



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS E CÁLCULO DO
ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) DA LAGOA DO VIGÁRIO EM CAMPOS DOS
GOYTACAZES/RJ

LANNA GERMANO PEIXOTO

MACAÉ-RJ

2023

LANNA GERMANO PEIXOTO

ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS E CÁLCULO DO
ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) DA LAGOA DO VIGÁRIO EM CAMPOS DOS
GOYTACAZES/RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientador(a): Dr. Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Coorientador(a): Dr. Thiago Moreira de Rezende Araújo

MACAÉ-RJ

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P379a Peixoto, Lanna Germano, 1994-.
Análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e cálculo do índice de qualidade de água (IQA) da Lagoa do Vigário em Campos dos Goytacazes/RJ / Lanna Germano Peixoto — Macaé, RJ, 2023.
xi, 35 f.: il. color.

Orientador: Vicente de Paulo Santos de Oliveira, 1965-.
Coorientador: Thiago Moreira de Rezende Araújo, 1981-.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2023.
Inclui referências.
Área de concentração: Sustentabilidade Regional.
Linha de Pesquisa: Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

1. Água - Qualidade - Lagoa do Vigário (Campos dos Goytacazes, RJ). 2. Água - Análise. 3. Recursos hídricos - Campos dos Goytacazes (RJ) 4. Índice de Qualidade da Água I. Oliveira, Vicente de Paulo Santos, 1965-, orient. II. Araújo, Thiago Moreira de Rezende, 1981-, coorient. III. Título.

CDD 628.161098153 (23. ed.)

Dissertação intitulada **ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS E CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) DA LAGOA DO VIGÁRIO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ**, elaborada por **Lanna Germano Peixoto** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovada em: 30 de Outubro de 2023.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA
Data: 25/01/2024 17:13:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

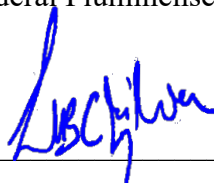
Vicente de Paulo Santos de Oliveira – Orientador
Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

Documento assinado digitalmente
gov.br THIAGO MOREIRA DE REZENDE ARAUJO
Data: 25/01/2024 14:08:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Thiago Moreira de Rezende Araújo - Coorientador
Doutor em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIS FELIPE UMBELINO DOS SANTOS
Data: 29/01/2024 20:16:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luis Felipe Umbelino dos Santos
Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)



Leonardo Bernardo Campaneli da Silva
Doutor em Ciências Ambientais e Conservação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

DEDICATÓRIA

A Deus e toda a minha família pelo suporte necessário para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por tudo que fez e tem feito em minha vida, pelo Seu infinito amor e Sua maravilhosa graça. Se não fosse o meu Deus, nada disso seria possível. Eu o louvo infinitamente, pois foi por intermédio Dele e segundo a Sua vontade que eu cheguei até aqui. Ele tem me sustentado, me capacitado e me mostrado a direção certa a seguir, me ensinando a confiar e a descansar no Seu amor. Em meios às dificuldades, às noites sem dormir, Ele tem me mostrado que tudo é possível ao que crer. “Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nEle, e Ele tudo fará” (Salmos 37:5). Que tudo quanto eu fizer seja para honra e glória do Seu Santo Nome. “Porque Dele, e por Ele, e para Ele; são todas as coisas” (Romanos 11:36).

À minha família amada, meus pais Lúcia Helena e Ledilson, meus irmãos Lucas e Luiz Felipe e meu esposo Bruno. Agradeço a Deus todos os dias pela vida de vocês que sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me e auxiliando-me nos momentos que mais precisei. Por todas as orações, pelo companheirismo de cada dia, por todos os conselhos, pela nossa amizade e união, por toda parceria de sempre, por esse amor incondicional, por fazer todo o possível para que eu concluísse mais essa jornada. Amo vocês!

Agradeço também aos meus orientadores Vicente e Thiago por terem contribuído de maneira ímpar para a realização deste trabalho. Obrigada pelo apoio, por cada sugestão e troca de informações.

Ao laboratório de Análises e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFFluminense) por viabilizar a realização das análises das amostras.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

MUITO OBRIGADA!

“O homem é parte da natureza e sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo... Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos.”

Rachel Carson

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Artigo Científico 2 – Localização dos Pontos de Coleta na Lagoa do Vigário.....	17
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Artigo Científico 1 – Localização dos pontos amostrados na Lagoa do Vigário (coordenadas UTM).....	06
Tabela 2 – Artigo Científico 1 – Parâmetros e metodologia utilizada para análise.....	07
Tabela 3 – Artigo Científico 1 – Valores médios obtidos para alguns parâmetros físico-químicos avaliados.....	07
Tabela 4 – Artigo Científico 1 – Valores médios obtidos para os parâmetros microbiológicos, OD e temperatura das amostras de água da LV.....	09
Tabela 1 – Artigo Científico 2 – Localização dos pontos amostrados na Lagoa do Vigário (coordenadas UTM).....	18
Tabela 2 – Artigo Científico 2 – Informações referentes às saídas de campo.....	18
Tabela 3 – Artigo Científico 2 – Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.....	20
Tabela 4 – Artigo Científico 2 – Classificação do IQA.....	20
Tabela 5 – Artigo Científico 2 – Valores médios obtidos para alguns parâmetros físico-químicos analisados.....	21
Tabela 6 – Artigo Científico 2 – Valores médios obtidos para alguns parâmetros físico-químicos analisados.....	21
Tabela 7 – Artigo Científico 2 – Valores médios obtidos para os parâmetros microbiológicos, OD e temperatura das amostras de água da LV.....	22
Tabela 8 – Artigo Científico 2 – Resultados obtidos no cálculo do IQA-NSF.....	27
Tabela 9 – Artigo Científico 2 – Teste Estatístico ANOVA de fator duplo sem repetição.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Artigo Científico 2 – Análises realizadas, métodos utilizados e número de referência no <i>Standard Methods for examination of water & wastewater 23th</i>	19
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CE – Condutividade Elétrica

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IQA – Índice de Qualidade da Água

LabFoz – Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas

LV – Lagoa do Vigário

NMP – Número Mais Provável

OD – Oxigênio Dissolvido

PICG/IFF - Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense

pH – Potencial Hidrogeniônico

RJ – Rio de Janeiro

RPS – Rio Paraíba do Sul

UTM - *Universal Transverse Mercator*

ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS E CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) DA LAGOA DO VIGÁRIO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

RESUMO

As águas doces continentais são indispensáveis para a manutenção da vida na Terra, visto que são utilizadas para o desempenho de múltiplas funções. Sendo assim, o monitoramento constante da qualidade da água torna-se imprescindível para determinação do grau de interferência de diversos processos que contribuem para alteração de sua qualidade. Dessa forma, o Índice de Qualidade da Água (IQA) por ser particularmente sensível à contaminação por esgotos domésticos, tem sido comumente utilizado para identificação de contaminação por efluentes, nutrientes e sólidos, além da caracterização da qualidade das águas. Logo, a presente pesquisa possui como objetivo analisar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos, além de determinar o IQA da Lagoa do Vigário situada no município de Campos dos Goytacazes/RJ, a fim de verificar as condições da Lagoa frente aos parâmetros avaliados e as legislações pertinentes. Em termos metodológicos, inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais abordando os assuntos relevantes relacionados ao tema para melhor condução da pesquisa. No que tange a pesquisa experimental, foram realizadas ao todo quatro saídas de campo em diferentes períodos (seco e chuvoso) para a realização das coletas. Em cada saída, foram realizadas coletas em seis diferentes pontos da Lagoa. As análises das amostras coletadas foram realizadas em triplicata, *in loco* e no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFF). Os métodos de análise seguiram as normas técnicas estabelecidas *pelo Standard Methods for examination of water & wastewater 23th*. Após a realização das análises, os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente, principalmente a Resolução CONAMA N° 357 de 2005 e a CONAMA 274 de 2000 e também foram analisados estatisticamente. Os resultados encontrados apontaram a não conformidade de diversos parâmetros aos padrões estabelecidos pelas legislações existentes. Por outro lado, o Índice de Qualidade da Água (IQA), demonstrou uma variação da qualidade da lagoa de “RUIM” a “BOA”, com diversos pontos de coleta com classificação “REGULAR”, o que demonstra uma elevada vulnerabilidade da Lagoa mediante as atividades antrópicas, o que tem colocado em risco a utilização da água para os diversos fins.

Palavras-chave: Lagoa urbana. Índice de Qualidade da Água. *Escherichia coli*.

***ANALYSIS OF PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND
CALCULATION OF THE WATER QUALITY INDEX (IQA) OF LAGOA DO VIGÁRIO IN
CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ***

ABSTRACT

Continental freshwaters are indispensable for maintaining life on Earth, as they are used to perform multiple functions. As such, constant monitoring of water quality is essential to determine the degree of interference from various processes that contribute to altering its quality. As such, the Water Quality Index (WQI) is particularly sensitive to contamination by domestic sewage and has been commonly used to identify contamination by effluents, nutrients and solids, in addition to characterizing water quality. Therefore, the aim of this study was to analyze some physical-chemical and microbiological parameters, as well as to determine the WQI of Lagoa do Vigário, located in the municipality of Campos dos Goytacazes/RJ, in order to verify the conditions of the lagoon in relation to the parameters evaluated and the relevant legislation. In methodological terms, bibliographical and documentary research was initially carried out, addressing the relevant issues related to the topic in order to better conduct the research. As far as the experimental research is concerned, a total of four field trips were carried out during different periods (dry and rainy). On each outing, samples were collected from six different points in the lagoon. The collected samples were analyzed in triplicate, on site and at the Water Analysis and Monitoring Laboratory (LabFoz) of the Campos dos Goytacazes Innovation Hub of the Fluminense Federal Institute (PICG/IFF). The analysis methods followed the technical standards established by the Standard Methods for examination of water & wastewater 23rd edition. After carrying out the analyses, the results obtained were compared to the standards established by current legislation, mainly CONAMA Resolution No. 357 of 2005 and CONAMA 274 of 2000, and were also statistically analyzed. The results showed that several parameters did not comply with the standards established by existing legislation. On the other hand, the Water Quality Index (IQA) showed a variation in the quality of the lagoon from "POOR" to "GOOD", with several collection points classified as "REGULAR", which demonstrates the lagoon's high vulnerability to anthropic activities, which has put the use of the water for various purposes at risk.

Keywords: Urban lagoon. Water Quality Index. *Escherichia coli*.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO VIGÁRIO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	03
1. INTRODUÇÃO.....	04
2. MATERIAL E MÉTODO.....	06
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	07
4. CONCLUSÃO.....	11
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
ARTIGO CIENTÍFICO 2: CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO VIGÁRIO – CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ, ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E ANÁLISE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. MATERIAL E MÉTODO.....	16
2.1. Área de Estudo.....	16
2.2. Coleta e Avaliação dos Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos.....	17
2.3. Determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA).....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4. CONCLUSÃO.....	29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO.....	34

APRESENTAÇÃO

As águas doces continentais são indispensáveis para a manutenção da vida na Terra, para a qualidade de vida e para o desenvolvimento econômico mundial, visto que são utilizadas para o desempenho de múltiplas funções. Segundo a Agência Nacional de Águas, embora a maior parte da superfície da Terra esteja ocupada de água, apenas 2,5% da água existente no mundo é doce, sendo que sua maior parte, 69%, é de difícil acesso, pois estão concentradas em geleiras, 30% armazenadas em aquíferos (águas subterrâneas) e apenas 1% em corpos hídricos superficiais (ANA, 2021).

Dessa forma, os usos múltiplos da água estão diretamente relacionados com a integridade de suas características físico-químicas e biológicas, as quais permitem avaliar a sua qualidade. Sendo assim, o monitoramento constante da qualidade da água torna-se imprescindível para determinação do grau de interferência de diversos processos que contribuem para sua alteração. Logo, esses estudos contribuem para o desenvolvimento de programas de controle da poluição ou manutenção da qualidade do corpo hídrico, assegurando assim os usos múltiplos da água sem que haja risco à saúde humana e ao ecossistema de uma forma geral (Souza, 2015; Riley *et al.*, 2022).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, em 1970. Já em 1975, o mesmo foi adaptado pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo, sendo atualmente o índice mais utilizado no Brasil. Considerando que o IQA é particularmente sensível à contaminação por esgotos domésticos, o mesmo tem sido comumente utilizado para identificação de contaminação por efluentes domésticos, nutrientes e sólidos, além da caracterização da qualidade das águas, contribuindo para uma melhor avaliação do corpo hídrico analisado, facilitando a interpretação dos dados e conseqüentemente na tomada de decisões (ANA, 2013).

Mediante o exposto, a presente pesquisa justifica-se pelo fato de que há poucos estudos relacionados a qualidade da água da Lagoa do Vigário, de modo que os resultados obtidos possam contribuir para a melhoria da gestão ambiental desse importante recurso hídrico da cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, possibilitando assim o cumprimento das suas funções ecológicas, recreativas e econômicas.

Desse modo, a pesquisa possui como objetivo analisar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos, além de determinar o IQA da Lagoa do Vigário situada no município de Campos dos Goytacazes/RJ, a fim de verificar as condições da Lagoa frente aos parâmetros avaliados e as legislações pertinentes.

Em termos metodológicos, inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais abordando os assuntos relevantes relacionados ao tema para melhor condução da pesquisa. Além disso, foi realizada uma primeira saída de campo e coleta com o objetivo de analisar algumas variá-

veis da qualidade da água da Lagoa do Vigário, através da caracterização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo do seu curso, compondo o primeiro artigo dessa Dissertação.

No que tange a pesquisa experimental, foram realizadas quatro saídas de campo em diferentes períodos (seco e chuvoso) para a realização das coletas. Para isso os índices pluviométricos do município de Campos dos Goytacazes foram monitorados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em cada saída, foram realizadas coletas em seis diferentes pontos da Lagoa e as mesmas foram feitas com auxílio de um barco e de forma superficial a lâmina d'água. Os pontos de coletas foram similares aos utilizados por Precioso *et al.*, (2010), uma vez que já foram identificados pelos autores, possíveis fontes de contaminação nesses locais, facilitando assim a comparação dos resultados obtidos.

As análises das amostras coletadas foram realizadas em triplicata, *in loco* e no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFF). Os métodos de análise seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo *Standard Methods for examination of water & wastewater 23th*. Após a realização das análises, os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente, principalmente a Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 e 274 de 2000 e também foram analisados estatisticamente. Ao final das análises foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA).

O Artigo Científico 1 apresenta os resultados encontrados na primeira coleta, sendo possível a realização preliminar da avaliação da qualidade da água da Lagoa do Vigário através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os resultados encontrados mostraram que o corpo hídrico analisado não se enquadra em vários parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. Foram observadas diversas médias fora dos limites estabelecidos pelas resoluções CONAMA 274/2000 e 357/2005, principalmente no que diz respeito à qualidade microbiológica da água, acarretando em riscos ao ecossistema de forma geral e à saúde da população do seu entorno que utiliza a Lagoa para recreação de contato primário e outros usos.

Já o Artigo Científico 2 apresenta os resultados de todas as saídas de campo, assim com o cálculo do IQA objetivando a caracterização da qualidade da Lagoa mediante a contaminação dos corpos hídricos, principalmente, pelo lançamento de esgotos domésticos, nutrientes e resíduos sólidos. Sendo assim, os resultados encontrados apontaram a não conformidade de diversos parâmetros aos padrões estabelecidos pelas legislações existentes. Por outro lado, o Índice de Qualidade da Água (IQA), demonstrou uma variação da qualidade da lagoa de “RUIM” a “BOA”, com diversos pontos de coleta com classificação “REGULAR”, o que demonstra uma elevada vulnerabilidade da Lagoa mediante as atividades antrópicas, o que tem colocado em risco a utilização da água para os diversos fins.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO VIGÁRIO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

EVALUATION OF THE WATER QUALITY OF THE VIGARIO POND IN FIELDS OF GOYTACAZES/RJ THROUGH PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS

Lanna Germano Peixoto; Elianna Menezes Santana; Silas Carvalho Fidelis; Lorena Neves Brandão; Graziela Machado de Abreu; Kamila Rocha Bernardino; Carolina Ramos de Oliveira Nunes; Vicente de Paulo Santos de Oliveira; Thiago Moreira de Rezende Araújo.

RESUMO

Sabe-se que a água constitui um recurso essencial para a existência de vida, logo, a falta ou alterações significativas nos padrões de qualidade da mesma podem limitar ou impossibilitar o seu uso. Portanto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da água da Lagoa do Vigário em Campos dos Goytacazes/RJ através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de modo que os resultados obtidos pudessem contribuir para a melhoria da gestão ambiental desse importante recurso hídrico. Para as coletas, foram escolhidos 6 pontos de amostragem. Os parâmetros analisados foram: pH, temperatura (*in loco*), turbidez, oxigênio dissolvido (*in loco*), salinidade, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 274/2000. Mediante os resultados encontrados, o corpo hídrico não se enquadra em vários parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, encontrando-se com diversas médias fora dos limites estabelecidos pelas resoluções supracitadas, principalmente no que diz respeito à qualidade microbiológica da água, o que acarreta em diversos riscos à saúde da população que vive no entorno e que utiliza a lagoa para recreação de contato primário.

Palavras chave: *Escherichia coli*. CONAMA 357/2005. Lagoa urbana.

ABSTRACT

It is known that water is an essential resource for the existence of life, so lack of it or significant changes in its quality standards may limit or make its use impossible. Therefore, this research aimed to evaluate Vigário Lagoon water quality in Campos dos Goytacazes/RJ through physical-chemical and microbiological parameters so that the results obtained could contribute to the improvement of the environmental management of this important water resource. For collections, 6 sampling points were chosen. The parameters analyzed were: pH, temperature (in loco), turbidity, dissolved oxygen (in loco), salinity, electrical conductivity, biochemical oxygen demand (BOD_{5,20}), thermotolerant coliforms and Escherichia coli. The results obtained were compared to the standards established by CONAMA Resolutions n° 357/2005 and n° 274/2000. Based on the results found, the water body does not fit into several parameters established by the current legislation, with several averages outside the limits established by the resolutions, mainly regarding the microbiological quality of the water, which entails several risks to the health of the population that lives in the surroundings and that uses the lagoon for primary contact recreation.

Keywords: *Escherichia coli. CONAMA 357/2005. Urban lagoon.*

1. INTRODUÇÃO

A água constitui um recurso natural essencial para a existência de vida, sendo o mais importante para a continuação das espécies animais e vegetais na Terra. No entanto, nem todos os recursos hídricos disponíveis no planeta são facilmente utilizáveis, além disso, há permanentes ameaças ao ciclo hidrológico e a sua disponibilidade, por exemplo, o uso excessivo das reservas subterrâneas e superficiais aliado aos diversos tipos de poluições existentes (Tundisi 2006; Silva *et al.*, 2021).

A Agência Nacional de Águas (2021) destaca que as maiores reservas de água existentes no mundo, que representam 97,5 %, referem-se à água salina, não estando apta para o consumo direto e irrigação. Já os outros 2,5 % representam a parcela de água doce existente, sendo, destes, a maior parte (69 %) de difícil acesso, pois estão concentradas nas geleiras, 30 % são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e apenas cerca de 1 % encontra-se em reservatórios superficiais.

Logo, a falta ou alterações significativas nos padrões de qualidade da água doce podem limitar o desenvolvimento agrícola, urbano, industrial e seus usos específicos pelo homem, representando um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida de populações em diversas regiões do Brasil (Silveira & França 1998, Santos *et al.* 2017). Além disso, a ocupação

desordenada dos territórios e o crescimento populacional, aliados à distribuição desigual de renda e ao processo de degradação ambiental, confirmam a existência de um número crescente de áreas insalubres, chamando a atenção de pesquisadores e instituições públicas, que reconhecem a necessidade da promoção de políticas públicas para reversão da degradação ambiental (Braga *et al.* 2022).

Desta forma, conhecer a disponibilidade da água, em quantidade e qualidade, constitui fator imprescindível para o desenvolvimento de programas de controle da poluição que visem a recuperação ou manutenção da qualidade do corpo hídrico, contribuindo assim para os seus múltiplos, sem que haja riscos à saúde humana e ao ecossistema de forma geral (Derisio, 2017).

No Brasil, a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo assim, os parâmetros de qualidade físico-químicos e bacteriológicos (BRASIL, 2005). De acordo com a mesma, as águas superficiais doces são separadas em cinco classes segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes. Para cada uma das classes são estabelecidas condições de qualidade por meio de variáveis descritivas. Já a Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000 define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário (BRASIL 2000).

O enquadramento dos corpos hídricos, respeitando os padrões de qualidade, consiste em uma importante ferramenta para gestão desses recursos e, conseqüentemente, em uma meta a ser atingida ao longo do tempo, de modo que as ações de controle de poluição de fontes pontuais ou difusas possam promover a adequação da qualidade dos corpos hídricos na sua respectiva classe de qualidade assegurando seus usos preponderantes (CETESB, 2015).

Desta forma, o presente trabalho se justifica pela escassez de estudos relacionados à qualidade da água da Lagoa do Vigário, de modo que os resultados obtidos possam contribuir para a melhoria da gestão ambiental desse importante recurso hídrico da cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, possibilitando assim o cumprimento das suas funções ecológicas, recreativas e econômicas. Logo, o mesmo teve como objetivo analisar variáveis da qualidade da água da Lagoa do Vigário, através da caracterização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo do seu curso.

2. MATERIAL E MÉTODO

A Lagoa do Vigário (LV) (21°45'15"S e 41°19'28"W) está situada no município de Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, especificamente na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, na região de Guarus. Possui uma área de aproximadamente 0,3 km², estando compreendida entre os bairros Jardim Carioca e Parque Calabouço (Santos, 2007).

Ao contrário da margem direita, a margem esquerda, na qual está localizada a LV, sempre necessitou de maiores investimentos para manutenção dos recursos hídricos. No entanto, as margens da lagoa não vêm sendo tratadas adequadamente, o que tem contribuído negativamente para a deterioração de sua qualidade, devido à falta de orientação e conservação desse importante recurso hídrico (Aliprandini; Godoy, 2016). Logo, além de possuir um elevado contingente populacional no seu entorno, a LV é um recurso hídrico que durante muitos anos vem sofrendo com alterações em sua qualidade. Suas margens e seu leito têm sido invadidos por aterros, casas populares ou de outro tipo, muros e cercas. Tais ocupações desenfreadas acarretam em uma série de problemas, como acúmulo de lixo, despejo de águas servidas e de esgoto, poluição e eutrofização (SOFFIATI, 2013).

Com relação às coletas, foram escolhidos 6 pontos de amostragem na lagoa, georreferenciados através do sistema de posicionamento de satélite Global Position System (GPS) da marca Garmin modelo GPSMAP 76Cx. (Tabela 1). As amostras foram coletadas no dia 06/10/2022, dia parcialmente nublado, sem precipitação, cerca de 20-30 cm da superfície. A precipitação acumulada no mês anterior à data da saída de campo (01/09 - 30/09) foi de 62,6 mm, dados da Estação Automática Campos dos Goytacazes-A607 do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet, 2022).

Tabela 1: Localização dos pontos amostrados na Lagoa do Vigário (coordenadas UTM).

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
P1	0260005 S	7594293 W
P2	0260056 S	7594082 W
P3	0260194 S	7593938 W
P4	0260538 S	7593771 W
P5	0260488 S	7593633 W
P6	0260333 S	7593698 W

Fonte: Autores (2022).

Os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura foram determinados nos locais de coleta e os demais no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes/RJ do Instituto Federal Fluminense (IFF). Os métodos de análise seguiram as normas estabelecidas *pelo Standard Methods for examination of water & wastewater 23th*. Na Tabela 2, estão listados os parâmetros que foram analisados.

Tabela 2: Parâmetros e metodologia utilizada para análise.

Parâmetro	Metodologia/equipamento
Coliformes termotolerantes e <i>Escherichia coli</i>	Método Colilert
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	Aparelho de medição de DBO Aqualytic (Modelo AL 606)
Conductividade elétrica	Condutímetro de bancada Digimed (Modelo DM32)
Salinidade	
Oxigênio dissolvido (<i>in loco</i>)	Oxímetro portátil Alfakit (Modelo AT 160)
Turbidez	Turbidímetro de bancada MS Tecnoyon Instrumentação (Modelo TB 1000)
Temperatura (<i>in loco</i>)	Termômetro
Potencial Hidrogeniônico	pHmetro de bancada Thermo Orion Star (Modelo A214)

Fonte: Autores (2022).

Após a realização das análises, os resultados obtidos foram dispostos em planilhas, sendo-os analisados estatisticamente para melhor exploração dos resultados. Em seguida, os resultados foram comparados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente e com trabalhos científicos semelhantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a CONAMA 357/2005, as águas doces são definidas como aquelas que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ (partes por mil); água salobra, entre 0,5 ‰ e 30 ‰ e água salina acima de 30 ‰ (BRASIL 2005). De acordo com os resultados obtidos é possível observar na Tabela 3 que a LV apresenta salinidade de 0,3 ‰, logo, trata-se de um corpo hídrico de água doce.

Sendo assim, mediante o Art. 42º da Resolução supracitada, enquanto não há aprovado enquadramento para um determinado corpo hídrico, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições atuais de qualidade forem superiores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Portanto, para fins de enquadramento e comparação dos parâmetros avaliados no presente trabalho será utilizada a classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL 2005).

Com relação aos resultados obtidos nas análises de pH (Tabela 3), é possível observar que os valores obtidos apresentaram poucas variações enquadrando-se, com exceção de um ponto, na Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 3: Valores médios obtidos para alguns parâmetros físico-químicos avaliados.

Pontos	Turbidez (UNT)	Ph	Salinidade (‰)	Condutividade elétrica (µS/cm)
P1	36,20	9,08	0,3	440,67
P2	26,33	7,89	0,3	470,53
P3	26,53	8,03	0,3	460,13
P4	16,36	7,69	0,3	536,53
P5	19,01	7,86	0,3	539,67
P6	26,37	7,72	0,3	538,03
*CONAMA 357/05	100	6,0 – 9,0	≤ 0,5	-

*Valores máximos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 2.

Fonte: Autores (2022)

Sathler *et al.* (2015), em estudo sobre a avaliação da qualidade e gestão dos recursos hídricos do sistema Vigário-Campelo-Cataia, obtiveram também valores de pH com variações dentro do intervalo estabelecido, com média de aproximadamente 7,2, o que corrobora os resultados encontrados.

Para turbidez (Tabela 3), todos os pontos apresentaram resultados inferiores ao preconizado pela Conama 357/2005 para a classe 2. Foi possível observar que o P4 apresentou o menor valor (16,36 UNT) e o P1 o maior valor (36,20 UNT). Isso pode estar relacionado ao fato do P4 estar localizado em um ponto onde as águas tem pouco movimento, devido à presença de grande quantidade de vegetação em sua margem, facilitando assim a decantação dos sólidos em suspensão. Por outro lado, o valor mais alto de turbidez no P1 pode estar ligado à sua localização mais às margens do corpo hídrico, onde há uma maior turbulência das águas, facilitando a movimentação dos sólidos em suspensão.

Semelhantemente, Gallo *et al.* (2022), em estudo acerca da qualidade da água da LV e sua relação com parasitos gastrintestinais de moradores do seu entorno, também encontraram valores de turbidez inferiores ao preconizado pela legislação, máximo e mínimo de 8,6 UNT e 6,2 UNT, respectivamente.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (2014) a turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem de luz através de um determinado líquido, estando intimamente ligada à presença de materiais em suspensão na água. Portanto, valores elevados de turbidez podem indicar uma quantidade excessiva de material particulado na água, gerando uma preocupação ainda maior por atuarem como escudo e proteção aos microrganismos patogênicos.

Com relação à condutividade elétrica (CE), a CONAMA 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro. Todavia, Von Sperling (2007) *apud* Piratoba *et al.* (2017), ao relacionar a CE com o grau de contaminação do corpo hídrico, indica que o valor máximo para água doce não poluída é de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, onde valores superiores apontam para maior toxicidade do corpo hídrico pelo excesso de sais, podendo indicar até mesmo a presença de metais tóxicos. Portanto, é possível observar na Tabela 3 que todos os pontos apresentaram valores acima do limite máximo estimado, indicando a poluição do recurso hídrico. O P3 apresentou o menor valor (460,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e o P5 o maior valor (539,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Riley *et al.* (2022), ao avaliarem a qualidade da água de duas lagoas urbanas com elevada interferência antrópica no Município de Feira de Santana/BA, também obtiveram valores elevados de CE nos dez pontos de coleta avaliados, encontrando valores médios entre 395,9 e 837,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na Lagoa Grande e entre 7754 e 14828 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na Lagoa Salgada, indicando a degradação dos corpos hídricos analisados pela elevada concentração de matéria orgânica em suspensão e espécies inorgânicas.

Já o oxigênio dissolvido (OD) é uma substância de fundamental importância para os organismos aeróbios. Baixas concentrações de OD podem estar relacionadas com quantidade excessiva de matéria

orgânica no corpo hídrico, devido ao elevado consumo de oxigênio pelos microrganismos (CETESB, 2010). Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de OD de 2 mg/L a 5 mg/L, que varia de acordo com cada organismo. Deste modo, “trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático” (Funasa, 2014).

Os resultados obtidos para o OD, Tabela 4, indicam que, dos pontos analisados, o P4 com 4,70 mg/L foi o único que apresentou valor abaixo do estabelecido pela legislação para a classe 2, que é de $\geq 5,0$ mg/L. Isso pode estar relacionado ao fato de que o P4 está localizado em um ponto onde as águas ficam mais paradas, dificultando a sua aeração.

Da mesma maneira, Gallo *et al.* (2022), que também avaliaram a qualidade da LV, obtiveram valores de OD dentro do previsto pela legislação para a classe 2, com exceção de um ponto, onde o valor encontrado foi de 2,6 mg/L. Tal resultado foi justificado pela relação com processos de decomposição de material orgânico, devido a elevada quantidade de efluentes domésticos descartado no ponto analisado, provocando assim o aumento excessivo de algas e plantas aquáticas, e, conseqüentemente, o aumento de decompositores que resulta na diminuição do oxigênio.

Já com relação à temperatura, apesar da CONAMA 357/2005 não determinar valores para esse parâmetro, é importante que seja feita a sua medida, visto que exerce grande influência sobre os processos que ocorrem nos corpos d'água. Nos ecossistemas aquáticos, por exemplo, a temperatura tem um papel fundamental na solubilidade dos gases, constituindo um fator controlador da concentração de OD, uma vez que, com o aumento da temperatura há uma diminuição da sua solubilidade (Esteves 2011 *apud* Aguiar & Dias 2019). Analisando a Tabela 4, é possível observar que o P3 foi o que apresentou a menor temperatura (23,3 °C) e o P1 foi o que apresentou maior temperatura (24,9 °C), logo, observa-se uma variação da temperatura da água ao longo do dia.

Tabela 4: Valores médios obtidos para os parâmetros microbiológicos, OD e temperatura das amostras de água da LV.

Pontos	OD (mg/L)	DBO _{5,20} (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	Temperatura (°C)
P1	12,10	103	3836	1526	24,9
P2	9,90	28	3030	1714	24,1
P3	7,10	22	6510	2446	23,3
P4	4,70	27	8212	2534	24,5
P5	7,40	23	15402	5190	23,6
P6	6,85	33	5818	2306	23,7
*CONAMA 274/2000	-	-	≤ 2500	≤ 2000	-
**CONAMA 357/2005	≥ 5	≤ 5	≤ 1000	-	-

*Valores máximos permitidos para uso de recreação de contato primário; **Valores máximos ou mínimos permitidos para os demais usos, considerando água doce/classe 2.

Fonte: Autores (2022).

A $DBO_{5,20}$ constitui um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidação da matéria orgânica biodegradável durante um determinado período de tempo, normalmente, cinco dias em uma temperatura de incubação de 20 °C (Matos *et al.*, 2017 & Funasa, 2014). Ainda segundo Matos *et al.* (2017), sua estimativa é muito importante em estudos de modelagem da qualidade da água em rios e lagoas, como autodepuração, possibilitando que se efetuem estimativas da sua capacidade de recuperação.

Avaliando-se a Tabela 4, é possível observar que a $DBO_{5,20}$, em todos os pontos coletados na Lagoa do Vigário, ultrapassaram o limite preconizado pela CONAMA 357/2005 que é de máximo 5 mg/L, indicando uma elevada concentração de matéria orgânica biodegradável no corpo hídrico. O maior valor foi 103 mg/L no P1 e o menor valor foi 22 mg/L no P3.

De forma semelhante, Riley *et al.* (2022) encontraram valores de $DBO_{5,20}$ superiores ao estabelecido pela legislação. Nos pontos monitorados na Lagoa Grande, os valores de $DBO_{5,20}$ nas três coletas, ultrapassaram o valor permitido pela CONAMA 357/2005. O menor valor encontrado foi 40 mg/L, no P6, e o maior valor 160 mg/L, no P3. Tais resultados foram justificados pelo aumento da concentração de matéria orgânica no manancial devido ao lançamento de esgoto doméstico no local.

Segundo Fiorucci e Benedetti Filho (2005), as águas seriamente poluídas apresentam $DBO_{5,20}$ superior a 10 mg/L. Além disso, ainda segundo os autores, valores elevados de $DBO_{5,20}$ contribuem para modificações no ecossistema da lagoa, influenciando nas relações ecológicas existentes, visto que o lançamento excessivo de esgotos nos corpos hídricos facilita o aceleração microbiano, reduzindo assim o oxigênio dissolvido, o que pode tornar o ambiente anóxico, afetando a biodiversidade aquática.

Deste modo, percebe-se que em ambas as pesquisas, o lançamento excessivo dos esgotos domésticos pela população que vive no entorno das lagoas torna-se um fator preocupante que merece atenção, visto que tal prática contribui para a deterioração do corpo hídrico, o que além de afetar a biodiversidade local, influenciará na limitação do seu uso para os diversos fins.

Com relação à concentração dos parâmetros microbiológicos, é sabido que o seu monitoramento é de fundamental importância para avaliação do grau de contaminação hídrica por material fecal, considerando que os coliformes são constituintes normais da microbiota intestinal de animais de sangue quente, inclusive do ser humano (Araújo *et al.* 2011).

A CONAMA 274/2000 estabelece águas impróprias para balneabilidade quando, por exemplo, os valores de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* forem superiores a 2500 e 2000 NMP/100 mL, respectivamente. Ou seja, considerando-se os valores obtidos para coliformes termotolerantes (Tabela 4), a água estaria imprópria para recreação de contato primário em todos os pontos avaliados.

Segundo a CONAMA 357/2005, para os demais usos de uma água doce/classe 2, o valor de coliformes termotolerantes não deve exceder 1000 NMP/100 mL em 80 % ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Ressalta-se que a

periodicidade estabelecida para coleta na legislação não foi utilizada neste trabalho, porém os resultados mostram valores elevados e preocupantes para os parâmetros microbiológicos avaliados.

Lyra *et al.* (2020), em estudo sobre o diagnóstico ambiental da Lagoa de Marapendi, localizada no município de Rio de Janeiro, utilizando como base os dados históricos de qualidade da água de três estações de monitoramento, no período de 2010 a 2017, também encontraram valores elevados de coliformes termotolerantes. Segundo a conclusão dos autores, a Lagoa de Marapendi também não está em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação, não sendo propícia à recreação e pescada. Além disso, mediante os resultados encontrados, os autores também apontam o descarte inadequado de efluentes domésticos como fonte principal de poluição do recurso hídrico analisado.

Logo, torna-se cada vez mais necessário o estudo e monitoramento desses recursos que durante anos têm servido como corpos receptores de efluentes sem tratamento, contribuindo para deterioração do corpo hídrico de grande importância para a população que vive no seu entorno.

4. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o corpo hídrico avaliado não se enquadra em vários parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. Foram observadas diversas médias fora dos limites estabelecidos pelas resoluções CONAMA 274/2000 e 357/2005, principalmente no que diz respeito à qualidade microbiológica da água, o que acarreta em riscos ao ecossistema de forma geral e à saúde da população do seu entorno que utiliza a Lagoa para recreação de contato primário e outros usos.

Deste modo, no atual contexto de escassez de águas doces não poluídas, é cada vez mais necessário o desenvolvimento de projetos e planos de prevenção, conscientização, recuperação e conservação ambiental desses ecossistemas, além do estabelecimento de metodologias eficazes de monitoramento contínuo das atividades que possam colocar em risco a disponibilidade dos recursos hídricos para os diversos fins.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIPRANDI, D.C.; GODOY, A.L.C. (2016). “*O Rio Paraíba do Sul como fronteira no tratamento desigual dos espaços livres públicos na cidade de Campo das Goytacazes/RJ*” in 13º Encontro Nacional de Ensino de Paisagismo em Escolas de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, Salvador. 2016, 1, pp. 632-645.
- ANA - Agência Nacional de Águas (2021) *Situação da Água no Mundo*. Elaborado por Digital/ASCOM. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em 23 de dezembro de 2021.
- ARAÚJO, G.F.R. *et al.* (2011) “*Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo*”. Mundo Saúde. pp. 98-104.
- BRAGA, D.L. *et al.* (2022) “*Salubridade ambiental: conceituação e aplicabilidade*”. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], FapUNIFESP (SciELO). v. 27, n. 3, pp. 457-464.
- BRASIL (2005) Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2010) Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo: relatório técnico. São Paulo. 310 p.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2015) Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo no ano de 2014. São Paulo. 376 p.
- DERISIO, J.C. (2017) *Introdução ao controle de poluição ambiental*. Oficina de Textos. 5. ed. São Paulo/SP, 294 p.
- FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI FILHO, E. (2005) “*A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos*”. Química e sociedade. pp. 10-16.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde (2014) *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Ministério da Saúde. 1. ed. Brasília – DF, 116 p.
- GALLO, S. S.M. *et al.* (2022) “*Parasitas gastrintestinais de moradores da lagoa do Vigário, Estado do Rio de Janeiro e análise da qualidade da água da lagoa*”. Research, Society And Development, [S.L.], v. 11, n. 10, p. 1-13.
- LYRA, G.C.; MARQUES YABUKI, L. N.; QUELUZ, J. G. T.; GARCIA, M. L. (2020). “*Avaliação da qualidade da água da lagoa de Marapendi – Rio de Janeiro, RJ*”. Holos Environment. pp. 73–87.
- MATOS, M.P. *et al.* (2017) “*Modelagem da progressão da DBO obtida na incubação de esgoto doméstico sob diferentes temperaturas*”. Engenharia Sanitaria e Ambiental [S.L.], FapUNIFESP (SciELO). v. 22, n. 5, pp. 821-828.
- PIRATOBA, A.R.A. *et al.* (2017) “*Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil*”. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [S.L.], Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). v. 12, n. 3, p.

435.

RILEY M.C. *et al.* (2022) “*Análise da Qualidade da Água Superficial das Lagoas Grande e Salgada em Feira De Santana-BA*”. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, v. 1, n. 44, pp. 162-193.

SANTOS, J.M.C.O. (2007) “*Avaliação da Produção de Metano em Alagados Construídos*”. Ms.C. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes/RJ. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/ecologia-recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2013/10/JOANNA-SANTOS.pdf>. Acessado em 01 de Novembro de 2022.

SANTOS, R.C. *et al.* (2017) “*Diagnóstico e Análise da Balneabilidade da área de Proteção Ambiental da Lagoa de Cima, localizada no Município de Campos dos Goytacazes/RJ*”. Revista Perspectivas Online: Exatas & Engenharias. v.7, n. 18, pp.41-51.

SILVA, L.S. *et al.* (2021) “*A Importância Da Água De Reuso Na Agricultura E As Considerações Da Vigilância Sanitária Sobre A Prática Sustentável*”. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação-Rease. v. 7 , n. 1, pp. 157-169.

SILVEIRA, M.C; FRANÇA, K.B. (1998) “*Avaliação Do Desempenho De Um Sistema De Dessalinização Via Osmose Inversa Para Águas Salobras*” in X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Paraíba. pp. 1-7.

SOFFIATI, A. (2013) “*As lagoas do Norte Fluminense: uma contribuição à história de uma luta*”. Essentia Editora. Campos dos Goytacazes – RJ, 203 p.

TUNDISI, J.G. (2006) “*Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos*”. Revista USP. pp. 24-35.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO VIGÁRIO – CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ, ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E ANÁLISE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

CHARACTERIZATION OF THE WATER QUALITY OF LAGOA DO VIGÁRIO - CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ, THROUGH PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND ANALYSIS OF THE WATER QUALITY INDEX (IQA)

Lanna Germano Peixoto - IFFluminense/PPEA

Dr. Vicente de Paulo Santos de Oliveira - IFFluminense/PPEA

Dr. Thiago Moreira de Rezende Araújo - IFFluminense/PPEA

RESUMO

É sabido que a água constitui um recurso vital e essencial à existência de vida, sendo-a utilizada para o desempenho de múltiplas funções. Dessa forma, visando à melhoria da qualidade das águas, o monitoramento dos corpos hídricos torna-se um importante instrumento de avaliação e gestão desse recurso. Logo, pelo IQA ser particularmente sensível à contaminação por esgotos domésticos, tal índice tem sido amplamente utilizado para identificação da presença de efluentes domésticos, nutrientes e sólidos nas águas, o que contribui para melhor gestão do corpo hídrico avaliado. Mediante o exposto, a presente pesquisa justifica-se pela carência de estudos relacionados à qualidade da água da Lagoa do Vigário em Campos dos Goytacazes/RJ. Portanto, o artigo teve como objetivo analisar variáveis da qualidade da água da LV, através da caracterização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo do seu curso e avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA), visando a verificação das condições da mesma frente aos parâmetros avaliados e as legislações vigentes. Para obtenção dos resultados foram coletadas amostras de água em 6 diferentes pontos ao longo de 4 saídas de campo em diferentes épocas do ano, com índices pluviométricos variados. Os resultados encontrados apontaram a não conformidade de diversos parâmetros aos padrões estabelecidos pelas legislações existentes. Por outro lado, o Índice de Qualidade da Água (IQA), demonstrou uma variação da qualidade da lagoa de “RUIM” a “BOA”, com diversos pontos de coleta com classificação “REGULAR”, o que demonstra uma elevada vulnerabilidade da Lagoa mediante as atividades antrópicas, o que tem colocado em risco a utilização da água para os diversos fins.

Palavras chave: Lagoa urbana. Índice de Qualidade da Água. *Escherichia coli*.

ABSTRACT

It is well known that water is a vital resource and essential to the existence of life, as it is used to perform multiple functions. Thus, with a view to improving water quality, monitoring water bodies has become an important tool for evaluating and managing this resource. Therefore, because the WQI is particularly sensitive to contamination by domestic sewage, this index has been widely used to identify the presence of domestic effluents, nutrients and solids in the water, which contributes to better management of the water body being assessed. In view of the above, this research is justified by the lack of studies related to the water quality of Lagoa do Vigário in Campos dos Goytacazes/RJ. Therefore, the aim of this article was to analyze variables in the water quality of the VL, by characterizing the physical-chemical and microbiological parameters along its course and evaluating the Water Quality Index (IQA), with a view to verifying its condition in relation to the parameters evaluated and the legislation in force. To obtain the results, water samples were collected at 6 different points over 4 field trips at different times of the year, with varying rainfall rates. The results showed that several parameters did not comply with the standards established by existing legislation. On the other hand, the Water Quality Index (IQA) showed a variation in the quality of the lagoon from "POOR" to "GOOD", with several collection points classified as "REGULAR", which demonstrates the lagoon's high vulnerability to anthropic activities, which has put the use of the water for various purposes at risk.

1. INTRODUÇÃO

É sabido que a água constitui um recurso vital e essencial à existência de vida, sendo-a utilizada para o desempenho de múltiplas funções. Segundo a Agência Nacional de Águas, as maiores reservas de água existentes no mundo, que representam 97,5%, referem-se à água salina, que não está apta para o consumo direto e irrigação. Por outro lado, os 2,5% restantes correspondem a parcela de água doce existente, sendo, a maior parte (69%) destes de difícil acesso, pois estão concentradas nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e apenas cerca de 1% podem ser encontradas em reservatórios superficiais (ANA, 2023).

Dessa forma, visando à melhoria da qualidade das águas, o monitoramento dos corpos hídricos é um importante instrumento de avaliação e gestão desse recurso, visto que, a análise da qualidade da água é uma importante ferramenta para obtenção de diagnóstico mais preciso sobre a situação do corpo hídrico analisado. O que contribuiu para a redução dos impactos provenientes das atividades antrópicas, de modo que seja assegurado o bem estar da população que vive no entorno do corpo hídrico e que utiliza tal recurso para diversas atividades (GEMINIANO *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2021). Logo, para a realização do monitoramento da qualidade da água, faz-se necessário o

conhecimento das características físico-químicas e biológicas da água, ao longo do tempo e do espaço (ARANTES; SANTOS, 2020).

No Brasil, a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento em diferentes classes, estabelecendo os parâmetros de qualidade físico-químicos e bacteriológicos necessários para utilização da água para os diversos fins (BRASIL, 2005). Já a Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000 define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, assegurando as condições necessárias para utilização da água para recreação de contato primário (BRASIL, 2000). Sendo assim, tais Resoluções foram utilizadas no presente artigo como ferramentas importantes para embasamento e avaliação da qualidade da água da Lagoa do Vigário, objeto de estudo da presente pesquisa.

Visando, portanto, a avaliação e caracterização de um determinado corpo hídrico, o Índice de Qualidade da Água (IQA) que foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, em 1970 e adaptado em 1975 pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo, tem sido amplamente utilizado em todo o Brasil. Pelo IQA ser particularmente sensível à contaminação por esgotos domésticos, tal índice auxilia na identificação da presença de efluentes domésticos, nutrientes e sólidos nas águas, o que contribui para melhor gestão do corpo hídrico avaliado (ANA, 2013; (BROWN *et al.*, 1970).

Mediante o exposto, este trabalho justifica-se pela carência de estudos relacionados à qualidade da água da Lagoa do Vigário em Campos dos Goytacazes/RJ, de modo que os resultados obtidos possam contribuir para a melhoria da gestão ambiental desse importante recurso hídrico. Portanto, o mesmo teve como objetivo analisar variáveis da qualidade da água da Lagoa do Vigário em diferentes períodos, através da caracterização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo do seu curso e avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA), visando a verificação das condições da Lagoa frente aos parâmetros avaliados e as legislações vigentes.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de Estudo

A Lagoa do Vigário (LV) (21°45'15"S e 41°19'28"W) situa-se no município de Campos dos Goytacazes/RJ, especificamente na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, na região de Guarus. Possui área de aproximadamente 300000 m², estando compreendida entre os bairros Jardim Carioca e Parque Calabouço (SANTOS, 2007).

Além de possuir elevado contingente populacional em seu entorno, a LV é um recurso hídrico

que ao longo de muitos anos tem sofrido com alterações em sua qualidade em decorrência das atividades antrópicas. Suas margens e seu leito têm sido invadidos por aterros, casas populares ou de outro tipo, muros e cercas. Tais ocupações desenfreadas acarretam em uma série de problemas, como acúmulo de lixo, despejo de águas servidas e de esgoto, poluição e eutrofização, contribuindo assim para o aumento de sua deterioração (SOFIATTI, 2013).

2.2 Coleta e Avaliação dos Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos

Com relação às coletas, foram escolhidos 6 pontos de amostragem na lagoa (Figura 1), georreferenciados através do sistema de posicionamento de satélite Global Position System (GPS) da marca Garmin modelo GPSMAP 76Cx (Tabela 1). As amostragens foram realizadas cerca de 20-30 cm da superfície.

Figura 1 - Localização dos Pontos de Coleta na Lagoa do Vigário.

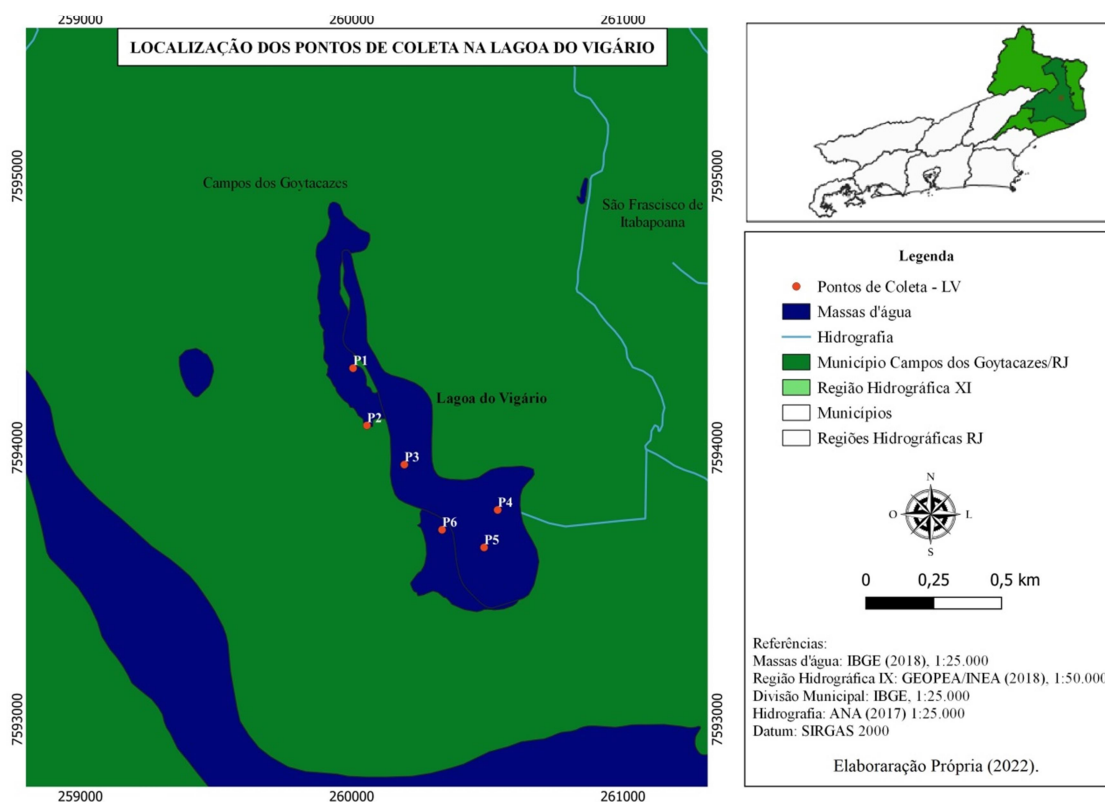


Tabela 1: Localização dos pontos amostrados na Lagoa do Vigário (coordenadas UTM).

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
P1	0260005 S	7594293 W
P2	0260056 S	7594082 W
P3	0260194 S	7593938 W
P4	0260538 S	7593771 W
P5	0260488 S	7593633 W
P6	0260333 S	7593698 W

Fonte: Autores (2023).

Foram realizadas 4 saídas de campo em diferentes épocas do ano, com índices pluviométricos variados (Tabela 2). Os dados das precipitações acumuladas nos sete dias anteriores à data de cada saída de campo foram obtidos pela Estação Automática Campos dos Goytacazes-A607 do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet, 2023), sendo também apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Informações referentes às saídas de campo.

SAÍDAS	DATA	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	PRECIPITAÇÃO NOS SETE DIAS ANTERIORES A COLETA (mm)
S1	06/10/2022	nublado e sem precipitação	25,21
S2	15/12/2022	nublado e sem precipitação	35,82
S3	22/03/2022	ensolarado	12,63
S4	31/05/2023	nublado e chuvoso	10,44

Fonte: Autores (2023).

Com relação às características dos pontos observadas ao longo das saídas de campo, foi notória a presença intensa de bancos flutuantes de Macrófitas na extensão da lagoa, que, mediante a influência dos ventos, em cada saída eles encontravam-se em locais diferentes. Além disso, foi possível observar acúmulo intenso de lixo e criação de animais às margens das casas que ficam no entorno da lagoa.

Quanto aos parâmetros analisados, no Quadro 1 estão listados os respectivos métodos ou equipamentos utilizados para as determinações. Com exceção dos parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura, que foram determinados nos locais de coleta, os demais parâmetros foram analisados no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes/RJ do Instituto Federal Fluminense (IFF), seguindo as normas estabelecidas *pele Standard Methods for examination of water & wastewater 23th* (APHA, 2005).

Quadro 1: Análises realizadas, métodos utilizados e número de referência no *Standard Methods for examination of water & wastewater 23th*.

ANÁLISE	METODOLOGIA/EQUIPAMENTO UTILIZADO	NÚMERO DE REFERÊNCIA <i>STANDARD METHODS</i>
Coliformes termotolerantes e <i>E. coli</i>	Método Colilert®	9223 B – “ <i>Enzyme Substrate Test</i> ”
Demanda bioquímica de oxigênio	Aparelho de medição de DBO Aqualytic (Modelo AL 606)	5210 D – “ <i>Respirometric Method</i> ”
Temperatura	Termômetro Incoterm – escala interna de -10 °C até +150 °C	2550 B – “ <i>Laboratory and Field Methods</i> ”
Condutividade elétrica e salinidade	Condutivímetro de bancada Digimed (Modelo DM32)	2510 B – “ <i>Laboratory Method</i> ”
Resíduo total	Aquecimento, em estufa (SolidSteel, modelo SSDi – 85 L), a 105 °C até peso constante-	2540 B – “ <i>Total Solids Dried at 103–105°C</i> ”
Turbidez	Turbidímetro de bancada MS Tecnopon Instrumentação (Modelo TB 1000)	2130 B – “ <i>Nephelometric Method</i> ”
Potencial Hidrogeniônico	pHmetro de bancada Thermo Orion Star (Modelo A214)	4500-H ⁺ B – “ <i>Electrometric Method</i> ”
Fósforo total	Oxidação utilizando persulfato com posterior formação de heteropoliácido e análise colorimétrica em 880 nm	4500-P E – “ <i>Ascorbic Acid Method</i> ”
Nitrogênio amoniacal	Método Nessler	-
Nitrato	Cromatógrafo de íons da Metrohm (883 Basic IC Plus) com amostrador automático Metrohm (modelo 863 Compact Autosampler) após previa filtração da amostra com de seringa 0,45 µm	4110 B – “ <i>Ion Chromatography with Chemical Suppression of Eluent Conductivity</i> ”
Oxigênio dissolvido	Oxímetro portátil Alfakit (Modelo AT 160)	4500 O G – “ <i>Membrane-Electrode Method</i> ”

Fonte: Autores (2023).

Após a realização das análises, os resultados obtidos foram dispostos em planilhas para sua melhor exploração e comparados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente e com trabalhos científicos semelhantes.

Além disso, os resultados obtidos nas análises dos parâmetros de qualidade passaram por tratamento estatístico através do cálculo de médias, desvio padrão e ANOVA de fator duplo sem repetição com grau de significância de 5%, a fim de verificarmos a existência de diferenças significativas entre os dados obtidos nas quatro saídas de campo e entre os seis pontos de coleta analisados. As análises estatísticas foram realizadas no software Excel.

2.3 Determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA é obtido através do produtório ponderado dos resultados das análises de nove parâmetros de qualidade de água que o compõe. Cada parâmetro recebe um determinado peso (w) para sua aplicação no método (Tabela 3). O IQA consiste em classificar os corpos hídricos em classes ou ní-

veis de acordo com a qualidade encontrada, logo, constitui importante ferramenta para mensurar o grau de poluição, principalmente relacionado o aporte de esgoto sanitário, sólidos e nutrientes, dos corpos hídricos (CETESB, 2021; BROWN *et al.*, 1970).

Tabela 3: Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.

PARÂMETROS	PESO (W)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total ou Nitrato	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: BROWN *et al.* (1970)

O IQA é calculado pelo produto ponderado da qualidade da água correspondente aos parâmetros da Tabela 3 conforme a seguinte Equação 1:

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

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas (varia de 0 e 100);

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtida da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global de qualidade (Tabela 3);

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo do IQA efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, variando numa escala de 0 a 100, representada na Tabela 4.

Tabela 4: Classificação do IQA.

CATEGORIA	PONDERAÇÃO
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2021)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Resolução CONAMA 357/2005 define as águas doces como aquelas que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5‰ (partes por mil); água salobra, entre 0,5‰ e 30‰ e água salina igual ou acima de 30‰ (BRASIL 2005). Segundo os resultados obtidos, é possível observar na Tabela 5 que a LV apresenta salinidade inferior a 0,5‰, logo, trata-se de um corpo hídrico de água doce.

Dessa forma, baseado no Art. 42º da Resolução supracitada, enquanto não há aprovado enquadramento para um determinado corpo hídrico, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições atuais de qualidade forem superiores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Sendo assim, no presente artigo será utilizada a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/05 para fins de enquadramento e comparação dos parâmetros avaliados (BRASIL 2005).

Com relação aos resultados obtidos nas quatro saídas de campo, as Tabelas 5, 6 e 7 apresentam os valores médios para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos analisados. Os resultados apropriados foram também utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA).

Tabela 5: Valores médios obtidos para alguns parâmetros físico-químicos analisados.

PONTOS DE COLETA	Salinidade (‰)				Condutividade elétrica (µS/cm)				Turbidez (UNT)				Resíduo Total (mg/L)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
P1	0,3	0,2	0,2	0,2	440,67	346,67	403,75	408,77	36,20	18,64	15,78	14,15	220	296	228	324
P2	0,3	0,2	0,2	0,2	470,53	340,60	408,10	413,83	26,33	19,48	17,74	14,69	284	324	204	308
P3	0,3	0,2	0,2	0,2	460,13	350,57	412,20	408,93	26,53	20,00	11,10	14,74	276	292	256	312
P4	0,3	0,2	0,2	0,2	536,53	324,37	379,70	400,30	16,36	22,47	29,88	22,10	356	304	248	300
P5	0,3	0,2	0,2	0,2	539,67	326,60	381,20	398,47	19,01	24,17	32,00	26,80	348	280	236	324
P6	0,3	0,2	0,2	0,2	538,03	330,97	380,70	398,17	26,37	25,63	32,00	14,48	316	312	208	284
*CONAMA 357/05	≤ 0,5				-				≤ 100				-			

*Valores máximos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 2.

Fonte: Autores (2023)

Tabela 6: Valores médios obtidos para alguns parâmetros físico-químicos analisados.

PONTOS DE COLETA	pH				Nitrato (mg/L N)				N amoniacal (mg/L N)				Fósforo Total (mg/L P)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
P1	9,08	8,93	7,72	6,88	0,530	0,789	0,954	1,074	0,789	0,077	0,610	2,774	0,316	0,474	0,327	0,420
P2	7,89	9,36	7,24	6,89	0,423	0,466	0,608	0,865	1,209	0,097	0,970	3,075	0,215	0,412	0,419	0,473
P3	8,03	8,05	6,90	6,92	0,353	0,730	0,265	0,634	1,252	0,325	1,163	3,242	0,528	0,498	0,471	0,483
P4	7,69	9,38	9,71	6,90	5,050	0,175	0,139	0,209	0,391	0,097	0,164	0,213	0,690	0,416	0,305	0,346
P5	7,86	9,01	9,35	7,05	4,718	0,344	0,269	0,340	0,284	0,092	0,331	0,395	0,702	0,462	0,299	0,312
P6	7,72	8,87	9,21	6,96	4,808	0,273	0,000	0,563	0,268	0,151	0,191	0,793	0,776	0,509	0,334	0,352
*CONAMA 357/05	6,0-9,0				≤ 10				3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5				≤ 0,03			

*Valores máximos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 2.

Fonte: Autores (2023)

Tabela 7: Valores médios obtidos para os parâmetros microbiológicos, OD e temperatura das amostras de água da LV

PONTOS DE COLETA	OD (mg/L)				Temperatura (°C)				DBO _{5,20} (mg/L)				Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)				<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
P1	12,10	11,84	9,15	8,40	24,9	26,8	34,0	24,6	103	16	11	14	3836	6896	5416	4242,42	1526	1092	300	366,3
P2	9,90	12,32	10,70	7,40	24,1	25,9	30,5	23,2	28	20	11	13	3030	7308	27468	5957,37	1714	674	2284	1195,5
P3	7,10	11,40	2,11	9,11	23,3	26,0	29,0	23,1	22	15	6	16	6510	60490	41848	6623,37	2446	48392	3440	1704,9
P4	4,70	20,00	12,91	8,54	24,5	26,0	30,9	23,5	27	13	19	51	8212	18416	2480	5278,05	2534	3262	80	669,3
P5	7,40	20,00	7,81	4,15	23,6	26,5	29,3	22,7	23	15	11	12	15402	25994	1204	842,49	5190	5702	963,2	33,3
P6	6,85	11,29	7,72	4,15	23,7	26,6	30,1	23,2	33	14	8	14	5818	34658	1168	1388,61	2306	8320	80	616,1
*CONAMA 357/05	≥ 5				-				≤ 5				≤ 1000							
**CONAMA 274/00	-				-				-				≤ 2500				≤ 2000			

*Valores máximos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 2.

**Valores máximos permitidos para uso de recreação de contato primário.

Fonte: Autores (2023)

No que diz respeito à condutividade elétrica (CE), a mesma está relacionada à presença de íons dissolvidos na água, que consistem em partículas carregadas eletricamente. Portanto, quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água, possibilitando a variação dos valores em função da temperatura e do pH (ARAUJO, *et al.*, 2011).

Desse modo, a Resolução supracitada não estabelece limites para este parâmetro. No entanto, Von Sperling (2007), ao relacionar a CE com o grau de contaminação do corpo hídrico, indica que o valor máximo para água doce não poluída não ultrapasse 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, onde valores superiores podem indicar maior toxicidade do corpo hídrico pelo excesso de sais, além de sugerir até mesmo a presença de metais tóxicos. Portanto, é possível observar na Tabela 5 que todos os pontos apresentaram valores acima do limite máximo estimado em todas as quatro saídas de campo, indicando assim uma provável poluição do recurso hídrico. O P4 na Saída 2 apresentou o menor valor (324,37 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e o P5 o maior valor (539,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Riley *et al.* (2022) e Berlanda *et al.* (2021) em seus estudos sobre a qualidade da água, também obtiveram valores elevados de CE. Em ambos os estudos foi possível comprovar que os pontos analisados em áreas com forte influência antrópica apresentaram valores elevados de CE, sendo-os explicados pelo lançamento de efluentes domésticos na água, confirmando os resultados encontrados nessa pesquisa.

Já a Turbidez é um dos principais parâmetros analisados da qualidade da água, sendo-a caracterizada pela presença de partículas em suspensão que interferem diretamente na propagação da luz na água e consequentemente na fotossíntese de alguns organismos aquáticos. Além disso, águas com elevado teor de turbidez podem facilitar a proliferação de microrganismos (Osório *et al.*, 2021).

Sendo assim, águas menos turbulenta tendem a apresentar valores de turbidez baixos, enquanto que áreas onde ocorrem maiores movimentações das águas apresentam maiores valores de turbidez (MUNIZ, 2019).

Por outro lado, a turbidez também pode ser influenciada pela lixiviação de materiais sólidos ao longo de um determinado período com elevadas precipitações, como ocorrido na Lagoa Caiubá analisada por Cunha *et al.* (2013). Em sua pesquisa, a lagoa apresentou valores de fósforo total e turbidez acima dos padrões estipulados pela CONAMA. Os resultados encontrados foram justificados pela ocorrência do processo de lixiviação do material inorgânico proveniente das lavouras de arroz presentes no entorno, o que conseqüentemente promoveu a ressuspensão do sedimento presente e aumento da concentração de fósforo e da turbidez na água.

No entanto, em todos os pontos analisados nas quatro saídas de campo observa-se valores inferiores ao preconizado pela CONAMA 357/05 para a classe 2 (100 UNT). O P1 da Saída 1 apresentou o maior valor (36,20 UNT), enquanto o P3 da Saída 3 apresentou o menor valor (11,10 UNT). Um fator que pode ter contribuído para o valor encontrado no P1 é o fato de ser um local mais próximo à margem e mais raso, onde os ventos e ondas podem provocar maior revolvimento dos sedimentos presentes no fundo da lagoa. Já o valor inferior de P3 pode estar relacionado ao fato de que está em um ponto onde as águas tem menor movimento, o que contribui para a decantação dos sólidos presentes na água.

Semelhante aos resultados encontrados na presente pesquisa, Gallo *et al.* (2022), em estudo acerca da qualidade da água da LV e sua relação com parasitos gastrintestinais de moradores do seu entorno, encontraram valores de turbidez inferiores ao preconizado pela legislação, máximo e mínimo de 8,6 UNT e 6,2 UNT, respectivamente, corroborando os resultados encontrados no presente trabalho.

Com relação ao parâmetro resíduo total, a legislação não estabelece limites para esse parâmetro, no entanto, a quantidade excessiva de sólidos em um corpo hídrico pode influenciar a vida aquática, visto que ao sedimentarem podem danificar leitos de desova de peixes além de reterem bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2021). Os resultados variaram entre 356 mg/L e 204 mg/L, com maior valor no P4 da S1 e menor valor no P3 da S3.

Quanto ao parâmetro pH, é possível observar na Tabela 6 que a maioria dos valores obtidos enquadraram-se na Resolução CONAMA 357/05. Mas, dos pontos analisados nas quatro saídas de campo, a S1 apresentou 1 ponto com valor acima do preconizado pela legislação (P1), a S2 apresentou 3 pontos acima do limite estabelecido (P2, P4 e P5) e a S3 apresentou 3 pontos com valores acima do preconizado (P4, P5 e P6). Diferentemente da S4 em que todos os pontos de coleta encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução. Logo, o ponto que apresentou maior valor de pH foi o

P4 (Saída 3 – pH= 9,71) e o que apresentou menor valor foi o P1 (Saída 4 – pH= 6,88).

Segundo Viana *et al* (2013), o pH é um parâmetro essencial para os ambientes aquáticos, e a interpretação dos seus resultados torna-se mais complexa devido ao grande número de fatores que podem influenciar na sua variação.

É sabido que o lançamento de efluentes domésticos ou industriais orgânicos em um determinado corpo hídrico leva ao aumento da concentração de matéria orgânica e nutrientes no meio, que, conseqüentemente, contribuirão para maior proliferação de bactérias, responsáveis pela degradação dessa classe de compostos.

O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas, que, em excesso, podem levar ao processo de eutrofização de lagos e represas. Quando presente na água, esse elemento pode se apresentar de diversas formas, como: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), amônio (NH_4^+) nitrogênio molecular (N_2) e nitrogênio orgânico (RIBEIRO; SIMIONI; PITOL-FILHO, 2015). Enquanto os nitrogênios, amoniacal e orgânico, estão mais relacionados à contaminação por esgoto sanitário mais recente e próximo ao ponto de aporte no corpo hídrico, o nitrato está relacionado à contaminação mais remota e distante do ponto de aporte. Além disso, o nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes (VON SPERLING, 2014). Por isso, a Resolução CONAMA 357/2005, traz diferentes limites de nitrogênio amoniacal em função do pH do corpo hídrico.

Com relação a uma das espécies do nitrogênio, o nitrogênio amoniacal, é possível observar na Tabela 6, que dos pontos analisados, somente os pontos (P1 e P3) da S1 encontraram-se fora dos limites estabelecidos pela legislação. O P1 apresentou valor igual a 0,789 mg/L N e o P3 apresentou valor igual a 1,252 mg/L N.

Já com relação ao nitrato, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece como limite, 10 mg de N/L para águas de classe 2. Desta forma, conforme os resultados dispostos na Tabela 6, percebe-se que os valores encontrados em todos os pontos estavam dentro dos limites preconizados pela Resolução. Os resultados variaram de 5,050 a 0,139 mg de N/L para esse parâmetro. Observa-se que os maiores valores foram obtidos em P4, P5 e P6 da S1 e estes são pontos da mesma porção da lagoa, que é a porção sul. Já nas S2, S3 e S4, os maiores valores foram encontrados nos pontos P1, P2 e P3, que fazem parte da outra porção da lagoa.

Segundo Von Sperling (2005), o fósforo por ser um elemento indispensável para o crescimento das algas, quando presente em elevadas concentrações no corpo hídrico, pode favorecer o crescimento excessivo desses organismos, levando à eutrofização de lagos e represas. Além disso, elevados teores de fósforo também podem indicar a presença de elevada concentração de esgotos domésticos na água, visto que os esgotos domésticos possuem um teor suficiente de fósforo em sua composição.

Sendo assim, em relação ao parâmetro fósforo total, citado anteriormente, a Resolução CONAMA nº 357/05, estabelece como limite para a classe II, 0,030 mg/L, considerando-se ambiente lântico. No entanto, os resultados encontrados variaram entre 0,215 a 0,776 mg/L. Logo, todos os pontos ultrapassaram o valor limite estabelecido.

De acordo com os estudos de Riley *et al.* (2022), ao analisarem a qualidade da Lagoa Grande, em todos os pontos de coleta também foram encontrados valores de fósforo acima de 0,030 mg/L P. Os autores atribuíram os resultados encontrados à proximidade da Lagoa aos canais de entrada de efluentes domésticos sem tratamento, o que contribuiu para o crescimento desordenado de algas e macrófitas observado ao longo da pesquisa mediante o enriquecimento de nutrientes na Lagoa. Tal informação também se confirma na presente pesquisa, visto que ao longo de todas as saídas de campo observou-se a presença e proliferação excessiva de macrófitas na água, dificultando muitas vezes o acesso a alguns pontos da Lagoa.

Apesar da Resolução CONAMA 357/05 não determinar valores para este parâmetro, a medição da temperatura é de suma importância, pois influencia diversos processos que ocorrem nos corpos d'água. Nos ecossistemas aquáticos, por exemplo, a variação da temperatura pode estar associada a concentração de OD, visto que, para estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio presente na água o que resulta no aumento de algumas reações químicas e biológicas, promovendo durante este processo a elevação da temperatura. Por outro lado, a temperatura tem um papel fundamental também na solubilidade dos gases, constituindo um fator controlador da concentração de OD, uma vez que, com o aumento da temperatura há uma diminuição da sua solubilidade (RODRIGUES; CENTENO; CECCONELLO, 2021; AGUIAR; DIAS, 2019).

Dessa forma, conforme os dados apresentados na Tabela 7, os valores de temperatura ao longo dos pontos em cada saída de campo apresentaram pouca oscilação. É possível observar que o P5 da saída 4 foi o que apresentou a menor temperatura (22,7 °C), onde a concentração de saturação do OD é de 8,7 mg/L, e o P1 da saída 3 foi o que apresentou maior temperatura (34,0 °C), com uma saturação de OD de 7,1 mg/L (VON SPERLING, 2014). Como descrito inicialmente, a saída de campo (S3) ocorreu em um dia com clima ensolarado, e a quarta saída (S4) ocorreu em um dia nublado e chuvoso, o que pode ter influenciado nos resultados encontrados.

Como dito anteriormente, as bactérias utilizam o oxigênio presente na água para a degradação da matéria orgânica. Logo, o oxigênio dissolvido (OD) constitui um dos parâmetros mais importantes no que diz respeito ao controle da poluição das águas, sendo essencial para manutenção das condições aeróbicas em um corpo hídrico (OSÓRIO *et al.*, 2021). Sendo assim, suas baixas concentrações podem estar relacionadas ao lançamento excessivo de efluentes domésticos na água devido à utilização desse gás pelas bactérias, alterando assim a qualidade das águas em determinados horários do dia (BRITO *et al.*, 2020).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece como valor mínimo, 5 mg/L de OD. Mediante os resultados encontrados, observa-se que houve grande variação entre os pontos, sendo P4 da S1, P3 da S2, P5 e P6 da S4 os que apresentaram valores inferiores ao estabelecido pela Resolução para a classe 2, indicando assim maior presença de matéria orgânica.

Riley *et al.* (2022) em sua análise da qualidade de duas lagoas em Feira de Santana/BA encontraram valores de OD abaixo do preconizado pela legislação. Em todos os pontos de monitoramento da qualidade da água das duas Lagoas (Salgada e Grande) os valores de oxigênio dissolvido foram inferiores ao valor mínimo exigido, sendo os resultados justificados pela elevada carga de esgoto que as lagoas recebem.

Já a demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) representa, de forma indireta, o teor de matéria orgânica biodegradável presente no corpo hídrico, através da mensuração da quantidade aproximada de oxigênio necessária para estabilização biológica da mesma (VON SPERLING, 2005). Observando os valores encontrados, em todas as saídas de campo percebe-se que todos os pontos analisados na LV ultrapassaram os valores máximos preconizados pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 5 mg/L, o que indica elevado lançamento de matéria orgânica na água, principalmente de esgotos domésticos.

Semelhantemente, Pereira *et al.* (2020) que avaliaram a qualidade da água de uma lagoa que provê, após tratamento adequado, o abastecimento de água do Campus Urbanova da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) em São José dos Campos também encontraram valores de DBO acima do estipulado pela resolução CONAMA 357/2005; sendo explicado também pela sugestão de quantidade excessiva de matéria orgânica na água, corroborando os resultados encontrados.

No que diz respeito aos parâmetros microbiológicos, seu monitoramento constitui ferramenta importante de avaliação da contaminação de um determinado corpo hídrico por material de origem fecal, visto que os coliformes termotolerantes, como a *Escherichia coli* (*E. coli*), apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas e de animais de sangue quente, sendo a *E. coli* de origem exclusivamente fecal (VON SPERLING, 2005).

Sendo assim, ao analisar a possibilidade da utilização da água da LV para recreação de contato primário, a CONAMA 274/2000 estabelece que as águas impróprias para balneabilidade apresentam valores de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* superiores a 2500 e 2000 NMP/100 mL, respectivamente. Logo, considerando os valores encontrados para coliformes termotolerantes, é perceptível que a maioria dos pontos analisados encontram-se fora dos limites estabelecidos pela Resolução, com exceção dos pontos (P5 e P6 da S3 e S4). Além disso, a Resolução 274/2000 indica que a floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana, também torna esse corpo hídrico impróprio a utilização para o exercício da recreação de contato primário. Como dito anteriormente, visualmente foi possível perceber a presença excessiva de macrófitas

na LV, que mediante os resultados encontrados, apontam para uma possível eutrofização do corpo hídrico.

Já a Resolução CONAMA 357/05, estabelece que para os demais usos de uma água doce/classe 2, o valor de coliformes termotolerantes não pode exceder 1000 NMP/100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Contudo, vale ressaltar que a periodicidade estabelecida para coleta na legislação infelizmente não foi utilizada neste trabalho, entretanto os resultados encontrados após as quatro saídas de campo mostram valores elevados e preocupantes para os parâmetros microbiológicos avaliados.

Do mesmo modo, Lyra *et al.* (2020) & Thomaz, Centeno e Cecconello (2023) em suas pesquisas, encontraram valores de coliformes termotolerantes, acima do preconizado pela legislação. Em ambos os estudos, o lançamento de efluentes domésticos foi apontado como um dos principais fatores da contaminação dos corpos hídricos mediante sua proximidade aos centros urbanos, reafirmando os resultados encontrados nessa pesquisa.

Quanto à determinação do Índice de Qualidade da Água, a Tabela 8 apresenta a classificação indicada mediante os resultados encontrados.

Tabela 8: Resultados obtidos no cálculo do IQA-NSF.

PONTOS	SAÍDAS/IQA PRODUTÓRIO				
	S1	S2	S3	S4	MÉDIA
P1	33	40	57	58	47
P2	47	37	47	56	47
P3	44	46	39	49	44
P4	37	42	39	40	39
P5	40	42	56	54	48
P6	36	44	57	53	47
MÉDIA	39	42	49	51	45

Fonte: Autores (2023)

Legenda:

BOA	REGULAR	RUIM

Comparando os resultados expostos na tabela acima, é possível verificar que o P1 e P6 da S1 foram os que apresentaram a pior qualidade, obtendo a classificação “RUIM”, enquanto todos os demais pontos da S1 e S2 apresentaram qualidade “REGULAR”.

Com o passar dos meses, nas últimas duas coletas (S3 e S4) é possível perceber uma melhora razoável na qualidade da água de alguns pontos, alcançando a classificação “BOA”. Como a precipitação acumulada nas duas primeiras saídas foi superior às duas últimas (Tabela 2), os

resultados “RUIM e REGULAR” majoritariamente encontrados nas duas primeiras saídas podem ter sido influenciados pelo carreamento de poluentes junto às águas pluviais. Dessa forma, o elevado índice de precipitação pode afetar negativamente o IQA da lagoa em questão.

Thomaz, Centeno e Ceconello (2023) ao analisarem a qualidade da água do Rio Comandaí através do IQA, também relacionaram a qualidade da água ao índice de precipitação avaliado na época do seu estudo, encontrando resultados semelhantes ao da presente pesquisa. Segundo os autores, na grande maioria dos casos em que o índice pluviométrico foi menor, a qualidade da água manteve-se “BOA”, enquanto que, no período em que o índice pluviométrico foi maior, o IQA apresentou classificação “RUIM” em um determinado ponto, podendo estar relacionado à deposição de materiais provenientes de efluentes sanitários, da agropecuária, e dessedentação de animais, assim como de processos erosivos.

Com os resultados encontrados, realizou-se também o cálculo do teste ANOVA para todos os parâmetros analisados (Tabela 9), com grau de significância de 5%, a fim de verificar se a localização dos pontos de amostragem ou as saídas de campo influenciaram na variabilidade dos resultados encontrados.

Tabela 9: Teste Estatístico ANOVA de fator duplo sem repetição.

PARÂMETROS	Pontos			Saídas		
	F	<i>p</i> -valor	Hipótese aceita	F	<i>p</i> -valor	Hipótese aceita
pH	0,98370	0,45951	H ₀	8,54985	0,00151	H ₁
Turbidez	0,72152	0,61752	H ₀	1,23948	0,33027	H ₀
CE	0,08603	0,99335	H ₀	33,03075	7,50337E-07	H ₁
Resíduo Total	0,67963	0,64570	H ₀	8,57290	0,00149	H ₁
N amoniacal	3,63447	0,02361	H ₁	7,50780	0,00269	H ₁
Coli Term.	1,83101	0,16715	H ₀	3,61080	0,03833	H ₁
E. coli	1,22384	0,34578	H ₀	1,78703	0,19280	H ₀
DBO	0,90556	0,50297	H ₀	2,92421	0,06809	H ₀
OD	1,00182	0,44989	H ₀	6,36501	0,00536	H ₁
Temperatura	4,62780	0,00938	H ₁	118,54668	1,13874E-10	H ₁
Nitrato	0,41797	0,82901	H ₀	3,92238	0,02990	H ₁
Fosforo Total	0,56166	0,72789	H ₀	2,05450	0,14942	H ₀

Onde: H₀ : Não existe diferença significativa entre os valores; H₁: Existe diferença significativa entre os valores.

Fonte: Autores (2023).

Mediante o exposto, os resultados encontrados demonstram que os pontos de amostragem não exerceram influência sobre os parâmetros avaliados, exceto para o N amoniacal e a Temperatura que variam entre os pontos e as saídas.

Já com relação à variação entre as saídas de campo, percebe-se que houve uma variação

significativa, visto que, a quantidade de parâmetros que variaram foram 8 de 12 parâmetros analisados da qualidade da água, o que pode está relacionado a variação do índice pluviométrico ao longo dos meses em que ocorreram as saídas, influenciando assim no carreamento de substâncias, acúmulo de sedimentos e diluição dos poluentes presentes no corpo hídrico. Os parâmetros que não apresentaram diferença significativa entre as saídas foram: Turbidez, *Escherichia coli*, DBO, e Fósforo Total.

Todos os parâmetros que não apresentaram diferença significativa entre as saídas, também não apresentaram diferença significativa entre os pontos. Com relação à DBO, por exemplo, o maior valor de DBO foi encontrado no P1 da S1 (103 mg/L), enquanto que o menor valor de DBO foi encontrado no P3 da S3 (6 mg/L).

De forma geral, Precioso *et al.* (2010), ao analisarem a variabilidade de alguns parâmetros da qualidade da água da LV através de um sistema computacional, também encontraram resultados semelhantes à presente pesquisa, confirmando o fato de que a Lagoa do Vigário caracteriza-se por ser um recurso hídrico muito poluído e eutrofizado, devido principalmente à presença de ocupações e construções humanas em suas margens, contribuindo negativamente para a qualidade desse ambiente e para a saúde da população que vive em seu entorno.

4. CONCLUSÃO

Mediante os resultados apresentados, percebe-se que a Lagoa do Vigário não se enquadra em vários parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. Foram observadas diversas médias fora dos limites estabelecidos pelas Resoluções 357/2005 e CONAMA 274/2000, principalmente no que diz respeito à qualidade microbiológica da água, o que acarreta em riscos ao ecossistema de forma geral e à saúde da população que vive no entorno da Lagoa e que utiliza a água para diversas finalidades. Os resultados encontrados, por exemplo, de Fósforo Total e OD na presente pesquisa mostram que a LV encontra-se em processo de Eutrofização.

Como visto ao longo da pesquisa, o Índice de Qualidade da Água (IQA) constitui uma importante ferramenta de avaliação e classificação de um determinado recurso hídrico em diferentes classes ou níveis de acordo com o grau de poluição. Tais resultados serão imprescindíveis e contribuirão para tomada de decisões que visem à proteção e recuperação dos corpos hídricos.

De acordo com os resultados expressos após o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), é perceptível uma variação da qualidade da lagoa de “RUIM” a “BOA”, com diversos pontos de coleta com classificação “REGULAR”. Sendo assim, as saídas que apresentaram os piores resultados foram as saídas S1 e S2, que apresentaram maiores índices pluviométricos, o que pode ter corroborado os resultados apresentados.

Por outro lado, analisando estatisticamente a relação dos parâmetros analisados com os pontos

de coleta e as saídas que foram realizadas, os resultados encontrados demonstram que os pontos de amostragem não exerceram influência sobre os parâmetros avaliados, exceto para o N amoniacal e a Temperatura que variam entre os pontos e as saídas.

Já com relação à variação entre as saídas de campo, percebe-se que houve uma variação significativa, visto que, a quantidade de parâmetros que variaram foram 8 de 12 parâmetros analisados da qualidade da água. Os parâmetros que não apresentaram diferença significativa entre as saídas foram: Turbidez, *Escherichia coli*, DBO, e Fósforo Total.

Sendo assim, percebe-se a importância do monitoramento da qualidade da água da Lagoa do Vigário, visto que, tratando-se de uma lagoa urbana que há muito tempo vem sofrendo com a influência das atividades antrópicas no seu entorno, a mesma atualmente encontra-se bastante poluída e eutrofizada, necessitando de maior investimento do poder público para controle da poluição e preservação desse importante recurso hídrico, assegurando assim a sua disponibilidade para os diversos fins.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas (2021) *Situação da Água no Mundo*. Elaborado por Digital/ASCOM. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em 20 de agosto de 2023.

ARANTES, Jonathan Oliveira; SANTOS, Gilmar Oliveira. Monitoramento Qualitativo da Água do Ribeirão Abóbora do Município de Rio Verde GO, como instrumento de gestão de Recursos Hídricos. **Tecnologia e Ambiente**, [S.L.], v. 26, p. 158, 10 nov. 2020. Fundação Educacional de Criciúma- FUCRI. <http://dx.doi.org/10.18616/ta.v26i0.5899>.

ARAÚJO, Glauco Fernando Ribeiro de *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98-104, jan. 2011.

APHA, American Public Health Association. 2005. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 1274p.

BERLANDA, Adriana *et al.* Avaliação temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Desquite, Santa Catarina. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v.

26, n. 1, p. 45-51, fev. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220180094>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Publicação DOU nº 018, de 08/01/2001, p. 70-71.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

BRITO, Fábio Sergio Lima *et al.* Comportamento das variáveis físico-químicas da água do lago Bolonha-Belém-PA. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1738-1757, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-120>.

BROWN, R.M., MCCLELLAND, N.I., DEININGER, R.A., TOZER, R.G. **Water quality index-do we dare? Water Sewage Works**, v. 117, n. 10. p. 339-343, 1970.

CUNHA, Raquel W. *et al.* Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, n. 7, p. 770-779, abr. 2013.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2021) Relatório Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Apêndice E - Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes 2021. São Paulo. 37p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/Apendice-E-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso: 10/10/2023

GALLO, Samira Salim Mello *et al.* Parasitos gastrintestinais de moradores da lagoa do Vigário, Estado do Rio de Janeiro e análise da qualidade da água da lagoa. **Research, Society And Development**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 1-13, jul. 2022.

GEMINIANO, Mário Marcio *et al.* Influência do uso da terra nos parâmetros da qualidade das águas superficiais do monumento das lagoas urbanas da cidade de Três Lagoas/MS no inverno de 2019. **Geosul**, [S.L.], v. 36, n. 78, p. 558-581, 8 abr. 2021. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e71717>.

LYRA, Gabriela Cardoso *et al.* Avaliação da qualidade da água da lagoa de Marapendi – Rio de Janeiro, RJ. **Holos Environment**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 73-87, jan. 2020.

MUNIZ, Gustavo Lopes. Qualidade da Água do Ribeirão São Bartolomeu avaliada pelo Índice de Qualidade Da Água em ponto de captação para abastecimento no período seco. **Holos**, [S.L.], v. 7, p. 1-19, 29 dez. 2019. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2019.5579>.

OSÓRIO, Fernando da Silva *et al.* Estudo de Caso: Avaliação da Qualidade da Água do Lago da Pedra Branca, Palhoça, SC. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 345-360, dez. 2021.

PEREIRA, Ingrid Joseane *et al.* AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE ABASTECIMENTO DA ETA – UNIVAP. **Revista Univap**, São José dos Campos-Sp, v. 26, n. 51, p. 1-13, jan. 2020.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 435, 2 maio 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.

PRECIOSO, Carlos Henrique Oliveira *et al.* Avaliação da variabilidade de parâmetros ambientais numa lagoa urbana (Campos dos Goytacazes, RJ) com auxílio do sistema MOHID. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, Campos dos Goytacazes/Rj, v. 4, n. 2, p. 185-204, jul. 2010.

RIBEIRO, Maria Roseli Pires; SIMIONI, Deverson; PITOL-FILHO, Luizildo. Uso de tanino para remoção de nutrientes do esgoto sanitário da estação de tratamento de efluentes Nereu Ramos em Jaraguá do Sul - SC. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial** - ISSN - 1983-1838, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 161, 30 jul. 2015. SENAI ISC. <http://dx.doi.org/10.18624/e-tech.v8i1.487>.

RILEY, Melika Chicava *et al.* Análise da Qualidade da Água Superficial das Lagoas Grande e Salgada em Feira De Santana-BA. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 44, p. 162-193, abr. 2022.

RODRIGUES, Thaís Noble; CENTENO, Luana Nunes; CECCONELLO, Samanta Tolentino. Clusterização em dados de qualidade da água de uma lagoa localizada no Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Thema**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 1-10, 25 mar. 2021. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. <http://dx.doi.org/10.15536/thema.v19.2021.1-10.1253>.

SANTOS, J.M.C.O. (2007) “*Avaliação da Produção de Metano em Alagados Construídos*”. Ms.C. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes/RJ. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/ecologia-recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2013/10/JOANNA-SANTOS.pdf>. Acessado em 01 de Novembro de 2022.

SANTOS, Celiane Lima dos *et al.* Aplicação do índice de qualidade da água no rio Ipixuna e avaliação das condições de balneabilidade com a percepção ambiental dos usuários. **Research, Society And Development**, [s. l], v. 10, n. 4, p. 1-21, abr. 2021.

SOFFIATI, A. (2013) “*As lagoas do Norte Fluminense: uma contribuição à história de uma luta*”. Essentia Editora. Campos dos Goytacazes – RJ, 203 p.

THOMAZ, Danilo; CENTENO, Luana Nunes; CECCONELLO, Samanta Tolentino. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandaí, através do Índice de Qualidade da Água. **Revista Thema**, [s. l], v. 22, n. 1, p. 79-103, 2023.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 592p, 2014.

VIANA, Laci Gonçalves *et al.* Water quality of the Lagoa do Taí in São João da Barra, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 139-151, 2013. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2177-4560.20130010>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

SOUZA, M. F. Qualidade da água do canal São Gonçalo-RS/Brasil - uma avaliação hidroquímica considerando seus usos múltiplos. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.

ANA. Agência Nacional das Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013.

PRECIOSO, Carlos Henrique Oliveira *et al.* Avaliação da variabilidade de parâmetros ambientais numa lagoa urbana (Campos dos Goytacazes, RJ) com auxílio do sistema MOHID. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/Rj, v. 4, n. 2, p. 185-204, jul. 2010.