

# 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. 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 Andreza 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 Cremonesi  
**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 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**

# CAPÍTULO 8

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

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 14/11/2020

### **Deysiane Antunes Barroso Damasceno**

Centro Universitário Presidente Antônio Carlos  
UNIPAC Barbacena  
Barbacena-MG  
<http://lattes.cnpq.br/3346750236308165>

### **Isabela Carvalho Pinheiro**

Universidade Federal de São João Del Rei  
UFSJ/CAP  
São João Del Rei-MG  
<http://lattes.cnpq.br/3103246914806704>

### **Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira**

Universidade Federal de São João Del Rei  
UFSJ/CAP  
Ouro Branco-MG  
<http://lattes.cnpq.br/1331927563540337>

**RESUMO:** A captação e uso de água da chuva é uma prática muito utilizada para diferentes fins, como diminuir o número de enchentes em determinados lugares, minimizar os gastos financeiros, abastecer regiões que sofrem com falta de água e, principalmente, diminuir o uso de água potável para fins menos nobres. Diante desses fatores, esse trabalho tem como finalidade apresentar os componentes que integram um sistema de captação e armazenamento de água de chuva e a metodologia de dimensionamento desses componentes. Essa metodologia foi então aplicada no dimensionamento de um sistema de captação de água da chuva para utilização no laboratório de Engenharia Civil do

Campus Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João Del-Rei. Para isso, levantaram-se os dados pluviométricos da região onde está localizado o laboratório e sua demanda de água para consumo não potável. O dimensionamento do sistema incluiu a determinação da área da cobertura que contribuirá para a coleta da água precipitada, o dimensionamento dos condutores verticais, horizontais, calhas, reservatório de acumulação e de descarte da primeira chuva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chuva. Água pluvial. Sustentabilidade. Aproveitamento de água de chuva. Recursos hídricos.

### RAINWATER HARVESTING PROJECT FOR USE IN THE CIVIL ENGINEERING LABORATORY OF CAMPUS ALTO PARAOPEBA – UFSJ

**ABSTRACT:** The capture and use of rainwater has been widely used for different purposes, such as reducing floods, minimizing taxes, supplying regions that suffer from water shortages and reducing the use of drinking water in some situations. Given these factors, this work aims to present the components of the rainwater collection system and the dimensioning methodology for these components. This methodology was applied in the design of a rainwater catchment system of the Civil Engineering laboratory of the Alto Paraopeba Campus of the Federal University of São João Del-Rei. For this, the region rainfall data and the laboratory's demand for water for non-potable consumption were collected. The dimensioning of the system included the determination of the coverage area that will contribute to the collection of precipitated water,



the dimensioning of the vertical, horizontal conductors, gutters, accumulation and disposal reservoir of the first rain.

**KEYWORDS:** Rain. Rainwater. Sustainability. Use of Rainwater. Water resources.

## 1 | INTRODUÇÃO

Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são ocupados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% é de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce se encontram em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006 *apud* MARTINS *et al*, 2019).

O Brasil é um dos países que possui o maior volume acumulado de água, porém essas reservas encontram-se mal distribuídas. As regiões brasileiras com maior concentração da população apresentam menor disponibilidade de água, por exemplo o Sudeste e Nordeste do país. Ao contrário do que acontece nessas regiões, o Norte do país possui menor população e a maior parte dos recursos hídricos encontrados no Brasil (GHISI, 2006 *apud* MARINOSKI, 2007).

A ideia de desenvolvimento sustentável, o dispêndio com tratamento de água e a necessidade de garantir às futuras gerações acesso aos recursos hídricos impulsionam a busca por alternativas para reduzir o desperdício e consumo de água potável para usos menos nobres. Nesse cenário, a utilização da água da chuva tem se tornado uma ótima opção, principalmente para o Brasil, onde o volume de chuva anual é considerável.

No Laboratório de Engenharia Civil (LEC), do *Campus* Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João Del-Rei (CAP-UFSJ), há um elevado consumo de água tratada em destiladores e bacias sanitárias. Dessa forma, a captação da água de chuva pode ser uma excelente alternativa para reduzir a parcela de água potável destinada a estes fins.

## 2 | OBJETIVO

Este trabalho tem como finalidade dimensionar um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para utilização nas bacias sanitárias e destiladores do LEC do CAP-UFSJ, para isso, esse estudo foi dividido nas seguintes etapas: levantamento da área de captação da água de chuva, dimensionamento das calhas, condutos verticais e horizontais; dimensionamento do reservatório de armazenamento por diferentes métodos; e dimensionamento do reservatório de descarte.

## 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 Águas pluviais como recurso hídrico

Fontes alternativas de abastecimento de água têm sido cada vez mais difundidas pelo mundo na tentativa de suprir a demanda deste bem, uma vez que a escassez deste recurso, associada à ineficácia dos sistemas de tratamento de água e esgoto, e a crescente poluição que atinge em larga escala a qualidade dos mananciais tornam cada vez mais difícil e oneroso obter água por métodos convencionais (GONÇALVES *et al.*, 2006).

O aproveitamento de águas de chuvas para consumo é uma prática antiga realizada por várias civilizações passadas, possuindo relatos de sistemas de coleta e armazenamento de águas pluviais no Oriente Médio, Europa e pelos Incas, Maias e Astecas na América Latina, há cerca de 2000 anos. Com o passar do tempo e com o aparecimento de novas técnicas de obtenção de água, este método foi deixando de ser praticado (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Atualmente, no Brasil, a utilização de técnicas que utilizam águas de chuvas não acompanha o crescimento do país, assim como não tem se desenvolvido na mesma proporção que surgem os problemas com escassez de água (GONÇALVES *et al.*, 2006). Os deflúvios superficiais provenientes de águas de chuvas representam fontes alternativas de água para consumos menos exigentes, além de se caracterizarem como alternativa socioambiental e economicamente viável (RIGHETTO *et al.*, 2009).

### 3.2 Qualidade das águas pluviais

Vários fatores influenciam na qualidade das águas de chuvas. O posicionamento geográfico, o clima, a presença de indústrias na região, o índice de poluição etc., são fatores que estão intimamente ligados à qualidade das águas pluviais. Quando há precipitação, a chuva limpa a atmosfera incorporando suas impurezas, o que reduz sua qualidade. Outra forma de contaminação das águas de chuvas é na própria superfície que a coleta. Os materiais destas superfícies não devem conter impurezas que interfiram na qualidade da água, assim como devem preferencialmente não reter sujeiras. Os reservatórios de armazenamento destas águas devem também ser projetados de forma a não contaminá-la. Uma medida para garantir a eliminação de impurezas incorporadas na captação e reservação é eliminar o primeiro milímetro de água captada (GONÇALVES *et al.*, 2006).

O padrão de qualidade da água é função do uso a que ela se destina. De maneira geral, estas águas são destinadas a fins não potáveis como: rega de jardins, lavagem de roupas e pisos, descargas sanitárias etc. Quando as águas pluviais se destinam a outros fins, como o consumo direto humano, é necessário que ela passe por um processo de desinfecção (GONÇALVES *et al.*, 2006).

### 3.3 Sistema de aproveitamento de água de chuva

Convencionalmente, as instalações de águas pluviais têm por objetivo coletar as águas de chuvas vindas de superfícies impermeabilizadas e conduzi-las à rede pública de drenagem pluvial. Porém, com a implantação de sistemas de aproveitamento de águas de chuvas, estas não são mais direcionadas a rede pública de coleta, mas sim a dispositivos que as retêm e posteriormente as distribui para o consumo não potável (BAPTISTA e LARA, 2010).

A configuração básica de um sistema de aproveitamento de água de chuva constitui de superfície de captação, dos dispositivos de condução, eventualmente de unidades de filtração e tratamento – a depender do fim a que se destina a água e de sua qualidade – e, por fim, do elemento de acumulação. Há casos ainda que seja necessário sistema de recalque, o que acontece quando não existe a possibilidade da condução da água ser feita por gravidade até o reservatório ou não há pressões mínimas necessárias para sua distribuição. Sendo assim, nestes casos, geralmente usam-se dois reservatórios, sendo um inferior e outro superior, e a unidade de recalque (SANTOS, 2002).

### 3.4 Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica ( $I$ ) é a razão entre a altura pluviométrica precipitada e a duração da precipitação. O dimensionamento dos componentes de um sistema de aproveitamentos de águas pluviais depende de análises estatísticas das chuvas mais intensas registradas na região ao longo do tempo, as quais permitem relacionar intensidade, duração e frequência das chuvas (BAPTISTA e LARA, 2010). Um parâmetro importante para a determinação da intensidade pluviométrica é o período de retorno ( $T$ ), que corresponde ao intervalo de tempo que a intensidade de determinada chuva leva para ser superada ou igualada.

Outro parâmetro fundamental para se determinar a intensidade pluviométrica de determinada região é o tempo de duração da chuva ( $t$ ), que segundo a NBR 10844/1989 deve ser fixado em 5 minutos para o dimensionamento de sistemas de coleta de águas pluviais.

Por fim, a equação que relaciona intensidade, duração e frequência da chuva para diferentes localidades é dada na Equação 1;

$$I = \frac{kT^m}{(t+t_0)^n} \quad \text{Equação 1}$$

Onde os parâmetros  $K$ ,  $m$ ,  $n$  e  $t_0$  variam de acordo com a localidade e podem ser obtidos pelas estações pluviométricas que monitoram as ocorrências de chuvas. A NBR 10844/1989 ressalta que para construções de até 100 m<sup>2</sup> de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar  $I$  igual a 150mm/h.

### 3.5 Área de coleta

A área de contribuição ( $A$ ) é definida como a área plana onde a chuva incide. Deve-se também considerar a inclinação da cobertura e caso existam paredes e platibandas que também interceptam a chuva, estas devem ser consideradas.

O cálculo destas áreas pode ser feito conforme a NBR 10844/1989 que estabelece critérios de dimensionamento da área de contribuição para diferentes tipos de cobertura.

### 3.6 Coeficiente de deflúvio

Nem todo volume de água que incide na área de coleta pode ser captado, parcela da água precipitada infiltra, evapora e/ou fica retida na superfície de coleta. O grau de impermeabilização desta superfície pode ser obtido pelo coeficiente de deflúvio ( $C$ ), também conhecido como coeficiente de *Runoff*, que é a relação entre a vazão que escoar na superfície e a vazão precipitada, para telhados esse coeficiente pode variar de 0,75 a 1 (BAPTISTA e LARA, 2010).

### 3.7 Vazão de dimensionamento

A vazão de água pluvial  $Q$  (L/min) que será coletada é função da intensidade pluviométrica  $I$  (mm/h), do coeficiente de deflúvio  $C$  e da área de coleta  $A$  (m<sup>2</sup>), e pode ser calculada pela Equação 2.

$$Q = \frac{CIA}{60} \quad \text{Equação 2}$$

### 3.8 Dimensionamento das calhas

As calhas são componentes responsáveis por receber a água coletada e encaminhá-la até o reservatório de armazenamento. Elas funcionam em regime de escoamento livre, por isso podem ser dimensionadas segundo a equação de Manning-Strickler, conforme também sugere a NBR 10844/1989. As calhas podem ser fabricadas em diversos materiais, como plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos, concreto, alvenaria etc., assim como em diversos formatos, retangulares, semicirculares, trapezoidais entre outros (BAPTISTA e LARA, 2010).

A NBR 10844/1989 sugere a Equação 3 para o dimensionamento das calhas.

$$Q = \frac{D^{\frac{10}{3}}}{5} (\theta - \text{sen}\theta)^{\frac{5}{3}} \sqrt{I} / \left(\frac{\theta D}{2}\right)^{2/3} n \quad \text{Equação 3}$$

Onde:  $Q$  é vazão de projeto, em m<sup>3</sup>/s;  $\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2y}{D}\right)$ , em rad;  $\frac{Y}{D} = 66\%$  é a lâmina d'água;  $D$  é o diâmetro da calha, em mm; e  $n$  é o coeficiente de rugosidade de Manning, este coeficiente varia de acordo com o material do componente.

A NBR 10844/1989 ainda sugere que a inclinação das calhas de beiral e platibanda devem ser uniformes, com valor mínimo de 0,5%, e quando a saída da calha estiver a

menos de 4 m de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes 1,2 e 1,1 para curvas de canto reto a menos de 2m e entre 2m e 4m da saída da calha, respectivamente, e, pelos coeficientes 1,1 e 1,05 para curvas de canto arredondado a essas mesmas distâncias.

### 3.9 Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais

O dimensionamento dos condutores verticais não se dá de forma direta, uma vez que seu escoamento pode ser livre e/ou forçado, a depender das condições de entrada e saída da água na canalização (BAPTISTA e LARA, 2010). Por isso, a NBR 10844/1989 sugere ábacos que permitem o dimensionamento destas tubulações em função da vazão de projeto, lâmina líquida nas calhas e comprimento dos condutores verticais.

A NBR 10844 recomenda também que o diâmetro mínimo adotado seja de 70 mm, e que os condutores sejam preferencialmente projetados em uma única prumada. Quando isto não é possível, devem-se utilizar curvas de 45 ou 90° e projetar pontos de inspeção.

Condutores horizontais devem, assim como as calhas, serem projetados como condutos livres, ou seja, seu dimensionamento também se dá pela Equação 3. Deve-se adotar uma declividade mínima de 0,5% para estas tubulações e quando se tratar de tubos circulares a lâmina de água não deve ultrapassar 2/3 do diâmetro adotado.

### 3.10 Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento dos reservatórios deve-se levar em conta as séries históricas das precipitações médias mensais, sendo recomendado séries que contenham dados de pelo menos dez anos (TOMAZ, 2010).

Os reservatórios devem ser projetados como aqueles que armazenam água potável, levando-se em conta todas as precauções no que se refere à preservação da qualidade da água. Os reservatórios podem ser elevados, apoiados, semienterrados ou enterrados. Podem ser em materiais como concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox (TOMAZ, 2010).

A NBR 15527/2007 sugere alguns métodos de dimensionamento de reservatórios de acumulação de água pluvial, os quais serão discutidos a seguir.

#### 3.10.1 Método de Rippl

Este método também é conhecido como método do diagrama de massas, originalmente desenvolvido para regularização de vazões de grandes reservatórios, fornece volumes elevados que garantem água tanto em períodos chuvosos como em períodos secos. Para aplicação deste método é necessário o uso de séries históricas de precipitações médias mensais ou diárias. Pode-se estimar o volume de reservatórios de demanda constante ou variável. Este método permite que o volume seja determinado analiticamente ou através de gráficos e tabelas (COUTO, 2012).

No gráfico da Figura 1, a curva em azul representa a variação do volume de água disponível em função do tempo, enquanto a curva rosa cheia representa a demanda. A distância entre as duas linhas paralelas que tangenciam os pontos máximo e mínimo da curva azul, fornece o volume que deve ser reservado para garantir água no período de estiagem.

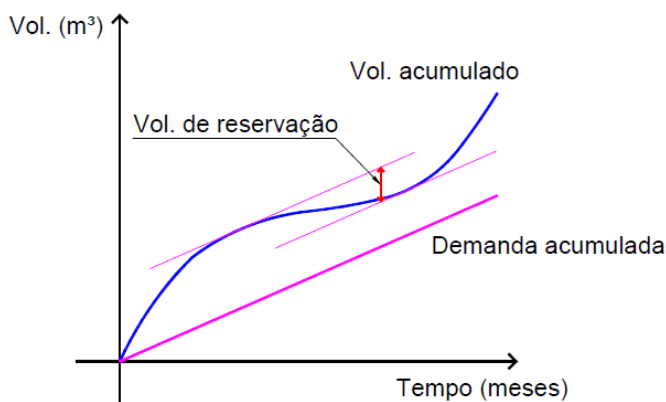


Figura 1: Esquema gráfico do Método de Rippl

Fonte: Couto, 2012.

### 3.10.2 Método da simulação

Neste método um determinado volume é arbitrado e verifica-se se ocorre excesso de reservação (*overflow*) ou falta. Varia-se o volume arbitrado do reservatório de forma a atender o interesse do construtor, caso não se deseja usar água de fonte externa, deve-se aumentar as dimensões do reservatório, caso contrário, diminui-se o reservatório, mas cria-se a necessidade do uso de suprimento nos períodos de seca (COUTO, 2012).

### 3.10.3 Método Azevedo Neto

Também conhecido como Método Prático Brasileiro, este método utiliza uma série de precipitação anual relacionando-a com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca.

O volume (L) do reservatório é ideal quando for cerca de 4,2% do produto entre a precipitação média anual em *mm*, a área do telhado em *m²* e o número de meses de pouca chuva (COUTO, 2012).

### 3.10.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde o volume adotado é o menor valor entre 6%

do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

### 3.10.5 Método prático inglês

Segundo Fontanela *et al* (2012 *apud* COUTO, 2012) este método considera apenas que o volume a reservar deve ser 5% do produto entre a precipitação média anual  $P$ , em  $mm$  e a área de coleta  $A$ , em  $m^2$ , sem levar em consideração variáveis como demanda, impermeabilização etc.

### 3.10.6 Método prático australiano

Este método utiliza séries históricas mensais de precipitação. O cálculo faz uma análise entre a chuva total do mês e a demanda mensal. Fazem-se estimativas de valores do volume do reservatório até que o volume adotado reserve água suficiente para suprir a demanda nos meses de estiagem.

## 3.11 Dimensionamento do reservatório de descarte

Vários estudos sugerem que a primeira água de chuva que cai sobre a superfície de coleta é a mais poluída, uma vez que ela limpa a superfície. É recomendado então, que se descarte certo volume de água antes que se comece o armazenamento de fato. Tomaz (2010) ressalta que o *first flush*, que é o primeiro volume de chuva que será descartado, varia de 0,4 L/m<sup>2</sup> a 8 L/m<sup>2</sup> de telhado, conforme o local, e que na falta de dados locais sugere-se o uso do *first flush* no valor de 2 L/m<sup>2</sup> de área de telhado.

## 4 | DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS DO LEC- UFSJ/CAP

### 4.1 Metodologia

O sistema de captação e aproveitamento da água de chuva no Laboratório de Engenharia Civil do Campus Alto Paraopeba – UFSJ – foi dimensionado considerando as seguintes etapas: Levantamento de dados pluviométricos da região onde está localizado o laboratório; levantamento quantitativo do consumo de água não potável; determinação da área da cobertura que contribuirá para a coleta; dimensionamento dos condutores verticais, horizontais, calhas, reservatório de acumulação e de descarte da primeira chuva.

### 4.2 Resultados e discussões

O consumo de água nas bacias sanitárias do LEC foi estimado a partir do limite máximo de utilização de água para limpeza de bacias sanitárias, estabelecido em 6 L/descarga, e pelo número estimado de descargas diárias no laboratório. Considerando o número de pessoas que frequentam diariamente o Laboratório de Engenharia Civil, cerca 20 pessoas, e o número de vezes que cada uma utiliza os sanitários, em média duas vezes por dia, tem-se um total de 40 descargas por dia. Porém, o dimensionamento foi feito de

maneira conservadora considerando 50 descargas por dia, gerando uma vazão de 300 L/dia. Já o consumo de água nos destiladores foi determinado através da medição da vazão nos dois aparelhos, encontrando-se 654,35 L/d em cada um. Assim, o consumo mensal é 48,26 m<sup>3</sup>.

A vazão de projeto de 1936,86 L/min foi obtida em função da intensidade de precipitação da região  $I=146$  mm/h, da área de coleta  $A=795,97$  m<sup>2</sup> e do coeficiente de Runoff  $C=1$ . Esta vazão foi utilizada para o dimensionamento das calhas e condutores verticais, encontrando-se os diâmetros mínimos necessários iguais a 180 mm e 91,72 mm, respectivamente. Foram adotados os diâmetros comerciais de 200 mm e 100 mm, nessa ordem.

O dimensionamento do reservatório de acumulação foi realizado conforme os seis métodos apresentados. O Método de Rippl forneceu um volume de 146,58 m<sup>3</sup>, este volume significa o volume de chuva que deve ser acumulado durante os períodos chuvosos para que não se falte água durante os períodos de seca e não seja necessário o uso de suprimentos extras.

O Método da simulação permite que se adote um volume do reservatório e se analise a variação do seu volume. Foi estipulado, então, um volume próximo ao valor de demanda, de 50,00 m<sup>3</sup>. Tal volume se mostrou suficiente para abastecer a edificação durante a maioria dos meses, exceto nos meses de junho a setembro, os quais precisariam de suprimento de água.

O Método de Azevedo Neto forneceu um valor elevado para o volume do reservatório, 236,14 m<sup>3</sup>, ao se adotar este volume, um reservatório de grandes dimensões seria necessário, o que oneraria muito os custos com implantação do sistema. Por outro lado, o Método alemão estabeleceu um volume igual 34,70 m<sup>3</sup>, inferior ao volume de demanda mensal. Dessa forma, seria obrigatoriamente necessário o uso de suprimento de água de outras fontes em todos os meses, por outro lado, as dimensões do reservatório seriam diminuídas, reduzindo-se o custo de implantação do sistema.

O Método Prático Inglês forneceu um valor moderado para o volume do reservatório, 56,22 m<sup>3</sup>, enquanto o Método Australiano apontou que o reservatório de acumulação deve ter no mínimo 154,57 m<sup>3</sup> para garantir água durante o período de estiagem.

O reservatório de descarte foi dimensionado considerando *first flush* de 2L/m<sup>2</sup>. Dessa maneira, seu volume necessário seria de 1591,94 L.

## 5 | CONCLUSÃO

Sistemas de captação e armazenamento de águas de chuva para consumo não potável mostram-se alternativas sustentáveis e de grande potencial econômico.

No dimensionamento do sistema para o LEC UFSJ-CAP pôde-se notar que o volume do reservatório de acumulação e a demanda de suprimento de água de fontes extras são os



fatores de maior impacto na viabilidade econômica do projeto. Isso porque os reservatórios de acumulação de grandes dimensões implicam em altos custos de implantação, enquanto aqueles de menor capacidade exigem suprimento de água do sistema de abastecimento externo, que por sua vez, é taxado. Sugerindo a necessidade de uma análise mais detalhada a respeito dos custos e efetividade do sistema.

Apesar disso, é inegável a contribuição que esse sistema promove ao meio ambiente: redução do consumo de água potável e deflúvio superficial, por exemplo. Somados ao exposto estão o elevado consumo de água em edificações e a alta incidência de chuva na região durante alguns meses do ano, que juntos reforçam a necessidade de implantação de sistemas de captação de água alternativos.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**: Água de Chuva- Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

BAPTISTA, Márcio; LARA, Márcia. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. 3ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

COUTO, Vanessa. **Projeto de Aproveitamento da Água da Chuva Para o Ginásio de Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville-SC, 2012.

FONTANELA, Leonarodo; MENDES, João Paulo; BACK, Álvaro José; VARGAS, Alexandre. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Hydro, São Paulo, n.65, p.50-58, mar. 2012.

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Netuno: aproveitamento de águas pluviais no setor residencial**. Disponível em < <http://www.labee.ufsc.br/software/netuno.html>>. Programa computacional, 2004. Acesso em 15 out. 2015a.

GONÇALVES, Ricardo (Coord.) **Uso Racional da Água em Edificações**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MARINOSKI, Ana. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins Não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis-SC**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2007.

MARTINS, J. V.; COSTA, E. S.; MOTA, K. R. R.; MATSUOKA, J. V. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: estudo de caso na Fundação Carmelitana Mário Palmério, Monte Carmelo-MG**. GETEC, v. 8, n. 20, p.184-203/2019.

TOMAZ, Plínio. Livro Digital - **Água: Pague Menos, capítulo 03 – Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis, 2010**. Disponível em: [http://pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro\\_pague\\_menos/capitulo03.pdf](http://pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_pague_menos/capitulo03.pdf)>. Acesso em 15 out. 2015a.

RIGHETTO, Antônio (Coord.) **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

SANTOS, Daniel. **Os Sistemas Prediais e a Promoção da Sustentabilidade Ambiental**. Porto Alegre, v.2, n.4, p.7-18, out./dez. 2002. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. 2006. Disponível em: . Acesso em: 25 mar 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](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) 