



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO

Maraiza Bezerra Castro

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

**Porto Nacional - TO
2023**

Maraiza Bezerra Castro

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins – UFT, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, sob orientação do Prof. Dr. Fabyano Alvares Cardoso Lopes.

**Porto Nacional - TO
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

B574a Bezerra Castro, Maraiza.

Avaliação da qualidade da água do Ribeirão São João no município de Porto Nacional - TO. / Maraiza Bezerra Castro. – Porto Nacional, TO, 2023.
47 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, 2023.

Orientador: Fabyano Alvares Cardoso Lopes

1. Qualidade da água. 2. Parâmetros físico-químicos. 3. Ribeirão São João. 4. Resolução CONAMA nº 357/2005. I. Título

CDD 577

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Maraiza Bezerra Castro

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins – UFT, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, sob orientação do Prof. Dr. Fabyano Alvares Cardoso Lopes.

Data de aprovação: 03 /03 / 2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Fabyano Alvares Cardoso Lopes, UFT.

Dr. Ângelo Ricardo Balduino, IFTO.

Prof.^a. Dr.^a Solange de Fátima Lolis, UFT.

Dedico o presente estudo a minha família,
meu orientador, pelo apoio, confiança,
dedicação e pela paciência ao longo dessa
jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me amparado nos momentos mais difíceis do mestrado, não permitindo que eu desanimasse, apesar dos percalços ao longo dessa jornada.

A Universidade Federal do Tocantins (UFT), *Campus* de Porto Nacional pela oportunidade.

A CAPES, por ter disponibilizado a bolsa para que esse mestrado se tornasse possível de ser realizado.

Ao prof. Dr. Fabyano Alvares Cardoso Lopes, pela orientação, incentivo, aprendizado.

Sou grata ao meu esposo Klébson por todo carinho, dedicação, companheirismo, paciência, compreensão, por seu grande incentivo e apoio durante todo o processo da pós-graduação.

A minha mãe Rosa e meu pai Antonio por todo carinho, força, pelas orações e cuidados.

A todos da minha família, pela ajuda e confiança no decorrer do mestrado.

Sou grata aos colegas do laboratório de microbiologia, pelo apoio nas coletas.

A todos os professores e colegas do programa de pós-graduação, pelos ensinamentos e experiências. Obrigada!

RESUMO

A água é um dos recursos naturais essenciais para a vida na Terra, sendo fundamental para o desenvolvimento de processos bioquímicos e fisiológicos. O objetivo geral da pesquisa é avaliar as condições atuais da qualidade da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional -TO, por meio da determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Realizou-se quatro coletas de amostras de água, uma durante o período de seca (julho de 2021), a segunda no fim da seca (outubro de 2021), a terceira coleta no período úmido (dezembro de 2021), e a quarta no final do período úmido (maio de 2022), na região de Porto Nacional. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, concentração de fósforo, concentração de amônia e pH), e parâmetros biológicos (concentração de clorofila- α e contagem de bactéria heterotrófica). Os dados de cada coleta foram comparados entre eles por meio de ANOVA e teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Os resultados dos parâmetros analisados no estudo, a turbidez apresentou a variação média de 567,50 UNT, no ponto 7 (próximo a foz) na coleta III. A resolução 357 de 2005 CONAMA, estabelece o limite permissível de 100 UNT para água doce rios classe II. O oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo do permitido pela resolução CONAMA. O pH na terceira coleta os valores indicaram acidez (abaixo de 6) e alcalinidade (acima de 7), o CONAMA na resolução 357/2005 atribuiu limites de 6 a 9 para águas de classe II. Assim como a concentração de clorofila- α obteve-se valores inferior ao limite permissível pela resolução CONAMA, sendo até 30 $\mu\text{g/L}$. A Análise dos Componentes Principais (PCA) das quatro coletas, mostrou que a coleta III, que marca o início do período úmido na região, se manteve independente das demais. Conclusões: A variável turbidez (coleta III) está com valores acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005, esse alto valor de turbidez possivelmente esteja relacionado com a sazonalidade, pois ocorreu no período chuvoso, onde a presença de sedimentos suspensos na água é bem comum. As outras variáveis do estudo estão conforme os limites permissíveis pela legislação vigente. Assim, a realização do monitoramento das águas dos mananciais de abastecimento, cujo é o caso do ribeirão São João, principal manancial que abastece a cidade é de suma importância.

Palavras-Chave: Qualidade da água; Parâmetros físico-químicos, Ribeirão São João, Resolução CONAMA nº 357/2005.

ABSTRACT

Water is one of the essential natural resources for life on Earth, being fundamental for the development of biochemical and physiological processes. The general objective of the research is to evaluate the current conditions of the water quality of the São João stream in the municipality of Porto Nacional - TO, through the determination of physical, chemical and biological parameters. Four water samples were collected, one during the dry period (July 2021), the second at the end of the dry season (October 2021), the third collection in the wet period (December 2021), and the fourth in end of the wet period (May 2022), in the region of Porto Nacional. Physical-chemical parameters (temperature, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, phosphorus concentration, ammonia concentration and pH) and biological parameters (chlorophyll- α concentration and heterotrophic bacteria count) were evaluated. Data from each collection were compared using ANOVA and the Tukey test ($\alpha = 0.05$) in the Sisvar® statistical program. The results of the parameters analyzed in the study, turbidity showed an average variation of 567.50 UNT, at point 7 in collection III. Resolution 357 of 2005 CONAMA, establishes the permissible limit of 100 UNT for freshwater class II rivers. Dissolved oxygen showed values below those allowed by CONAMA resolution. The pH in the third collection values indicated acidity (below 6) and alkalinity (above 7), CONAMA in resolution 357/2005 assigned limits from 6 to 9 for class II waters. As well as the concentration of chlorophyll- α , values lower than the permissible limit per CONAMA resolution were obtained, being up to 30 $\mu\text{g/L}$. The Principal Component Analysis (PCA) of the four collections showed that collection III, which marks the beginning of the wet period in the region, remained independent of the others. Conclusions: The turbidity variable (collection III) has values above that allowed by CONAMA resolution 357/2005, this high turbidity value is possibly related to seasonality, as it occurred in the rainy season, when the presence of suspended sediments in the water is very common. The other variables of the study are within the limits allowed by current legislation. Thus, monitoring the water from the supply sources, which is the case of the São João stream, the main source that supplies the city, is of paramount importance.

Keywords: Water quality; Physical-chemical parameters, São João stream, CONAMA resolution n° 357/2005.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Disposição espacial dos pontos de coleta ao longo do ribeirão São João. A nomenclatura dos pontos de coleta foi baseada na direção nascente – foz. Os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 estão situados na zona rural de Porto Nacional – TO, enquanto os pontos 6 e 7 estão situados na zona urbana de Porto Nacional – TO.....**20**
- Figura 2.** Pontos de coleta ao longo do ribeirão São João durante o período de seca na região de Porto Nacional -TO. Os pontos amostrados estão situados na zona rural (ponto 1 (A), ponto 2 (B), ponto 3 (C), ponto 4 (D), ponto 5 (E) e na zona urbana (ponto 6 (F), ponto 7 (G) de Porto Nacional (TO) correspondente as Coletas I (julho de 2021) e Coleta II (outubro de 2021)**21**
- Figura 3.** Pontos de coleta ao longo do ribeirão São João durante o período úmido na região de Porto Nacional -TO. Os pontos amostrados estão situados na zona rural (ponto 1 (A), ponto 2 (B), ponto 3 (C), ponto 4 (D), ponto 5 (E) e na zona urbana (ponto 6 (F), ponto 7 (G) de Porto Nacional (TO) correspondente as Coletas III (dezembro de 2021) e Coleta IV (maio de 2022).....**22**
- Figura 4.** Ponto de coleta ao longo do ribeirão São João durante o período de seca na região de Porto Nacional -TO. As imagens A e B correspondem ao ponto 1. O ponto amostrado (Ponto 1) está situado na zona rural de Porto Nacional (TO) correspondente a Coleta II no auge da seca (outubro de 2021)**26**
- Figura 5.** Concentração de amônia ao longo do ribeirão São João - TO. As coletas foram realizadas no período de seca - Coleta I (julho de 2021) (A) e Coleta II (outubro de 2021) (B). As coletas ocorridas no período úmido - Coleta III (dezembro de 2021) (C) e Coleta IV (maio de 2022) (D) na região de Porto Nacional – TO.....**29**
- Figura 6.** Concentração de fósforo ao longo do ribeirão São João - TO. As coletas foram realizadas no período de seca - Coleta I (julho de 2021) (A) e Coleta II (outubro de 2021) (B). As coletas ocorridas no período úmido - Coleta III (dezembro de 2021) (C) e Coleta IV (maio de 2022) (D) na região de Porto Nacional – TO.....**30**
- Figura 7.** Concentração de Clorofila- α nos sete pontos ao longo do ribeirão São João. Onde a letra A corresponde a Coleta I, ocorreu no início do período de seca (julho de 2021), B Coleta II, no fim da seca (outubro de 2021), C é a Coleta III, durante o período úmido (dezembro de 2021) e D Coleta IV (maio de 2022), ocorrida no período úmido na região de Porto Nacional – TO.....**32**
- Figura 8.** Análise dos Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João durante o período de seca na região de Porto Nacional - TO. (A) Coleta I ocorrida em julho de 2021. (B) Coleta II ocorrida em outubro de 2021.....**33**
- Figura 9.** Análise dos Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João durante o período úmido na região de Porto Nacional - TO. (A) Coleta III ocorrida em dezembro de 2021. (B) Coleta IV ocorrida em maio de 2022.....**34**
- Figura 10.** Análise dos Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João de todas as coletas realizadas durante o período de seca na região de Porto Nacional - TO. Coleta I ocorrida em julho de 2021. Coleta II ocorrida em outubro de 2021. Período úmido na região de Porto Nacional - TO. Coleta III ocorrida em dezembro de 2021. Coleta IV ocorrida em maio de 2022.....**35**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geolocalização dos pontos de coleta ao longo do ribeirão São João, Porto Nacional (TO), 2021.....	20
Tabela 2: Temperatura média da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022.....	26
Tabela 3: Valores de condutividade da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022..	27
Tabela 4: Valores de turbidez da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022.	27
Tabela 5: Concentração de oxigênio dissolvido (OD) da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022.	28
Tabela 6: Valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022..	28
Tabela 7: Abundância de Bactéria Heterotrófica da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. A análise estatística ANOVA e pós teste Tukey foi realizada por coleta.	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Parâmetro de qualidade da água.....	12
1.1.1	Parâmetros físicos.....	13
1.1.2	Parâmetros químicos.....	14
1.1.3	Parâmetros biológicos.....	15
1.2	Bacia hidrográfica.....	16
1.2.1	Bacia hidrográfica do ribeirão São João.....	17
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1	Área de estudo.....	19
3.2	Coleta de amostras de água do ribeirão São João.....	22
3.3	Aferição dos parâmetros físico-químicos da água.....	23
3.4	Detecção da concentração de amônia.....	23
3.5	Contagem de bactéria heterotrófica.....	23
3.6	Extração de quantificação de clorofila-<i>a</i>.....	24
3.7	Dosagem para fósforo total.....	24
3.8	Análise de dados.....	25
4	RESULTADOS.....	26
5	DISCUSSÃO	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXOS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais cruciais para todas as formas de vida que existem no planeta Terra (WOLKMER; PIMMEL, 2013), tendo participação em vários processos físicos, químicos e biológicos, sua disponibilidade é um dos fatores fundamentais para moldar e sustentar os ecossistemas. A água está diretamente ligada à sobrevivência do homem e animais, influenciando nas condições econômicas, sociais e comunitárias, constituindo ainda, em um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população (ABRIL SALTOS et al. 2017), por exemplo, para o abastecimento de cidades (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005). Porém, mesmo sendo um bem tão essencial, há uma carência na preservação dos corpos hídricos.

Apesar da água ser uma substância bastante importante e necessária à sobrevivência na Terra, desenvolvimento e manutenção da sociedade humana, há diversas ameaças aos recursos hídricos, tendo destaque para a degradação das bacias hidrográficas, degradação da qualidade da água devido a carência de tratamento de esgoto, despejos industriais e metais pesados, há ainda, o desmatamento, que impacta na quantidade e qualidade da água (TUNDISI, 2003).

O processo de análise da qualidade da água ocorre por meio da verificação de suas características físico/químicas e biológicas, cujo estão relacionadas a diversos processos do corpo d'água e em sua bacia de drenagem (MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P, 2013). Em meio às diversas utilizações e fins para a água, a adequação do uso do recurso hídrico depende do tipo e quantidades de substâncias presentes na mesma que podem afetar o uso estabelecido ou almejado. A qualidade da água pode ser avaliada por vários parâmetros importantes na caracterização da água, a qual, a água doce está classificada em classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV. A água do ribeirão abordado neste projeto é do tipo classe II, destinada para o abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana (BRASIL, 2005).

1.1 Parâmetro de qualidade da água

Os parâmetros indicadores de qualidade da água de um sistema aquático podem ser estimados através de análises físicas, químicas e biológicas, uma vez que, a maioria desses indicadores de contaminação são provenientes do lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2017). Assim, para avaliar a qualidade dos corpos hídricos, existe a resolução 375/2005 do

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que norteia sobre os requisitos mínimos de qualidade do corpo hídrico (BRASIL, 2005).

A resolução CONAMA 357/2005 é um dos instrumentos utilizados para o monitoramento de parâmetros de qualidade estabelecendo, assim, o padrão de qualidade para a água doce, salobra e salina em todo o território nacional, na qual visa a garantia de água apropriada para consumo humano e saúde da população (BRASIL, 2005). Existem diversos parâmetros indicadores da qualidade da água, sendo que se pode destacar a temperatura, turbidez, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, fósforo total, amônia, clorofila- α e contagem de bactéria heterotrófica.

1.1.1 Parâmetros físicos

As características físicas da água consistem na identificação de parâmetros que representem a concentração de sólidos em suspensão ou dissolvidos na água, que revelem sua qualidade estética (BRASIL, 2006). Geralmente, as características físicas não significam risco direto à saúde do consumidor, mas gera certo receio, mesmo a parte microbiológica estando normal, conduzindo o consumidor a fontes alternativas menos confiáveis. Dentre os parâmetros físicos, pode-se destacar a temperatura, turbidez e condutividade elétrica.

A temperatura é um dos parâmetros de qualidade da água, que influencia diretamente os processos físicos/químicos e biológicos no corpo d'água. A temperatura mede a intensidade de calor, a elevação da mesma, impacta no aumento das taxas de reações físicas, químicas e biológicas, aumentando assim, a taxa de transferência de gases, gerando mau cheiro devido a liberação de gases com odores desagradáveis (BRASIL, 2005). Nos seres vivos, irá afetar a velocidade das reações químicas, atividades metabólicas, padrões de distribuição e comportamento.

A turbidez é descrita como a dificuldade que um feixe de luz tem em atravessar uma determinada quantidade de água, isso ocorre, devido a presença de sólidos orgânicos ou inorgânicos em suspensão. A variação da turbidez em águas superficiais está diretamente relacionada com o teor de oxigênio que se encontra dissolvido, uma vez que os sólidos suspensos dificultam a penetração dos raios solares provocando assim, uma redução na atividade fotossintética. O padrão estabelecido por BRASIL (2005) para rios e córregos de água doce de classe II dispõe um limite de turbidez correspondendo a 100 UNT (Unidade de Turbidez Nefelométrica).

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui em conduzir corrente elétrica, devido à presença de íons que se encontram dissolvidos na água, por serem partículas

carregadas eletricamente, assim, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos na água, maior será a condutividade elétrica. A resolução CONAMA 357/2005 não determina valor específico para esta variável.

1.1.2 Parâmetros químicos

A caracterização química da água se dá através da identificação dos componentes por métodos específicos de laboratório, uma vez que muitos destes componentes químicos, caso estejam acima das concentrações estabelecidas pela legislação pertinente, não devem estar presentes na água destinada ao consumo humano (BRASIL, 2006). Dentre os parâmetros químicos, pode-se destacar o potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, concentração de amônia e fósforo total.

O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio apresentando uma escala que varia de 0 a 14, no qual a acidez é indicada com valores abaixo de 7 e a alcalinidade com valores acima de 7. Compõe uma das variáveis de potabilidade do ecossistema aquático, sendo influenciado pelas taxas de fotossíntese, uma vez que essa taxa se eleva, beneficiada pelo enriquecimento da água por nitrogênio e fósforo (WETZEL, 2001), assim, o pH da água tende a aumentar, ou seja, tornar-se mais alcalino em decorrência da diminuição das concentrações de gás carbônico na água. O CONAMA na resolução 357/2005 estipulou limites de 6 a 9 para águas de classe II.

As informações resultantes da medição do oxigênio dissolvido são importantes para entender as reações químicas que ocorrem nos corpos d'água, sendo ainda, de todos os métodos químicos, um dos mais importantes para se investigar o ambiente aquático. De acordo com (PRADO, 1999), a concentração de oxigênio que se encontra dissolvido em um corpo hídrico pode ser usada como uma das variáveis para determinar a qualidade da água, uma vez que, quanto mais reduzida for a concentração de oxigênio dissolvido, pode-se dizer que, mais poluído o curso d'água se encontra, o que influencia diretamente na biodiversidade do ecossistema aquático. O padrão estabelecido pelo CONAMA na resolução 357/2005 para as águas de classe II, deve ser $\geq 5\text{mg/L}$ a concentração de oxigênio dissolvido.

Em relação a concentração de amônia, nos corpos hídricos a amônia é um elemento natural, proveniente de compostos orgânicos e inorgânicos do solo, água e excreção de seres vivos. Sendo constituinte também no esgoto sanitário, e as descargas de efluentes tão comuns em ambientes aquáticos refletem em seu equilíbrio, cujo, depende do pH, salinidade e temperatura (SILVA, 2012). O desequilíbrio nos níveis de amônia afeta a vida de peixes por exemplo, pois tem ação tóxica, aderindo-se facilmente por meio das brânquias, dificultando a

respiração e a osmorregulação do peixe (ARANA, 1997). O padrão estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para a amônia em água doce depende do pH.

Por fim, o fósforo é considerado um nutriente limitante presente em águas naturais, encontra-se sob a forma de fosfato que pode ter origem natural ou artificial. Para EMÍDIO (2012) é por meio do intemperismo e erosão das rochas que o fósforo é liberado para os ecossistemas, carreado pelo escoamento superficial da água da chuva, material particulado presente na atmosfera e resultante da decomposição de organismos de origem alóctone, e artificiais como esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (WETZEL, 2001). O acúmulo desse nutriente na água favorece o desenvolvimento de algas e macrófitas aquáticas que influencia nos processos biológicos, que em excesso, o fósforo pode causar a eutrofização das águas. É importante destacar que a resolução do CONAMA 357/2005 estabelece ainda um limite de 0,1mg/L de fósforo total de águas doces de classe II.

1.1.3 Parâmetros biológicos

No que tange à caracterização microbiológica da água, trata-se de um importante fator na determinação da qualidade desse recurso, uma vez que, a água para consumo humano, deve estar isenta de agentes patogênicos (BRASIL, 2006), bem como, ser livre de bactérias que indicam contaminação fecal. Dentro dos parâmetros biológicos, destaca-se a concentração de clorofila- α e a contagem de bactéria heterotrófica.

A concentração de clorofila- α é considerada uma importante variável biológica indicadora do estado trófico do ecossistema aquático e uma ferramenta útil na avaliação de impacto de contaminantes orgânicos e inorgânicos, sendo que indica, indiretamente, a biomassa de algas presente no corpo hídrico (OLIVEIRA, 2010). De acordo com BRASIL (2005), a resolução CONAMA 357/2005 estabeleceu padrões de qualidade para clorofila- α de águas doces, classes especial, I, II e III, havendo, assim, limites legais para a sua concentração nesses ambientes aquáticos. Sendo os valores máximos permitidos para este parâmetro 10 $\mu\text{g/L}$, 30 $\mu\text{g/L}$ e 60 $\mu\text{g/L}$ para o período de estiagem e chuva respectivamente.

Outro parâmetro biológico utilizado como indicador de qualidade da água é a contagem de bactéria heterotrófica. De uma forma geral, microrganismos dependentes de carbono orgânico como fonte de nutrição iriam se multiplicar caso esse recurso estiver disponível, com isso, informando a presença de matéria orgânica de forma indireta (LOUZADA; ESPINHEIRA; OLIVEIRA, 2019).

Assim, a análise desses parâmetros de qualidade da água são cruciais para avaliar a qualidade das águas superficiais, tornando-se elementos importantes para o diagnóstico de uma bacia hidrográfica, atuando ainda, como parâmetro indicador do uso e ocupação do solo (PIMENTA; LIMA; RIBEIRO, 2009).

1.2 Bacia hidrográfica

De acordo com CARDOSO et al. (2006), uma bacia hidrográfica é definida como sendo a distribuição de um curso d'água ou uma rede de cursos d'água, que afluem topograficamente para um único ponto de descarga, na qual se concentra todo o escoamento da vazão efluente da bacia. A formação ocorre por meio do desgaste que a água realiza no relevo de uma certa área e dos desníveis naturais dos terrenos, acarretando, assim, cursos de escoamento que vão dos pontos mais altos para os mais baixos, separados topograficamente pelos divisores de água.

As bacias de mananciais de abastecimento exigem um tratamento distinto, pois a qualidade da água bruta é dependente do modo pelo qual as atividades ali inseridas são dirigidas (ANDREOLI, 2000). Além do mais, florestas e outras formas de vegetação em seu estado natural, como as matas ciliares por exemplo, são importantes reguladoras da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (NÚÑEZ; NAHUELHUAL; OYARZÚN, 2006). De acordo com REIS (2004), a conservação da água não pode ser adquirida sem a conservação de outros recursos naturais, uma vez que, o comportamento da fase terrestre do ciclo da água reflete nas condições, usos e cobertura do terreno pela qual ela provem, havendo, portanto, uma estreita relação entre a cobertura vegetal nativa e a água.

O comportamento de uma bacia é resultante de fatores de origem tanto natural como antrópicas, nas quais as atividades humanas intervêm de forma direta e indiretamente no seu funcionamento (SANTOS et al., 2019; ZEINALZADEH; REZAEI, 2017). A cada dia que passa, as condições dos mananciais vão se agravando com a variabilidade temporal e espacial da água, causadas pela demanda mundial e o avanço da poluição hídrica cada vez mais maior. Essa realidade nos centros urbanos e rurais é ainda mais dependente, cujo, a busca por água vem crescendo nos últimos tempos (VESTENA et al. 2012). Assim, conhecer as características da qualidade da água, contribui para o conhecimento ecológico do ecossistema local, possibilitando a detecção de alterações provenientes da ação antrópica, é o caso do ribeirão São João, um manancial de grande importância para a região.

1.2.1 Bacia Hidrográfica do ribeirão São João

A bacia hidrográfica do ribeirão São João é uma das principais fontes de abastecimento da cidade de Porto Nacional - TO. Situa-se na margem direita do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, rio Tocantins, no município de Porto Nacional, região central do Estado do Tocantins, zona metropolitana de Palmas. Localizada no polígono compreendido pelas seguintes coordenadas 10°46'43" e 10°41'20" de latitude sul e 48°14'16" e 48°24'51" de longitude oeste, a bacia hidrográfica do ribeirão São João possui uma área de 82 km² (SILVA, 2010). Seu principal rio é o ribeirão São João, que dá o nome a própria bacia, está localizado no município de Porto Nacional – TO e tem sua nascente na Serra Geral e foz no rio Tocantins (represa de Lajeado), apresentando uma extensão de, aproximadamente, 18 km de toda sua extensão longitudinal.

O ribeirão São João, atualmente, é um dos principais mananciais hídricos da cidade de Porto Nacional - TO, provendo água para atividades urbanas e rurais. Entretanto, esse manancial tem sofrido crescente degradação. Diante do cenário apresentado, da possibilidade de poluentes no ribeirão São João, pelos lançamentos irregulares no seu leito, diversos usos que são dados ao solo e a bacia, são de suma importância que sejam realizadas análises da água, para mensurar os impactos gerados por esses diversos usos.

Considerando a importância e conhecimento acerca dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que influenciam na qualidade da água e sua relevância para a manutenção da biodiversidade aquática e os múltiplos usos do rio, este projeto é de grande relevância, pois busca caracterizar a qualidade da água do ribeirão São João, ao final do mesmo, espera-se obter informações contundentes acerca dos parâmetros de qualidade da água em diferentes períodos do ano. Além do exposto, com o desenvolvimento do presente projeto será possível observar impactos da urbanização ao longo da bacia hidrográfica do ribeirão São João, bem como, os pontos menos impactados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as condições atuais da qualidade da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional -TO, por meio da determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

2.2 Objetivos específicos

- Aferir os parâmetros físico-químicos da água ao longo do ribeirão São João em diferentes períodos sazonais (temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, concentração de amônia e fósforo total);
- Determinar os parâmetros biológicos (concentração de clorofila- α e contagem de bactéria heterotrófica);
- Comparar os parâmetros físicos, químicos e biológicos de pontos ao longo do ribeirão São João;
- Comparar os resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do ribeirão São João com os padrões definidos pela resolução CONAMA 357/2005.

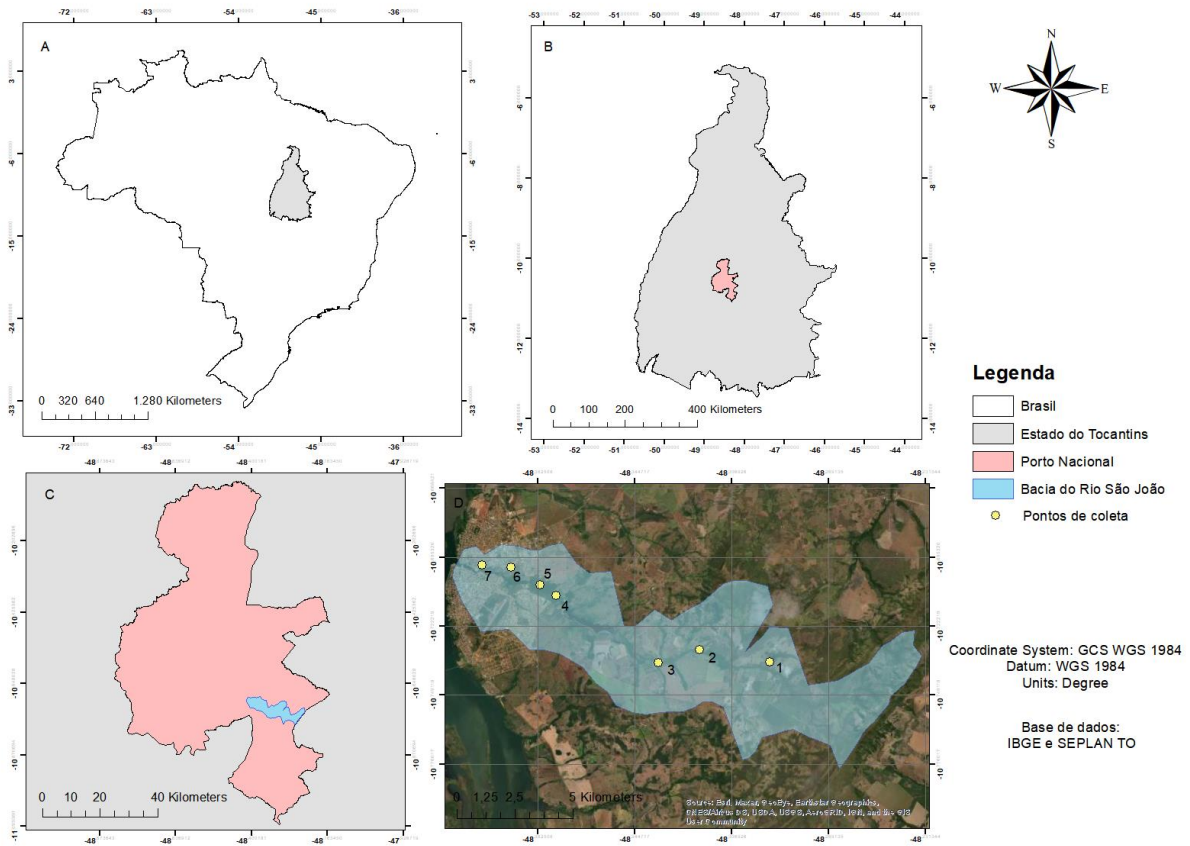
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Porto Nacional, no ribeirão São João, localizado no estado do Tocantins, apresenta um clima subúmido com duas estações bem definidas, sendo a chuvosa e a estiagem. O período de estiagem ocorre na estação do inverno (maio a setembro), na qual a deficiência hídrica é marcante, enquanto que a estação chuvosa em torno dos meses de outubro a abril (BALDUINO et al., 2018). Tendo sua nascente localizada na Serra Geral em uma altitude de aproximadamente 700 m, as águas do ribeirão São João correm no sentido Leste-Oeste e escoam longitudinalmente por 36,97 km, desaguando no reservatório Luís Eduardo Magalhães, em uma altitude de 212 m acima do nível do mar (DOURADO, 2008).

Ao longo do ribeirão São João foram demarcados sete pontos fixos (Figura 1). Os pontos foram distribuídos a cada 2 km ao longo do curso principal e em apenas os trechos lóticos. Cada ponto integrou um trecho longitudinal de 50 m no canal, onde foram coletadas amostras de água (Tabela 1). Foram realizadas quatro coletas no período de um ano, abrangendo os períodos de seca, Coleta I (julho/2021) e Coleta II (outubro/2021), e chuvoso, Coleta III (dezembro/2021) e Coleta IV (maio/2022).

Fig.1. Disposição espacial dos pontos de coleta ao longo do ribeirão São João. A nomenclatura dos pontos de coleta foi baseada na direção nascente – foz. Os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 estão situados na zona rural de Porto Nacional – TO, enquanto os pontos 6 e 7 estão situados na zona urbana de Porto Nacional – TO.



Fonte: Autora, 2023

Tabela 1: Geolocalização dos pontos de coleta ao longo do ribeirão São João, Porto Nacional (TO).

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE
1	-10,7366005	-48,2924308
2	-10,7316221	-48,3195042
3	-10,7365355	-48,3355423
4	-10,7105001	-48,3752476
5	-10,7062244	-48,3815522
6	-10,699244	-48,3929432
7	-10,6985434	-48,4043304

Fonte: Autora, 2023.

Dentre os sete pontos do ribeirão São João, cinco pontos estão localizados na zona rural de Porto Nacional (1, 2, 3, 4 e 5), enquanto dois pontos se localizam dentro da zona urbana de

Porto Nacional (6 e 7). A Figura 2, mostra os pontos de coleta durante o período da seca na região de Porto Nacional – TO.

Fig. 2. Pontos de coleta ao longo do ribeirão São João durante o período de seca na região de Porto Nacional - TO. Os pontos amostrados estão situados na zona rural (ponto 1 (A), ponto 2 (B), ponto 3 (C), ponto 4 (D), ponto 5 (E) e na zona urbana (ponto 6 (F), ponto 7 (G) de Porto Nacional (TO) correspondente as Coletas I (julho de 2021) e Coleta II (outubro de 2021).



Fonte: Autora, 2021.

A Figura 3 mostra os pontos de coleta durante o período úmido na região de Porto Nacional – TO.

Fig.3. Pontos de coleta ao longo do ribeirão São João durante o período úmido na região de Porto Nacional -TO. Os pontos amostrados estão situados na zona rural (ponto 1 (A), ponto 2 (B), ponto 3 (C), ponto 4 (D), ponto 5 (E) e na zona urbana (ponto 6 (F), ponto 7 (G) de Porto Nacional (TO) correspondente as Coletas III (dezembro de 2021) e Coleta IV (maio de 2022).



Fonte: Autora, 2022.

3.2 Coleta de amostras de água do ribeirão São João

A coleta das amostras de água do ribeirão foi realizada utilizando coletores. Segurados pela base, os coletores foram mergulhados com a abertura do pote para baixo da superfície (\pm 20 cm de profundidade). Após o mergulho do coletor, o mesmo foi levemente inclinado para cima, com a boca direcionada para a corrente.

Em cada ponto, as amostras de água foram coletadas em recipientes plásticos de 500 mL e 1 L. Por cada ponto, foram coletadas três réplicas distando, no mínimo, 10 m, sendo coletados 2 L por amostra. Logo após a coleta, as amostras foram acondicionadas em gelo e transportadas para o Laboratório de Microbiologia – UFT, *Campus* Porto Nacional, onde foram processadas e armazenadas (BAIRD *et al.*, 2017).

No período de estiagem (seca) realizou-se duas coletas nos meses de julho e outubro de 2021, enquanto que durante a estação chuvosa (úmida) na região de Porto Nacional, fez-se duas coletas, uma em dezembro de 2021 e outra em maio de 2022.

3.3 Aferição dos parâmetros físico-químico da água

A aferição dos parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido) foi realizada por meio da utilização do Medidor Multiparâmetro AK88. A turbidez da água foi aferida por meio do Turbidímetro AP 2000 IR.

3.4 Detecção da concentração de amônia

A quantificação da amônia foi realizada de acordo com BAIRD et al. (2017). Foi utilizado a solução de fenol (11,1 mL de fenol em estado líquido (89%) e 88,9 mL de 95% etanol), solução de nitroprussiato de sódio (0,5 g de nitroprussiato de sódio em 100 mL de água destilada e autoclavada), solução de citrato alcalino (200 g de citrato de sódio tribásico, 10 g hidróxido de sódio e 100 mL de água destilada e autoclavada), solução de hipoclorito de sódio (5 mL de água sanitária e 95 mL de água destilada e autoclavada) e solução de oxidação (100 mL de solução de citrato alcalino, 25 mL de solução de hipoclorito de sódio).

As reações de detecção da concentração de amônia foram realizadas em *erlenmeyers* de 50 mL em duplicatas. Cada reação consistiu na mistura de 25 mL de amostra, 1,0 mL de solução de nitroprussiato de sódio, 1,0 mL de solução fenol e 2,5 mL de solução de oxidação. Após a mistura, a amostra foi deixada em repouso por 3 h em ambiente escuro a 25°C. Após o tempo de reação, a amostra foi levada ao espectrofotômetro e lida a 630 nm.

Para a solução padrão de cloreto de amônio (140 µgN/mL), foi colocado 0,1 g de cloreto de amônio por 2 h a 100°C. Após a secagem, o sal foi levado ao dessecador, onde foi resfriado em temperatura ambiente. Ao final, 53,5 mg de cloreto de amônio foi solubilizado em 100 mL com água destilada e 100 µL de clorofórmio.

3.5 Contagem de bactéria heterotrófica

As amostras coletadas foram plaqueadas imediatamente após a chegada no laboratório de Microbiologia – UFT. Cada amostra coletada teve seis placas, uma sem diluição e as seguintes diluições: 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000 e 1/10000. A diluição seriada foi realizada inicialmente com 100 µL da amostra que foi adicionada em *ependorfs* contendo 900 µL de água autoclavada (1/10). Após a adição e homogeneização, 100 µL da diluição foi adicionada em outro *ependorfs* contendo 900 µL de água autoclavada (1/100) e assim sucessivamente. O meio de cultura utilizado no plaqueamento foi o *Plate count agar* (PCA) [Caseína de peptona (0,5%), extrato de levedura (0,25%), D-glicose (0,1%), ágar (2,0%)], sendo que 50µL da amostra ou da diluição foi semeada pelo método *Spread Plate* com auxílio de uma alça de

Drigalsky. Para a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC), as placas foram colocadas em uma temperatura de 35°C por 48 h.

3.6 Extração e quantificação de clorofila- α

A extração da clorofila- α foi realizada seguindo protocolo de (WOOD, 1985), utilizando clorofórmio-metanol (2:1). O processamento das amostras foi realizado imediatamente após a chegada no laboratório de Microbiologia - UFT. As amostras de água coletadas foram processadas em filtração a vácuo, utilizando uma membrana de microfibras de vidro com poro de 1 μ m (Microfiltro fibra de vidro. GF-1 47 mm) e um sistema de filtração em vidro. O volume de amostra filtrado foi variável, pois depende da saturação do filtro, sendo que o volume mínimo filtrado foi de 400 mL e o volume máximo filtrado foi de 1000 mL da amostra).

Em ambiente de penumbra, os filtros e a solução clorofórmio:metanol foram levados a capela, onde os filtros foram enrolados com a pinça e colocados em frasco *hach* (frasco de vidro rosqueado). Em seguida, foi adicionado 10 mL da solução clorofórmio:metanol no frasco com os filtros. Após a adição da solução de fenol:clorofórmio, os frascos foram mantidos em ambiente escuro por 4 h. Após esse tempo, as amostras foram levadas para a leitura no espectrofotômetro e lidas a 665 nm e 750 nm. Para a quantificação da clorofila- α , foi utilizada a seguinte equação: Clorofila- α (μ g/L) = P x (A₆₆₅ - A₇₅₀) x 100 x V/S x PL, onde P = constante de proporcionalidade derivada do coeficiente de extinção (13,2 mg.cm/L), V = volume do extrato de reação do clorofórmio com o filtro (10 mL), S = volume da amostra filtrada (mL), PL = comprimento óptico da cubeta (1 cm).

3.7 Dosagem para fósforo total

A dosagem do fósforo total foi definida através do procedimento delineado por MACKERTH (1978). Foram preparados os reagentes (A) tartarato de antimônio e potássio (0,85 g em 200 mL de H₂O), (B) molibdato de amônia (15 g paramolibdato de amônio em 400 mL de H₂O), (C) ácido sulfúrico diluído (175 mL em 1000 mL de H₂O). Após o preparo das soluções, essas foram misturadas na ordem A+B+C, gerando a solução mista D de volume 2000 mL. O (E) ácido ascórbico foi preparado na hora da análise (2,7 g de ácido ascórbico em 50 mL de H₂O). O reagente misto F foi realizado a partir da mistura da solução D + E na proporção 4:1 (200 mL da solução D e 50 mL da solução E). Como padrão, foi realizada uma solução de estoque de fosfato monobásico de potássio (KH₂PO₄) 40 mg/L (0,1757 g de KH₂PO₄ anidro em

H₂O, 2,5 mL de ácido sulfúrico 1:1, 0,5 mL de clorofórmio e volume completado em balão volumétrico de 1000 mL com H₂O).

O procedimento de análise foi em duplicata com 30 mL de amostra. Em cada tubo, foi adicionado 3,0 mL da solução saturada de persulfato de potássio preparada na hora (200 mL de H₂O e persulfato de potássio até saturar). Os tubos foram agitados e autoclavados a 120°C e 1 atm de pressão por 40 minutos. Após resfriar a temperatura ambiente (25°C), foram adicionados 3,0 mL de reagente misto F seguido de agitação e repouso por 30 minutos. Por fim, as amostras foram lidas a 882 nm em espectrofotômetro a 882 nm.

3.8 Análise de dados

Para análise dos dados foi ANOVA. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada a partir dos parâmetros físico-químico e biológico, baseados em uma matriz de correlação de Pearson por meio do software PAST 4.04 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4 RESULTADOS

Verificou-se que nas quatro coletas em estudo, a temperatura média mais elevada foi na Coleta I com 26°C no Ponto 4 (Tabela 2). A temperatura mínima foi de 22,40 °C no P2. Na Coleta II, é possível notar que a maior temperatura foi de 28,73°C no P7 e temperatura mínima foi encontrada no P2 e P3. É importante ressaltar que na Coleta II, o Ponto 1 não possui dados, pois o mesmo se encontrava sem água, o que impossibilitou realizar a coleta e consequentemente obter os dados para este ponto em questão (Figura 4).

Fig. 4. Ponto de coleta ao longo do ribeirão São João durante o período de seca na região de Porto Nacional -TO. As imagens A e B correspondem ao ponto 1. O ponto amostrado (Ponto 1) está situado na zona rural de Porto Nacional (TO) correspondente a Coleta II no auge da seca (outubro de 2021).



Fonte: Autora, 2021.

Na Coleta III, nota-se que a temperatura média máxima foi de 37°C no P4, a temperatura mínima foi nos Pontos 1, 2, 3 e 7 ($\pm 25,35^\circ\text{C}$). Na Coleta IV, a maior variação da temperatura foi de 27,37°C no P7 e 26,97°C no P4, a temperatura mínima foi no Ponto 1, 2 e 3 ($\pm 24,45^\circ\text{C}$).

Tabela 2: Temperatura média da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

PONTOS	TEMPERATURA (°C)			
	Coleta I (Julho/2021)	Coleta II (Outubro/2021)	Coleta III (Dezembro/2021)	Coleta IV (Maio/2022)
1	23,15 \pm 0,21 a1	---	25,30 \pm 0,17 a1	24,43 \pm 0,15 a1
2	22,40 \pm 0,14 a1	24,63 \pm 0,25a1	25,43 \pm 0,15 a1	24,57 \pm 0,23 a1
3	22,70 \pm 0,28 a1	24,97 \pm 0,21 a1	25,33 \pm 0,16 a1	24,80 \pm 0,00 a1
4	26,00 \pm 0,14 a4	27,77 \pm 0,25 a4	37,00 \pm 17,32 a3	26,97 \pm 0,15 a3
5	24,95 \pm 0,21 a2a3	27,07 \pm 0,12 a3	26,50 \pm 0,35 a2	26,30 \pm 0,10 a2
6	24,45 \pm 0,21 a2	26,17 \pm 0,12 a2	26,17 \pm 0,12 a2	25,93 \pm 0,06 a2
7	25,55 \pm 0,07 a3a4	28,73 \pm 0,15 a5	25,37 \pm 0,15 a1	27,37 \pm 0,50 a3

Fonte: Autora, 2023.

Analisando a condutividade elétrica (Tabela 3), é possível observar que na Coleta I a maior média de condutividade foi de 53,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P7. Na Coleta II, a maior média de

condutividade também foi no Ponto 7 com 57,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e menor média foram nos Pontos 4 e 5. Na Coleta III, a maior média de condutividade apresentada foi de 27,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P2. Na Coleta IV, a maior média de condutividade foi de 58,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P7, enquanto que nos pontos 2, 3, 4 e 5 a condutividade foi menor.

Tabela 3: Valores de condutividade da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

PONTOS	CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	Coleta I (Julho/2021)	Coleta II (Outubro/2021)	Coleta III (Dezembro/2021)	Coleta IV (Maio/2022)
1	13,70 \pm 0,28 a3	---	22,67 \pm 2,11 a4	22,30 \pm 0,06 a1a2
2	11,75 \pm 0,07 a1a2a3	10,73 \pm 0,06 a2	27,70 \pm 0,10 a5	19,23 \pm 0,46 a1
3	10,35 \pm 0,49 a1a2	10,57 \pm 0,12 a2	21,23 \pm 0,47 a3a4	17,57 \pm 0,72 a1
4	10,25 \pm 0,49 a1	9,13 \pm 0,23 a1	20,23 \pm 0,06 a1a2	15,43 \pm 0,45 a1
5	10,35 \pm 0,35 a1a2	9,10 \pm 0,00 a1	19,73 \pm 0,06 a1	17,07 \pm 2,12 a1
6	12,60 \pm 0,85 a2a3	11,40 \pm 0,10 a3	20,53 \pm 0,06 a2a3	46,73 \pm 24,12 a2a3
7	53,05 \pm 0,92 a4	57,23 \pm 0,38 a4	20,80 \pm 0,56 a2a3a4	58,10 \pm 1,91 a3

Fonte: Autora, 2023.

Em relação a turbidez (Tabela 4), na Coleta I, a maior média do parâmetro turbidez foi de 43,70 UNT em P1. Na Coleta II, a maior média de turbidez foi de 22,45 UNT no P2. Na Coleta III, a maior variação da média de turbidez ocorreu no P7 com 567,50 UNT. Na Coleta IV, a menor média no P7 com 17,13 UNT, enquanto os demais pontos apresentaram valores semelhantes (\pm 30 UNT).

Tabela 4: Valores de turbidez da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

PONTOS	TURBIDEZ (UNT)			
	Coleta I (Julho/2021)	Coleta II (Outubro/2021)	Coleta III (Dezembro/2021)	Coleta IV (Maio/2022)
1	43,70 \pm 1,41 a2	---	238,83 \pm 6,37 a3	36,52 \pm 5,07 a2
2	18,35 \pm 8,98 a1	22,45 \pm 1,53 a4	277,33 \pm 30,00 a4	31,15 \pm 1,89 a2
3	5,56 \pm 0,23 a1	19,68 \pm 1,03a2a3a4	198,23 \pm 18,01 a2a3	31,77 \pm 1,98 a2
4	9,46 \pm 1,55 a1	18,53 \pm 1,45 a2a3	85,20 \pm 1,92 a1	34,10 \pm 0,45 a2
5	7,89 \pm 0,87 a1	17,23 \pm 0,42 a1a2	122,50 \pm 2,78 a1	33,63 \pm 1,27 a2
6	6,19 \pm 0,47 a1	15,20 \pm 1,21 a1	181,67 \pm 2,84 a2	30,70 \pm 0,59 a2
7	14,00 \pm 11,10 a1	20,70 \pm 0,25 a3a4	567,50 \pm 32,91 a5	17,13 \pm 3,87 a1

Fonte: Autora, 2023.

Em relação ao oxigênio dissolvido (OD) (Tabela 5), na Coleta I, não houve diferença entre os pontos coletados. Na Coleta II, os menores valores apresentados foram 3,77mg/L, no

P2, e 4,03mg/L, P3. Na Coleta III, a maior média de OD foi de 11,83mg/L no P7. Na Coleta IV, a maior concentração de OD foi de 8,30mg/L, no P1, enquanto que a menor concentração de OD se deu em P4 e P5 ($\pm 6,30$ mg/L).

Tabela 5: Concentração de oxigênio dissolvido (OD) da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

PONTOS	OXIGENIO DISSOLVIDO (mg/L)			
	Coleta I (Julho/2021)	Coleta II (Outubro/2021)	Coleta III (Dezembro/2021)	Coleta IV (Maio/2022)
1	6,90 \pm 0,85 a1	---	8,33 \pm 0,31 a1	8,30 \pm 0,46 a2
2	6,50 \pm 0,00 a1	3,77 \pm 0,06 a1	8,00 \pm 0,44 a1	7,47 \pm 0,67 a1a2
3	5,90 \pm 0,85 a1	4,03 \pm 0,35 a1	7,83 \pm 0,67 a1	7,57 \pm 0,47 a1a2
4	5,50 \pm 0,14 a1	6,40 \pm 0,61 a2	7,87 \pm 0,59 a1	6,40 \pm 0,20 a1
5	5,65 \pm 0,07 a1	5,83 \pm 0,25 a2	8,10 \pm 1,04 a1	6,73 \pm 0,85 a1
6	6,47 \pm 0,09 a1	6,23 \pm 0,29 a2	6,83 \pm 0,50 a1	7,03 \pm 0,29 a1a2
7	6,00 \pm 0,00 a1	5,83 \pm 0,31 a2	11,83 \pm 1,86 a2	6,97 \pm 0,12 a1a2

Fonte: Autora, 2023.

Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), na Coleta I, o maior valor de pH foi 7,51 em P7 e o menor valor foi 5,37 em P5. Na Coleta II, não houve diferença do valor de pH entre os pontos amostrados. A Coleta III mostra que a maior variação da média de pH foi 6,50 em P1. Por último, o maior valor de pH registrado na Coleta IV foi no Ponto 7 (9,59).

Tabela 6: Valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

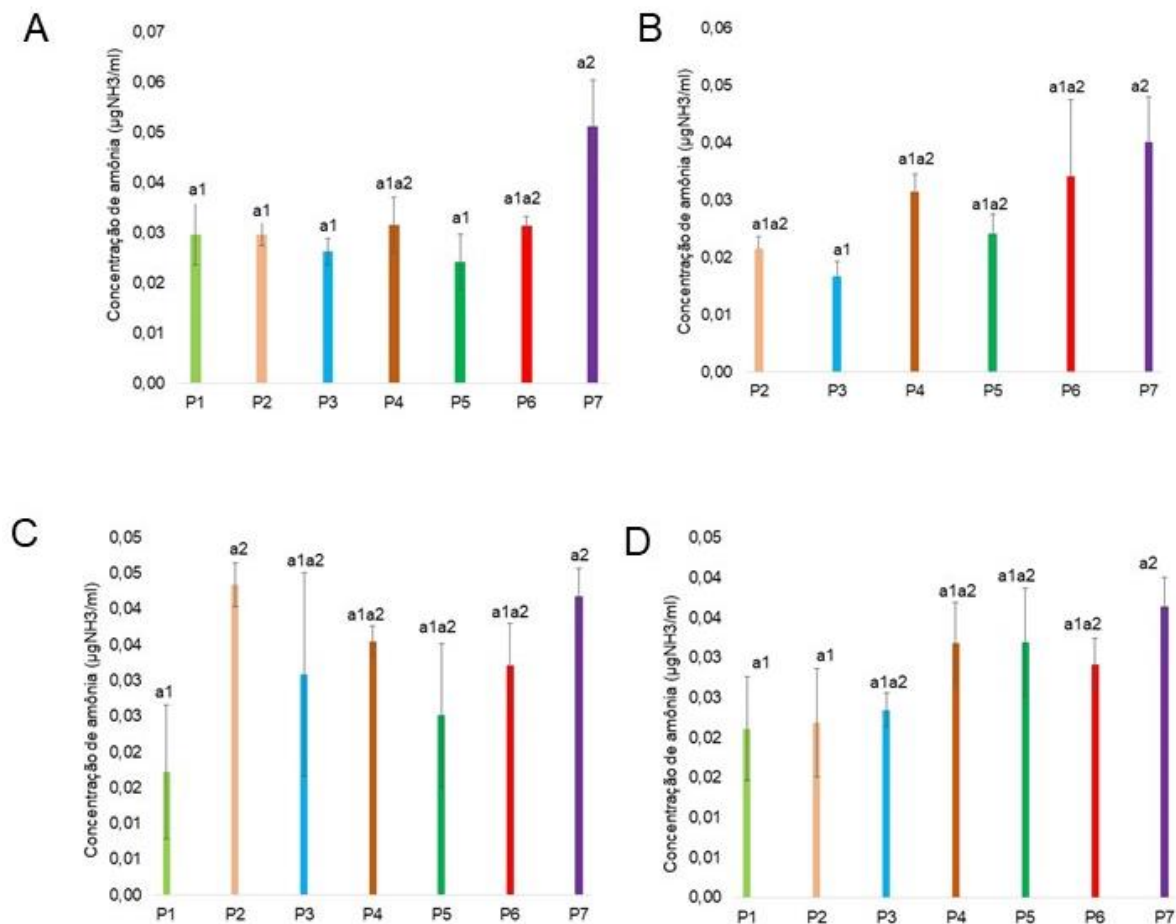
PONTOS	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO			
	Coleta I (Julho/2021)	Coleta II (Outubro/2021)	Coleta III (Dezembro/2021)	Coleta IV (Maio/2022)
1	6,47 \pm 0,11 a2a3	---	6,50 \pm 0,12 a3	7,99 \pm 0,18 a1a2
2	6,63 \pm 0,18 a3a4	5,75 \pm 0,67 a1	5,98 \pm 0,02 a2	7,74 \pm 0,18 a1
3	6,38 \pm 0,28 a2a3	5,83 \pm 0,79 a1	5,73 \pm 0,06 a1a2	8,01 \pm 0,43 a1a2
4	5,91 \pm 0,20 a1a2a3	6,67 \pm 0,96 a1	5,44 \pm 0,09 a1	7,37 \pm 0,12 a1
5	5,37 \pm 0,27 a1	5,78 \pm 0,22 a1	5,45 \pm 0,08 a1	7,80 \pm 0,28 a1a2
6	5,64 \pm 0,30 a1a2	5,94 \pm 0,29 a1	5,80 \pm 0,35 a1a2	8,91 \pm 0,87 a2a3
7	7,51 \pm 0,23 a4	6,93 \pm 0,16 a1	5,91 \pm 0,18 a2	9,59 \pm 0,11 a3

Fonte: Autora, 2023.

A concentração de amônia das amostras do ribeirão São João, região de Porto Nacional – TO estão na figura 5. Na Coleta I (Figura 5 A), que ocorreu durante o período de seca (estiagem), a maior concentração foi encontrada no P7 (0,051 μ gNH₃/ml), em P1, P2, P3 e P4 a concentração de amônia foi $\pm 0,024$ μ gNH₃/ml. Na Coleta II (Figura 5 B), a maior concentração

foi encontrada no P7 (0,040 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$), a menor concentração foi de 0,017 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$ em P3, ocorrida durante o período de estiagem na região. Na Coleta III (Figura 5 C), realizada no período úmido, a maior concentração de amônia foi de 0,043 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$ e 0,042 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$ em P2 e P7 respectivamente. A menor concentração de amônia foi no P1, com 0,017 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$. Na Coleta IV (Figura 5 D), que ocorreu no período úmido da região, a maior concentração de amônia foi de 0,036 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$ em P7 e a menor concentração de amônia foi em P1 (0,021 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$) e P2 (0,022 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$).

Fig. 5. Concentração de amônia ao longo do ribeirão São João - TO. As coletas foram realizadas no período de seca - Coleta I (julho de 2021) (A) e Coleta II (outubro de 2021) (B). As coletas ocorridas no período úmido - Coleta III (dezembro de 2021) (C) e Coleta IV (maio de 2022) (D) na região de Porto Nacional – TO. Os dados de cada coleta foram comparados entre eles por meio de ANOVA e teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

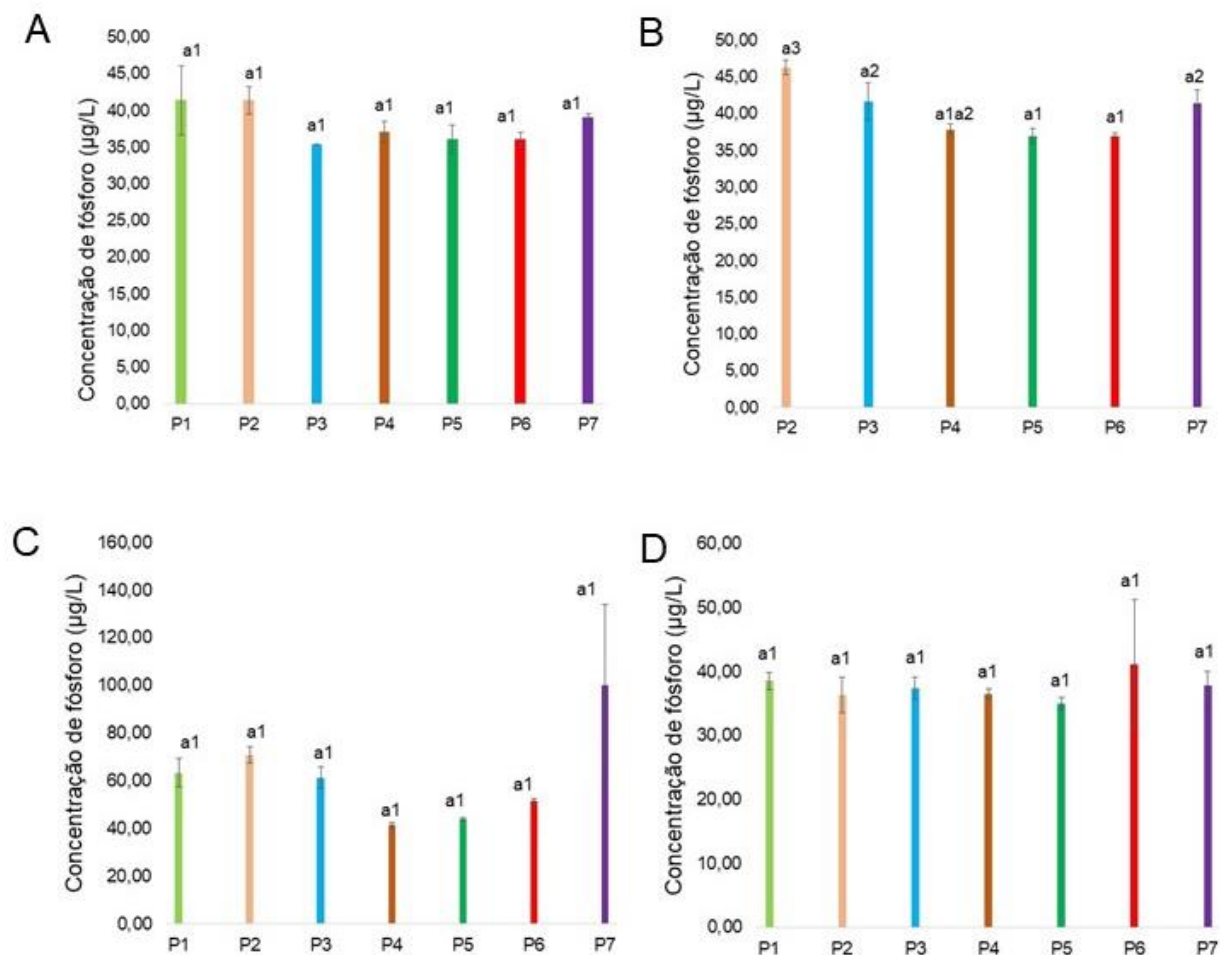


Fonte: Autora, 2023.

A concentração de fósforo das amostras do ribeirão São João, região de Porto Nacional – TO estão na figura 6. Na Coleta I (Figura 6 A), que ocorreu durante o período de seca (estiagem), não houve diferença entre os pontos coletados, sendo semelhantes estatisticamente.

Na Coleta II (Figura 6 B), a maior concentração de fósforo foi no P2 com 0,046 $\mu\text{g/L}$, a menor concentração foi de 0,036 $\mu\text{g/L}$ no P5 e P6, ocorrida durante o período de seca na região. Na Coleta III (Figura 6 C), os pontos amostrados apresentaram semelhança estatística. Na Coleta IV (Figura 6 D), não houve diferença estatística entre os pontos amostrados. As coletas III e IV, ambas ocorreram durante o período úmido (chuvoso) na região.

Fig. 6. Concentração de fósforo ao longo do ribeirão São João - TO. As coletas foram realizadas no período de seca - Coleta I (julho de 2021) (A) e Coleta II (outubro de 2021) (B). As coletas ocorridas no período úmido - Coleta III (dezembro de 2021) (C) e Coleta IV (maio de 2022) (D) na região de Porto Nacional – TO. Os dados de cada coleta foram comparados entre eles por meio de ANOVA e teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.



Fonte: Autora, 2023.

Em relação a abundância de bactérias heterotróficas (Tabela 7), na Coleta I é possível observar que o maior número de contagem de bactérias heterotróficas foi aproximadamente de 300 UFC/ μl , com destaque para P1, P3 e P7. Na Coleta II, o maior número de contagem de

bactérias heterotróficas foi 600 UFC/ μ l no P6 e menor número de bactérias no P4 com 160 UFC/ μ l e P3 com 200 UFC/ μ l. O maior número de contagem de bactérias na Coleta III foi 8200 UFC/ μ l em P1 e 8.590 UFC/ μ l em P2 e o menor número de contagem foi 650 UFC/ μ l em P3 e 930 UFC/ μ l no P7. Na Coleta IV, não houve diferença entre os pontos analisados.

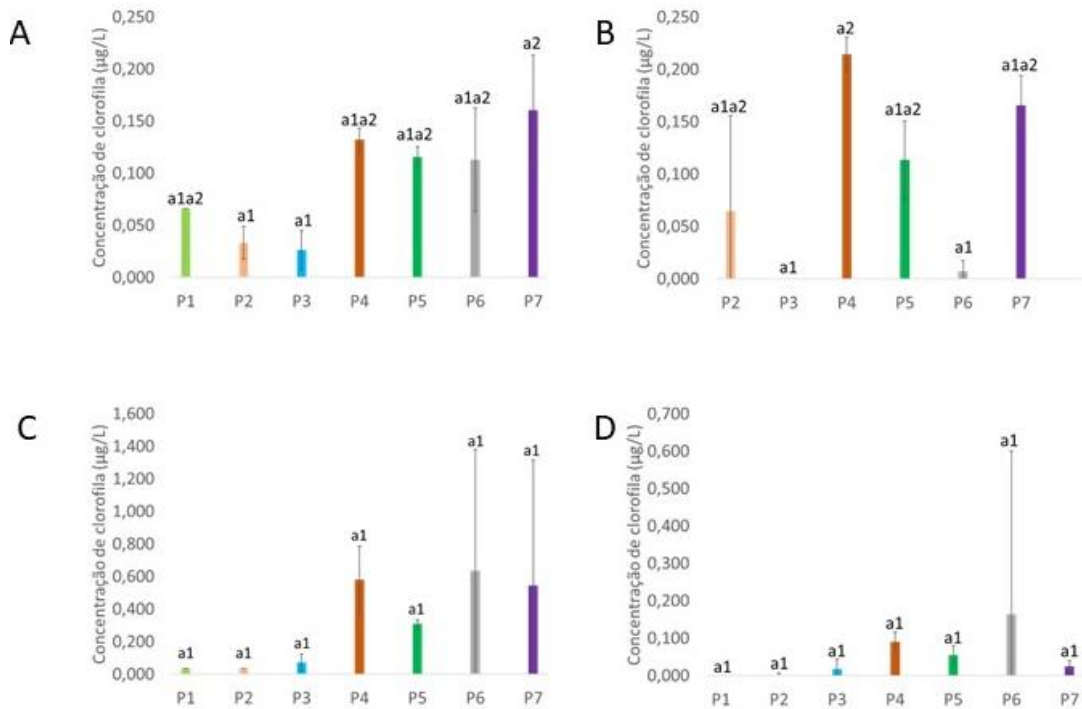
Tabela 7: Abundância de Bactéria Heterotrófica da água superficial do ribeirão São João, no município de Porto Nacional – TO, nas quatro coletas realizadas entre 2021 e 2022. A análise estatística ANOVA e pós teste Tukey foi realizada por coleta. Os dados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.

PONTOS	BACTÉRIA HETEROTRÓFICA (UFC/ μ l)			
	Coleta I (Julho/2021)	Coleta II (Outubro/2021)	Coleta III (Dezembro/2021)	Coleta IV (Maio/2022)
1	350,00 \pm 70,71 a1a2	---	8200,00 \pm 282,84 a3	900,00 \pm 141,42 a1
2	590,00 \pm 14,14 a2	500,00 \pm 141,42 a1a2	8590,00 \pm 749,53 a3	910,00 \pm 155,56 a1
3	300,00 \pm 169,71 a1a2	200,00 \pm 0,00 a1	650,00 \pm 296,98 a1	1010,00 \pm 296,98 a1
4	90,00 \pm 42,43 a1	160,00 \pm 113,14 a1	1330,00 \pm 353,55 a1	750,00 \pm 70,71 a1
5	140,00 \pm 0,00 a1	280,00 \pm 113,14 a1a2	2010,00 \pm 1145,51 a1a2	1000,00 \pm 1131,37 a1
6	110,00 \pm 14,14 a1	610,00 \pm 14,14 a2	3800,00 \pm 565,69 a2	1400,00 \pm 282,84 a1
7	300,00 \pm 0,00 a1a2	310,00 \pm 70,71 a1a2	930,00 \pm 296,98 a1	1420,00 \pm 84,85 a1

Fonte: Autora, 2023.

A concentração de clorofila- α das amostras do ribeirão São João, região de Porto Nacional – TO estão na Figura 7. Na Coleta I (Figura 7 A), a maior concentração de clorofila- α foi em P7 (0,160 μ g/L) e as menores concentrações foram em P3 (0,026 μ g/L) e P2 (0,033 μ g/L). Na Coleta II (Figura 7 B), a maior concentração de clorofila- α foi encontrada em P4 (0,214 μ g/L), enquanto as menores concentrações de clorofila- α foram encontradas em P3 (0,000 μ g/L) e P6 (0,007 μ g/L). Na Coleta III (Figura 7 C), não houve diferença entre os pontos analisados, sendo que as concentrações variaram \pm 0,6 μ g/L. Na Coleta IV (Figura 7 D), não houve diferença entre os pontos analisados, sendo que as concentrações variaram \pm 0,1 μ g/L.

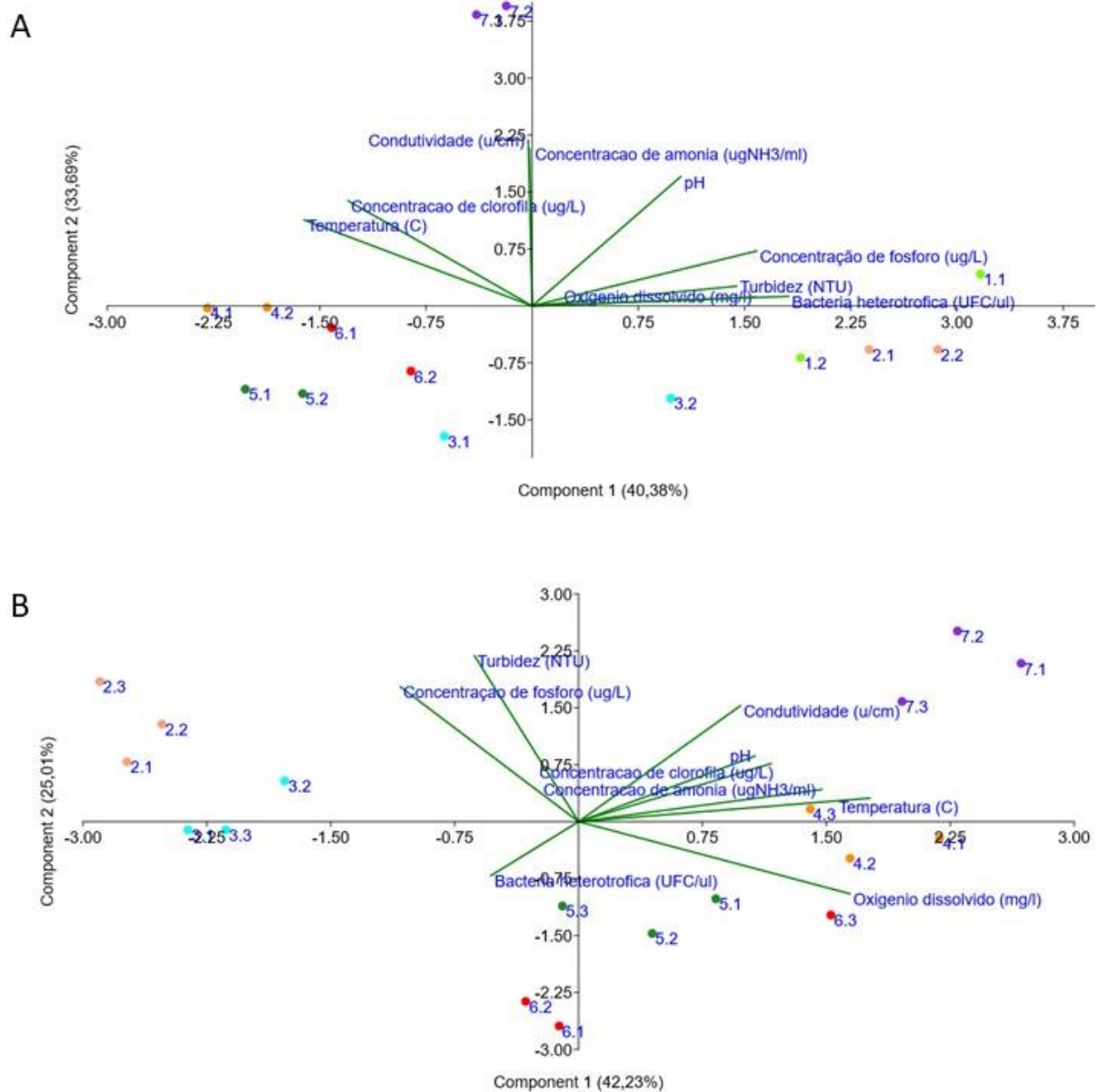
Fig. 7. Concentração de Clorofila- α nos sete pontos ao longo do ribeirão São João. Onde a letra A corresponde a Coleta I, ocorreu no início do período de seca (julho de 2021), B Coleta II, no fim da seca (outubro de 2021), C é a Coleta III, durante o período úmido (dezembro de 2021) e D Coleta IV (maio de 2022), ocorrida no período úmido na região de Porto Nacional – TO. Os dados foram submetidos a ANOVA e comparados pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$) no programa estatístico Sisvar®. Letras iguais significam que não houve diferença estatística.



Fonte: Autora, 2023.

Analisando os dados de uma forma geral, na Coleta I (Figura 8 A) os resultados mostram que os pontos 1 e 2 se encontram mais próximos, revelando que bactéria heterotrófica, oxigênio dissolvido, turbidez, concentração de amônia e o pH foram os parâmetros mais importantes nesse grupo. Enquanto o agrupamento dos Pontos 3, 4, 5, 6 e 7 foram influenciados pela condutividade, concentração de clorofila- α , concentração de fósforo e temperatura. Na Coleta II (Figura 8 B) é possível observar que os pontos 2 e 3 se encontram mais próximos e o P6 está mais disperso, onde a variável bactéria heterotrófica, concentração de fósforo e turbidez foram os parâmetros de qualidade importantes nesse grupo. Por outro lado, os pontos 4, 5 e 7 foram influenciados pela condutividade, concentração de clorofila- α , oxigênio dissolvido, pH, concentração de amônia e temperatura foram os parâmetros considerados importantes para o perfil desse grupo.

Fig. 8. Análise dos Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João durante o período de seca na região de Porto Nacional - TO. (A) Coleta I ocorrida em julho de 2021. (B) Coleta II ocorrida em outubro de 2021.

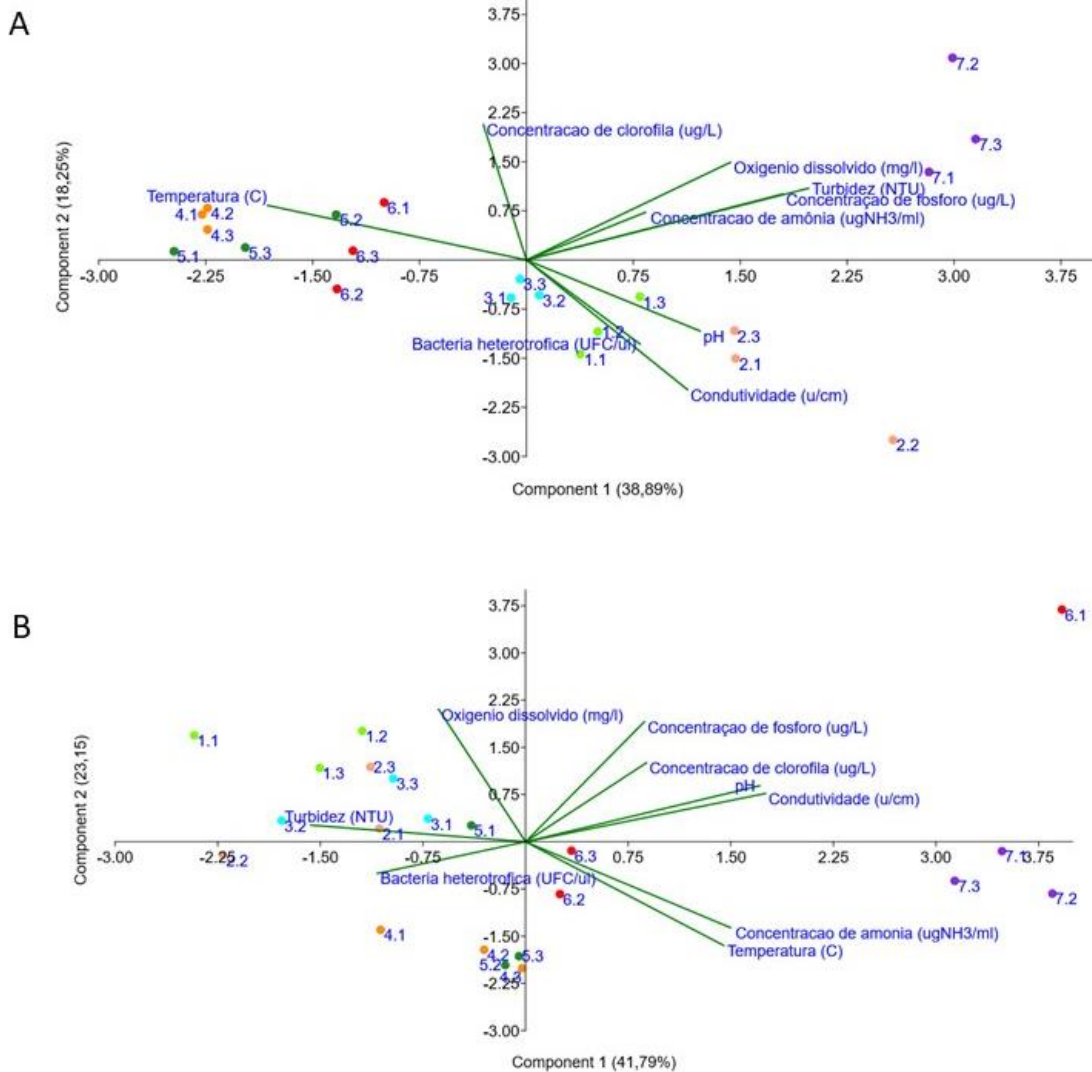


Fonte: Autora, 2023.

Na Coleta III (Figura 9 A) foi observado que os pontos 1, 2, 6 e 7 se encontram, mais próximos, sendo o oxigênio dissolvido, turbidez, bactéria heterotrófica, condutividade, pH, concentração de amônia e concentração de fósforo os parâmetros mais importantes na categorização desse grupo. Enquanto o agrupamento dos pontos 4, 5 e 6 foram influenciados pela temperatura e concentração de clorofila- α . Na Coleta IV (Figura 9 B), nota-se que os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 foram influenciados pela turbidez, oxigênio dissolvido e bactéria heterotrófica, sendo estes os parâmetros mais importantes no perfil do grupo. Por outro lado, os pontos 6 e 7 ficaram isolados em outro grupo, tendo a temperatura, concentração de amônia,

condutividade, concentração de clorofila- α , pH e concentração de fósforo como parâmetros dominantes no agrupamento.

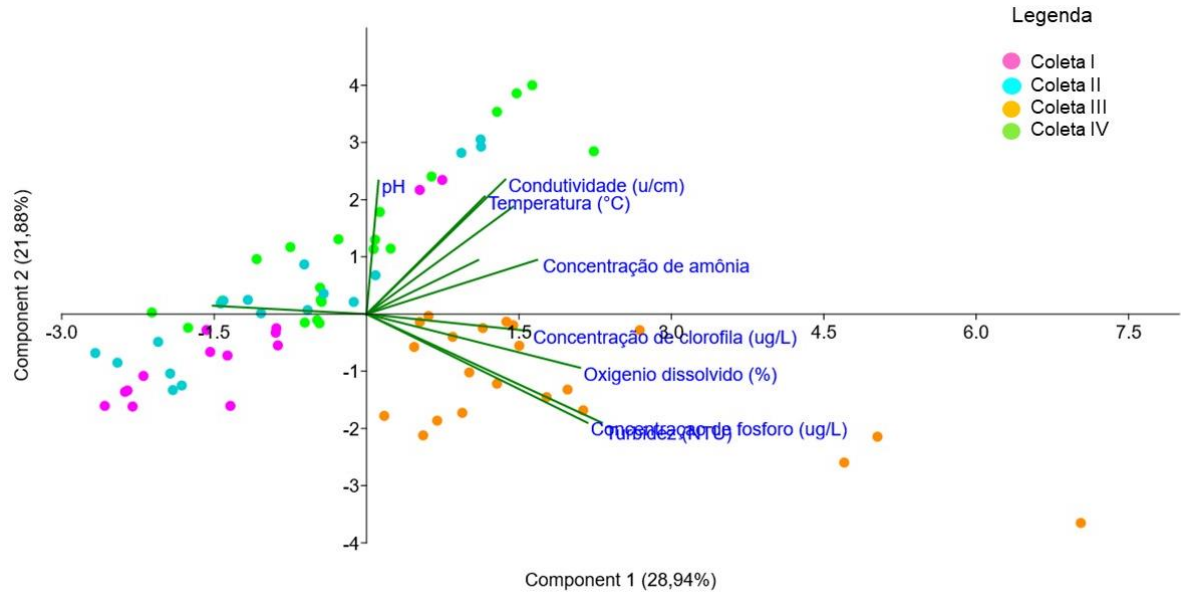
Fig. 9. Análise dos Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João durante o período úmido na região de Porto Nacional - TO. (A) Coleta III ocorrida em dezembro de 2021. (B) Coleta IV ocorrida em maio de 2022.



Fonte: Autora, 2023.

Analisando todas as coletas de forma conjunta, pode-se observar que o perfil dos dados da Coleta III estão separados das demais, inclusive da Coleta IV, que mostra apenas uma pequena parte no mesmo grupo, cuja também é do período chuvoso. A segregação da Coleta III foi influenciada pela turbidez, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, concentração de amônia, concentração de clorofila- α , concentração de fósforo e pH. Os perfis das Coleta I, Coleta II e Coleta IV são mais similares.

Fig. 10. Análise dos Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João de todas as coletas realizadas durante o período de seca na região de Porto Nacional - TO. Coleta I ocorrida em julho de 2021. Coleta II ocorrida em outubro de 2021. Período úmido na região de Porto Nacional - TO. Coleta III ocorrida em dezembro de 2021. Coleta IV ocorrida em maio de 2022.



Fonte: Autora, 2023.

5 DISCUSSÃO

As coletas e análises realizadas nos meses de julho e outubro de 2021, ocorreram no período de seca na região (estiagem), enquanto as coletas e análises realizadas nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022, ocorreram no período úmido (chuvoso) na região de Porto Nacional. Nas quatro coletas (Tabela 2), realizadas durante o período de seca (coletas I e II) e período úmido (coletas III e IV) a maior temperatura registrada foi de 37°C na terceira coleta e no P4.

De acordo com LIBÂNIO (2008), a temperatura é um dos parâmetros de maior importância, uma vez que ela influencia diretamente nos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no corpo hídrico. O valor mais baixo de temperatura foi de $\pm 22,40^{\circ}\text{C}$ registrado no P1, P2 e P3 da coleta I, esse baixo valor pode estar relacionado a preservação da mata ciliar, uma vez que o ponto um está inserido no perímetro não-urbanizado, onde a presença de vegetação é maior, fazendo com que a temperatura da água seja mais baixa em relação aos demais pontos localizados próximos ao perímetro urbano.

Em relação a faixa de temperatura registrada no estudo, especificamente no período de seca (estiagem) na região, estudos similares feitos por (DE PAULA CARVALHO et al., 2016), apresentaram variação entre 21,3°C a 32,4°C, mostrando assim, que os valores adquiridos na pesquisa estão dentro da faixa comum da área em estudo. Na segunda coleta, especificamente no ponto um, não foi possível realizar a coleta de água, pois o mesmo se encontrava sem água, devido ao período de seca na região (outubro de 2021), o que impossibilitou realizar as análises deste ponto.

Em relação a temperatura média máxima, ocorrida nos meses das quatro coletas na região de Porto Nacional – TO. Foi possível observar que os meses junho e outubro de 2021, referente as coletas I e coleta II, ocorridas no período de seca, a média máxima de temperatura foram maiores se comparadas com os meses de dezembro de 2021 e maio de 2022, referente as coletas III e coleta IV, ocorridas no período úmido da região, apesar que a maior temperatura das quatro coletas foi registrada na coleta III (Tabela 2), o gráfico contém as médias máximas de temperatura no período de 15 dias referente ao dia das coletas no ribeirão São João (Anexo 1).

Quanto a condutividade elétrica da água, é um parâmetro capaz de mostrar as modificações que ocorrem na composição dos mananciais, porém não especifica os seus componentes tampouco as quantidades (ESTEVES, 2011). Os maiores valores de condutividade foram na coleta IV no Ponto 7 com valor de 58,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que o menor valor ($\pm 9,5\mu\text{S}/\text{cm}$) se deu na coleta II no P4 e P5. O CONAMA não determina valores

permissíveis para esta variável, no entanto, de acordo com VON SPERLING, (2007), as águas naturais podem apresentar valores de condutividade de 10 a 100 μ S/cm, sendo que em ambientes poluídos por efluentes os valores podem ser de até 1000 μ S/cm. Assim, na coleta II a água do ribeirão São João apresentou valor de condutividade abaixo do considerado para águas naturais, porém os maiores valores registrados nas quatro coletas, estão dentro da faixa citada anteriormente.

Outro parâmetro importante de qualidade da água é a turbidez, que de acordo com a resolução CONAMA 357 de 2005, o limite permissível para água doce de rios classe II deve corresponder a 100 UNT (Unidade de Turbidez Nefelométrica). Os maiores valores de turbidez foram registrados na coleta III com 567,50 UNT no P7, seguido da coleta I com 43,70 UNT no P1. O fato do valor de turbidez na terceira coleta estar acima do permitido pela resolução CONAMA, pode ser em decorrência da época em que foi realizada a coleta III (dezembro de 2021), pois corresponde ao período úmido (chuvoso) na região, então o volume de água no ribeirão São João estava alto, o que fez com que houvesse bastante sedimentos na água, provenientes de sólidos carreados para o leito do rio, tornando a coloração da água amarelada e barrenta (Anexo 2), diferentes do perfil observado no período de seca que apresentaram, de forma geral, concentrações menores de sedimentos em suspensão na água (Anexo 3).

O aumento da turbidez em um corpo hídrico, significa que há uma maior concentração de sedimentos suspensos na água, o que requer a realização de tratamento da água para o consumo, podendo prejudicar ainda, a vida aquática devido a interceptação da luz solar em decorrência dos sedimentos suspensos na água. Assim sendo, o valor de turbidez registrado no Ponto 7 na coleta III, está acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005. Importante ressaltar que a variação da turbidez em águas superficiais, está bastante relacionada com o teor de oxigênio dissolvido em função dos sólidos que se encontram suspensos, uma vez que dificultam a penetração da radiação solar, o que conseqüentemente provoca uma redução na atividade fotossintética no ecossistema aquático.

A quantificação do oxigênio dissolvido (OD) em um corpo d'água, é um forte indicador da qualidade hídrica (FREIRE, 2010), assim, o OD é um parâmetro fundamental para avaliar a sobrevivência dos seres aeróbicos no ambiente. Deste modo, a variável OD (Tabela 5) foi maior na coleta III, registrando o valor de 11,83 mg/L no P7. Na coleta I não houve diferença estatística nos valores de OD entre os pontos amostrados. O menor valor de OD foi no P2 e P3 da coleta II, esse baixo valor registrado, pode estar relacionado com a elevada quantidade de matéria orgânica no local, em consequência que organismos decompositores acabam

consumindo uma maior concentração de oxigênio na estabilização da matéria orgânica. Considerando o padrão permitido de OD pelo CONAMA na resolução 357/2005 para as águas de classe II que é o caso do ribeirão São João, deve ser $\geq 5\text{mg.L}$ a concentração de oxigênio dissolvido, então a coleta II, apresentou valores abaixo do estipulado pela resolução vigente. Isso reflete na vida aquática do ribeirão São João, o peixe por exemplo, não sobrevive em concentrações de OD inferiores a 4mg.L (PEREIRA; OLIVEIRA; PINTO, 2010).

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma das variáveis de maior complexidade de se interpretar (IOST, 2008), pois é influenciada por diversos fatores, em águas naturais por exemplo, sofre alterações em decorrência das concentrações de íons H^+ oriundos da dissociação do ácido carbônico, gerando baixos valores de pH, estando relacionado ainda, a reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula da água, o que faz com que os valores de pH fiquem elevados para a faixa alcalina. Também, os sólidos dissolvidos, temperatura da água, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, e a presença de efluentes domésticos, industriais e esgotos, são fatores que influenciam no pH de um curso hídrico. O maior valor de pH foi obtido no ponto 7 na coleta IV e o menor valor no ponto 5 da coleta I. Assim, existe uma variação nos valores de pH que extrapola os limites estipulados pela resolução CONAMA 357/2005 para a classe II que fixa a faixa de pH de 6 e 9.

Um parâmetro importante indicador de qualidade hídrica é a concentração de clorofila- α , uma vez que é o pigmento responsável pela fotossíntese, estando presente em todos os seres fitoplâncton, podendo ser algas ou cianobactérias. De acordo com KURODA et al., (2010), a concentração de clorofila- α é utilizado como parâmetro de biomassa algal em vários trabalhos, tanto experimentais assim como na caracterização de ecossistemas aquáticos e monitoramento da qualidade hídrica.

Geralmente os rios localizados em áreas urbanas, ambientes lóticos, sofrem modificações ao longo do tempo, utilizando a água para abastecimento humano e como fonte de descarte de esgotos, o que com o tempo é um agravante para a saúde da própria população e ecossistema aquático (RÖRIG et al., 2007). A coleta II apresentou as maiores concentrações de clorofila- α . A resolução CONAMA 357/2005 que estabelece padrões de qualidade para águas doces classe II, com limite de concentração de $30\ \mu\text{g/L}$. Assim, os valores para a concentração de clorofila- α observados estão abaixo do permitido pela resolução CONAMA 357/2005. Foi verificado também, que no geral as maiores concentrações de clorofila- α foram nas coletas I e II, período de seca (estiagem) da região, enquanto as coletas III e IV, período úmido (chuvoso), a concentração de clorofila- α apresentaram menores concentrações.

Outra variável biológica importante indicadora de qualidade da água é a contagem de bactéria heterotrófica, cujos são microrganismos que necessitam do carbono orgânico como fonte de nutrientes (DOMINGUES et al., 2007), podendo assim, fornecer informações acerca da qualidade bacteriológica do corpo hídrico de forma ampla.

A contagem de bactéria heterotrófica é muito utilizada como indicador de qualidade de água para consumo humano, no caso do ribeirão São João que é um dos mananciais de abastecimento da cidade de Porto Nacional, esse tipo de estudo é bastante relevante. Verificou-se que durante o período úmido (chuvoso) a contagem de bactéria heterotrófica foi bem maior se comparada ao período de seca (estiagem) na região do estudo. A resolução CONAMA 357/2005 não estabelece padrão para contagem de bactéria heterotrófica, porém é necessário o estudo acerca da qualidade microbiológica do corpo hídrico, uma vez que essas bactérias são encontradas naturalmente em corpos d'água e um acréscimo em sua contagem indica um aumento na presença de matéria orgânica. Essa matéria orgânica pode ter origem na vegetação dos pontos amostrados.

Observou-se que no ponto 7 apresentava a presença de macrófitas da espécie *Pontederia parviflora* (Anexo 4), que pode ter consumido os nutrientes solubilizados no ribeirão São João, de tal modo, impedindo a proliferação de cianobactérias neste ponto. Por meio da absorção, bem como a ação de substâncias com ação inibente e reprodução de microrganismos, as macrófitas aquáticas consomem os nutrientes primordiais para seu desenvolvimento (DE MATOS; DA SILVA FREITAS; MONACO, 2009). A concentração de amônia é outra variável que indica qualidade de água em corpo hídrico, sendo que na superfície da água doce tende a crescer com o aumento do pH e temperatura. A resolução 357/2005 do CONAMA, estabelece que o valor máximo de concentração de amônia para águas superficiais do tipo classe II, irá variar de acordo com o pH encontrado na água. Assim, para $\text{pH} \leq 7,5$ o valor máximo permitido é de 3,7 mg/L, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ o limite máximo admitido é de 2 mg/L, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ o valor máximo permitido é de 1 mg/L. No entanto, para valores de pH maiores que 8,5 o valor máximo permitido é de 0,5 mg/L.

O ponto 7 apresentou a maior concentração de amônia (0,051 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$) na coleta I, considerando o pH do ponto 7 cujo o valor foi de 7,51, o limite permitido pelo CONAMA é de 2 mg/L. Enquanto que na coleta II, a maior concentração de amônia foi de 0,040 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$ no P7, sendo que para o pH (5-6) o máximo permitido é 3,7mg/L. Na coleta III, a maior concentração de amônia foi de 0,043 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$, no P2 e 0,042 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$, no P7, sendo que relacionando com o pH de 6,50, o limite máximo permitido de concentração de amônia é de 3,7

mg/L. Em relação a concentração de amônia na coleta IV, a maior concentração foi de 0,036 $\mu\text{gNH}_3/\text{ml}$, no P7, sendo que no pH apresentado (9,59) o limite legal é de 0,5mg/L.

Apesar que das quatro coletas em questão a maior concentração de amônia ter sido registrada na coleta I, durante o período de estiagem na região do estudo, foi possível observar que no geral as maiores concentrações de amônia, foi registrado no P7. O P7 está localizado no perímetro urbano, onde a água é característica de remanso, e por ser o período de estiagem o volume de água é bem menor, fator que influencia na temperatura da água em conjunto com a temperatura da atmosfera, havendo ainda, possivelmente maior interferência humana nas águas, uma vez que a presença de barcos é bem comum neste ponto.

É importante ressaltar que a amônia em um corpo hídrico é um elemento natural, porém o desequilíbrio nos níveis deste parâmetro de qualidade da água, irá afetar a vida aquática, pois a amônia em sua forma livre se torna tóxica para a biota aquática (VON SPERLING; DA SILVA FERREIRA; GOMES, 2008), uma vez que a absorção da mesma será facilmente facilitada por meio da permeabilidade nas membranas celulares dos peixes.

A concentração do fósforo em um corpo hídrico é uma variável limnológica que indica a qualidade da água do manancial. Uma vez que as rochas, esgotos domésticos e a agricultura, por exemplo, são as principais fontes de fósforo no ambiente aquático (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003). No ecossistema aquático, o acúmulo do fósforo favorece o desenvolvimento de algas e macrófitas, que por sua vez, contribuem para a intensificação da produção primária, conseqüentemente leva ao processo de eutrofização, induzindo ao aumento da concentração de clorofila na água, devido ao crescimento do fitoplâncton. A maior concentração de fósforo foi na coleta II com 0,046 $\mu\text{g/L}$ no P2 e as menores concentrações de fósforo foi no P5 e P6 com 0,036 $\mu\text{g/L}$. Comparando com a resolução 357 de 2005 CONAMA, que estabelece uma variação 0,1mg/L (100 $\mu\text{g/L}$) de fósforo total para águas de classe II. Verificou-se, portanto que a concentração de fósforo do ribeirão São João no município de Porto Nacional -TO, está dentro da faixa permitida pelo CONAMA.

Em relação a Análise de Componentes Principais (PCA) dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão São João, que ocorreu durante o período de seca na região de Porto Nacional -TO, pode-se observar que na coleta I o P1, P2 e P3 estão próximos, apesar que na coleta II, o P1 não consta, a ausência desse ponto em especial, é devido à seca na região, o que inviabilizou a coleta de água e, conseqüentemente, a análise deste ponto. O ponto 2 ficou em agrupamento diferente nas duas coletas, porém, em ambas as coletas foi influenciado pela bactéria heterotrófica, turbidez e concentração de fósforo. Os pontos 2 e 3, apesar de terem um perfil um pouco diferente, no geral se encontram próximos, considerando que esses pontos estão

localizados em uma área menos impactada antrópica, ou seja, no perímetro rural da região, isso poderia explicar a dinâmica de distribuição, agrupamento da PCA. Também é notável que o P7 na coleta I e coleta II manteve a posição mais afastada dos demais pontos, ou seja, este ponto está inserido dentro do perímetro urbano, cujo está mais propenso a antropização.

Seguindo com a PCA dos parâmetros de qualidade da água que ocorreu no período úmido (Figura 9) na região de Porto Nacional- TO, podemos observar que na coleta III, P1, P2, P3, estão mais próximos, ou seja, nesses pontos a influência antrópica é menor, P6 e P7 também faz parte desse grupo, sendo influenciados pela condutividade, oxigênio dissolvido, pH, concentração de amônia, bactéria heterotrófica, pH e concentração de fósforo, foram as variáveis responsáveis por categorizar o grupo. A temperatura e concentração de clorofila- α agruparam P3, P4, P5 e P6. Na coleta IV (Figura 9 B), P1, P2, P3, P4 e P5 foram agrupados no Componente 1, tendo como parâmetro importante na formação do grupo a turbidez e bactéria heterotrófica. Enquanto P6 e P7 estão no Componente 2. Na coleta III e IV esses pontos citados anteriormente tiveram a concentração de amônia, condutividade e concentração de fósforo em comum, sendo os parâmetros relevantes nesses pontos. Observou-se ainda, que P6 e P7 na coleta IV se no mesmo grupo, com certa proximidade, esse perfil é em decorrência da localização desses pontos, sendo uma área de remanso, com água mais lântica. No geral, as coletas ocorridas no período de seca (estiagem) tiveram perfil diferente das coletas realizadas no período úmido, isso ocorreu devido as características de cada período em que o estudo foi feito.

Ao analisar a PCA geral das coletas I, II, III e IV (Figura 10), ocorridas no ribeirão São João Porto Nacional-TO, nos meses de julho, outubro, dezembro e maio respectivamente, foi possível verificar que a coleta I e II por serem do período de seca, se encontram mais agrupadas, mostrando um perfil parecido. No entanto, a coleta III e IV apesar de serem do mesmo período chuvoso, ambas se separam, onde a coleta III se manteve independente das demais coletas. Possa ser que essa segregação da coleta III esteja relacionada ao início do período chuvoso na região de Porto Nacional -TO, conduzindo a uma sazonalidade entre coleta, sendo a transição do período seco para o período úmido.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível realizar a análise da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional – TO. Após o teste estatístico, as análises das variáveis limnológicas mostraram que a condutividade, o valor mínimo foi inferior do considerado para águas naturais, mesmo o CONAMA não determinando valores permissíveis para esta variável. Na terceira coleta a turbidez apresentou valor acima do permitido pela resolução 357/2005 CONAMA, esse alto valor de turbidez possivelmente esteja relacionado com a sazonalidade, ou seja, ocorreu no período chuvoso, onde a presença de sedimentos suspensos na água é bem comum.

Na segunda coleta, os valores de oxigênio dissolvido foram abaixo do padrão estipulado pelo CONAMA, podendo estar relacionado ao elevado teor de matéria orgânica, conseqüentemente há um maior consumo de oxigênio por organismos decompositores. Na terceira coleta o valor de pH foi abaixo de 6, apresentando acidez. O CONAMA na resolução 357/2005 atribuiu limites de 6 a 9 para águas de classe II, assim sendo indicou acidez, enquanto que na quarta coleta o maior valor foi acima de 7, indicando assim alcalinidade. A concentração de clorofila- α na segunda coleta, mostrou valores bem abaixo (0,000 e 0,007) do estipulado pela resolução CONAMA, sendo até 30 $\mu\text{g/L}$ para água doce classe II. Além dos parâmetros que indicam a qualidade da água citados anteriormente, a concentração de amônia, concentração de fósforo e a temperatura avaliados nesse estudo, estão conforme a padrão atribuído pela resolução 357/2005 CONAMA. Portanto, é de suma importância a realização do monitoramento das águas dos mananciais de abastecimento, cujo é o caso do ribeirão São João, principal manancial que abastece a cidade.

REFERÊNCIAS

- ABRIL SALTOS, R. V. et al. Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo. **Ingeniería hidráulica y ambiental**, v. 38, n. 2, p. 59–72, 2017.
- ANA. Despoluição de bacias hidrográficas. **Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de**, 2017.
- ANDREOLI, C. DALARMI. O.; LARA. A. I; ANDREOLI. FN Os mananciais de abastecimento do sistema integrado da Região Metropolitana de Curitiba–RMC. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 2000.
- ARANA, L. V. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura. **Florianópolis: UFSC**, p. 166, 1997.
- BAIRD, R. B. et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. [s.l.] American Public Health Association Washington, DC, 2017. v. 23
- BALDUINO, A. R. et al. Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 5, n. 3, p. 237423, 2018.
- BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, v. 1, p. 58–63, 2005.
- BRASIL, M. S. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Envelhecimento e saúde da pessoa idosa. Ministério da Saúde, Brasília: Ministério da Saúde. Série A. Normas e Manuais Técnicos. **Cadernos de Atenção Básica**, v. 19, p. 192, 2006.
- CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241–248, abr. 2006.
- DE MATOS, A. T.; DA SILVA FREITAS, W.; MONACO, P. A. V. L. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 31–45, 2009.
- DE PAULA CARVALHO, A. et al. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional–TO. **Geosciences= Geociências**, v. 35, n. 3, p. 472–484, 2016.
- DOMINGUES, V. O. et al. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. **Saúde (Santa Maria)**, v. 33, n. 1, p. 15–19, 2007.
- DOURADO, J. C. ANÁLISE da Bacia do Ribeirão São João, TOCANTINS: uma contribuição metodológica ao planejamento e gestão ambiental. **RIO DE JANEIRO**, 2008.
- EMÍDIO, V. J. G. **A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento**. [s.l: s.n.].
- ESTEVES, F. DE A. Fundamentos de Limnologia. 3ª edição. **Interciência, Rio de Janeiro**, 2011.
- FREIRE, R. **Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá**. [s.l.] Universidade Estadual de Maringá, 2010.

- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.
- IOST, C. Produção de sedimentos e qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. 2008.
- KURODA, E. K. et al. **Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**2010.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. [s.l.] Átomo, 2008.
- LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. DE L.; NASCIMENTO, N. DE O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 219–228, 2005.
- LOUZADA, G.; ESPINHEIRA, I. H. L.; OLIVEIRA, L. F. R. D. CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS NA ÁGUA DA BACIA DO RIO GRANDE E RIO DE ONDAS, BARREIRAS-BA. **ANAIS ELETRÔNICO CIC**, v. 17, n. 1, 5 set. 2019.
- MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P. **INTRODUÇÃO À HIDROGEOGRAFIA**. [s.l: s.n.].
- MACKERTH, F. Water analysis: some revised methods for limnologists. **Freshwater Biol. Assoc. Sci. Pub.**, v. 36, p. 117, 1978.
- NÚÑEZ, D.; NAHUELHUAL, L.; OYARZÚN, C. Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption. **Ecological Economics**, v. 58, n. 3, p. 606–616, 2006.
- OLIVEIRA, L. L. D. DE. **Estudo da estrutura da comunidade zooplanctônica e sua relação com as cianobactérias em três reservatórios do médio rio Tietê, SP**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2010.
- PEREIRA, G. A.; OLIVEIRA, G. H.; PINTO, A. L. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista Geomae**, v. 1, n. 1, p. 69–82, 2010.
- PIMENTA, S. M.; LIMA, C. V. DE; RIBEIRO, T. G. Avaliação Físico-Química da Qualidade da Água, Relação com uso do Solo na Bacia do Ribeirão Santo Antônio. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 5, p. 88–104, 2 jan. 2009.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. 2003.
- PRADO, R. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: estudo no médio rio Pardo-SP (período de 1985 a 1997)**. 1999. 209 f. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental)-Escola de ..., 1999.
- REIS, L. **Cobertura vegetal e custo de tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: Caso do manancial do município de Piracicaba**. 2004. 239. [s.l.] Tese Doutorado em Recursos Florestais. Escola Superior Luiz de Queiroz ..., 2004.
- RÖRIG, L. R. et al. From a water resource to a point pollution source: the daily journey of a coastal urban stream. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 597–609, 2007.

SANTOS, A. R. DOS et al. Definição dos níveis de conservação ambiental considerando a ocupação antrópica na área protegida da bacia hidrográfica do rio Uberaba. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 1, 2019.

SILVA, A. A. F. Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João-TO. **ORGANOGRAMA INSTITUCIONAL**, p. 2106, 2010.

SILVA, A. DOS S. Avaliação da toxicidade dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB. 2012.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. Em: **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. [s.l: s.n.]. p. 248–248.

VESTENA, L. R. et al. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 212–227, 2012.

VON SPERLING, E.; DA SILVA FERREIRA, A. C.; GOMES, L. N. L. Comparative eutrophication development in two Brazilian water supply reservoirs with respect to nutrient concentrations and bacteria growth. **Desalination**, v. 226, n. 1–3, p. 169–174, 2008.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. [s.l.] DESA/UFMG, 2007.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems, 3rd edn, xvi, 1006 p San Diego**. [s.l.] CA: Academic Press.[Google Scholar], 2001.

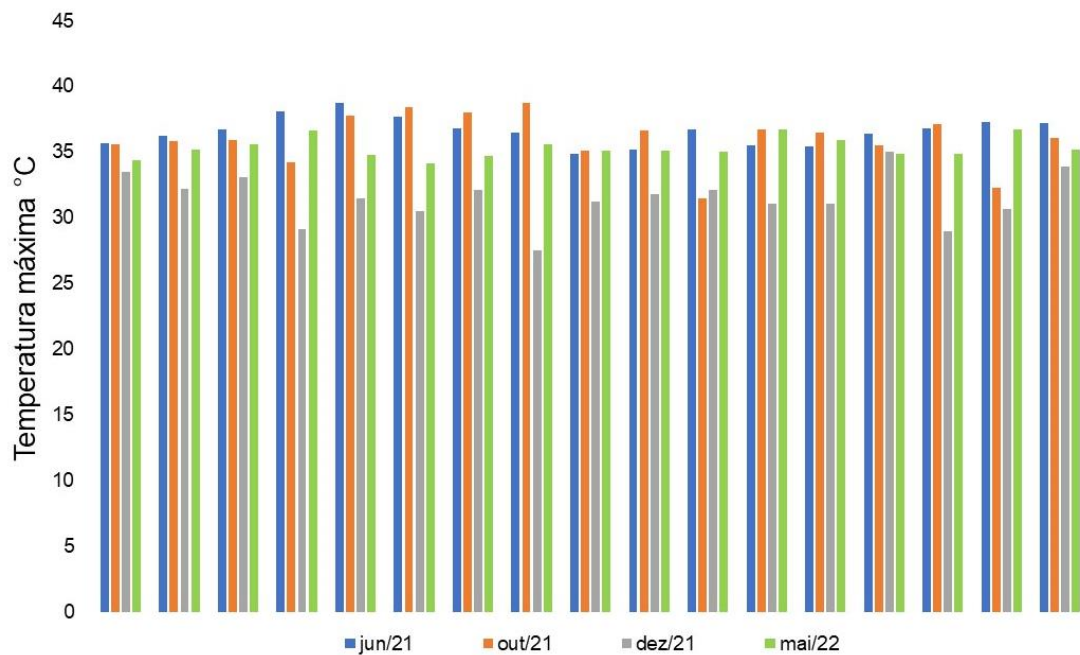
WOLKMER, M. DE F. S.; PIMMEL, N. F. National Water Resources Policy: water governance and environmental citizenship/Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequencia: estudos jurídicos e políticos**, n. 67, p. 165–199, 1 jul. 2013.

WOOD, L. W. Chloroform–methanol extraction of chlorophyll a. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 42, n. 1, p. 38–43, 1985.

ZEINALZADEH, K.; REZAEI, E. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 13, p. 1–10, 2017.

ANEXOS

Anexo 1. Temperatura máxima atingida no período de todas as coletas realizadas durante o período de seca na região de Porto Nacional - TO. Coleta I ocorrida em julho de 2021. Coleta II ocorrida em outubro de 2021. Período úmido na região de Porto Nacional - TO. Coleta III ocorrida em dezembro de 2021. Coleta IV ocorrida em maio de 2022.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2023.

Anexo 2. Água do ribeirão São João (TO) com coloração amarelada. A coleta foi realizada no período úmido (chuvoso) - Coleta III (dezembro de 2021) no Ponto 6, na região de Porto Nacional – TO. A água está visivelmente com aspecto barrento, devido às chuvas ocorridas no período em questão. Esta coleta ocorreu no auge da chuva na região, o ribeirão se encontrava com bastante volume de água.



Fonte: Autora, 2022.

Anexo 3. Água do ribeirão São João (TO) com coloração verde clara. A coleta foi realizada no período de seca (estiagem)- Coleta II (outubro de 2021) no Ponto 6, na região de Porto Nacional – TO. As coletas realizadas no período de estiagem em julho de 2021 (Coleta I) e Coleta II, mostra como geralmente é o aspecto da água da época em que ocorreu as coletas, é possível observar que a coloração da água está com aspecto verde clara, o volume de água também está bem menor, se comparado ao período úmido na região.



Fonte: Autora, 2021.

Anexo 4. População de macrófitas da espécie *Pontederia parviflora* no ribeirão São João (TO). Este ponto de coleta é o ponto 7, localizado no perímetro urbano de Porto Nacional. Esta foto é da coleta III (dezembro de 2021), durante o período úmido (chuvoso) na região, a presença dessa macrófita foi comum neste ponto, uma vez que a mesma não foi registrada nos outros pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2022.