

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING**

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING**

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Collection: applied environmental and sanitary engineering

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied environmental and sanitary engineering /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-857-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.578221901>

1. Environmental and sanitary engineering. I. Paniagua,
Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



PRESENTATION

The e-book: "Collection: Applied environmental and sanitary engineering" consists of nineteen book chapters that address different themes, but which converge to an enormous concern that increasingly threatens the quality and well-being of future generations: use sustainable environment and its different biotic and abiotic factors. In this sense, the organization and presentation of book chapters was carried out in four thematic areas, providing a better organization and sequencing, leading to a better understanding and ease in understanding each chapter in this e-book. Therefore, the e-book was divided into four thematic areas, namely: *i)* evaluation of the quality of water resources intended for human consumption; *ii)* emission of particulate materials from the combustion of fuels by the fleet of motor vehicles and the burning of large green areas in order to meet the interest of the agricultural sector; *iii)* actions to minimize the amount of waste sent to sanitary landfills, controlled or dumps based on the practice of segregating recyclable waste; *iv)* basic sanitation and the increase in the Human Development index, generation of energy and fertilizers from biodigestion processes and the presence of pesticides and pharmaceuticals in foods of animal origin.

The first theme consists of six book chapters dealing with the importance of continuous monitoring of water quality for drinking purposes, with studies being presented that prove the lack of efficiency in removing microorganisms with pathogenic properties. Furthermore, the importance and creation of public policies in order to avoid the eutrophication of aquatic bodies that are increasingly common in urban areas. The second consists of four chapters that evaluated the air quality from the emission of particulate materials from human activities, including the burning of fuels and fires in different biomes and how these have been influencing the increase in the formation of islands of heat in urban centers.

The third theme consists of four book chapters that address the importance of carrying out the construction of residential works (condominiums) in order to encourage residents to develop an environmental awareness in relation to the segregation of waste, especially organic and recyclable ones, and the latter would be intended for people who work and with recycling and who contribute significantly to the reduction in the final disposal of waste. Finally, the fourth theme consists of five chapters that present works that discuss the importance of biodigestion in rural areas, basic sanitation as an important factor in determining the HDI and the importance of monitoring the presence of pesticides and drugs in food of animal origin.

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora's website and elsewhere. digital platforms with free access.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DE INDICADORES ATMOSFÉRICOS EM COMPOSTOS DE CHUVA OCORRIDOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO WRF

Fabricio Polifke da Silva
Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva
Wallace Figueiredo Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219011>

CAPÍTULO 2..... 14

ANÁLISE DO PADRÃO DA ÁGUA POTÁVEL COMERCIALIZADA EM RELAÇÃO AOS ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTES PELA TÉCNICA DE RADIAÇÃO SINCROTRON E DE COLIFORMES FECALIS PELO MÉTODO COLILLERT®

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219012>

CAPÍTULO 3..... 27

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS MICROBIOLÓGICOS (AQRM) ASSOCIADOS AO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO EM MACEIÓ-AL

Ivo Gabriel Guedes Alves
Marcio Gomes Barboza
Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219013>

CAPÍTULO 4..... 42

GRAU DE EUTROFIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES, BRASIL

Gemael Barbosa Lima
Gilberto Henke
Wanderson de Paula Pinto
Julielza Betzel Badotto
Claudinei Antônio Montebeller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219014>

CAPÍTULO 5..... 56

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN COMUNIDADES MAYAS DE MÉXICO

Delghi Yudire Ruiz Patrón
Cindy Vianely Cetina Aguilar
Jesús Antonio Santos Tejero
José Efraín Ramírez Benítez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219015>

CAPÍTULO 6..... 72

DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO

DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Lorena Francyne Queiroz Rocha

Marcio Gomes Barboza

Wagner Roberto Oliveira Pimentel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219016>

CAPÍTULO 7..... 87

COMPORTAMENTO DAS QUEIMADAS NOS BIOMAS BRASILEIROS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2020

Débora Cristina Correia Cardoso

Daniely Neckel Rosini

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219017>

CAPÍTULO 8..... 102

QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DA QUEIMA DE BIOMASSA EM LAGES-SC

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219018>

CAPÍTULO 9..... 114

MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM NA MEDIÇÃO DE ILHA DE CALOR EM SANTARÉM-PA

Felizandra Pereira de Aquino

Hudson Ferreira Dias

Victor Hugo da Rocha Uchoa

Carlos Manoel Rocha Melo

Raphael Tapajós

Wilderclay Barreto Machado

Rodrigo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219019>

CAPÍTULO 10..... 124

MODELAGEM E PREVISÃO DA CONCENTRAÇÃO DE PM₁₀ NA CIDADE DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Wanderson de Paula Pinto

Valdério Anselmo Reisen

Gemael Barbosa Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190110>

CAPÍTULO 11..... 134

PANORAMA DA COLETA SELETIVA EM SALVADOR-BA E A EXPERIÊNCIA DE COOPERATIVAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COM OS POSTOS DE ENTREGA

VOLUNTÁRIA (PEV)

Juliane Figueredo de Araújo Ribeiro
Gabriela Vieira de Toledo Lisboa Ataíde
Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190111>

CAPÍTULO 12..... 144

PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA PROMOVER A RECICLAGEM INCLUSIVA

Andréa Cardoso Ventura
José Célio Silveira Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190112>

CAPÍTULO 13..... 156

OPTIMIZING REVERSE LOGISTIC NETWORK PROPOSAL OF WASTE PICKERS ORGANIZATIONS WITH WASTE TRANSFER STATIONS TO IMPROVE THE ECONOMIC EFFICIENCY OF RECYCLING CHAIN

Marcus Camilo Dalvi Garcia
Renato Ribeiro Siman
Maria Claudia Lima Couto
Luciana Harue Yamane
Rodrigo Alvarenga Rosa
Gisele de Lorena Diniz Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190113>

CAPÍTULO 14..... 178

ECONDOMÍNIOS PROJECT: SOLID WASTE MANAGEMENT IN RESIDENTIAL CONDOMINIUMS

Gerson Araujo de Medeiros
Ana Paula Loro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190114>

CAPÍTULO 15..... 186

ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BIODIGESTÃO UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE ROSANA

Sabrina Emília de Almeida Pavez
Letícia Sabo Boschi
Claudia Gonçalves de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190115>

CAPÍTULO 16..... 205

RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Rafaela Ferrareis Loubato
Gemael Barbosa Lima
Claudinei Antônio Montebeller
Wanderson de Paula Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190116>

CAPÍTULO 17.....218

MONITORAMENTO DA REMOÇÃO MULTIELEMENTAR EM TRATAMENTO POR VALA DE FILTRAÇÃO

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190117>

CAPÍTULO 18.....234

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS (MEDICAMENTOS VENCIDOS) GERADOS EM UM HOSPITAL ESCOLA LOCALIZADO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Camila Cristina da Silva Moraes

João Vicente Franceschi

Letícia Piteli Balan

Lucas Eduardo Zacarias Gomes

Marcos Vinicius de Souza Serrano

Paulo Giovanni Coraucci Netto

Vinicius Solimani Marquezam

Vitor Vilela Pinese

Luciana Rezende Alves de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190118>

CAPÍTULO 19.....245

DETECTION AND QUANTIFICATION OF MULTIRESIDE PESTICIDES AND PHARMACEUTICALS IN FOODS OF ANIMAL ORIGIN USING THE QuEChERS METHOD IN PREPARATION OF SAMPLES

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Bruno Elias dos Santos Costa

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190119>

SOBRE O ORGANIZADOR.....256

ÍNDICE REMISSIVO.....257

GRAU DE EUTROFIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES, BRASIL

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 08/10/2021

Gemael Barbosa Lima

Faculdade da Região Serrana (FARESE)
Santa Maria de Jetibá, ES
<https://orcid.org/0000-0003-3675-4720>

Gilberto Henke

Faculdade da Região Serrana
Santa Maria de Jetibá, ES
<http://lattes.cnpq.br/3438826784890954>

Wanderson de Paula Pinto

Faculdade da Região Serrana
Santa Maria de Jetibá, ES
<https://orcid.org/0000-0001-5267-227X>

Julielza Betzel Badotto

Faculdade da Região Serrana
Santa Maria de Jetibá, ES
<http://lattes.cnpq.br/4553846544408316>

Claudinei Antônio Montebeller

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural (INCAPER)
Linhares, ES
<http://lattes.cnpq.br/2547132665413519>

RESUMO: O presente artigo teve por objetivo avaliar o estado trófico dos reservatórios Rio Bonito e Suíça, utilizados para geração de energia elétrica, localizados na bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, ES. Para isso, utilizou-se dois modelos para avaliar o grau de trofia por meio de parâmetros de clorofila-a e fósforo

total, de dois reservatórios da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória. O monitoramento dos parâmetros analisados ocorreu entre agosto, setembro e outubro de 2019 em três pontos no rio Santa Maria da Vitória. Os resultados indicam elevado grau de trofia, em um dos modelos, enquanto o segundo modelo de índice de estado trófico classificou dois pontos como oligotróficos, no entanto, nestes pontos o IET de clorofila-a indicou alta produtividade de fitoplâncton, que pode trazer riscos à saúde humana devido a floração de cianobactérias tóxicas, dificultar e encarecer o tratamento da água para consumo humano. A principal conclusão desta pesquisa é que, há a necessidade da redução de lançamento de efluentes ricos em nutrientes, como o fósforo, advindos de rios tributários que desaguam nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça, e sugere-se a implantação de mais estações de tratamento eficientes na remoção de nutrientes e controle de fontes de poluição difusa.

PALAVRAS-CHAVE: Clorofila-a; fósforo total; qualidade da água.

EUTROPHICATION IN THE SANTA MARIA DA VITÓRIA RIVER BASIN, ES, BRASIL

ABSTRACT: This article aims to evaluate the trophic state of the Rio Bonito and Suíça reservoirs, used for power generation, located in the Santa Maria da Vitória river basin, ES. For this, two models were used to evaluate the degree of trophy through chlorophyll-a and total phosphorus parameters from two reservoirs in the Santa Maria da Vitória River. Monitoring of the analyzed parameters took place on August, September and October 2019 at three points in

the Santa Maria da Vitória river. The results indicate a high degree of trophicity in one of the models, while the second trophic state index model classified two points as oligotrophic; however, at these points the chlorophyll-a trophic state index indicated high phytoplankton productivity, which may pose risks to human health due to the flowering of toxic cyanobacteria, make it difficult and expensive to treat water for human consumption. The main conclusion of this research is that there is a need to reduce the release of nutrient-rich effluents, such as phosphorus, from tributary rivers that flow into the Rio Bonito and Suíça reservoirs, and it is suggested to implement more treatment plants. efficient in nutrient removal and control of sources of diffuse pollution.

KEYWORDS: Chlorophyll-a; total phosphorus; water quality.

1 | INTRODUÇÃO

A eutrofização é o crescimento excessivo de plantas aquáticas devido ao aumento da concentração de nutrientes como o Nitrogênio (N) e o Fósforo (P) em ambientes aquáticos. De acordo com Ferreira, Cunha-Santino e Bianchini Junior (2015), os efeitos da eutrofização no ambiente aquático entre outros são: diminuição do oxigênio dissolvido (anoxia) causando a morte de organismos aeróbios; floração de algas, cianobactérias, concentração alta de matéria orgânica devido a morte da biomassa de produtores primários; efeitos sobre a saúde humana pela produção de cianotoxinas; redução da navegabilidade; restrição da pesca e atividades recreativas, alterações na composição de espécies aquáticas e da biodiversidade; aumento no custo do tratamento de água para consumo humano diminuição da transparência da água com decréscimo da penetração de radiação; mudanças amplas na variação de pH afetando a produção de energia hidroelétrica pela presença excessiva de macrófitas aquáticas.

Para avaliar o nível trófico em águas continentais, bem como monitorar a eutrofização em corpos hídricos, utiliza-se o Índice de Estado Trófico (IET), desenvolvido por Carlson (1977), que utiliza três parâmetros para o cálculo do IET: a clorofila-a, fósforo total e a transparência. Este índice modificado por Lamparelli (2004), utilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Em estudo realizado por Cunha et al (2013), os autores propuseram um Índice de Estado Trófico para ambientes subtropicais, utilizando em sua pesquisa 18 reservatórios monitorados pela CETESB durante 14 anos (1996 a 2009) com frequência bimestral. Para a construção do índice, foram consideradas concentrações de fósforo total, clorofila-a e a transparência por meio do disco de Secchi, obtendo equações que foram substituídas na equação originalmente proposta por Carlson (1977).

Na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória (BHRSMV), onde está contido os municípios Espírito-santenses: Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina, Cariacica,

Serra e Vitória, esta capital do estado do Espírito Santo, possui dois reservatórios para aproveitamento hidrelétrico, a saber: PCH rio Bonito e PCH Suíça, bem como serve para captação de água para abastecimento humano realizado tanto à montante dos reservatórios Rio Bonito e Suíça como à jusante. Portanto, avaliações do estado trófico na BHRSMV são essenciais para tomadores de decisão possam definir estratégias para melhoria das condições da bacia.

Diante do exposto, o presente trabalho, teve como objetivo avaliar o estado trófico dos reservatórios Rio Bonito e Suíça, utilizados para geração de energia elétrica, localizados na bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, a partir do Índice de Estado Trófico propostos por Lamparelli (2004) e Cunha *et al.* (2013).

2 | METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

Os reservatórios da Usina Hidrelétrica (UHE) de Suíça e da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) de Rio Bonito, localizam-se na bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, no estado do Espírito Santo, Brasil, conforme Figura 1. A bacia compreende os municípios de Santa Leopoldina, Santa Maria de Jetibá, e partes dos municípios de Cariacica, Serra, Vitória e Viana (CSMJ, 1997a), sua área de drenagem é de aproximadamente 1800 km², com altitudes variando de 0 e 1300 m. O uso de seu solo é caracterizado por culturas agrícolas, atividade avícola, áreas de floresta natural, áreas alagáveis de várzea, núcleos urbanos, afloramentos rochosos e floresta de manguezal (BORGES, 2009, apud ARAÚJO, 2016, p. 55). O clima predominante na bacia é tropical úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno (CSMJ, 1997b).

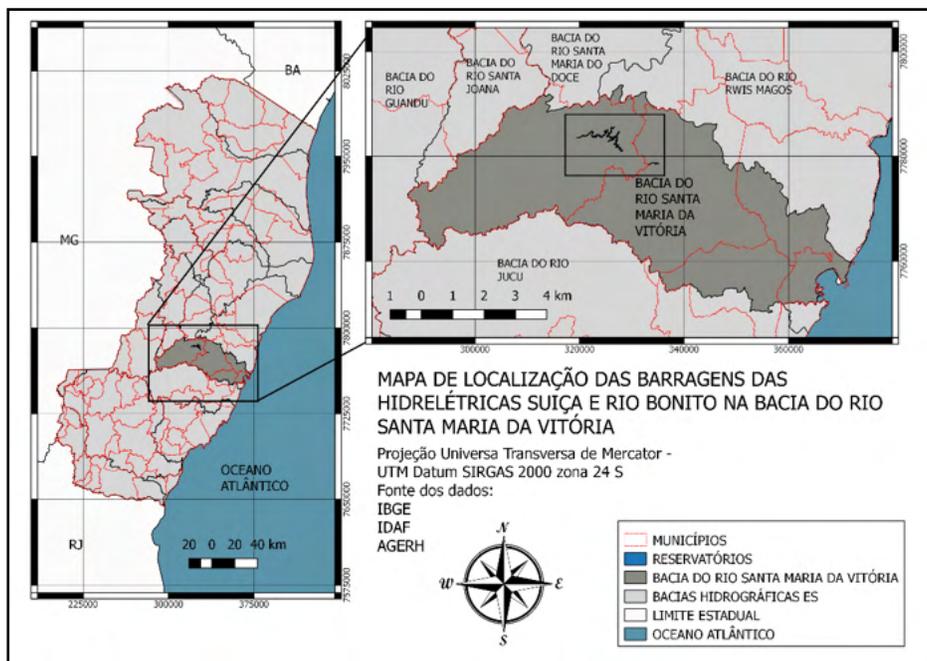


FIGURA 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória e dos reservatórios Rio Bonito e Suíça.

Fonte: Autoria própria.

2.2 Pontos de amostragem

As coletas das amostras foram realizadas em três pontos distintos às margens dos reservatórios, sendo os pontos P1 e P2 na PCH de Rio Bonito e o ponto P3 na UHE de Suíça, o monitoramento foi realizado em três campanhas, sendo uma campanha a cada mês, nos meses de agosto, setembro e outubro de 2019. A localização foi realizada com auxílio de aparelho GPS.

O ponto P1 localiza-se à montante do reservatório PCH Rio Bonito, tem como característica mata ciliar preservada em uma das margens e na outra margem uma estrada vicinal, uma fábrica de rações animais e atividades avícolas no trecho a montante do referido ponto, o ponto P2 localiza-se no interior da PCH Rio Bonito e tem como característica mata ciliar em seu entorno e uma estrada vicinal nas proximidades, e o ponto P3 localiza-se a montante da casa de força da usina do reservatório Suíça, e próximo à rodovia estadual ES 264. As coordenadas geográficas dos pontos monitorados e os pontos de coleta das amostras estão ilustrados na Figura 2.

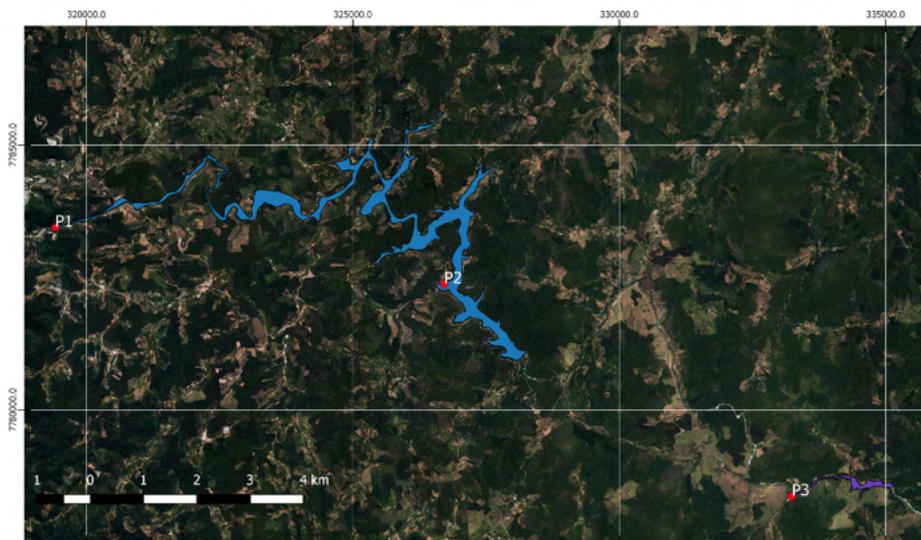


FIGURA 2: Localização e coordenadas dos pontos de coleta das amostras, P1 e P2, PCH Rio Bonito, P3 UEH Suíça.

Fonte: Autoria própria.

2.3 Monitoramento

Para a obtenção de dados das amostras foram feitas as análises dos seguintes parâmetros: Clorofila-a, fósforo total e turbidez, sendo que os dois primeiros foram analisados em laboratório contratado, a turbidez foi determinada no laboratório de Ciências Ambientais do Instituto de Ensino Superior da Região Serrana (IERS), sendo os resultados apresentados na Tabela 1. As amostras de clorofila-a foram coletadas na superfície em frascos de vidro âmbar cujo volume de cada frasco foi 1000 ml e determinada pelo método da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater SM 10200 H*. Quanto as amostras de fósforo total, foram coletadas em frascos de polietileno preservados com ácido sulfúrico, cujo volume de cada frasco foi de 500 ml e, para sua determinação, foi utilizado o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater SM 4500 P B/E*. Os frascos para ambos parâmetros foram acondicionados em caixa de isopor com gelo e enviadas no mesmo dia, ao laboratório contratado. Já as amostras de turbidez foram coletadas em recipientes de polietileno cujo volume de cada frasco foi de 300 ml, os frascos foram acondicionados em caixa térmica com gelo até a chegada ao laboratório de Ciências Ambientais para a determinação da turbidez, sendo realizada através de um turbidímetro *DLT WV*.

| Campanha 1 – 12 de agosto de 2019 | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|--|
| Ponto 1 | | | |
| Parâmetros | Unidades | Padrão | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 4,6 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 73 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 10,5 | |
| Ponto 2 | | | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 1,6 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 15 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 1,3 | |
| Ponto 3 | | | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 1,6 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 15 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 1,15 | |
| Campanha 2 – 19 de setembro de 2019 | | | |
| Ponto 1 | | | |
| Parâmetros | Unidades | Padrão | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 6,0 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 440 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 7,4 | |
| Ponto 2 | | | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 6,0 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 15 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 5,6 | |
| Ponto 3 | | | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 6,0 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 15 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 3,9 | |
| Campanha 3 – 15 de outubro de 2019 | | | |
| Ponto 1 | | | |
| Parâmetros | Unidades | Padrão | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 6,0 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 199 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 7,26 | |
| Ponto 2 | | | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 6,0 | |
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 15 | |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 6,82 | |
| Ponto 3 | | | |
| Clorofila a | <i>ug.l⁻¹</i> | 6,0 | |

| | | |
|---------------|--------------------------|------|
| Fósforo Total | <i>ug.l⁻¹</i> | 15 |
| Turbidez | <i>UNT</i> | 2,68 |

TABELA 1: Resultados das análises laboratoriais das amostras de clorofila-a, fósforo total e turbidez.

Fonte: Do autor, 2019.

2.4 Determinação do índice de estado trófico (IET)

A partir dos dados de clorofila-a e fósforo total foram calculados o IET modificado por Lamparelli (2004) e pelo modelo proposto por Cunha *et al.* (2013). As equações sugeridas para o IET segundo Lamparelli (2004), apresentam-se nas equações 1, 2 e 3 a seguir.

$$IET (PT) = 10 \cdot \left[\left(6 - (1,77 - 0,42 \cdot \left(\frac{\ln PT}{\ln 2} \right)) \right) \right] \quad \text{Equação 1}$$

Em que: *PT*: fósforo total expresso em microgramas por litro *ug.l⁻¹*; *ln* é o logaritmo natural.

$$IET (Cla) = 10 \cdot \left(6 - (0,92 - 0,34 \cdot \left(\frac{\ln Cla}{\ln 2} \right)) \right) \quad \text{Equação 2}$$

Em que: *Cla* é a clorofila-a expressa em microgramas por litro *ug.l⁻¹*; *ln* é o logaritmo natural.

$$IET = \left[\frac{IET (PT) + IET (Cla)}{2} \right] \quad \text{Equação 3}$$

Sendo: IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-a. Com os valores obtidos nas equações 1, 2 e 3, classificou-se o IET para ambientes lênticos, a partir da Tabela 2.

| Categoria de estado trófico | Ponderação | Fósforo total <i>ug.l⁻¹</i> | Clorofila-a <i>ug.l⁻¹</i> |
|-----------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|
| Ultraoligotrófico | $IET \leq 47$ | $P \leq 8$ | $8 \text{ Cla} \leq 1,17$ |
| Oligotrófico | $47 < IET \leq 52$ | $8 < P \leq 19$ | $1,17 < \text{Cla} \leq 3,24$ |
| Mesotrófico | $52 < IET \leq 59$ | $19 < P \leq 52$ | $3,24 < \text{Cla} \leq 11,03$ |
| Eutrófico | $59 < IET \leq 63$ | $52 < P \leq 120$ | $11,03 < \text{Cla} \leq 30,55$ |
| Supereutrófico | $63 < IET \leq 67$ | $120 < P \leq 233$ | $30,55 < \text{Cla} \leq 69,05$ |
| Hipereutrófico | $IET > 67$ | $233 < P$ | $69,05 < \text{Cla}$ |

TABELA 2: Classificação segundo IET modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios.

Fonte: Lamparelli, (2004 p. 166).

Cunha (2012), realizou regressão linear para estimar correlações entre os dados pareados “fósforo e clorofila-a” e “clorofila-a e profundidade de Secchi”, obtendo equações que foram substituídas na equação originalmente proposta por Carlson (1977). As equações 4 e 5, sugeridas para os cálculos do índice de estado trófico através da clorofila-a e fósforo total apresentam-se a seguir.

$$IET_{rs} (PT) = 10 \cdot \left[\left(6 - \frac{-0.27637 \ln PT + 1.329766}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{Equação 4}$$

Sendo que: *PT*: fósforo total expresso em microgramas por litro *ug.l⁻¹*;

$$IET_{rs} (Cla) = 10 \cdot \left[\left(6 - \frac{-0.2512 \ln cl + 0.842257}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{Equação 5}$$

Em que: *Cla* é a clorofila-a expressa em microgramas por litro *ug.l⁻¹*; O IET médio é calculado conforme a equação 3.

Para classificar os reservatórios, considerando os parâmetros de fósforo total e clorofila-a, Cunha *et al* (2013) propôs uma nova classificação trófica para reservatórios subtropicais, Tabela 3.

| Categoria estado trófico | Ponderação | Fósforo total <i>ug.l⁻¹</i> | Clorofila-a <i>ug.l⁻¹</i> |
|--------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|
| Ultraoligotrófico | IET ≤ 51,1 | P ≤ 15,9 | Cla ≤ 2 |
| Oligotrófico | 52,2 < IET ≤ 53,1 | 16 < P ≤ 23,8 | 2,1 < Cla ≤ 3,9 |
| Mesotrófico | 53,2 < IET ≤ 55,7 | 23,9 < P ≤ 36,7 | 4 < Cla ≤ 10 |
| Eutrófico | 55,8 < IET ≤ 58,1 | 36,8 < P ≤ 63,7 | 10,1 < Cla ≤ 20,2 |
| Supereutrófico | 58,2 < IET ≤ 59 | 63,8 < P ≤ 77,6 | 20,3 < Cla ≤ 27,1 |
| Hipereutrófico | IET > 59,1 | P ≥ 77,1 | Cla ≥ 27,2 |

TABELA 3: Classificação segundo IET proposto por Cunha *et al.* (2013).

Fonte: Cunha *et al.* (2013) apud Araújo (2016, p. 52).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 demonstra os resultados do IET conforme as equações desenvolvidas para o cálculo do IET por Lamparelli (2004). A classificação eutrófica segundo Lamparelli (2004) encontra-se em graus elevados de trofia, sendo classificado entre supereutrófico e hipereutrófico no ponto 1 durante as três campanhas realizadas, no ponto 2 a classificação do IET, variou entre mesotrófico, eutrófico, no ponto 3 o IET variou de mesotrófico a eutrófico.

O ponto 1 tem por característica receber um rio tributário que passa pela região

mais densamente povoada do município de Santa Maria de Jetibá. Segundo Silva (2018), despejos de esgoto, matéria orgânica e inorgânica elevam a turbidez, influenciam nos resultados de outras variáveis, isto implica numa elevada carga orgânica, há ainda pouca diluição de nutrientes devido ao baixo nível do reservatório, isto reflete o alto valor de fósforo total encontrado. Para Acari (2018), fatores como os mencionados anteriormente, aliados ao regime climático, hidrometeorológico e características físicas do terreno, podem configurar riscos de elevado grau de trofia do reservatório.

| Ponto 1 | IET (PT) | Classificação | IET (Cla) | Classificação | IET Médio | Classificação |
|------------|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| Campanha 1 | 68,2 | Hipereutrófico | 58,2 | Supereutrófico | 63,2 | Supereutrófico |
| Campanha 2 | 79,2 | Hipereutrófico | 59,5 | Supereutrófico | 69,3 | Hipereutrófico |
| Campanha 3 | 74,3 | Hipereutrófico | 59,5 | Supereutrófico | 66,7 | Supereutrófico |
| Ponto 2 | IET (PT) | Classificação | IET (Cla) | Classificação | IET Médio | Classificação |
| Campanha 1 | 58,7 | Mesotrófico | 53 | Mesotrófico | 55,8 | Mesotrófico |
| Campanha 2 | 58,7 | Mesotrófico | 59,5 | Supereutrófico | 59,1 | Eutrófico |
| Campanha 3 | 58,7 | Mesotrófico | 59,5 | Supereutrófico | 59,1 | Eutrófico |
| Ponto 3 | IET (PT) | Classificação | IET (Cla) | Classificação | IET Médio | Classificação |
| Campanha 1 | 58,7 | Mesotrófico | 53 | Mesotrófico | 55,8 | Mesotrófico |
| Campanha 2 | 65 | Mesotrófico | 59,5 | Supereutrófico | 62,2 | Eutrófico |
| Campanha 3 | 58,7 | Mesotrófico | 59,5 | Supereutrófico | 59,1 | Eutrófico |

TABELA 4: Cálculo do IET modificado por Lamparelli (2004).

Fonte: Próprio autor.

De acordo com Lima (2018), que realizou um estudo sobre eutrofização no Lago do Gambá, MG, encontrou valores dos parâmetros, de clorofila-a e fósforo total acima dos permitidos pela legislação, verificou que níveis elevados de fósforo total e clorofila-a classificaram o Lago do Gambá como hipereutrófico, corroborando com os resultados deste estudo que no ponto 1 segundo o IET calculado pelo método de Lamparelli (2004), a alta concentração de fósforo classificou o reservatório como supereutrófico e hipereutrófico, evidenciando o processo de eutrofização.

Segundo o estudo de Santos, Zarzar e Sousa (2018), na estação de seca as

concentrações de fósforo total e clorofila-a tendem a classificar os corpos d'água em graus de trofia mais elevados, assim, este estudo realizado nos meses de agosto, setembro e outubro, que são os meses mais secos do ano, evidenciam menor diluição das concentrações de fósforo total no ponto 1, e valores menores nos pontos 2 e 3 no interior dos reservatórios.

Na Tabela 5 estão os valores de IET segundo Cunha *et al.* (2013), em que o menor IET e maior valor de IET foi de 50,2 e de 58,6 sendo classificado como ultraoligotrófico e supereutrófico, respectivamente. Os resultados obtidos demonstram que houve variação de classificação do IET apenas no ponto 1, sendo que nos outros pontos a classificação se manteve estável.

| Ponto 1 | IET (PT) | Classificação | IET (Cla) | Classificação | IET Médio | Classificação |
|------------|----------|-------------------|-----------|----------------|-----------|-------------------|
| Campanha 1 | 52,6 | Eutrófico | 51,6 | Hipereutrófico | 52,1 | Oligotrófico |
| Campanha 2 | 65 | Supereutrófico | 52,3 | Hipereutrófico | 58,6 | Supereutrófico |
| Campanha 3 | 55,4 | Eutrófico | 52,3 | Hipereutrófico | 53,8 | Mesotrófico |
| Ponto 2 | IET (PT) | Classificação | IET (Cla) | Classificação | IET Médio | Classificação |
| Campanha 1 | 51,6 | Ultraoligotrófico | 49,5 | Hipereutrófico | 50,5 | Ultraoligotrófico |
| Campanha 2 | 48,2 | Ultraoligotrófico | 52,3 | Hipereutrófico | 50,2 | Ultraoligotrófico |
| Campanha 3 | 48,2 | Ultraoligotrófico | 52,3 | Hipereutrófico | 50,2 | Ultraoligotrófico |
| Ponto 3 | IET (PT) | Classificação | IET (Cla) | Classificação | IET Médio | Classificação |
| Campanha 1 | 51,6 | Ultraoligotrófico | 49,5 | Hipereutrófico | 50,5 | Ultraoligotrófico |
| Campanha 2 | 48,2 | Ultraoligotrófico | 52,3 | Hipereutrófico | 50,2 | Ultraoligotrófico |
| Campanha 3 | 48,2 | Ultraoligotrófico | 52,3 | Hipereutrófico | 50,2 | Ultraoligotrófico |

TABELA 5: Cálculo do IET modificado por Cunha *et al.* (2013)

Fonte: Próprio autor.

O modelo proposto por Cunha *et al.* (2013), para reservatório de clima subtropical se mostrou mais ténue nos pontos 2 e 3, quando comparado ao modelo proposto por Lamparelli (2004), isto se deve aos métodos de cálculo propostos por cada autor, conforme Figura 3.

De acordo com o estudo de Lamparelli (2004), para se avaliar o grau de limitação da produtividade do fitoplâncton, são comparadas as classificações obtidas entre o IET da clorofila-a e o IET do fósforo total. Quando os dois índices classificam os ambientes na mesma classe trófica, o grau de limitação é considerado “normal”. Quando a classificação através do índice do fósforo total classifica o ambiente em classe superior à obtida através das concentrações de clorofila-a, indica que há algum fator limitante que reduz a produtividade das algas, o grau de limitação é considerado “alto”. Já, quando as

concentrações de clorofila a resultam em uma classificação superior à obtida pelo IET do fósforo total, o grau de limitação é considerado “baixo”, existindo condições favoráveis para a produtividade primária, considerando os nutrientes disponíveis.

Nos resultados do modelo proposto por Lamparelli (2004), no ponto 1 constatou-se que o IET do fósforo total foi superior em todas as campanhas, em relação a clorofila-a, indicando algum fator limitante, que reduz a produtividade algal, nos pontos 2 e 3 na primeira campanha o IET do fósforo total foi igual ao IET da clorofila-a, indicando condição normal na produtividade de fitoplâncton, mas na segunda e terceira campanha o valor de IET da clorofila-a foi superior ao IET de fósforo total indicando baixo grau de limitação para produtividade de fitoplâncton.

O modelo proposto por Cunha *et al.* (2013), em todas as campanhas nos três pontos de monitoramento, o IET da clorofila-a foi superior ao IET do fósforo total, indicando alta produtividade de fitoplâncton, ocorre pelo fato do modelo ser mais restritivo em relação a clorofila-a.

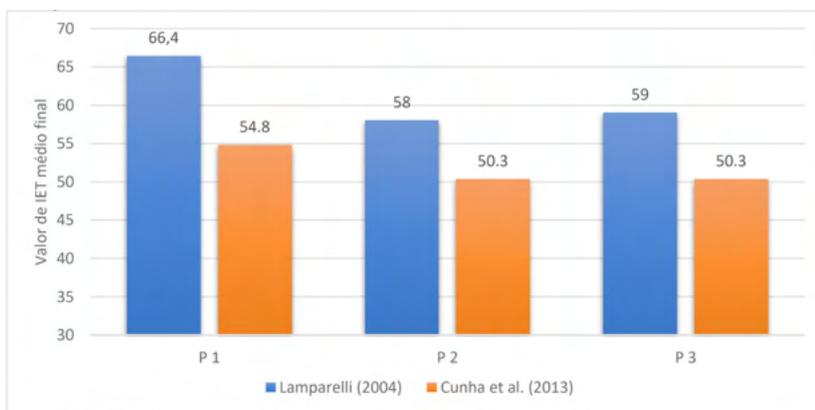


FIGURA 3: Classificação do IET médio final, de Lamparelli (2004) e Cunha *et al.* (2013), para os parâmetros de fósforo total e clorofila-a, somando-se os resultados das três campanhas para cada ponto monitorado.

Fonte: Próprio autor.

A classificação do IET médio das três campanhas para cada ponto segundo Lamparelli (2004), classificou o ponto 1 como supereutrófico, o ponto 2 foi classificado com mesotrófico e o ponto 3 eutrófico. A classificação segundo Cunha *et al.* (2013), o ponto 1 classificou-se como mesotrófico, o ponto 2 foi classificado como ultraoligotrófico e ponto 3 como ultraoligotrófico.

Ao verificar-se elevada produtividade de fitoplâncton nesse reservatórios, há maior possibilidade de florações de organismos tóxicos, como cianobactérias, segundo Duarte (2011), pode-se considerar danos no sistema de tratamento de água para abastecimento

público, pois reduz a eficiência, e aumenta a complexidade do tratamento da água, o fitoplâncton causa danos ao sistema de tratamento de água, como a diminuição da sedimentação e decantação de flocos e a obstrução ou passagens de microrganismos pequenos nos filtros de areia.

Tais condições de trofia como encontrados nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça podem causar impacto no sistema de tratamento da água para consumo humano, principalmente se considerado a possibilidade da alta concentração de fitoplâncton, de acordo com Medeiros (2019), há a necessidade do aumento de usos de produtos químicos na desinfecção da água durante etapas de tratamento para abastecimento humano, os agentes químicos resultantes desta etapa no tratamento de água são chamados de subprodutos da desinfecção (SPD), os métodos atuais de tratamento são capazes de remover efetivamente células de cianobactérias intactas e a maioria das toxinas intracelulares, porém as toxinas ficam dissolvidas em água tratada, por meio de lise celular.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostram que os reservatórios de Rio Bonito e Suíça apresentaram elevado grau de trofia, verificou-se que no ponto 1 há uma significativa carga de fósforo, observou-se diferenças na classificação final de IET médio entre os modelos utilizados, pois classes escolhidas pelos diferentes modelos variaram para um mesmo ponto em uma mesma campanha, se comparados com estudos anteriores os reservatórios encontram-se num grau de trofia mais elevado.

REFERÊNCIAS

ACARI, Amanda de Liz. **Avaliação de vulnerabilidade à eutrofização do reservatório da usina hidrelétrica Itá – RS/SC**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia sanitária e ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/195591>>. Acesso em 12 nov. 2019.

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (**AGEHR**). Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/>. Acesso em: 08 de abr. 2019.

ARAÚJO, D. R. **Eutrofização em reservatórios – estudo de caso**: reservatórios de Rio Bonito e Suíça (ES). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, na área de Concentração de Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

BRASIL. **Resolução do CONAMA nº 357, 17 de março de 2005**. Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, em como estabelece as condições e padrões de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography** v. 22, n. 2, p. 361- 369. 1977. Disponível em: <https://www.nrc.gov>. Acesso em: 14 jul. 2019.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **IET - Índice de Estado Trófico**. 2013. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br> . Acesso em: 07 abr. 2019.

CSMJ. Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Diagnóstico Plano Diretor das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucú. 1995. In: **Volume I - Ecossistemas aquáticos interiores e recursos hídricos**. Rio de Janeiro, Habtec Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997a.

CSMJ. Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucú. Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucú. 1995. In: **Volume II - Clima, Geologia, Relevo e Solos**. Rio de Janeiro, Habtec Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997b.

CUNHA, D. G. F. **Heterogeneidade espacial e variabilidade temporal do reservatório de Ituparanga: uma contribuição ao manejo sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Rio Sorocaba (SP)**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. do C.; LAMPARELLI, Marta Condé. Um índice de estado trófico para reservatórios tropicais / subtropicais (TSI tsr). **Engenharia Ecológica**. V. 60 (2013) p.126–134. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.058>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

DUARTE, M. A. C. **Tratamento de água para consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e interoxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JUNIOR, I. Eutrofização: aspectos conceituais, usos da água e diretrizes para a gestão ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.6, n.1, p.65-77, 2015. DOI: <<http://dx.doi.org/10.6008/SPC21796858.2015.001.0006>>. Acesso em: 26 ago. 2019

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

LIMA, Bruno Aparecido de Almeida; LIBÓRIO, Matheus Pereira; HADAD, Renato Moreira. Análise espaço-temporal do crescimento de macrófitas e sua aplicação no monitoramento da qualidade da água. **Ra'e Ga**. Curitiba, PR, v.45, n. 1. p. 45 -57, Dez/2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

MEDEIROS, L. C. **Avaliação do risco à saúde humana pela exposição aos subprodutos da cloração da água do sistema de abastecimento público**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Natal, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/27089>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

SANTOS, P. R. B.; ZARZAR, C. A.; SOUSA, K. N. S. Avaliação do estado trófico atual do reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una, a mais antiga represa construída na Amazônia Central. **Biota Amazônia**. Macapá, AP, v. 8, n. 4, p. 45-48, 2018. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>. Acesso em: 10 abr, 2019.

SILVA, T. T. **Estudo sobre as variáveis responsáveis pela eutrofização das águas dos reservatórios do semiárido cearense**. 2018. 51 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/35613>. Acesso em 11 nov. 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Activated sludge 72, 73
- Anthropogenic actions 88
- Aquatic biota 250
- Artificial ecosystem 115
- Atmospheric indicators 1, 2

B

- Biodigesters 186
- Biodigestion 186, 187
- Biofertilizer 186, 254
- Biogas 186, 204, 254
- Biological filters 72
- Biomass 102, 103, 112

C

- Cerrado biome 88
- Chlorination 28
- Contaminants of Emerging Concern (CEC) 245

D

- Drugs 235, 246, 251, 252, 254, 255

E

- Ecosystem 115
- Effluents 28, 43, 72, 256
- Environmental impact 218
- Evapotranspiration 115

F

- Fecal coliforms 15

G

- Geostatistical method of spatialization (Krigagem) 115

H

- Heat islands 115, 123
- Human Development Index (HDI) 205

I

Inclusive recycling 145

L

Lakes 54

M

Mayan communities 57

Mixed Integer Linear Programming (MILP) 156, 158

N

National Institute for Space Research (INPE) 88

National Solid Waste Policy (PNRS) 134, 159, 166, 169, 175, 178, 235

O

Oligotrophic 43

Organic waste 178, 180, 181, 182

P

Percolating 72

Pesticide 245, 248, 249, 251, 252, 253, 254

Pharmaceuticals 245, 247, 249, 250, 251, 252

Phytoplankton 43

Polishing pond 72

Precipitable water (PW) 2, 4

Q

QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) 245, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255

R

Recyclable materials 134, 135, 154, 162, 164, 178, 183

Residential condominiums 178, 179, 183

Reuse 27, 28, 135, 180, 183, 218, 256

Rivers 43

S

Sanitation 70, 165, 166, 169, 174, 205, 206

Sewage treatment 252, 256

Solar radiation 115, 256

Solid waste 134, 154, 156, 157, 158, 159, 166, 169, 171, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 235

Solid Waste Master Plan 178

Stabilization ponds 72

State Institute for the Environment and Water Resources (IEMA) 124

Sustainability 176, 178, 182, 184, 219

Synchrotron radiation 15, 218

U

United States Environmental Protection Agency (USEPA) 28

Urban solid waste management 159, 175, 183

W

Waste Transfer Station (WTS) 156, 157, 171, 174, 176

Water pollution 15

Water resources 26, 57, 124, 162, 250

Water treatment 218

World Health Organization (WHO) 28, 250

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING