

# 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 Cremona

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Adaylson 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 Cremo  
**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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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 PARAIOPEBA – 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 Liliane 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**

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

*Data de aceite: 04/01/2021*

*Data de submissão: 06/11/2020*

### **Gabriel Pereira Colares da Silva**

Mestrando do Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil – UFPA  
Belém/PA  
<http://lattes.cnpq.br/7898937588351056>

### **Éverton Costa Dias**

Mestrando do Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil – UFPA  
Belém/PA  
<http://lattes.cnpq.br/0095216956895722>

### **Giovanni Chaves Penner**

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará  
Belém/PA  
<http://lattes.cnpq.br/3110276957027781>

### **Adria Lorena de Moraes Cordeiro**

Mestranda do Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil – UFPA  
Belém/PA  
<http://lattes.cnpq.br/6247501976648612>

### **Cleyanne Kelly Barbosa Souto**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará – UFPA  
Belém/PA  
<http://lattes.cnpq.br/6930934174398196>

**RESUMO:** Os recursos hídricos possuem importância vital para os seres vivos, principalmente a água doce de origem subterrâneas. No entanto, com o uso e ocupação do solo, uso e gestão das águas estão sendo administrados de modo inadequado, sendo assim, busca-se estudos para desenvolver conhecimento sobre a avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos. Nesse contexto, o trabalho objetiva, principalmente, verificar a vulnerabilidade dos mananciais que abastecem a cidade de Abaetetuba/PA, por intermédio do método GOD, o qual foi desenvolvido em 1988 por Foster e Hirata. Esse método utiliza dados de litologia, informações sobre as camadas rochosas que envolvem os aquíferos, que relaciona a profundidade e o grau de confinamento. O índice da escala GOD varia entre 0 e 1 sendo o mínimo qualificado como vulnerabilidade insignificante e o máximo como vulnerabilidade extrema. Na cidade, utilizaram-se nove pontos de captação de água subterrânea, localizados na área urbana de Abaetetuba, sendo que os dados foram obtidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS - CPRM) e por meio de pesquisas bibliográficas. Os resultados indicaram que os poços possuem uma vulnerabilidade natural insignificante. Isso pode ocorrer devido o sistema seja confinado, ou seja, havendo uma baixa possibilidade de penetração de agentes contaminantes externos, mostrando um resultado favorável as finalidades desses aquíferos. Por fim, o estudo da vulnerabilidade dos aquíferos é de grande importância para avaliação e controle da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água Subterrânea, Método

## APPLICATION OF THE GOD METHOD FOR ASSESSMENT THE ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF THE WATER COLLECTION WELLS IN THE CITY OF ABATETUBA – PARÁ

**ABSTRACT:** Water resources are vitally important for living beings, specially fresh groundwater. However, with the land use and occupation, the water use and management are being inadequately administered, therefore, studies are sought to advance knowledge about the assessment of aquifers natural vulnerability. In this sense, the work aims, mainly, to verify the vulnerability of the springs that supply the city of Abaetetuba / PA, through the GOD method, which was developed in 1988 by Foster and Hirata. This method uses lithology data, information about the rock layers that surround the aquifers, which relates the depth and the confinement degree. The index of the GOD scale varies between 0 and 1 with the minimum qualified as insignificant vulnerability and the maximum as extreme vulnerability. In the city, nine groundwater collection points were used, located in the urban area of Abaetetuba, and the data were obtained by the Groundwater Information System (SIAGAS - CPRM) and through bibliographic research. The results indicated that the wells have an insignificant natural vulnerability. This can occur because the system is confined, in other words, there is a low possibility of external contaminants penetration, showing a favorable result for the purposes of these aquifers. Finally, the study of aquifers vulnerability is of great importance for assessing and controlling the quality of groundwater resources.

**KEYWORDS:** Groundwater, GOD Method, Environmental Vulnerability.

## 1 | INTRODUÇÃO

A demanda por água, especificamente a doce, em um cenário mundial aumenta na mesma proporção do crescimento populacional. Dessa forma, a água subterrânea é uma fonte abundante e bastante valiosa no fornecimento de água doce de qualidade para os setores da sociedade como industrial, consumo humano e de irrigação (SILVA, PARANHOS, MARTINS, 2017). Deste modo, sabe-se que com a exploração excessiva dos recursos hídricos subterrâneos, em conjunto com a ocupação irregular do solo e o descumprimento da legislação, colocam em risco a qualidade natural dos recursos hídricos subterrâneos.

Isto ocorre tendo em vista que, os diversos poluentes lançados na superfície detêm um potencial favorável de percolação através das camadas subterrâneas e, com isso, podem atingir os aquíferos (principalmente os não confinados). Além disso, a drenagem superficial contribui com a qualidade do manancial (RIBEIRO et al, 2011).

Diante disso, é evidente que um dos os principais responsáveis pela poluição dos aquíferos subterrâneos são atividades antrópicas. Por isso, em 2017, a Agência Nacional de Águas (ANA) indicou a necessidade da incorporação de estudos de vulnerabilidade e proteção de aquíferos para realizar a melhor gestão possível da água subterrânea em todo território nacional.

De acordo com Ribeiro (2004), a vulnerabilidade pode ser definida como sendo uma série de atributos ou características de determinado meio, o qual pode ser o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga, características estas que controlam a habilidade do meio de resistir a determinado impacto e sua capacidade de auto-restauração.

Segundo Ribeiro et al (2011), a vulnerabilidade também pode ser representada, de uma forma mais didática, como mapas. Dessa forma, permite aos órgãos gestores, uma maior facilidade no momento de avaliação das propostas de desenvolvimento aliada ao controle da poluição e monitoramento da qualidade da água subterrânea.

## **2 | OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho é avaliar a vulnerabilidade à contaminação dos poços tubulares profundos de captação de água para o abastecimento da cidade de Abaetetuba – PA, visando ampliar o conhecimento sobre a sua situação atual e sua proteção, através do método GOD.

## **3 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

O município de Abaetetuba fica localizado a 60 km a sudoeste da capital paraense (Belém) e possuía uma população de aproximadamente 141.100 habitantes, em 2010, sendo que destes 82.998 são residentes da área urbana, a qual é a área de interesse deste estudo, e 58.102 estão alocados na área rural do município. Sua área de unidade territorial é de aproximadamente 1.610,6 km<sup>2</sup>. Localizado na mesorregião do nordeste paraense o município limita-se ao norte com Barcarena e o Rio Pará; ao sul com Igarapé-Miri; a leste com Moju e a Oeste com Limoeiro do Ajuru e a Baía de Marapatá (IBGE, 2010).

Vale ressaltar que, como não há captação de água superficial para abastecimento público na cidade de Abaetetuba, tal serviço ocorre através da exploração de água subterrânea utilizando poços tubulares profundos, operados pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Por isso, os poços aqui analisados serão os quais abastecem a região.

### **3.2 Obtenção dos dados**

Inicialmente, foram realizadas pesquisas para obtenção de dados sobre poços de captação de água (aspectos gerais, construtivos, geológicos, hidrogeológicos, entre outros, os quais são gratuitamente fornecidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS - CPRM). Além disso, foram utilizadas outras pesquisas encontradas em revistas, livros e sites ligadas à esta temática, para que se pudesse ter um embasamento técnico

mais aprofundado. Na Figura 1 indica-se a delimitação dos setores de abastecimento e os pontos de localização dos poços.



Figura 1: Mapa de localização dos poços e dos setores de distribuição de água.

Fonte: Autores, 2017.

Além disso, fora realizada uma visita à cidade de Abaetetuba, para fazer um reconhecimento geral da área de trabalho, assim como entender o funcionamento e a operação do seu sistema de abastecimento de água. Para isso foram visitados os poços de abastecimento da cidade assim também como a Estação de Tratamento de Água - ETA - a qual possui etapas de aeração, filtração e desinfecção; e alguns pontos de distribuição na rede.

Durante a pesquisa realizada no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil, através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), encontrou-se um total de 33 poços perfurados cadastrados nos sistemas existentes no município de Abaetetuba. Desse total, 9 são de propriedade da COSANPA e os outros 24 pertencem a propriedades particulares.

Porém, dos 9 poços pertencentes à companhia, apenas 7 ainda se encontram em operação. Além dos 7 poços cadastrados no SIAGAS, há um que não está no sistema, mas foi construído no bairro de Algodol e está em operação, atualmente, contabilizando 8 poços em funcionamento sob responsabilidade da COSANPA.

Do total de poços cadastrados no SIAGAS, apenas 11 fazem parte da área urbana

do município. Destes, como já mencionado, 10 são de propriedade da COSANPA e um é de propriedade privada. A Figura 3 identifica os poços de propriedade da COSANPA em Abaetetuba que estão em operação.



Figura 2: Poços operantes do município de Abaetetuba.

Fonte: Autores, 2017.

Após a reunião e organização dos dados sobre os poços, iniciou-se o processo de análise da vulnerabilidade de cada um deles, utilizando o método GOD, o qual será detalhado adiante.

### 3.3 Método GOD

No presente estudo, para realização da análise da vulnerabilidade natural de

aquífero, foi empregada a metodologia GOD (Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table), proposta por Foster e Hirata (1988), que leva em consideração a avaliação de três parâmetros:

- a. Ocorrência do aquífero (livre, confinado, semiconfinado): podendo admitir valores de 0 a 1.
- b. Litologia da zona vadosa e camadas confinantes: o solo e a litologia situada acima da zona saturada do aquífero condicionam o tempo de deslocamento de contaminantes e vários processos de sua atenuação. Cada tipo de solo tem sua capacidade de atenuação. A ocorrência de estratos litológicos pode ter valores de 0,3 a 1.
- c. Profundidade do aquífero (espessura da zona vadosa): pode ser definida como a distância que o contaminante terá de percorrer para alcançar a zona saturada do aquífero. A Profundidade ou nível estático pode assumir valores de 0,4 a 1.

Ressalta-se que todos os parâmetros possuem o mesmo nível de importância. Sendo assim, o índice de vulnerabilidade natural é dado pela multiplicação desses três parâmetros, logo, para fins de classificação dos resultados deve-se considerar vulnerabilidade insignificante valores de 0 a 0,1; baixa valores de 0,1 a 0,3; média valores de 0,3 a 0,5; alta valores de 0,5 a 0,7; e por fim, extrema valores de 0,7 a 1,0. (FOSTER & HIRATA, 1988).’

A finalidade de aplicação desse método é para avaliação da vulnerabilidade do aquífero livre da região do município, pois possui fácil aplicabilidade em virtude da exigência mínima de parâmetros, logo, viabiliza a utilização do método em situações de escassez de informações disponíveis.

Abaixo, a Figura 3 identifica o esquema e os valores de cada parâmetro, utilizado no cálculo da vulnerabilidade pela metodologia GOD. Para a aplicação da metodologia, os dados de grau de confinamento, litologia no perfil do nível estático e a distância até o lençol freático foram obtidos na plataforma do Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).

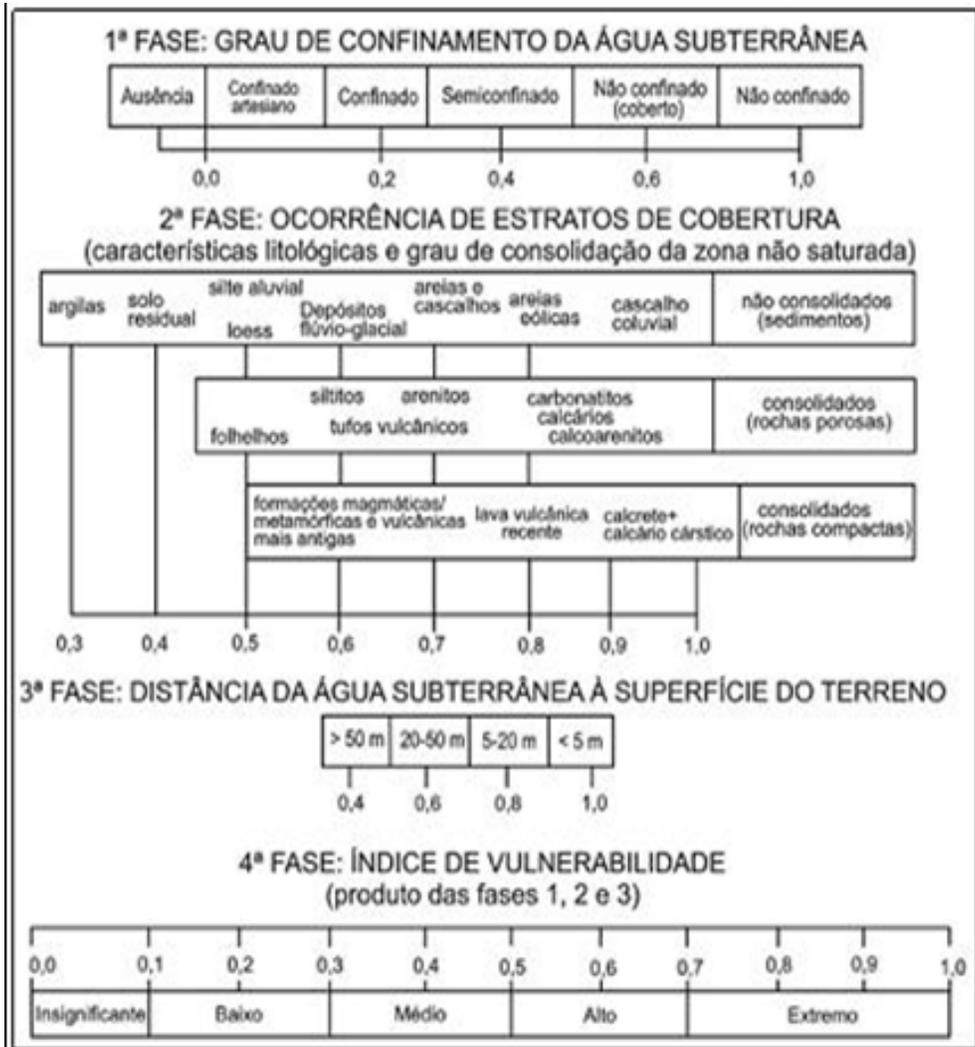


Figura 3: Critérios avaliativos do método GOD.

Fonte: Adaptado de FOSTER et al, 2006 apud TAVARES et al, 2009).

## 4 | RESULTADOS

Na cidade de Abaetetuba, ainda hoje, há um problema muito comum para quem recebe água através da rede de distribuição da COSANPA, que é a falta deste recurso e a interrupção da sua distribuição durante a noite. Estes problemas são causados visto que a captação de água atual dos poços operantes no município já não atendem mais as demandas atuais de abastecimento. Uma das principais causas para que dificultam a captação de água e suprimento das demandas é a ausência de manutenção preventiva nos poços subterrâneos e nas bombas utilizadas para exploração de água (DIAS et al, 2017).

Porém, quando houve a visita aos locais onde se encontram os referidos poços, percebeu-se que não apenas as bombas de captação carecem de manutenção preventiva, mas também há um grande problema de “abandono” desses locais. Isto ocorre pois fora verificado que, na maioria das áreas em que os poços estão inseridos, principalmente aqueles presentes no bairro da Francilândia, a vegetação encontrava-se elevada, a ponto de quase cobrir as instalações dos poços (Figura 4). Tal fato dificultou até mesmo a entrada nesses locais. Esta situação torna a manutenção das bombas e poços uma atividade ainda menos provável de acontecer.

Além da vegetação verificou-se também que na maioria dos poços, a área onde estes estão alocados encontrava-se repleta de resíduos sólidos, principalmente nos poços que ficam rodeados por moradias, sendo que tais resíduos são despejados, muitas vezes, pelos próprios moradores que, infelizmente, não entendem que esses resíduos podem ser prejudiciais para a qualidade da água captada. Devido à presença destes materiais, há também o risco de perfuro cortantes encobertos pela vegetação.



Figura 4: Condição da área do poço 7.

Fonte: Autores, 2017.

Para aplicação do método GOD, fez-se uso da plataforma SIAGAS, onde foram obtidos dados que possibilitassem a análise dos poços, os quais foram as coordenadas geográficas, tipo de aquífero, litologia e profundidade do nível estático. A partir destes dados, com exceção das coordenadas geográficas, foram atribuídos, em outra tabela, os valores referentes a cada característica, de acordo com a metodologia utilizada, a fim de se obter os índices de vulnerabilidade para cada poço.

Porém, como não foi possível encontrar no referido sistema de informações, em dois poços operantes, o nível estático da água (aspecto primordial para que fosse realizada a análise adequada dos poços) estes foram retirados do estudo, restando assim apenas 6 poços subterrâneos. A seguir serão apresentados na Tabela 1 as características dos poços analisados neste estudo.

Poço	Coordenadas Geográficas		Tipo de Aquífero (G)	Litologia (O)	Nível Estático (D)
	X	Y			
P1	14234	485230	Confinado	Argila	11,05
P2	14235	485235	Confinado	Argila	10,15
P3	14230	485233	Semiconfinado	Arenoso	9,4
P4	14231	485228	Confinado	Argila	10,31
P5	14235	485225	Confinado	Argila	9,4
P6	014229	485222	Semiconfinado	Arenoso	9,15

Tabela 1: Características dos poços subterrâneos analisados.

Para a variável “Tipo de Aquífero” constatou-se que 4 deles estão na condição de confinado, devido satisfazerem a condição descrita pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) que diz que o aquífero confinado é “aquele onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. Em função das camadas limitrofes pode ser definido como: confinado não drenante e confinado drenante.” Tal característica permite definir um índice 0,2 para a variável G. Por outro lado, dois poços (P3 e P6) estão na condição de semiconfinados devido terem apenas uma camada limitrofe. Tal característica permite definir um índice 0,4 para a mesma variável.

Passando para as características da zona não saturada, relacionadas ao tipo de solo que constitui esta zona, pode-se observar que 4 poços possuem solo predominantemente argiloso, característica obtida por meio dos perfis construtivos. Sendo assim, para estes poços atribuiu-se um valor de 0,3 para a variável O. Porém, os poços P3 e P6 possuem solo predominantemente arenoso e por isso recebem o valor de 0,7 para a variável O.

Em relação à profundidade do nível estático, os dados obtidos dos poços de captação de água indicaram que estes variam de 9,40m em P3 e P5, até 11,05m em P1. Este fato garante definir um valor 0,8 todos os poços analisados, para a variável D.

Vale ressaltar que o nível estático da água do poço é um fator que influencia também a caracterização litológica da zona não saturada, visto que o solo analisado deve ser aquele presente até onde se encontra o nível estático de cada poço.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos após a submissão dos valores de cada característica constante na Tabela 1 à metodologia GOD.

Poço	Resultados			Índice	Vulnerabilidade
	G	O	D	G x O x D	
P1	0,2	0,3	0,8	0,048	Insignificante
P2	0,2	0,3	0,8	0,048	Insignificante
P3	0,4	0,7	0,8	0,224	Baixa
P4	0,2	0,3	0,8	0,048	Insignificante
P5	0,2	0,3	0,8	0,048	Insignificante
P6	0,4	0,7	0,8	0,224	Baixa

Tabela 2: Aplicação da metodologia GOD.

Portanto, analisando os resultados calculados dos índices de vulnerabilidade foi possível observar que os poços analisados apresentam um nível de vulnerabilidade natural que varia entre insignificante à baixa. Isto mostra que há um alto grau de resistência natural à penetração de contaminantes no solo. Tal característica deve-se, principalmente ao fato deles estarem presentes em aquíferos confinados e semiconfinados, associado às características litológicas da zona não saturada. A Tabela 2 indica as principais definições para cada classe de vulnerabilidade assim como seus respectivos índices.

## 5 | CONCLUSÕES

Por meio do cálculo da vulnerabilidade natural através do método GOD, pode-se observar que o sistema aquífero que abastece o Município de Abaetetuba no Estado do Pará, possui uma vulnerabilidade natural classificada de insignificante a baixa. Isto se dá principalmente pelo fato de apresentar na ocorrência da água subterrânea, um sistema confinado ou semiconfinado, havendo uma baixa possibilidade de penetração de agentes contaminantes externos, mostrando um resultado favorável as finalidades desses aquíferos, como o abastecimento municipal de água. Todavia, apesar do resultado mostrar-se positivo, os poços devem conter laje de proteção, devem estar cercados (de forma a impedir a entrada de pessoas não autorizadas e de animais), em conjunto com manutenção regular, etc, diminuindo, potencialmente, a possibilidade de contaminação dos mesmos.

Desse modo, confirma-se a importância de conhecimento das características hidrogeológicas de uma determinada região, pois, torna-se fundamental para a execução de diagnósticos da qualidade da água em áreas urbanas, especialmente quando a finalidade desses recursos é voltada para o abastecimento público humano, como a área de estudo do trabalho. Sendo que nessas áreas urbanas situam-se as principais fontes potenciais de poluição dos recursos naturais, visto que existe diversas atividades antrópicas implantadas. Dessa maneira, a vulnerabilidades dos aquíferos é de grande importância para avaliação e controle da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

## REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional de Águas). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil** – Capítulo 04 sobre a Gestão da água. 2017. Disponível em: <[http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/gestao\\_agua.20ba2c97.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/gestao_agua.20ba2c97.pdf)>. Acesso em: 27 Abr. 2018.

CRUZ, W.T; CASSIMIRO, C.D; PAES, G.F; ANDRADE, N.L.R. **Vulnerabilidade dos aquíferos do município de cacoal/RO: uma aplicação do método GOD**. In: XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste, 2016.

DIAS, E. C.; SILVA, G. P. C. DA; MORAIS, M. S.; SOUZA, M. W. M.; FERNANDES, L. L. **Proposta de aperfeiçoamento do sistema de abastecimento de água do município de Abaetetuba – PA**. In: 3º Congresso Internacional RESAG, Belo Horizonte, 2017.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea. Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. Banco Mundial, Washington, D.C. 2006.

FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81pp, 1988.

RIBEIRA, F. *Calidad. Contaminación y protection de acuíferos*. In III Curso Hispanoamericano de Hidrologia Subterrânea. Montevideo-UY, 2004.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. 2011. **Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe**. Águas Subterrâneas, p 25.1: 91-102.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Aquíferos**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>>. Acesso em 20 fev. 2018.

SILVA, A. S. C. S; PARANHOS, P. F; MARTINS, J. B. **Avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos da região oeste do município de Barcarena-PA através da aplicação do método G.O.D**. In: I Congresso Brasil Norte de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.

TAVARES, P. R L; Castro, C. T. F; SILVEIRA, J. das G. P; ALMEIDA JÚNIOR, F. J. B. de. 2009. **Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil**. Rem: Rev. Esc. Minas [online]. vol.62, n.2, pp.227-236. ISSN 0370-4467. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672009000200015>.

TERRA, L.G., LÖBER, C.A., SILVA, J.L.S, ERTEL, T. **Análise dos recursos hídricos subterrâneos do município de Santiago-RS, como ferramenta de gestão**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos,

## 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

Bacteriología 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 