

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária



Daniel Sant'Ana
(Organizador)

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

Daniel Sant'Ana
(Organizador)

 **Atena**
Editora
Ano 2021



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
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 – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

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

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

Prof^ª Dr^ª 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 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
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. 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 Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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 do Paraná
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. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-744-4

DOI 10.22533/at.ed.444211901

1. Engenharia. 2. Conhecimento. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 620

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

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.

APRESENTAÇÃO

A coleção *“Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária”* tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

Com o crescimento desordenado das cidades brasileiras, observamos, cada vez mais, os impactos de ocupações urbanas sobre o meio ambiente. Com isso, os primeiros capítulos deste livro debatem sobre a importância da legislação no controle do crescimento desordenado das cidades e na proteção ambiental de bacias hidrográficas, seja pela proteção e a recuperação de matas ciliares ou pela gestão sustentável de águas pluviais urbanas.

E na medida em que as cidades crescem, a demanda por água potável aumenta. Com isso, torna-se crucial promover o controle da demanda urbana de água por meio de medidas que estimulem o uso racional de água, seja por meio de uma revisão tarifária (Capítulo 5) ou pela otimização das redes de distribuição de água (Capítulos 6 e 7).

O uso de fontes alternativas de água, como o aproveitamento de águas pluviais em usos não potáveis, é capaz de promover reduções significativas no consumo de água potável em edificações (Capítulo 8). Porém, para garantir a saúde e o bem-estar de usuários, toda água deve passar por um processo de tratamento capaz de atingir os padrões de qualidade estabelecidos em legislação ou instrumentos normativos (Capítulos 9 e 10).

Evidentemente, para qualquer tomada de ação, é necessário um diagnóstico preliminar para avaliar as condições das águas. Os Capítulos 11 e 12 realizam diagnósticos da qualidade de águas subterrâneas, enquanto os capítulos subsequentes apresentam resultados de análises da qualidade de água do Rio Piabinha (Capítulo 13), Córrego Mirasol (Capítulo 14) e do Rio Chumbao, Peru (Capítulo 15).

A evolução da inovação tecnológica vem auxiliando tomadores de decisão na gestão de recursos hídricos (Capítulos 16 e 17) para garantir a segurança hídrica no abastecimento de água e na preservação ambiental. Os capítulos finais deste volume discorrem a importância de promover a conscientização da população e a educação ambiental para reduzir os impactos ambientais causados pelas ações do ser humano.

Este primeiro volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país, Argentina e Peru, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à legislação, abastecimento de água, diagnóstico de qualidade das águas, inovação tecnológica e educação ambiental. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS QUE NORTEIAM O DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL, DAS OBRAS DE HABITAÇÃO, INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE, EM LAGES-SC

Mayara Rafaeli Lemos
Daniely Neckel Rosini
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.4442119011

CAPÍTULO 2..... 20

CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA APLICAÇÃO DO DECRETO ESTADUAL Nº 42.356/2010 NA DELIMITAÇÃO DE FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO EM ÁREA URBANA CONSOLIDADA. ESTUDO DE CASO: RIO PIABANHA/RJ - TRECHO 4

Jorge Chaves Junior
Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho
Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção

DOI 10.22533/at.ed.4442119012

CAPÍTULO 3..... 31

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA, NO ESTADO DE GOIÁS

Raquel Santarém de Souza Costa
Aldo Muro Junior
Flávio Roldão de Carvalho Lélis

DOI 10.22533/at.ed.4442119013

CAPÍTULO 4..... 47

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DO ORDENAMENTO JURÍDICO ACERCA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL COM FOCO NAS REGIÕES SUDESTE E SUL

Jordana dos Anjos Xavier
Emili Louise Diconcili Schutz
Nicole Martins Pessoa
Daniely Neckel Rosini
Débora Cristina Correia Cardoso
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino
Natália Martins Vieira

DOI 10.22533/at.ed.4442119014

CAPÍTULO 5..... 61

INDICADOR ECONÔMICO FINANCEIRO PARA AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE REVISÃO TARIFÁRIA EM CONCESSÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NOS MUNICÍPIOS CATARINENSES

Daniel Antonio Narzetti

Willian Carlos Narzetti
Ricardo Motta Martins
Ciro Loureiro Rocha
Diego Pavam Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.4442119015

CAPÍTULO 6..... 73

**INFLUÊNCIA DAS EQUAÇÕES EXPLÍCITAS DE FATOR DE ATRITO NO
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Renata Shirley de Andrade Araújo
Alessandro de Araújo Bezerra
Bruno Duarte Moura
Mauro César de Brito Sousa

DOI 10.22533/at.ed.4442119016

CAPÍTULO 7..... 88

QUANTIFICANDO PERDAS HÍDRICAS EM CIDADES PARAIBANAS

Ayuri Medeiros da Silva
Carolina Coeli Rodrigues Batista de Araújo
Flaubert Ruan Nobelino de Araujo
Mikaele de Oliveira Candeia
Francisca Rozângela Lopes de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.4442119017

CAPÍTULO 8..... 98

**PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA APROVEITAMENTO NO
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA – UFSJ**

Deysiane Antunes Barroso Damasceno
Isabela Carvalho Pinheiro
Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.4442119018

CAPÍTULO 9..... 109

**SEGUIMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA EN LA LOCALIDAD
DE AGUARAY – SALTA**

Claudia Silvana Soledad Cequeira
Cecilia Hebe Noemi Orphèe
Maria Ines Mercado
Rosa Magdalena Cruz

DOI 10.22533/at.ed.4442119019

CAPÍTULO 10..... 117

**OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE FLOCULAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS NO
TRATAMENTO DE ÁGUA**

David Choque-Quispe
Yudith Choque Quispe
Betsy Suri Ramos Pacheco
Aydeé Marilú Solano Reynoso

Lourdes Magaly Zamalloa Puma
Carlos Alberto Ligarda Samanez
Fredy Taipe Pardo
Miriam Calla Flórez
Miluska Marina Zamalloa Puma
Jhuniór Felix Alonzo Lanado
Yadyra Quispe Quispe

DOI 10.22533/at.ed.44421190110

CAPÍTULO 11..... 126

APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE ABATETUBA – PARÁ

Gabriel Pereira Colares da Silva
Éverton Costa Dias
Giovanni Chaves Penner
Adria Lorena de Moraes Cordeiro
Cleyanne Kelly Barbosa Souto

DOI 10.22533/at.ed.44421190111

CAPÍTULO 12..... 137

MODELAGEM DO FLUXO DE CONTAMINANTES NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CEMITÉRIO AREIAS, TERESINA, BRASIL

Mauro César de Brito Sousa
Bruna de Freitas Iwata

DOI 10.22533/at.ed.44421190112

CAPÍTULO 13..... 148

ANÁLISE DO SANEAMENTO E DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA

Luis Carlos Soares da Silva Junior
José Paulo Soares de Azevedo
Ana Silvia Pereira Santos
Verônica Silveira de Andrade
Marília Carvalho de Melo

DOI 10.22533/at.ed.44421190113

CAPÍTULO 14..... 160

PHYSICO-CHEMICAL DIAGNOSIS OF WATER QUALITY IN THE MIRASSOL STREAM, CITY OF SÃO PAULO, BRAZIL

André Contri Dionizio
Marta Ângela Marcondes
Raul Neiva Bertulucci

DOI 10.22533/at.ed.44421190114

CAPÍTULO 15..... 172

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS Y CONTAMINANTES EMERGENTES, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL RIO CHUMBAO, PERÚ

Carlos Alberto Ligarda Samanez

David Choque Quispe
Betsy Suri Ramos Pacheco

DOI 10.22533/at.ed.44421190115

CAPÍTULO 16..... 185

SISTEMA EM PLATAFORMA WEB PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Nolan Ribeiro Bezerra
Isabela Moura Chagas
Geraldo Alves Pereira Júnior

DOI 10.22533/at.ed.44421190116

CAPÍTULO 17..... 198

SISTEMA WEB PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR DIFERENTES MÉTODOS

Lucas Moraes dos Santos
Taison Anderson Bortolin
Adriano Gomes da Silva
Vania Elisabete Schneider

DOI 10.22533/at.ed.44421190117

CAPÍTULO 18..... 217

UM CENÁRIO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO SANTARÉM - PA: ESTUDO DE CASO - RESIDENCIAL SALVAÇÃO

Jarlison Sarmento Lopes
Andressa Rodrigues de Sousa
Antônia Liliâne Ferreira de Oliveira
Claudiane da Silva Rosa
Ewellyn Cristina Santos de Sousa
Kairo Silva de Oliveira
Elton Raniere da Silva Moura
Maria Francisca de Miranda Adad

DOI 10.22533/at.ed.44421190118

CAPÍTULO 19..... 233

EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DURANTE A PANDEMIA DO CORONAVÍRUS EM ESCOLAS RURAIS DE LAGES-SC

Daniely Neckel Rosini
Débora Cristina Correia Cardoso
Jordana dos Anjos Xavier
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.44421190119

SOBRE O ORGANIZADOR..... 245

ÍNDICE REMISSIVO..... 246

ANÁLISE DO SANEAMENTO E DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Luis Carlos Soares da Silva Junior

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Programa de Engenharia Civil - COPPE
Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/0940732667062068>

José Paulo Soares de Azevedo

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Programa de Engenharia Civil - COPPE
Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/5270317603423573>

Ana Silvia Pereira Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia Sanitária e
Ambiental
Rio de Janeiro, RJ
<http://orcid.org/0000-0001-7823-9837>

Verônica Silveira de Andrade

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Programa de Engenharia Civil - COPPE
Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/1888369104165501>

Marília Carvalho de Melo

Universidade Vale do Rio Verde e Secretaria de
Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento
Sustentável
Belo Horizonte, MG
<http://orcid.org/0000-0002-9789-2169>

degradação ambiental. Para observar essa relação na sub-bacia do rio Piabanha, o presente trabalho visa diagnosticar os serviços de esgotamento sanitário através do cruzamento de dados oficiais de saneamento com campanhas de medições de qualidade da água realizadas neste rio. Inicialmente, foi caracterizado o atendimento dos serviços de esgotamento sanitário na região através de dados oficiais, seguido da análise dos dados de monitoramento da qualidade do rio. Através da caracterização e georreferenciamento dos índices de esgotamento, adensamento populacional e do índice de qualidade de água *fuzzy* para ambientes lóticos (IQAFAL) foi possível explicar a relação entre saneamento da região com a qualidade de água no rio Piabanha. Concluiu-se que as divergências das informações nas bases de dados oficiais são preocupantes para a informação da população e tomada de decisão por gestores. Além de chegar à conclusão de que, apesar dos bons índices de coleta e tratamento da cidade de Petrópolis, esta é a principal responsável pela degradação ambiental do rio Piabanha. No entanto, ressalta-se a importância da modelagem das fontes de lançamento pontuais como as das indústrias, além das fontes difusas para garantir uma melhor representação da situação do rio e promover prognósticos.

PALAVRAS-CHAVE: Esgotamento sanitário; Qualidade de água; Carga orgânica; Bacia hidrográfica; Rio Piabanha.

RESUMO: O crescimento populacional acrescido da falta de infraestrutura de saneamento provoca

ANALYSIS OF SANITATION AND WATER QUALITY IN THE PIABANHA RIVER BASIN

ABSTRACT: The increased population growth coupled with lack of sanitation infrastructure promotes environmental degradation. To analyze this relationship in the Piabanha River watershed, the present paper diagnosed the sewage services by crossing governmental sanitation datum with water quality sampling analysis from Piabanha River. First, the wastewater transport and treatment facilities in the cities within the basin were identified and compared between the available databases. This information was compared with the monitoring river quality data, according to the fuzzy water quality index for lotic environments (IQAFAL). After characterizing and georeferencing all data, we observed that cities' low sanitation indexes and population densification proved to be main causes of the poor water quality in the Piabanha River. Moreover, the divergence of information in the official databases is of concern for the correct information of the population and decision-making by managers. Besides, despite the good collection and treatment rates in Petrópolis, this city is the main responsible for the environmental degradation of the Piabanha River. However, we indicate that it is important to develop a water quality model to understand pollution dynamics of the effluents discharges and diffuse sources to ensure a better representation of the situation of the river and provide a prognosis.

KEYWORDS: Wastewater facilities; Water quality; Organic load; Watershed; Piabanha River.

1 | INTRODUÇÃO

O território do Estado do Rio de Janeiro (RJ) é dividido em nove Regiões Hidrográficas (RHs) para fins de gestão de Recursos Hídricos (CERHI-RJ, 2013). Uma das bacias hidrográficas de maior relevância dentro da RH IV é a bacia do rio Piabanha. Com área de drenagem de 2.058 km², é uma das menores sub-bacias que drenam para o Paraíba do Sul e abrange os municípios de Areal e Teresópolis e parte dos municípios de Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Paraíba do Sul, Paty do Alferes e Três Rios, onde habitam cerca de 625 mil pessoas, conforme Figura 1. (DE PAULA, 2011; COPPE, 2010).

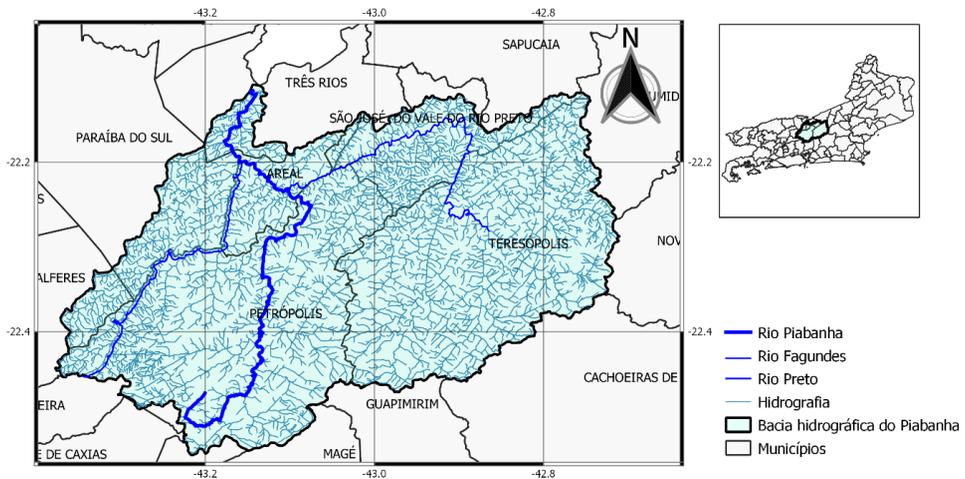


Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha, destacando municípios, população e hidrografia

Entre as sub-bacias do Paraíba do Sul, a bacia do Piabanha é a que possui maior número de indústrias, cerca de 57 indústrias, que totalizam 95% da carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) outorgada por ano para os rios da bacia. Segundo o Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, estas indústrias são responsáveis pelo lançamento de 1,4 toneladas de DBO/dia em toda a bacia do rio Piabanha. (AGEVAP, 2006)

Os municípios de Petrópolis e Teresópolis possuem forte influência socioeconômica da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Ambas as cidades, bem como todas as demais áreas urbanas da bacia hidrográfica, se estabeleceram às margens dos rios da bacia e não dispõem de tratamento adequado de esgotos, o que contribui para o comprometimento da qualidade das águas dos rios da bacia. O rio Piabanha, corpo hídrico que dá nome à bacia, nasce na Serra do Mar a 1.546 metros de altitude em Petrópolis e drena para o médio vale do rio Paraíba do Sul, a 263 metros de altitude, em Três Rios. O rio possui comprimento de 80 km, percorre Petrópolis, Areal e Três Rios e tem como principais afluentes os rios Preto e Fagundes (INEA, 2014; DE PAULA, 2011).

O crescimento populacional do país, propulsor da ocupação dos vazios urbanos, não foi acompanhado da implementação da infraestrutura urbana, inclusive de saneamento, adequada para atender às necessidades de saúde da população e dos rios. Portanto, a gestão eficiente do saneamento é vital para o equilíbrio socioambiental. O déficit de oferta de serviços de saneamento está diretamente ligado ao aumento dos riscos à saúde através de doenças de veiculação hídrica e do desequilíbrio ambiental. Essa situação reflete na insalubridade de regiões que não são atendidas por serviços de saneamento básico (MARCHI, 2015; ALBUQUERQUE & DALTRO FILHO, 2015).

O presente trabalho, que foi publicado nos anais do 30º Congresso Brasileiro de

Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES em 2019, visa diagnosticar os serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Piabanha através do cruzamento de dados oficiais de saneamento com dados obtidos em campanhas de medições de qualidade da água realizadas no rio. Para tal, foram discutidas informações de serviços de esgotamento sanitário nos municípios que drenam para o rio Piabanha e seus afluentes de forma a obter um mapa de correlação entre qualidade da água monitorada nas estações e os dados de lançamento de carga orgânica provenientes de esgoto no principal rio da bacia. Essas informações servem como bases para aplicação de ferramenta de suporte à gestão.

2 | METODOLOGIA

A primeira etapa da metodologia busca a caracterização do atendimento e informações dos sistemas de esgotamento sanitário na bacia do rio Piabanha dos municípios drenantes para rio homônimo da bacia. Essa análise foi embasada na evolução temporal apresentada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019) e no Atlas de Esgotos: Despoluição das bacias hidrográficas (ANA, 2017).

Em seguida, foram analisados dados de monitoramento da qualidade da água no rio Piabanha obtidos através de monitoramentos quali-quantitativos da rede HIDROECO (2018), que deram continuidade ao monitoramento do projeto EIBEX em parceria da COPPE/UFRJ com a CPRM. Dados disponíveis forneceram o índice do Índice *Fuzzy* de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}) para avaliação dos trechos monitorados pela rede.

De posse do diagnóstico dos índices de atendimento por esgotamento sanitário na bacia, bem como da carga orgânica lançada pelos municípios e a análise quali-quantitativa da água, gerou-se um mapa que correlaciona as regiões com maiores impactos na qualidade da água dos rios com as condições de esgotamento sanitário.

3 | RESULTADOS

Os municípios analisados foram os que são banhados pelo rio Piabanha: Petrópolis, Três Rios e Areal, cujas realidades diferem bastante uns dos outros. No entanto, foram analisadas informações de toda a bacia do rio Piabanha, devido à importância dos contribuintes rio Fagundes e Preto. Na Tabela 1 pode-se comparar os aspectos envolvidos na prestação de serviços de esgotamento sanitário, como população urbana, prestador, vazão, carga gerada, carga lançada e número de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) de cada um dos municípios e o total da sub-bacia.

Através de dados disponibilizados pelo SNIS (2018), foi possível levantar dados históricos sobre o saneamento nos municípios na região de estudo. A Figura 2 ilustra a série temporal da implementação do serviço de esgotamento sanitário (índice ES001 – População total atendida com esgotamento sanitário) nos municípios banhados pelo rio Piabanha. Os municípios de Areal, Paraíba do Sul, Paty dos Alferes, São José do Vale

do Rio Preto (SJVRP) e Teresópolis não foram incluídos pois não possuem informações consistentes disponibilizadas no SNIS sobre esgotamento sanitário.

Município	População Urbana	Prestador de serviços	Vazão Total	Carga Gerada	Carga Lançada	ETEs
	habitantes		l.s ⁻¹	kg DBO.d ⁻¹	kg DBO.d ⁻¹	Unid.
Areal	10.237	SAAE	15,5	552,8	510,6	0
Paraíba do Sul	36.920	PM	66,8	1.993,7	1.964,3	0
Paty do Alferes	18.823	PM	30,0	1.016,4	890,7	0
Petrópolis	283.160	Águas do Imperador	764,8	15.189,4	4.952,8	17
SJVRP	9.208	PM	9,9	497,2	437,9	0
Teresópolis	151.656	PM	284,7	7.854,2	6.305,3	0
Três Rios	76.418	SAAE	33,9	4.058,9	3.512,2	1
Total	369.815	-	814,2	19.801,1	8.976,3	18

Tabela 1 - Informações da prestação de serviço de esgotamento sanitário

Fonte: ANA, 2017.

Observação: SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto; PM - Prefeitura Municipal

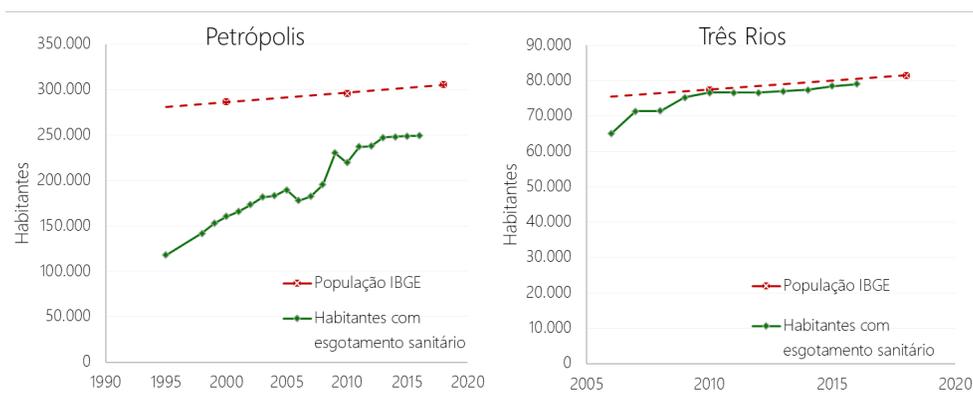


Figura 2 - Evolução histórica do saneamento nos municípios drenantes para o rio Piabanha

Fontes: SNIS, 2019; IBGE, 2019.

De acordo com a classificação da ANA (2017), a distribuição da carga orgânica gerada pela população pode ser dividida em: com coleta e com tratamento, quando o efluente doméstico é encaminhado via rede coletora à uma ETE; com coleta e sem tratamento

quando os moradores possuem cobertura de rede porém ainda não foi implementada uma ETE para o devido tratamento; sem coleta e sem tratamento, quando a população da região não tem acesso nem à rede; e por fim; a solução individual quando os cidadãos constroem seu próprio sistema de tratamento para os efluentes gerados, em geral, um sistema de fossas sépticas.

As informações de esgotamento sanitário consolidadas por município estão reunidas na Figura 3, contendo o destino do esgoto gerado em relação à população do município.

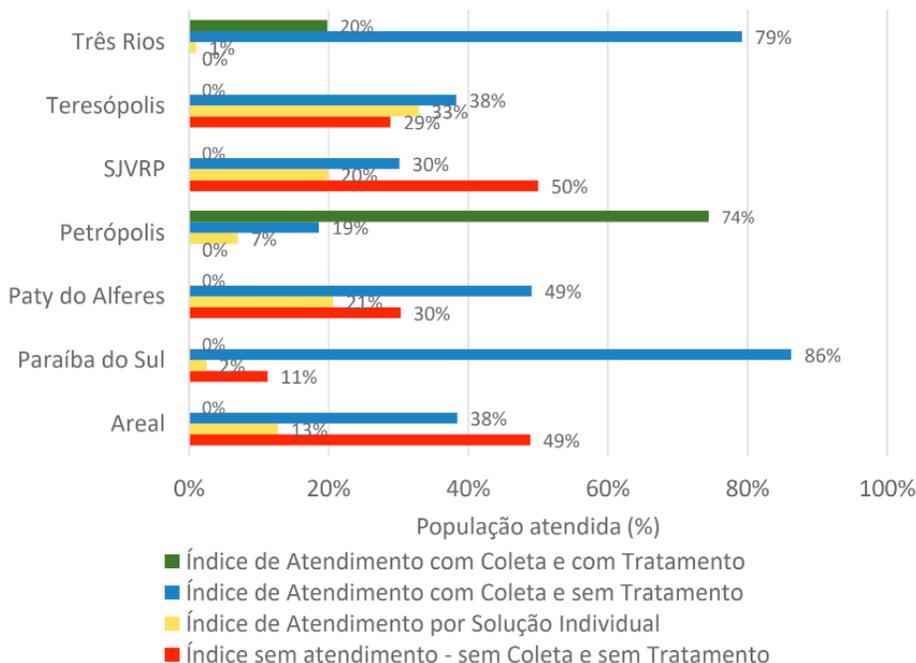


Figura 3 - Índices de atendimento considerando a distribuição de carga gerada

Fonte: ANA, 2017.

Uma vez estabelecidos os índices de atendimento por cidade, obteve-se em ANA (2017) a carga orgânica lançada – COL (vazão x concentração) diariamente, expressos em kg DBO.dia⁻¹ na Figura 4. De acordo com dados de estimativas populacionais do IBGE (2018), foi possível construir uma relação entre o número de habitantes por município e a carga orgânica lançada (Figura 5)

Carga Orgânica Lançada Total

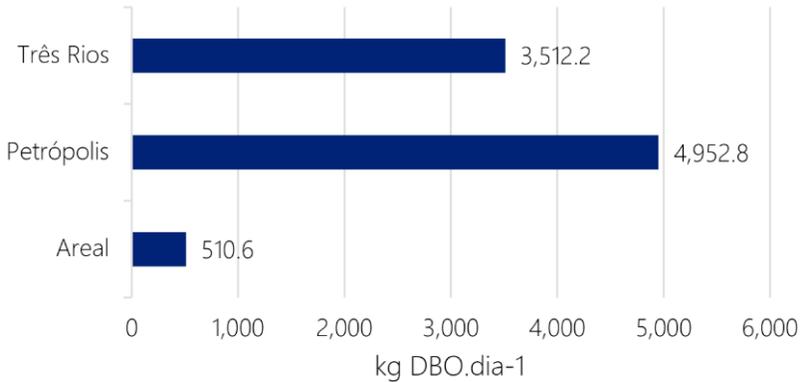


Figura 4 - Quantificação da carga orgânica lançada diariamente no ano 2013

Fonte: ANA, 2017.

Carga Orgânica Lançada per capita

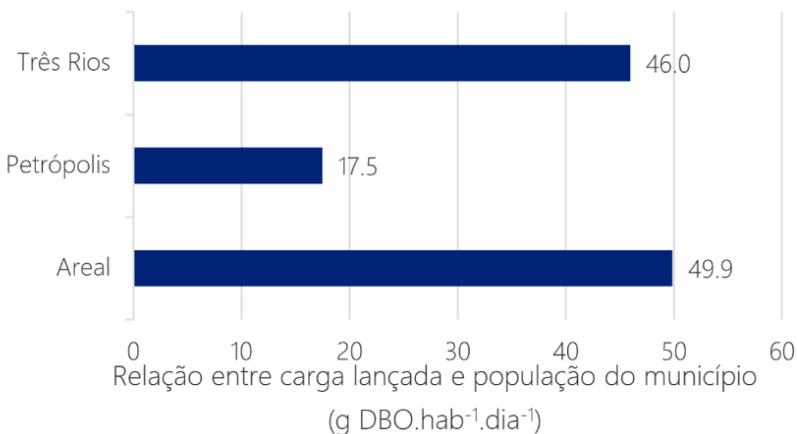


Figura 5 - Relação entre população dos municípios e lançamento de carga orgânica

Fonte: ANA, 2017; IBGE, 2019.

Na Figura 5, é possível observar uma razão relativamente baixa na carga orgânica lançada per capita no município de Petrópolis, enquanto as outras cidades possuem relações mais elevadas, embora Petrópolis seja o maior responsável por lançamento de carga orgânica. Isso é explicado pelo fato de ser o município com maior cobertura de esgotamento sanitário com coleta e tratamento (74,4%), representado na Figura 3, ou seja, a concentração de DBO dos efluentes domésticos de Petrópolis é reduzida pelas ETEs.

Considerando a carga gerada e a população dos municípios, foi possível chegar

a uma média de carga orgânica gerada por habitante por dia de 53,6 g DBO.hab⁻¹.dia⁻¹, coerente com o valor 54 g DBO.hab⁻¹.dia⁻¹ sugerido por Von Sperling (2014). No entanto, quando se avalia a carga orgânica lançada *per capita*, o impacto dos níveis de tratamento se mostra relevante. No município de Petrópolis, a COL é de 17,5 g DBO.hab⁻¹.dia⁻¹; em Três Rios, 45,9 g DBO.hab⁻¹.dia⁻¹; e em Areal, 49,9 g DBO.hab⁻¹.dia⁻¹.

Na Figura 6, estão destacadas as cargas de lançamento por município, quantidade de lançamentos por município, adensamento populacional e estações de monitoramento, classificadas de acordo as classes do IQA_{FAL} provenientes das estações de monitoramento da rede HIDROECO (2018) (ano hidrológico de referência 2012/2013).

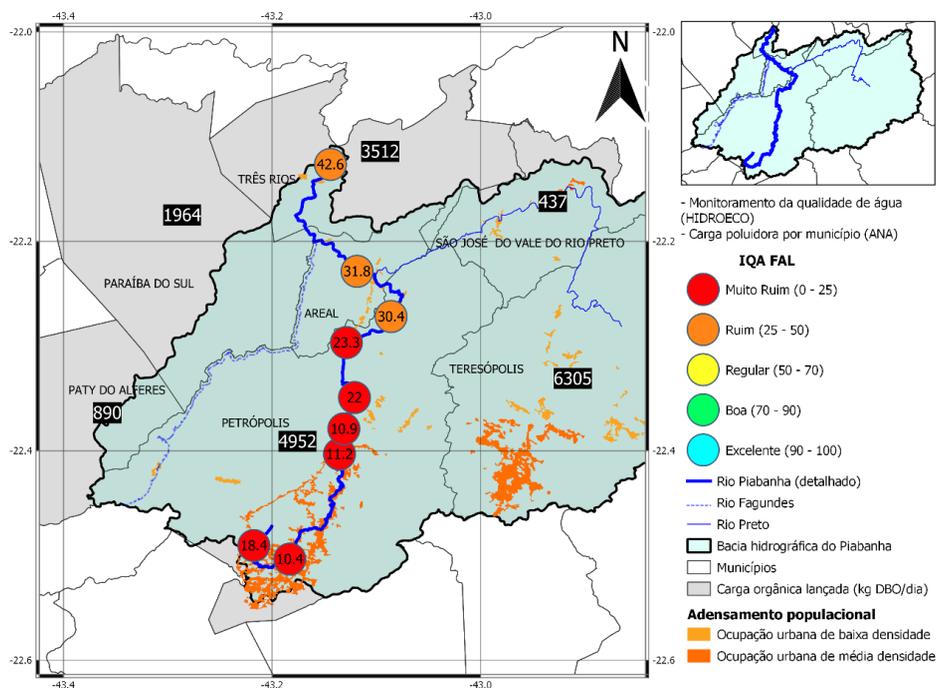


Figura 6 - Consolidação dos resultados de monitoramento da rede HIDROECO do IQAFAL médio do período entre 2012 e 2013 no Rio Piabanha

A Figura 6 permite identificar a correlação entre qualidade da água e o lançamento de carga orgânica, além de apresentar o adensamento populacional na bacia. Apesar de os trechos de montante corresponderem à região da bacia com os melhores índices de tratamento, estes possuem os piores valores de IQA_{FAL}. Esse fato se explica por uma sequência de fatores, dentre eles, o nível de tratamento dos efluentes, as baixas vazões do corpo receptor e a capacidade de autodepuração do rio.

A alta densidade populacional na cabeceira do rio leva a uma maior concentração de

DBO no esgoto a ser desaguado em um ponto de lançamento ou ainda em pontos próximos. Estes efluentes, mesmo devidamente tratados, continuam com uma carga remanescente e impactam os corpos hídricos.

Outro fator importante é a capacidade de diluição dos corpos receptores. Devido à menor área de drenagem dos trechos iniciais, suas vazões são baixas e possuem pouca capacidade de diluir os efluentes lançados, em contrapartida, trechos médios e inferiores possuem maiores áreas de contribuição, o que lhes garante maiores vazões, portanto maior capacidade de diluir efluentes.

Outro processo que contribui para o consumo de carga orgânica, outrossim da qualidade de água em rios é o mecanismo de autodepuração dos corpos d'água. Esse é um processo natural de restabelecimento do equilíbrio no corpo receptor após o lançamento de efluentes (VON SPERLING, 2014).

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelo exposto anteriormente, a divergência de dados presente nas bases de dados oficiais pode levar o usuário destas informações a conclusões equivocadas. No caso do município Três Rios, por exemplo, de acordo com o Atlas de Esgotos, apenas 20% do esgoto é coletado com tratamento e 79% do esgoto é coletado sem tratamento. Entretanto, os dados provenientes do SNIS indicam que, em 2013 (mesmo ano de referência do Atlas Esgotos), o indicador correspondente à população total atendida com esgotamento sanitário corresponde a cerca de 95% da população do município, indicando uma grande divergência nos dados das duas fontes oficiais utilizadas.

Essa divergência pode ser atribuída à metodologia empregada para obtenção dos dados. No SNIS, as informações são fornecidas pelos prestadores de serviços, dentre eles: companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas ou, ainda, as próprias prefeituras. A metodologia adotada para definição do índice ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário, apresentado na Figura 2 possui alta incerteza envolvida. Uma vez que este pode ser estimado a partir do número de residências ativas de esgotos com dados do IBGE e não a partir de levantamentos de campo (BRASIL, 2019).

Por outro lado, o Atlas Esgotos, elaborou um estudo que permitiu o refinamento de informações através de dados primários. Esses dados foram obtidos por meio de visitas de campo e reuniões técnicas para municípios com prestador de serviço institucionalizado e municípios sem prestador institucionalizado com população urbana acima de 50 mil habitantes, que é o caso dos municípios analisados no presente estudo. Essa metodologia garante uma visão mais realista da situação por se tratar de dados primários efetivamente quantificados pelo órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos no Brasil (ANA, 2017).

Observou-se ainda a ausência de dados declarados de forma consistente no SNIS

pelos prestadores de Areal, Paraíba do Sul, Paty dos Alferes, São José do Vale do Rio Preto e Teresópolis referente ao esgotamento sanitário no município. Essa falta de informação reforça a necessidade de maior transparência no exercício da atividade e desempenho do prestador de serviços de saneamento.

O mapa gerado permite observar a relação entre os indicadores de desempenho de serviços de esgotamento sanitário e alto adensamento urbano com a maior degradação da qualidade da água no corpo d'água em estudo, o Rio Piabanha.

A densa ocupação urbana no município de Petrópolis resulta na geração de elevadas vazões de esgoto. Apesar dos bons índices de coleta e tratamento (74,4% da população), a cidade é responsável pelo despejo de, aproximadamente, 5 toneladas de DBO por dia no rio Piabanha e seus afluentes. Além de despejar alta carga orgânica, os corpos receptores dos efluentes estão localizados em trechos de cabeceira, o que implica em baixa capacidade de diluição, sendo então mais sensíveis ao lançamento de carga orgânica.

O inverso ocorre nos trechos mais a jusante, como no caso de Três Rios, mesmo possuindo baixos índices de coleta e tratamento (19,8% da população) e lança mais de 3,5 toneladas de DBO por dia. O despejo de esgoto neste trecho não compromete tanto a qualidade de água no rio quanto em Petrópolis, pois Três Rios está situado no trecho final do rio Piabanha, que dispõe de elevada capacidade de diluição graças à vazão bem superior à da cabeceira e à autodepuração dos despejos de usuários à montante ao longo dos cerca de 80 km do rio e vários trechos encachoeirados.

5 | CONCLUSÕES

Constata-se que as divergências entre as fontes de dados sobre saneamento representam um fator preocupante, visto que se tratam de fontes oficiais e são as principais fontes de informação da população, projetistas e tomadores de decisão. É importante reavaliar as metodologias de coleta de informações das concessionárias, para evitar o repasse de dados que não representam adequadamente a realidade do saneamento de municípios.

As análises apresentadas neste trabalho, permitem concluir que a cidade de Petrópolis é a principal responsável pelo lançamento de efluentes domésticos no rio Piabanha, conseqüentemente pela degradação ambiental deste rio em seus trechos iniciais. Apesar dos avanços no serviço de esgotamento sanitário, ainda se encontra distante de alcançar níveis desejados de qualidade de água no corpo hídrico que dá nome à bacia. É importante também destacar que apesar da melhor qualidade expressa no IQA_{FAL} dos trechos a jusante, estes ainda são baixos na escala do índice. Assim sendo, tais municípios também merecem atenção na implementação de serviços de esgotamento sanitário com objetivo de melhoria da qualidade ambiental.

Cabe também destacar a importância da modelagem integrada das fontes pontuais,

como indústrias, além de fontes difusas, a fim de proporcionar uma melhor representação das condições de qualidade da água ao longo do rio. A adoção de modelagem matemática permite construir cenários de implementação dos serviços de saneamento da região previstos pelos planos municipais de saneamento e pelo plano de bacia. Cabe destacar, novamente, a importância de informações consistentes sobre os serviços de esgotamento sanitário presentes nos municípios, bem como suas condições de operação e eficiência. De posse dessas informações, pode-se prever cenários mais eficientes de curto, médio e longo prazo para aumento da abrangência dos serviços levando em conta verbas disponíveis pelo município.

Conclui-se que o presente trabalho se apresenta como uma importante etapa de levantamento de informações para fins de uma modelagem mais aprofundada em relação às que foram realizadas anteriormente. Dessa forma, permite-se a simulação de cenários mais próximos da realidade que auxiliam tomadores de decisão na escolha de priorização de investimentos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS

AGEVAP. Diagnóstico dos Recursos Hídricos. In: **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Elaboração Fundação COPPETEC e Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, nov. 2006

ALBUQUERQUE, M. M.; DALTRO FILHO, J. Adaptação do indicador de salubridade ambiental (ISA) como ferramenta de análise da salubridade do ambiente da Comunidade Saramém-Brejo Grande/SE. **Rev. Scientia Plena**, Sergipe, v.11, n.11, p. 1-9, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. 88 p.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos** – 2017. Brasília: SNS/MDR, 2019. 226 p.

CERHI. **Resolução nº 140 de 22 de maio de 2013**. Aprova nova definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a resolução CERHI nº 18 de 08 de novembro de 2006. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 12 de junho de 2013.

COPPE/UFRJ, 2010, Projeto EIBEIX-I: **Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro**. In: Relatório Técnico Parcial 2, Chamada Pública MCT/FINEP/CT-HIDRO – Bacias Representativas 04/2005. Elaborado conjuntamente pela fundação COPPETEC-COPPE-UFRJ com colaboração do IGEO-UFRJ-UERJ/CPRM-SERLA (INEA).

DE PAULA, THIAGO PIRES. **Diagnóstico e Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Trecho do Rio Piabanha/RJ**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação (mestrado), 2011.

HIDROECO. **Relatório final do projeto HIDROECO no Rio Piabanha**. Coordenação José Paulo Soares de Azevedo (COPPE/UFRJ). Contrato 01.11.0101.000 entre COPPETEC, UFRJ, UFSM, CPRM SEDE, UNESP, EESC, UFBA, CETEM, UFAL, INEA e FINEP, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

INEA. Caracterização ambiental (R2-F). In: **Elaboração do plano estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro**. Elaboração Fundação COPPETEC e Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, mar. 2014.

MARCHI, C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. URBE. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 1, p. 91-105, jan./abr. 2015.

SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Série Histórica**. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 25 mar. 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

WEINBERG, A. **Metodologia para priorização do controle e monitoramento da qualidade das águas, como ferramenta para gestão de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação (mestrado), 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 9, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 30, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 118, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 146, 148, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 197, 198, 199, 202, 204, 205, 218, 227, 245

Água pluvial 52, 55, 58, 98, 102, 103, 107, 245

Água potável 9, 52, 53, 55, 89, 91, 98, 99, 103, 107, 185, 186

Água residual artificial 118

Águas subterrâneas 99, 126, 128, 129, 131, 136, 137, 138, 144, 145, 146

Água subterrânea 126, 127, 128, 135, 136, 139, 140, 142, 146

Aproveitamento de água de chuva 56, 59, 60, 98, 99, 101, 108, 245

Atividade floculante 117, 118

Automatização 198

Avaliação de risco 185

B

Bacia hidrográfica 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 17, 18, 23, 148, 150, 186, 194

Bacteriologia 109

C

Captação pluvial 48, 50, 55, 56, 57

Carga orgânica 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Contaminación del agua 172, 175

Coronavírus 233, 234, 235, 242

D

Desempenho 18, 61, 72, 96, 157, 200, 201, 213, 214, 215

Desenvolvimento urbano 3, 6, 31, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 51

Distribuição de água 9, 75, 86, 88, 89, 91, 129, 188

Drenagem urbana 19, 47, 48, 49, 53, 57, 58, 60

E

Educação ambiental 54, 217, 218, 219, 220, 225, 226, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235,

236, 237, 243

Esgotamento sanitário 9, 12, 61, 65, 148, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 218

Evapotranspiração 198, 199, 200, 203, 204, 205, 206, 212, 213, 214, 215

I

Indicador de revisão tarifária 61

Infraestrutura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 96, 148, 150, 194

Inundações 12, 16, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56

L

Legislação 3, 4, 6, 10, 21, 22, 30, 31, 38, 48, 54, 55, 56, 57, 63, 127, 234

M

Medio ambiente 116, 172

Método GOD 126, 128, 130, 132, 133, 135, 136

Microbacia 160, 161

Modelagem computacional 137, 138, 140, 145

Monitoramento 17, 35, 37, 41, 43, 44, 58, 70, 128, 140, 148, 151, 155, 159, 161, 185, 187, 189, 192, 195, 196, 201, 213

P

Perdas de água 88, 91, 92, 94, 96, 97

Porcentagem de remoção 117, 118

Q

Qualidade de água 148, 151, 156, 157

R

Recursos hídricos 3, 17, 22, 30, 40, 51, 57, 58, 59, 73, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 126, 127, 135, 136, 145, 149, 150, 156, 158, 159, 173, 176, 184

Regulação econômica financeira 61

Relações ecológicas 233, 234, 235, 236, 240, 241, 242

S

Salud pública 109, 116, 172, 174

Saneamento 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 32, 39, 61, 62, 63, 66, 69, 70, 72, 73, 92, 96, 97, 126, 128, 148, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 185, 186, 187

Software livre 185, 188

Sustentabilidade 19, 26, 31, 33, 34, 37, 38, 39, 43, 44, 60, 61, 62, 63, 64, 69, 72, 96, 97, 98, 108, 220, 222, 223, 224, 245

U

Urbanização 1, 3, 4, 6, 7, 12, 17, 18, 23, 48, 49, 57, 59, 219, 220, 232

Uso e ocupação do solo 3, 6, 17, 21, 31, 34, 35, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 126

V

Vulnerabilidade ambiental 126, 127

W

Web service 185, 186

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 