

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima

Luiza Batista 2020 by Atena Editora

Maria Alice Pinheiro Copyright © Atena Editora

Edição de Arte Copyright do Texto © 2020 Os autores

Luiza Batista Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Revisão Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora

Os Autores pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional

Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais

Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo

Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas

Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia

Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil

Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita

Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí

Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé

Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina

Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro

Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College

Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social

Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay

Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA

Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará

Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe

Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná

Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário: Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M514 Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-222-7

DOI 10.22533/at.ed.227202207

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva, Maria Elanny Damasceno.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br


Ano 2020

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor (a), a obra Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Básico da série 2 e 3, englobam a temática das ciências ambientais no contexto teórico e prático de pesquisas voltadas para a discussão da preservação e recuperação dos recursos naturais, bem como a criação de métodos e tecnologias que contribuem para a redução dos impactos ambientais oriundos dos desequilíbrios das ações humanas.

O volume 2 contém capítulos que tratam da educação ambiental por meio de projetos interdisciplinares em ambientes educacionais e comunitário. Além disso, as pesquisas apresentadas apontam tecnologias diversas que auxiliam no monitoramento de áreas protegidas, risco de queimadas em florestas e simuladores de erosão em solo para formulação de dados sedimentológicos.

Em relação as tecnologias sustentáveis são divulgados estudos sobre os benefícios dos telhados verdes para captação de águas pluviais e o uso de biodigestores em propriedades rurais e zonas urbanas para o tratamento de matérias orgânicas utilizadas na geração de energia, gás e biofertilizantes. Sobre efluentes industriais e domésticos é indicado método de depuração aplicado em Estações de Tratamentos de Esgotos, assim como *Wetlands* construídas para eliminar a deterioração das bacias hídricas.

Diante do crescimento populacional em zonas urbanas é mostrado a necessidade de redimensionamento de área urbana próxima às áreas de inundações, complementando com o estudo sobre a atualização de Plano de Saneamento Básico municipal para controle de enchentes. E por fim, acerca de inundações em locais impermeáveis é evidenciado um sistema de infiltração de águas de chuvas que facilita o escoamento no solo.

No volume 3 é tratado da parceria entre gestores nacionais e internacionais de recursos hídricos a fim de fomentar a Rede Hidrometeorológica do país. As questões jurídicas ganham destaque na gestão ambiental quando se refere ao acesso à água potável na sociedade. E como acréscimo é exposto um modelo hidro econômico de alocação e otimização de água. As águas fluviais compõem uma gama de estudos contidos neste exemplar. Os assuntos que discutem sobre rios e praias vão desde abordagens metodológicas para restaurar rios, análises das características das praias de águas doces sobre o desenvolvimento do zooplâncton e composição granulométrica dos sedimentos dos corpos hídricos.

É destaque para a importância e conservação das Bacias de Detenção de águas de chuvas em zona urbana, como também os sistemas de controle da vazão das águas pluviais na prevenção de enchentes, assoreamento e erosões nas margens de rios. Os modelos matemáticos, hidrogramas e suas correlações são fatores que estimam volume das vazões nas áreas atingidas e servem como instrumentos eficazes preventivos contra inundações inesperadas. Similarmente, a modelagem pode ser bem inserida em um estudo que trata dos componentes aquáticos na qualidade das águas de rios.

A respeito da qualidade da água são mencionados ensaios físico-químicos e microbiológicos coletados em um rio e averiguados com base nos parâmetros das portarias e resoluções nacionais. No quesito potabilidade da água é exibido uma pesquisa com foco nas águas pluviais captadas e armazenadas em cisternas de placas.

Por último, salienta-se os estudos que substituem aparelhos hidrosanitários por modelos que reduzem a quantidade de água descartada, da mesma forma tem-se a substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo geradores a fim de verificar a viabilidade financeira e energética em uma Companhia de Abastecimento metropolitano.

Portanto, os conhecimentos abordados e discutidos sem dúvidas servirão como inspiração para trabalhos futuros, replicação em outras regiões como também favorecerá para a minimização dos impactos ambientais provocados a longo prazo, além de ser modelos norteadores de consciência ecológica na sociedade.

Excelente leitura!

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CONTRIBUIÇÃO DOS USUÁRIOS DE DADOS (<i>STAKEHOLDERS</i>) PARA O PROJETO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL DE REFERÊNCIA – RHNR	
Ana Carolina Zoppas Costi Fabrício Vieira Alves Diana Wahrendorff Engel Marcio de Oliveira Candido	
DOI 10.22533/at.ed.2272022071	
CAPÍTULO 2	13
GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: MODELO HIDRO ECONÔMICO DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA	
William Dantas Vichete Arisvaldo Vieira Mélo Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.2272022072	
CAPÍTULO 3	26
ASPECTOS JURÍDICOS E ORGANIZACIONAIS DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DA PARAÍBA	
Maria Helena Carvalho Costa Josevi de Sousa Carvalho Maria da Penha Medeiros Noemia Climantino Leite Carla Rocha Pordeus	
DOI 10.22533/at.ed.2272022073	
CAPÍTULO 4	35
ABORDAGENS METODOLÓGICAS PARA A RESTAURAÇÃO DE RIOS	
Jucimara Andreza Rigotti Lucia Helena Ribeiro Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.2272022074	
CAPÍTULO 5	47
A INFLUÊNCIA DA DINÂMICA DAS MARÉS SOBRE O ZOOPLÂNCTON EM TRÊS PRAIAS DE CAMETÁ, PARÁ	
Elidineia Lima de Oliveira Mata Vitor Barbosa da Costa Kelli Garboza da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2272022075	
CAPÍTULO 6	61
ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DO RIO PARAGUAI NA ÁREA COMPREENDIDA ENTRE A MONTANTE DA PRAIA DO JULIÃO E A JUSANTE DO BARRANCO DO TOURO - MUNICÍPIO DE CÁCERES	
Bruno Ramos Brum Michelle do Espírito Santo Bertolino Fernando Guilert Pinheiro Borges Mauri Queiroz de Menezes Junior Carolina da Costa Tavares Célia Alves de Souza Ernandes Sobreira Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.2272022076	

CAPÍTULO 7	71
DESAFIOS DA INSERÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA, SP	
Carolina Sulzbach Lima Peroni Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.2272022077	
CAPÍTULO 8	81
METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE CONTROLE DE VAZÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NUMA BACIA HIDROGRÁFICA, EM ESPECIAL OS COM RESERVAÇÃO E INFILTRAÇÃO	
Vinicios Hyczy do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.2272022078	
CAPÍTULO 9	91
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS: YPANÉ Y JEJUÍ, UTILIZANDO HEC-HMS CON FINES DE PRONÓSTICOS HIDROLÓGICOS EN EL RÍO PARAGUAY	
Rosa del Rocío Aseretto Roger Monte Domecq Serrati Roberto Hiroshi Takahashi	
DOI 10.22533/at.ed.2272022079	
CAPÍTULO 10	106
CORRELAÇÃO ENTRE DOIS AVALIADORES DE DECLIVIDADE MÉDIA DO TALVEGUE PRINCIPAL DE 31 BACIAS NA REGIÃO DO MÉDIO TIETÊ	
André Luiz de Lima Reda Raul Victor Martins Julião de Oliveira Paulo Takashi Nakayama	
DOI 10.22533/at.ed.22720220710	
CAPÍTULO 11	118
MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RIOS UTILIZANDO O HEC-RAS. ESTUDO DE CASO NO RIO IPANEMA	
Ariel Ali Bento Magalhães José Rodolfo Scarati Martins	
DOI 10.22533/at.ed.22720220711	
CAPÍTULO 12	129
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO SÃO MIGUEL, BARÃO DE COCAIS - MG	
Vivian Aparecida de Oliveira Alicy Madeira de Souza Jeane de Fátima Cunha Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.22720220712	
CAPÍTULO 13	142
QUALIDADE DA ÁGUA E CIDADANIA DA COMUNIDADE DE TOCOS 2 –GOVERNADOR MANGABEIRA, BAHIA	
Viviane Brandão Silva Leite	
DOI 10.22533/at.ed.22720220713	
CAPÍTULO 14	154
ESTUDO DE CASO DA RECUPERAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA INERENTE A OPERAÇÃO DA MACRO DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA	
André Schramm Brandão	

Paulo Henrique Holanda Pascoal
Ênio Pontes de Deus
Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.22720220714

CAPÍTULO 15 160

ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL E FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO DE ALTERNATIVAS
TECNOLÓGICAS DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Antônio José Cruz de Araújo
Êmele Rádna Rodrigues do Vale
Lívia Maria Pinheiro da Cunha
Maria Josicleide Felipe Guedes

DOI 10.22533/at.ed.22720220715

SOBRE A ORGANIZADORA..... 180

ÍNDICE REMISSIVO 181

MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RIOS UTILIZANDO O HEC-RAS. ESTUDO DE CASO NO RIO IPANEMA

Data de aceite: 01/07/2020

Data de Submissão: 17/04/2020

Ariel Ali Bento Magalhães

Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2433432122816302>

José Rodolfo Scarati Martins

Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/6187823438322403>

RESUMO: À medida que a conscientização sobre a escassez de água doce cresce, a modelagem da qualidade da água se faz cada vez mais necessária. O uso de modelos com que envolvem múltiplos níveis de interações entre as variáveis para simulação da qualidade da água deve ser ponderado com cautela, e os resultados podem não ser tão confiáveis como eles pretendem ser. Considerando a robustez conceitual, o alto grau de eficiência, além da experiência consolidada na comunidade técnica da utilização do sistema HEC-RAS, este modelo tem sido frequentemente escolhido

para modelagem de qualidade da água também. Este trabalho visa estudar a modelagem de temperatura juntamente com constituintes do grupo nutrientes (OD, DBO, Nitrogênio, etc.) e sua performance utilizando o HEC-RAS, para a análise da qualidade da água em rios. Estudos realizados no Rio Ipanema demonstram os bons resultados obtidos com a modelagem de qualidade da água utilizando o HEC-RAS.

PALAVRAS-CHAVE: hec-ras; modelagem; ambiental, qualidade da água

WATER QUALITY MODELING IN RIVERS USING HEC-RAS. CASE STUDY IN IPANEMA RIVER

ABSTRACT: As the scarcity of fresh water grows, the modeling of water quality becomes increasingly necessary. The use of models that involve multiple levels of interactions between variables to simulate water quality should be carefully considered, and the results may not be as reliable as they are intended to be. Considering the conceptual robustness, the high degree of efficiency, in addition to the consolidated experience in the technical community of HEC-RAS system, this model has often been chosen for modeling water quality as well. This work aims to study the modeling

of temperature along with nutrients group (DO, BOD, Nitrogen, etc.) and their performance using HEC-RAS, for the analysis of water quality in rivers. Studies carried out on the Ipanema River demonstrate the good results obtained with water quality modeling using HEC-RAS.

KEYWORDS: hec-ras, environmental modeling, water quality

1 | INTRODUÇÃO

Os modelos de qualidade da água são ferramentas eficazes para simular e prever o transporte de poluentes em ambientes aquáticos, contribuindo para uma melhor compreensão dos fenômenos envolvidos, rapidez e baixos custos. Além disso, merecem destaque especial por possibilitarem a geração de cenários futuros. Diferentes atividades humanas básicas como a agricultura, a construção civil e a indústria são fontes de poluição para o meio aquático. As cidades e as atividades relacionadas aos serviços também são fontes poluidoras com maior ou menor intensidade, gerando efluentes com impactos significativos. Estes potenciais danos podem ser avaliados através de simulações com o uso de modelos matemáticos antes que esses projetos sejam implementados (WANG; LI; JIA; QI *et al.*, 2013).

Ao longo dos anos, vários modelos de qualidade da água foram desenvolvidos para avaliar processos em corpos d'água (rios, lagos, reservatórios, estuários, etc.). O pioneiro é o modelo de Streeter-Phelps criado em 1925 para estudar o balanço de oxigênio dissolvido após o lançamento de descargas poluentes nos corpos d'água. Os modelos mais simples incluem variáveis básicas de qualidade da água (como oxigênio dissolvido - OD - e demanda bioquímica de oxigênio - DBO), enquanto outros mais sofisticados modelam relações mais complexas como os diferentes níveis de eutrofização e toxicidade.

Lindenschmidt, 2006 sugeriu que modelos complexos não são necessariamente os modelos mais úteis. Isso se deve à alta exigência de dados de monitoramento para a estimativa, calibração e verificação dos coeficientes intervenientes nos processos representados no modelo. Além disso, alguns modelos complexos podem requerer vários parâmetros que nunca foram previamente medidos ou relatados. Por estas razões, o uso de modelos com que envolvem múltiplos níveis de interações entre as variáveis para simulação da qualidade da água deve ser ponderado com cautela, e os resultados podem não ser tão confiáveis como eles pretendem ser.

Dadas estas circunstâncias, a utilização de modelos simplificados de qualidade da água tornou-se uma opção preferível, e vários exemplos de sucesso foram relatados na literatura (DROLC; KONCAN, 1996; MAHAMAH 1998). No entanto, sua aplicabilidade tem certas limitações, como por exemplo, não considerarem a hidrodinâmica complexa de estuários com efeitos de maré efeitos da turbulência sobre a cinética dos constituintes.

Por fim, é extremamente necessário que os gestores de recursos hídricos compreendam melhor o alcance e a precisão do modelo assim como seus métodos de

cálculo e calibração para que consigam aplicar e verificar os resultados de forma realista.

A proposta inicial do Modelo HEC-RAS era de apenas modelagem hidrodinâmica (em regimes permanentes, transientes, etc.), porém em suas versões atuais foi disponibilizado o Módulo de Modelagem de Qualidade da água. Considerando a robustez conceitual, o alto grau de eficiência, além da experiência consolidada na comunidade técnica da utilização do sistema HEC-RAS, este modelo tem sido frequentemente escolhido para modelagem de qualidade da água também (USACE, 2014).

Este artigo tem por finalidade expor e avaliar a potencialidade do Módulo de Qualidade modelo HEC-RAS na modelagem de situações frequentes para análise de cenários de qualidade das águas. No final, será apresentada uma aplicação do módulo de qualidade no rio Ipanema, localizado no Estado de São Paulo.

2 | O MODELO HEC-RAS

O software HEC-RAS foi desenvolvido no Centro de Engenharia Hidrológica (HEC) do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA. É um software relativamente simples e que traz toda a bagagem de simulação hidrodinâmica dos conceituados modelos HEC, além da modelagem de transporte de sedimentos e da qualidade da água. O módulo de qualidade permite que o usuário realize simulações em regime permanente e variado no tempo, para tarefas como a avaliação de impactos decorrentes de descarga de efluentes, licenciamento ambiental e análises de sensibilidade.

O modelo organiza os constituintes e suas fontes e sorvedouros em três grandes grupos. A **modelagem de temperatura** calcula o fluxo advectivo e dispersivo e permite incluir fontes e sorvedouros de energia que afetam a temperatura da água. A **modelagem de nutrientes** simula Algas, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio Carbonácea (CDBO), Ortofosfato, Fósforo Orgânico, Amônia, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Orgânico Dissolvido. Os **constituintes arbitrários** são tratados de forma isolada e podem ser conservativos e não-conservativos, conforme a configuração escolhida pelo usuário. Estes são independentes da temperatura da água e dos nutrientes.

A equação que governa os processos é derivada do princípio da conservação da massa e da Lei de Fick, a Equação de Dispersão-Advecção (Equação 1). O parâmetro de dispersão utilizada pelo HEC-RAS é derivado da equação dada por Fischer (1967).

$$\frac{\partial (V\phi)}{\partial t} = - \frac{\partial (Q\phi)}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma A \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \Delta x \pm S \quad (1)$$

Nesta equação V é o volume da célula de qualidade da água (m^3); ϕ é a temperatura da água ($^{\circ}C$) ou concentração ($kg.m^{-3}$); Q é a vazão ($m^3.s^{-1}$); Γ é um coeficiente de dispersão definido pelo usuário ($m^2.s^{-1}$); A representa a área transversal (m^2) e S representa o papel

das fontes e sorvedouros ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) atuando como forçante do sistema.

As reações envolvendo nutrientes, matéria orgânica, temperatura assim como outros processos biológicos incluem coeficientes para as reações físicas e químicas entre nitrogênio, fósforo, OD e CBDO, assim como para representarem os processos vitais da biomassa vegetal interveniente. Essas constantes controlam as taxas de crescimento ou decaimento dos termos fonte/sorvedouro (S) na equação de dispersão de advecção (Equação 1) e devem ser adotados ou calibrados para que o modelo apresente resultados corretos. As interações que acontecem entre os nutrientes e os respectivos coeficientes estão resumidas na Figura 1.

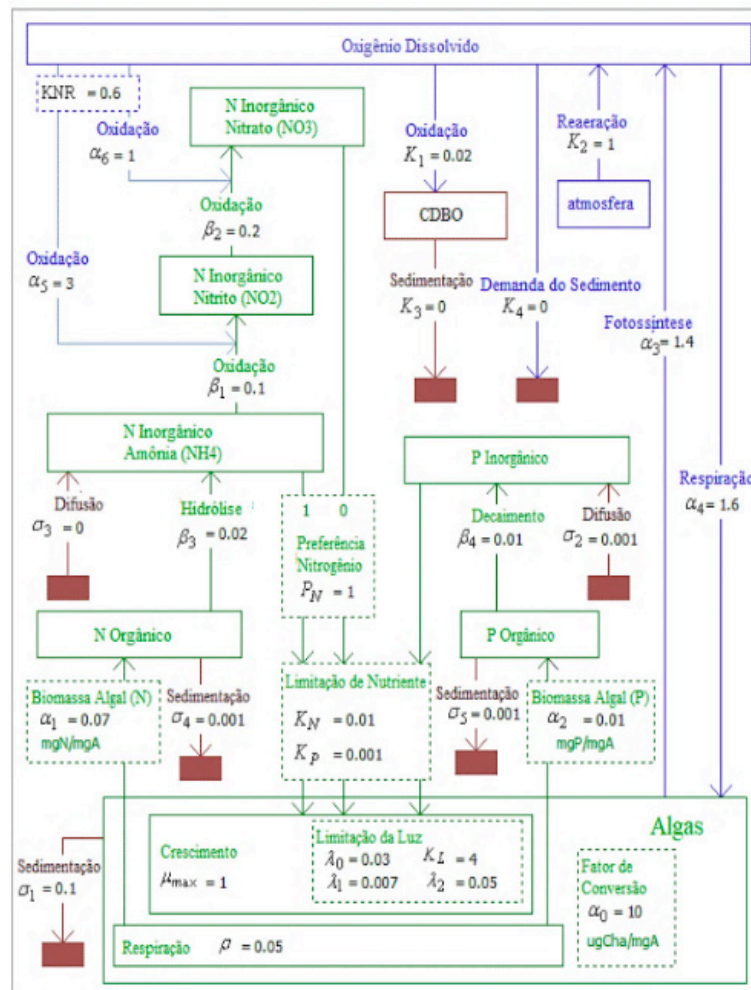


Figura 1 - Interação entre os nutrientes no HEC - RAS

Com relação às algas, o modelo suporta apenas algas fitoplanctônicas que flutuam livremente e consomem nutrientes da coluna de água. O crescimento e a respiração das algas afeta a concentração das mesmas, as concentrações de nutrientes e do oxigênio dissolvido, além da quantidade de biomassa envolvida. Durante o dia, a fotossíntese de algas produz; oxigênio dissolvido e durante a noite a respiração utiliza oxigênio. As algas utilizam fósforo e nitrogênio em suas formas inorgânicas dissolvidas (NH_4 , NO_3 e PO_4) e também são fontes das formas orgânicas de nitrogênio e fósforo.

Nas águas aeróbias naturais há uma constante transformação de nitrogênio orgânico (OrgN) em íons amoniacais (NH_4^+) que em seguida oxidam para as formas nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3). Embora a amônia (gás NH_3) e o cátion amônio (NH_4^+) possam estar presentes em águas superficiais, o pH no qual a transformação de amônia em íon amônio ocorre é superior a 9, portanto maior do que o encontrado na maioria dos rios (HEM, 1985), o que pode inibir a nitrificação.

O monitoramento das quantidades de nitrato e nitrito em rios são comuns em grande parte porque concentrações elevadas destes constituintes são motivo de preocupação para a saúde humana e animal. O nitrito (NO_2) raramente é abundante nos rios devido à rapidez da sua oxidação (MEYBECK, 1982); (HEM, 1985). O nitrato (NO_3) é mais estável e comumente encontrado em águas naturais.

Com relação ao fósforo, em ambiente natural, os compostos inorgânicos são originados a partir da dissolução de rochas e minerais com baixa solubilidade assim como da erosão do solo em áreas agrícolas. Os dejetos metabólicos animais são outra fonte de fósforo (BROWN; BARNWELL, 1987). Embora o fósforo adentre aos rios principalmente como matéria particulada, a forma orgânica particulada não está incluída nesta versão do modelo de qualidade da água.

Para modelar a temperatura da água, o modelo utiliza diversos dados meteorológicos representativos das trocas energéticas com a atmosfera, incluindo pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade (pressão de vapor, umidade relativa, bulbo úmido ou ponto de orvalho), radiação solar, velocidade do vento e nebulosidade.

Para representar a radiação solar é necessário introduzir uma série temporal de potência específica (w/m^2) no entanto, se as observações não estiverem disponíveis, uma série temporal de radiação solar pode ser calculada com base na latitude do local, no dia do ano e na hora do dia. A pressão atmosférica também é uma entrada necessária para o modelo de temperatura da água. Se uma série temporal não puder ser obtida, ela pode ser estimada a partir da altitude do local.

Vários dos coeficientes cinéticos ligados às reações de qualidade da água são fortemente influenciados pela temperatura. Os fatores cinéticos são especificados para a temperatura de referência de 20°C e corrigidos para a temperatura da água local. A relação entre a velocidade de reação e a temperatura é ajustada à lei de Arrhenius (USEPA, 1985) (Equação 2).

$$K_T = K_{20} \times \theta^{(T-20)} \quad (2)$$

Na qual K_T é o coeficiente de decaimento na temperatura T ; K_{20} é o coeficiente de decaimento a 20°C ; θ a constante e de correção de temperatura (variável com o processo,

sendo 1,024 para reações físicas e 1,047 para reações químicas, com algumas exceções).

2.1 Processos para a biomassa vegetal

A clorofila-a (Chl-a) é um indicador de qualidade da água comumente monitorado e, no entanto, não é uma variável modelada no HEC-RAS. As concentrações de clorofila-a são representativas da biomassa bruta (A) de fitoplâncton, mantendo uma relação linear dada pela Equação 3.

$$\text{CHL} = \alpha_0 \times A \quad (3)$$

Nesta equação CHL é a concentração de clorofila-a ($\mu\text{gChl-a.L}^{-1}$) e α_0 representa a razão de clorofila-a por biomassa de algas ($\mu\text{gChl-a.mgA}^{-1}$).

O crescimento das algas é simulado diretamente por uma equação vinculada ao consumo de nutrientes e à incidência da radiação solar. Para a redução da biomassa vegetal, dois processos são simulados, a respiração e sedimentação. A taxa de respiração de algas combina o processo de respiração endógena de algas e a conversão de algas em fósforo orgânico e em nitrogênio orgânico.

2.2 Processos envolvendo o Nitrogênio e suas frações

A única fonte interna de nitrogênio orgânico (OrgN) no modelo é a respiração algal. Os sorvedouros orgânicos de nitrogênio incluem a sedimentação no fundo e a hidrólise para formar o nitrogênio amoniacal (NH_4). Fontes internas de amônio incluem hidrólise de nitrogênio orgânico e absorção (difusão) na camada bentônica. Os sorvedouros internos incluem a oxidação de amônia para formar nitrito (NO_2) e absorção de algas.

A fonte interna de nitrito é a oxidação da amônia (NH_4) e o único sumidouro modelado é a oxidação do nitrito em nitrato (NO_3). Por fim, a única fonte interna de nitrato é a oxidação do nitrito. O único sumidouro modelado é a absorção pelas algas.

2.3 Processos para o Fósforo

A única fonte interna de fósforo orgânico (OrgP) é a respiração algal. Sorvedouros internos são a oxidação de fósforo orgânico para formar ortofosfato (PO_4), e sedimentação. Existem duas fontes internas de ortofosfato dissolvido, o decaimento do fósforo orgânico e a difusão na camada bentônica, e o único sumidouro interno de ortofosfato é a absorção de algas.

2.4 Processos para a matéria orgânica (CDBO)

O decaimento da matéria orgânica por oxidação é descrito por uma reação de primeira ordem, utilizando como representante a Demanda Bioquímica de Oxigênio

Carbonácea (CDBO). O ciclo completo do carbono não é modelado pelo HEC. Outro fator de decaimento considerado no modelo é a decantação (sedimentação).

2.5 Processos para o oxigênio dissolvido

As fontes de oxigênio dissolvido são provenientes da reaeração atmosférica e da produção das algas. De um modo geral, as concentrações de OD são menores que a saturação mas, considerando a fotossíntese, concentrações de OD excedendo a saturação podem ser obtidas, indicando excesso de algas. As perdas de OD incluem a respiração das algas, o consumo na oxidação da DBO, a demanda de oxigênio nos sedimentos, e a oxidação de amônia e do nitrito.

Neste modelo, a reaeração é simulada como um processo de gradiente de fluxo dado pelo produto de uma taxa de reaeração (K_2) e a diferença entre a concentração instantânea e a saturada de oxigênio dissolvido.

2.6 Processos de transporte de calor

Para o transporte de calor, o termo fonte / sumidouro é demonstrado na Equação 4, sendo o fluxo de calor líquido (q_{net}) calculado pela soma dos componentes individuais de cada processo (Equação 5).

$$\text{Calor}_{\text{Fonte/Sumidouro}} = \frac{q_{net} \times A_s}{\rho_w \times C_{pw} \times V} \quad (4)$$

Na qual q_{net} é o fluxo de calor líquido na interface ar-água ($W.m^{-2}$); ρ_w é a densidade da água ($kg.m^{-3}$); C_{pw} é o calor específico da água ($J.kg^{-1}.C^{-1}$); A_s é a área de superfície da célula de qualidade da água (m^2) e V é o volume da célula de qualidade da água (m^3).

$$q_{net} = q_{sw} + q_{atm} - q_b + q_h - q_l \quad (5)$$

Nesta equação q_{sw} é a radiação solar ($W.m^{-2}$); q_{atm} é a radiação de ondas longas (incidência) ($W.m^{-2}$); q_b é a radiação de ondas longas (refração) ($W.m^{-2}$); q_h é o calor sensível ($W.m^{-2}$) e finalmente q_l é o calor latente ($W.m^{-2}$).

3 | APLICAÇÃO DO MÓDULO DE SIMULAÇÃO DE NUTRIENTES

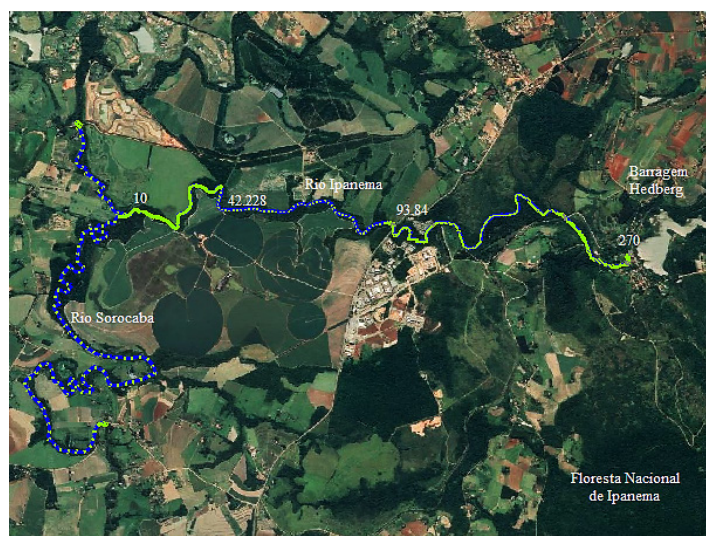


Figura 2 - Rio Ipanema no HEC-RAS

A Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (Figura 02) possui parte de sua área inserida no Centro Experimental de Aramar, que por sua vez está localizado no município de Iperó. O rio Ipanema pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) de nº 10, segundo a Lei Estadual 7.663 de 30/12/91. A bacia localiza-se no centro-sudeste do Estado de São Paulo, sendo constituída pela bacia do rio Sorocaba e de outros tributários do rio Tietê (HÍDRICOS; SIGRH; 2019). A modelagem realizada no HEC-RAS foi feita no trecho à jusante da Barragem de Hedberg localizada dentro da Floresta Nacional de Ipanema (FLONA).

Neste trabalho, foram utilizados os dados de simulação de 8 (oito) meses de estudos, com dados de 01 de Maio de 1999 a 31 de dezembro de 1999. Nesta modelagem não foram inseridos dados para o fitoplâncton e foram escolhidos apenas algumas componentes da qualidade para demonstrar os resultados de nutrientes, expostos na Figura 3 – a, b, c e d, além da modelagem de temperatura representada na Figura 4.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As duas seções analisadas são as que contém mais dados de calibração, para melhor interpretação. O trecho 1 é o trecho mais a montante e o trecho 2 é o trecho mais a jusante.

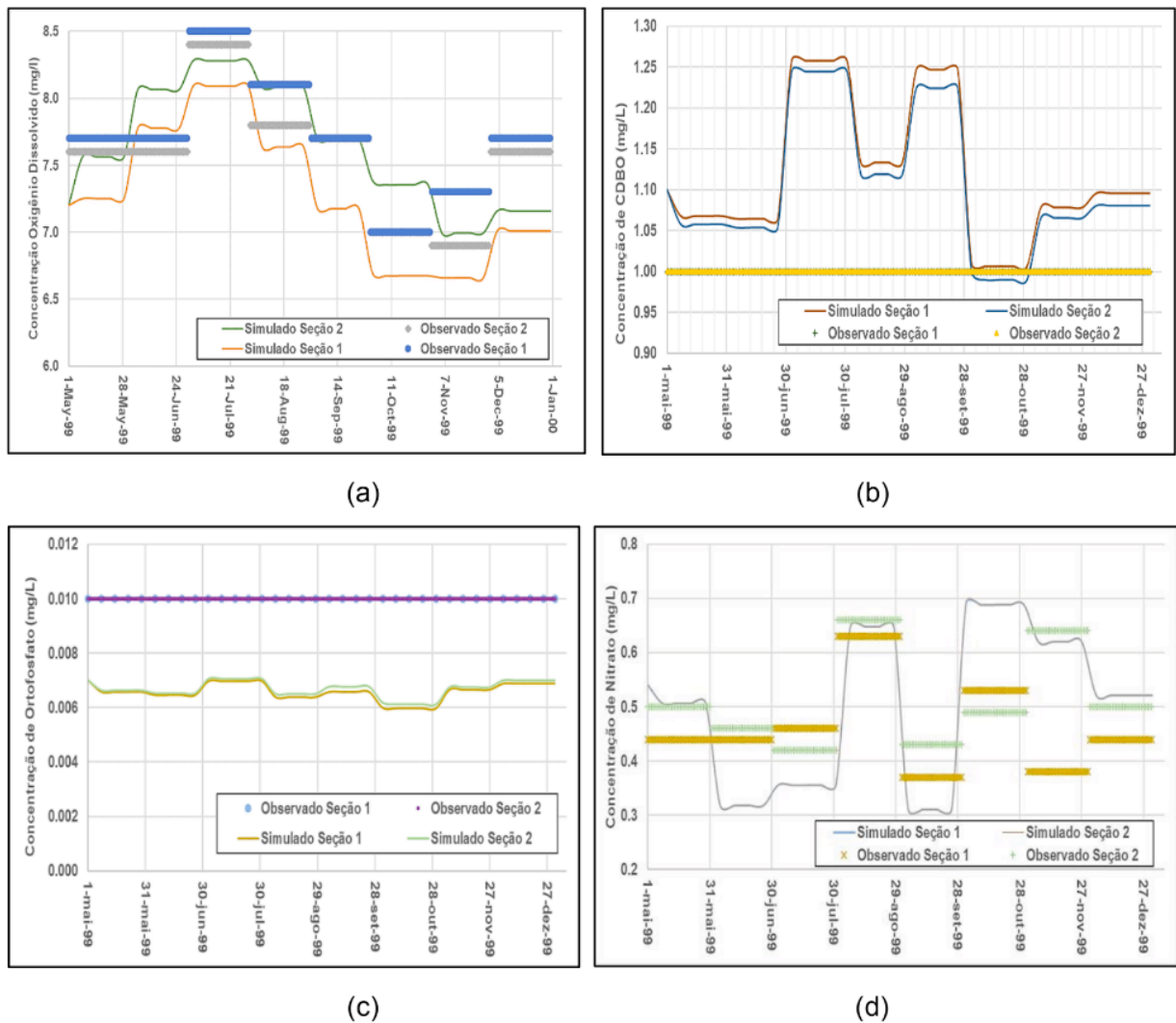


Figura 3 - Concentração ao longo do período de simulação para (a) OD; (b) DBO; (c) Ortofosfato; (d) Nitrato

Observa-se na Figura 3 que, na maior parte do período simulado, o modelo subestimou as concentrações para oxigênio, ortofosfato e nitrato e superestimou para CDBO quando comparados com os valores observados. Há uma possível explicação para isso: não houve simulação de algas. Estas, estão intimamente ligadas com o processo de produção e consumo de OD e de consumo e produção de nitrogênio e suas frações. Observa-se na Figura 2 que o trecho estudado é a jusante de um reservatório, o que explicaria a presença de algas no rio Ipanema.

Os altos valores de concentração de OD observados, mesmo em períodos de inverno em que as temperaturas são mais baixas (por consequência maior concentração de saturação de O₂) e o fato de ser em área preservada (FLONA) podem indicar presença uma mínima concentração de algas que não deveria ser desprezada. Com o oxigênio subestimado, não há tanta oxidação da CDBO como esperado.

Em tempo, na Figura 3-b e 3-c os valores observados de CDBO e Ortofosfato são iguais nas duas seções (1 mg/L e 0,01 mg/L respectivamente). Outro detalhe importante, na Figura 3-c e 3-d, as concentrações simuladas de Ortofosfato e Nitrato nas duas seções

apresentam diferenças insignificantes, mesmo com a distância de alguns quilômetros entre elas, indicando dados inconsistentes de alimentação e coeficientes não propriamente ajustados.

Observa-se na Figura 4 que o modelo estimou bem a temperatura, principalmente nos períodos de Maio a Julho e de Outubro a Dezembro e melhor ainda no Trecho 2. Esse fato pode ter ocorrido devido à radiação solar ter sido estimada pela latitude e longitude e não mensurada em estação meteorológica. Os parâmetros escolhidos também para a função do vento são muito genéricos e padronizados (adotou-se a, b e c todos iguais a 1), resultando em valores altos de velocidade do vento em uma das estações e valores baixos na outra estação. A combinação desses dois fatores pode ter resultado em inconsistências e baixa aderência do modelo nesse período seco (agosto e setembro).

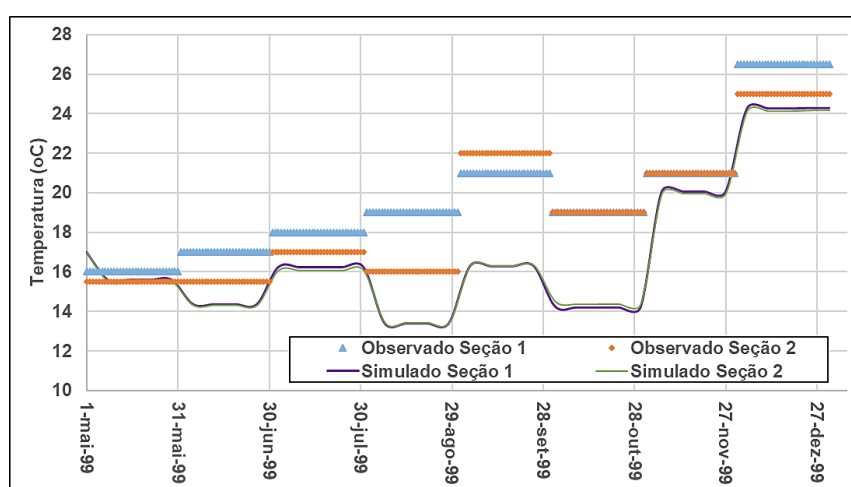


Figura 4 – Modelagem de Temperatura (°C) e dados observados ao longo do período de simulação

5 | CONCLUSÕES

Sob o ponto de vista de praticidade e facilidade de aplicação, é rápido inferir que o Modelo HEC exige uma grande quantidade de dados e parâmetros em seu módulo de simulação de nutrientes. Estes dados compreendem concentrações e coeficientes representativos dos processos envolvidos. Este fato exige do potencial usuário um grau de conhecimento relativamente avançado dos processos envolvidos e da forma de representação numérica empregada pelo modelo. Também é imperativa a realização de uma rodada de calibração dos coeficientes de forma a garantir a significância dos resultados.

Quando calibrado, o modelo permite a simulação de cenários futuros, como mudanças climáticas, novas descargas de efluentes, verificação da eficiência de processos de tratamento e demais atividades fundamentais no desenvolvimento de projetos de aproveitamento de recursos hídricos, fundamentação de outorgas e licenciamento de empreendimentos que. Saber modelar corretamente ajuda a melhorar o planejamento, o

controle e a fiscalização dos recursos naturais.

Os resultados apresentados no estudo de caso indicam que há uma necessidade de coleta dados de alimentação e calibração melhores, pois, apesar do Módulo de Nutrientes do HEC-RAS ter grande detalhamento, o mesmo apresenta resultados consistentes, fáceis de interpretar e condizentes com a literatura da área.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.123933/2015-00 – Edital CAPES/ANA – Projeto MOMA. Os autores agradecem o apoio do Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da USP na obtenção de dados de campo.

REFERÊNCIAS

BROWN, L. C.; BARNWELL, T. O. **The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS**. USEPA. Athens. 1987.

DROLC, A.; KONCAN, J. Z. Water quality modeling of the river SAVA, Slovenia. **Water Research**, 30, n. 11, p. 6, 1996.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. 3rd ed. United States Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 1985.

LINDENSCHMIDT, K.-E. The effect of complexity on parameter sensitivity and modeluncertainty in river water quality modelling. **Ecological Modelling**, 190, p. 15, 2006.

MAHAMAH , D. S. Simplifying assumptions in water quality modeling. **Ecological Modeling** 109, n. 3, p. 5, 1998.

MEYBECK, M. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Transport by World Rivers. **American Journal of Science**, 282, p. 49, 1982.

SIGRH, S. I. D. G. D. R. H. **Comitê da Bacia Hidrográfica – Sorocaba e Médio Tietê**. 2019. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmt/apresentacao>. Acesso em: 05 de abril.

USACE. **HEC-RAS: River Analysis System**. Versão 4.1. Davis, CA: USACE, 2014.

USEPA. **Rates, Constants, and Kinetics in Surface Water Quality Modeling**. United States Environmental Protection Agency. Athens GA. 1985.

WANG, Q.; LI, S.; JIA, P.; QI, C. *et al.* A Review of Surface Water Quality Models. **The Scientific World Journal**, 2013, p. 7, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agência Nacional de Águas 1, 2, 33, 133, 134, 139, 178
Água Potável 26, 32, 143, 148
Águas Continentais e Estuarinas 47
Águas Subterrâneas 81, 144, 145, 146, 149, 151
Amortecimento da Vazão 89
Aparelhos Hidrossanitários 159, 160, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 170, 172, 174, 175, 176, 177
Aquíferos 144, 145, 151
Áreas de Planalto 62, 68

B

Bacia do Ribeirão das Cruzes 74
Bacia Hidrográfica 10, 13, 31, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 61, 62, 66, 67, 68, 70, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 105, 106, 116, 124, 127, 135
Bacias Urbanas 82, 116

C

Calhas dos Rios 35, 37, 41, 43
Clorofila-a 122
Coliformes Totais 141, 147, 148, 151
Composição Granulométrica 61, 63, 64, 66, 67, 69
Contaminação da Água 141, 145, 150, 151
Curva de Demanda 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23

D

Disco de Secchi 47, 52
Draga de “Van Veen” 65

E

Ecossistemas Lênticos 48
Eficiência Energética 155, 158
Escassez de Água 117, 143
Escherichia Coli 141, 142, 148
Espaços Públicos 72
Estaciones Meteorológicas 94, 103

Estiagem 20, 27, 28, 30, 67, 81, 84, 88, 154

Estudo de Potencial Hidro Energético 155

F

Fatores Planimétricos 105, 111

G

Gestão da Demanda de Água 159, 164, 167, 168

H

Hidrograma 83, 97, 98, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 116

Hidrometeorológico 11

Humedad Del Suelo 91

I

Incertezas Hidrológicas 14

L

Levantamento On-line 159

M

Medidas Interventivas 128

Método de Pipetagem 61, 65

Modelos Matemáticos 105, 118

Monitoramento 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 118, 121, 135, 136, 138

P

Planejamento 1, 3, 4, 11, 12, 13, 15, 23, 26, 29, 31, 32, 34, 58, 63, 68, 72, 126, 154

Poços 42, 141, 143, 145, 146, 150

Potabilidade 130, 136, 141, 143, 148

Praias de Água Doce 47

R

Recursos Hídricos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 43, 44, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 70, 92, 111, 116, 118, 124, 126, 129, 131, 140, 144, 160, 178

Renaturalização 38, 43

Resíduos Sólidos 71, 76, 78, 79, 145

S

Série Histórica 11, 107
Software 24, 25, 96, 119
Soil Water Characteristics 96
SSD AcquaNet 16

T

Torneiras e Mictórios 162, 168
Turbo-Geradores 153, 155, 157

U

Usinas Hidroelétrica 14

V

Visitas Técnicas 71, 73

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 