa estatístico do município na escala de 1:150.000 (IBGE, 2010), ao passar no perímetro urbano, com o recebimento de resíduos domésticos, agrícolas e/ou agroquímicos, torna-se riacho tributário perene do rio São Francisco, contribuindo assim para possível eutrofização do rio, uma vez que o riacho se encontra em estado hipereutrófico. Portanto, a qualidade da água do rio, considerado como “Nilo brasileiro”, pode, por conseguinte, ser afetada e o ecossistema aquático submetido ao desequilíbrio, como relatado por Barreto (2015).

Pesquisa desenvolvida por Silva *et al.* (2022), no referido riacho, o classificou como mesotrófico, utilizando o IET com base nas concentrações de fósforo. Em corpos hídricos em que a eutrofização encontra-se estabelecida, o estágio trófico exibido pelo índice da clorofila-a condiz com o nível trófico determinado pelo índice de fósforo. No presente trabalho, o riacho é classificado como hipereutrófico em todos os pontos, nas duas campanhas de coletas, realizadas no intervalo de cinco meses, assim, os estudos apontam a tendência no estabelecimento da eutrofização no riacho, uma vez que o nível trófico aumentou de ultraoligotrófico a mesotrófico na escala temporal e estagnou no estado trófico mais elevado.

Esse panorama de eutrofização do riacho tem como causa primária o recebimento de nutrientes advindos de cargas originárias das estações de tratamento de esgotos da cidade. Ademais, Amorim *et al.* (2022), descrevem a presença de atividades agrícolas, lançamentos e interconexões de esgoto, tubulações com lançamentos indevidos e presença de margens fortemente assoreadas no referido riacho, todos esses fatores também contribuem para a descaracterização desse ecossistema e a perda de seu equilíbrio natural. Desta maneira, constata-se, nesse trabalho, semelhanças com as conclusões de Braga *et al.* (2005), afirmando que os cursos d'água de uma bacia hidrográfica são afetados pelo uso e ocupação do solo e por contaminantes despejados nos recursos hídricos de toda a área de drenagem.

Corroborando com a descrição de Tucci (2002) acerca da ação antrópica sobre o uso e ocupação do solo na produção de impactos nos processos hidrológicos, como a alteração na qualidade da água de uma bacia hidrográfica, que, de acordo com Perazzoli (2013), são impactos referentes à quantidade de matéria orgânica e aos nutrientes presentes no meio. Isto posto, a forma de utilização dos recursos hídricos e despejos de substâncias tóxicas nos corpos d'água têm demandado constantes estudos de monitoramento e atenção dos gestores ambientais (MARQUES *et al.*, 2007).

Em um rio urbano, localizado no estado do Ceará, Gomes *et al.* (2010), relatou níveis elevados de trofia em alguns pontos do corpo hídrico. Como no presente estudo, nesses pontos, o rio encontra-se em estágio hipereutrófico. Também, em outro rio nas proximidades urbanas da região nordeste brasileira, situado no estado da Bahia, Santos *et al.* (2018) caracterizou o corpo d'água como hipereutrófico, devido ao descarte de esgotos domésticos e à entrada de efluentes industriais, como ocorre no riacho das Porteiras, demonstrando que esse tipo de lançamento indevido está atrelado ao estágio hipereutrófico em diferentes ambientes lóticos como agente causador.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, os teores de clorofila-a do riacho, não estão de acordo com a normativa da Resolução 357/2005 do CONAMA. Entre as principais causas para o aumento dos nutrientes, encontram-se as cargas originárias da área agrícola e das estações de tratamento de esgotos da cidade.

As águas do Riacho das Porteiras no trecho urbano da cidade de Petrolina, enquadram-se no nível hipereutrófico, comprometendo os múltiplos usos do corpo hídrico. Nota-se que há uma tendência na eutrofização desse curso d'água, considerando que a cada estudo efetuado em uma faixa temporal curta, o estado trófico apresenta um nível mais elevado. Sendo então um problema, já que a eutrofização afeta a qualidade da água com o encarecimento do seu tratamento. Ademais, uma vez que o riacho das Porteiras deságua no rio São Francisco, o estágio de trofia do riacho implicará na qualidade hídrica do rio.

Dessa forma, faz-se necessária a implantação de estratégias que realizem a associação do tratamento de esgotos e a redução na entrada de efluentes industriais e agrícolas, a fim de reduzir a concentração de nutrientes e matéria orgânica lançados no riacho. Por conseguinte, é essencial a realização de contínuos estudos no riacho com outros parâmetros para compreensão de um cenário completo que possibilite a formulação de planejamento e direcione as decisões por parte dos gestores públicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. L.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, M. E.; ZANELA, M. S.; VIEIRA, V. C. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.83-88, jan-fev, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/jj/cr/a/3c9tvJTGxqwlPzYSJwRBKpq/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 03 mar. 2023.

AMORIM, M. C. C.; SOUZA, S. I.; FILHO, B. P. J. L. Diagnóstico Preliminar e Qualidade da Água do Riacho das Porteiras em Trecho Urbano de Petrolina-PE. *in*: XIV ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV SRRU - Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, Brasília-DF, 2022.

ANDRADE, R. S. Competitividade territorial e federalismo na região Integrada de Desenvolvimento Econômico (RIDE) Petrolina-Juazeiro. 410f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA. 2014.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em:<http://old.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=34> Acesso em: 19 fev. 2023.

BARRETO, R. D. **Uso e Ocupação do Solo às Margens do Rio São Francisco no Município de Petrolina-PE**: impactos ambientais no canal fluvial. 110f. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. 2015.

BARRETO, V. L.; BARROS, M. F.; BONOMO, P.; ROCHA, A. F.; AMORIM, S. J. Eutrofização em Rios Brasileiros. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Jandaia, v.9, N.16; p. 2179, 2013. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>> Acesso em: 06 mar. 2023

BOTELHO, G. R.; TORNISIELO, L. V. Avaliação Espaço-temporal da Clorofila-a e do Índice de Estado Trófico no Rio Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Holos Environment**, São Paulo-SP, v. 14, n. 2, p. 124-134, 2014. Disponível em: <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/8198/6341>> Acesso em: 06 mar. 2023.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Resolução 357, de 23 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, [2005]. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfca_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 20 fev. 2023.

CANTER—LUND, H.; LUND, J.W.G. **Freshwater algae: their microscopic world explored**. Bristol: Biopress Ltd., 1995.

CETESB (2015). **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Interiores de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2015.

CHAMBERS, P.A.; MCGOLDRICK, D. J. M.; BRUA, R. B.; VIS, C.; CULP, J. M.; BENOY, G. A. Development of environmental thresholds for nitrogen and phosphorus in streams. **Revista Journal of Environmental Quality**, Estados Unidos, v. 41, n. 1, p. 7-20, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Daryl-Mcgoldrick/publication/51982911_Development_of_Environmental_Thresholds_for_Nitrogen_and_Phosphorus_in_Streams/links/5693b1c608ae820ff07277f9/Development-of-Environmental-Thresholds-for-Nitrogen-and-Phosphorus-in-Streams.pdf> Acesso em: 04 mar. 2023.

DI BERNARDO, Luiz. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento**. Rio de Janeiro: Abes, 1995.

DODDS, W. K.; SMITH, V. H.; LOHMAN, K. Nitrogen and phosphorus relationships to benthic algal biomass in temperate streams. **Revista Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 59, p. 865-874, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Walter-Dodds/publication/292130294_Nitrogen_and_phosphorus_relationships_to_benthic_algal_biomass_in_temperate_streams/links/585c142508ae329d61f2f2e7/Nitrogen-and-phosphorus-relationships-to-benthic-algal-biomass-in-temperate-streams.pdf> Acesso em: 04 mar. 2023.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1999.

GOMES, M. B. F.; PAULA, P. D. Determinação e avaliação do índice de estado trófico (IET) em rio urbano localizado no estado do Ceará, Brasil. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral-CE, v. 21, n. 2, p. 730-744, 2019. Disponível em: <<https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/487/432>> Acesso em: 04 mar. 2023.

IBGE (2010). Mapa Municipal estatístico de Petrolina-PE [mapa]. 1: 150.000. Petrolina, Pernambuco.

LABMET. Laboratório de Meteorologia, 2022. Dados climáticos. Disponível em: <http://labmet.univasf.edu.br/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 238f. Tese (Doutorado em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP. 2004.

MACEDO, F.; BRAGA, L.; AMORIM, M. C. C. Prospecção Científica sobre Estudos com Macrófitas e Qualidade da Água em Riachos. In: SEMANA DE ENSINO E EXTENSÃO DA UNIVASF, 2022, Juazeiro-BA. **Anais da Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIVASF**, 2022.

MAIA, D. A. A.; CARVALHO, L. S.; CARVALHO, T. F. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro-RJ, v. 20, p. 613-622, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/F87v3t6hY85WPRRCbTFD7cK/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 01 mar. 2023.

MALTCHIK, L. 1999. Ecologia de rios intermitentes tropicais. In POMPÊO, MLM. (Ed.) **Perspectivas da limnologia no Brasil**. São Luiz: Gráfica e Editora União. p. 77-89, 1999.

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. E.; BELTRAME FILHO, O.; PIRES, M. A. F. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Revista Química Nova**, São Paulo - SP, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/qn/a/9kHM57Rqdsd3KZ4hfjccQNB/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 04 mar. 2023.

NIGRO, M. **Dos Riachos aos Canais: o Desprezo pela Natureza na Cidade em Ambiente Semiárido no Brasil (Juazeiro-BA)**. 2017. 298f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador-BA, 2017.

OLIVEIRA, R. C. P. **Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água e do sedimento das bacias hidrográficas dos rios Lavapés, Capivara, Araquá e Pardo, município de Botucatu (SP) e região**. 184f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu - SP. 2009.

PERAZZOLI, M.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Efeitos de Cenários de Uso do Solo Sobre o Regime Hídrico e Produção de Sedimentos na Bacia do Ribeirão Concórdia - SC. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.5, p. 859-869, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rarv/a/xYmXxcSF8WshzYSsBPbG9nJ/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 12 mar. 2023.

RIBEIRO, C. P. **Análise de fatores que influenciam a proliferação de cianobactérias e algas em lagoas de estabilização**. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2007.

SANTOS, W. N.; NUNES, A. M. M.; AMORIM, M. C. C. Caracterização morfométrica de uma sub-bacia do rio

São Francisco: Riacho das Porteiras, Petrolina – PE. In: IV Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – 14 a 16 de setembro de 2022 Belo Horizonte, Minas Gerais. 2022

SILVA, M. H. **Macro drenagem Aplicada à Sustentabilidade Municipal em Cenários de Mudanças Climáticas**. Aspectos geoquímicos, hidrológicos e socioambientais. Caso da bacia do Purys, Três Rios/RJ. 169f. Dissertação (Programa De Pós-Graduação em Geociências - Geoquímica). Instituto de Química, Niterói. 2018.

SILVA, P. V.; BAMBI, P. Produção Primária do Fitoplâncton e as Relações com as Principais Variáveis Limnológicas da Baía das Pedras, Pirizal, Pantanal., MT. In: III SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL OS DESAFIOS DO NOVO MILÊNIO, 2000, Corumbá-MS. **Anais do III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal**, 2000. p.47-64.

SILVA, S. I. **Aplicação de wetlands para recuperação da qualidade da água de riachos urbanos**. 67f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE. 2023.

SILVA, S. I.; MACEDO, S. F.; CUNHA, L. D. V.; SILVA, N. L. A.; AMORIM, C. C. M. Índice de Estado Trófico da Foz do Riacho Porteiras no Município de Petrolina-PE. In: II WEB ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2022, Diamantina-MG. **Anais do Web Encontro Nacional de Engenharia Química**. 2022. p. 1-5.

SILVA, S. R. A.; DOURADO, A. A.; SANTOS, M. C. J. L.; SANTOS, G. C. R.; ROCHA, A. F. Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 20–30, 2018. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/10047>. Acesso em: 23 fev. 2023.

SIMIONATTO, H. H.; CARVALHO, L. S. Análise das Concentrações de Nitrogênio, Fósforo e Sólidos Totais Presentes na Água do Córrego do Galante-SP. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**. Palhoça-SC, v. 1, n. 2, 2022. Disponível em: <<https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/rtgs/article/view/3163/3081>> Acesso: 12 mar. 2023.

SOUSA, B.L.M.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, B. L. M.; GOCH, Y. G. F.; RIBEIRO, J. S.; PEREIRA, B. S.; LIMA, F. C. C.; LEMOS, E. J. S. Índice de Estado Trófico de Lagos de Águas Claras Associados ao Baixo Rio Tapajós, Amazônia, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, 9, 76-89, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC21796858.2018.07.0008>.

SOUSA, T. J.; HAANDEL, V. C. A.; COSENTINO, S. R. P.; GUIMARÃES, A. V. A. Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas "wetlands" construídos. *Gestão e Controle Ambiental*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, UFCG, Paraíba v.4, n.1, p. 87-91, 2000. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v4n1/087.pdf>> Acesso: 12 mar. 2023.

SOUZA, L. F. M; EÇA, F. G.; SILVA, M. A. M.; AMORIM, C. A. F.; LÔBO, P. I. Distribuição de nutrientes dissolvidos e clorofila-a no estuário do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil. **Revista Atlântica Rio Grande**, FURG, Rio Grande do Sul, v.31, n.1, p. 107-121, 2009. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/atlantica/article/view/1537>> Acesso em: 01 mar. 2023.

THIEMANN, S.; KAUFMANN, H. Determination of Chlorophyll Content and Trophic State of Lakes Using Field Spectrometer and IRS-1C Satellite Data in the Mecklenburg Lake District, Germany. **Revista Remote Sensing of Environment**, New York, v.73, n.2, p. 227-235, 2000. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425700000973>> Acesso em: 02 mar. 2023.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade da Água e ao Tratamento de Esgotos**. 3.ed. v.1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A Luz e A Vida das Plantas**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982.

YANG, J.; YU, X.; LIU, L.; ZHANG, W.; GUO, P. Algae community and trophic state of subtropical reservoirs in southeast Fujian, China. **Revista Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v.19, n.5, p. 1432-1442, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-011-0683-1>> Acesso em: 02 mar. 2023.

YUNES, J. S; ARAÚJO, E. A. C. **Protocolo para análise de clorofila-a na água**. Rio Grande do Sul: Unidade de Pesquisa em Cianobactérias da Fundação Universidade Federal de Rio Grande. [s/d].