



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

Engenharia  
Ambiental e Sanitária:  
Interfaces do Conhecimento 2

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:  
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910  1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.  CDD 628.362
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909106</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>74</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
<a href="#">Maria Cristina Scarpari</a> <a href="#">Juliana Ninov</a> <a href="#">Márcia Antonia Bartolomeu Agustini</a> <a href="#">Fabio Orssatto</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909107</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>92</b>
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
<a href="#">Isadora Alves Lovo Ismail</a> <a href="#">Angela Di Bernardo Dantas</a> <a href="#">Luiz Di Bernardo</a> <a href="#">Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato</a> <a href="#">Mateus Ancheschi Roveda Guimarães</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909108</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>105</b>
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
<a href="#">Nathalia Oliveira dos Santos</a> <a href="#">Lídia Yokoyama</a> <a href="#">Vanessa Reich de Oliveira</a> <a href="#">Gabriel Travagini Ribeiro</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909109</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>118</b>
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
<a href="#">Luciano Dias Xavier</a> <a href="#">Lídia Yokoyama</a> <a href="#">Vanessa Reich de Oliveira</a> <a href="#">Gabriel Travagini Ribeiro</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091010</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>131</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
<a href="#">Rafael Diego Barbosa Soares</a> <a href="#">Carlos Ernando da Silva</a> <a href="#">Ronne Wesley Lopes da Cruz</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091011</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>141</b>
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
<a href="#">Caio Henrique Ungarato Fiorese</a> <a href="#">Herbert Torres</a> <a href="#">Gilson Silva Filho</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091012</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>156</b>
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner Roberto Righi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091013</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>168</b>
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto Camila de Fátima Lustosa Gabriele Sabbadine André Augusto Gutierrez Fernandes Beati Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena Luciane de Souza Oliveira Valentim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091014</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>180</b>
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto Luciano Senff Simone Malutta Rubia Lana Britenbach Meert Bruno Borges Gentil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091015</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>194</b>
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo Aline Doria de Santi Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques Tadeu Fabrício Malheiros Natália Molina Cetrulo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091016</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>203</b>
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo Alexandre Saron	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091017</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>218</b>
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão Ênio Pontes de Deus Antônio Eduardo Bezerra Cabral Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091018</b>	



<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>231</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>244</b>
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>254</b>
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>267</b>
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091022</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>276</b>
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091023</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>287</b>
ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS	
<p>Viviane Nascimento da Silva e Sá  Fabiana Valéria da Fonseca  Leila Yone Reznik  Tito Lívio Moitinho Alves</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091024</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>300</b>
ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA	
<p>Ajadir Fazolo  Alisson Luiz Boeing  Kátia Valéria Marques Cardoso Prates  Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann  Rafael Coelho Ciciliato  Rafaella Oliveira Baracho</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091025</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>311</b>
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
<p>Demian da Silveira Barcellos  Harry Alberto Bollmann</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091026</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>330</b>
II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO	
<p>Evanildo Pereira de Lima  Helder Guimarães Aragão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091027</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>339</b>
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
<p>Juliana Guasti Lozer  Victor Correia Faustini  Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis  Nadja Lima Gorza  Renata Maia das Flores</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091028</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>351</b>
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
<p>Sâmia Rafaela Maracaípe Lima  Eduardo Ueslei de Souza Siqueira  Layse de Oliveira Portéglio  Mainara Generoso Faustino</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091029</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>363</b>
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra Viktor Oswaldo Cárdenas Concha Reinaldo Gaspar Bastos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091030</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>379</b>
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira Yldeney Silva Domingos Luara Musse de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091031</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>391</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>392</b>

## IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

### **Juliana Guasti Lozer**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Vitória – Espírito Santo

### **Victor Correia Faustini**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Vitória – Espírito Santo

### **Cynthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Vitória – Espírito Santo

### **Nadja Lima Gorza**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Vitória – Espírito Santo

### **Renata Maia das Flores**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Vitória – Espírito Santo

O reúso controlado de água reduz o consumo de água potável e minimiza a captação nos mananciais, sendo uma opção ambientalmente sustentável. Atenta ao cenário de escassez, em outubro de 2015 a Companhia Espírito Santense de Saneamento iniciou o projeto de implantação de sistema de fornecimento de água de reúso em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs). Tais sistemas constituem-se em uma etapa de tratamento em filtro de areia e desinfecção por cloro do efluente final da ETE. Após estas etapas a água de reúso segue para os reservatórios, de onde serão distribuídos para o atendimento à demanda dos clientes. O investimento nos sistemas de reúso foi de R\$ 57.000,00 e gerou uma receita total de R\$ 74.140,60 em 2017, com a comercialização de 72.711 m<sup>3</sup> de água de reúso no período pós-implantação dos sistemas até dezembro de 2018. Além disso, a água de reúso produzida nas ETEs tem sido utilizada no próprio processo de tratamento, gerando economia de água potável e dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reúso de águas residuais, saneamento, tratamento de esgoto.

IMPLANTATION OF NON-POTABLE URBAN REUSE SYSTEMS IN SEWAGE TREATMENT

**RESUMO:** No contexto mundial, aproximadamente 50% da população é afetada pela escassez de água, e no Brasil, pelo menos 12 áreas federais apresentam situação de emergência por motivo de estiagem e seca. Estes dados levam à necessidade de racionamento de água e à procura por formas alternativas de obtenção e utilização da água disponível.

**ABSTRACT:** In a worldwide context, approximately 50% of the population is affected by water scarcity, and in Brazil, at least 12 federal areas present an emergency situation due to drought. These data lead to the need for water rationing and the search for alternative ways of obtaining and using available water. Controlled wastewater reuse reduces drinking water consumption and minimizes uptake into water sources, therefore being an environmentally sustainable option. In October 2015, Companhia Espírito Santense de Saneamento started to implement a system for supplying reuse water to Wastewater Treatment Plants (ETEs). Such system consists of a stage of sand filter treatment and chlorine disinfection of the final ETE effluent. After these steps, the reuse water goes to the reservoirs, from where it will be distributed to meet customer demand. The investment in the reuse systems was R\$ 57,000.00, which generated back a total revenue of R\$ 74,140.60 in 2017, with the sale of 72,711 m<sup>3</sup> of reuse water in the post-implementation period of the system until December 2018. In addition, the reuse water produced in the ETEs has been used in the treatment process, saving drinking water and water resources.

**KEYWORDS:** wastewater reuse, sanitation, sewage treatment.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em 2016, a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Brasil reconheceu a situação de emergência de 12 áreas federais por motivo de estiagem e seca. No contexto mundial, aproximadamente 50% da população é afetada pela escassez de água, segundo a edição de 2018 do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Esses dados levam à necessidade de racionamento de água e procura por formas alternativas de obtenção e utilização da água disponível.

O Conselho Econômico e Social das Nações Unidas propôs em 1958 que “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”. Por águas de qualidade inferior entende-se: efluentes de estações de tratamento de água e esgoto, efluentes industriais, esgotos domésticos, drenagem agrícola, etc. Quando essas águas são utilizadas para outros fins que não apenas o despejo no corpo receptor (reciclagem de águas residuárias) são chamadas de águas de reúso.

Água de reúso pode ser utilizada para diversos fins potáveis e não potáveis. Quando há demanda de uma elevada qualidade dessa água, o sistema de tratamento e o controle deste devem ser muito eficientes, entretanto, deve-se garantir a viabilidade técnica, econômica e financeira do produto. O estudo de viabilidade deve ser feito para todas as possibilidades de uso, sendo eles potáveis ou não. Porém, quando as estações de tratamento de efluentes se encontram próximas de áreas urbanas e/ou industriais, o custo unitário de tratamento e transporte tende a diminuir.

Pensando no uso urbano não potável do efluente tratado de esgoto sanitário, alguns exemplos de aplicação dessa água são: irrigação de parques e áreas gramadas, lavagem de veículos e pisos, reserva de proteção contra incêndio, descarga sanitária, etc. Para uso industrial são citados: limpeza de redes de tubulações de esgoto, compactação de solo, lavagem de gases, torres de resfriamento e desodorização, entre outros. A água de reúso quando utilizada na indústria passa a se chamar “água de utilidade” (Hespanhol, 2002).

Assim, o reúso controlado reduz o consumo de água potável e minimiza a captação de água nos mananciais, sendo uma opção ambientalmente sustentável.

## 2 | HISTÓRICO DO REÚSO NA COMPANHIA

No período de 2014 e 2015 foi constatado que os índices de pluviosidade no Estado brasileiro do Espírito Santo estiveram abaixo das médias históricas, o que acarretou uma redução gradual nos níveis de vazão dos rios que abastecem a região da Grande Vitória. Em decorrência deste fato, a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) publicou a Resolução nº 005/2015 em 02/10/2015. Tal resolução “dispõe sobre a declaração do Cenário de Alerta frente ao prolongamento da Escassez Hídrica em rios de domínio do Estado do Espírito Santo e dá outras providências”. No artigo 9º a resolução proíbe “as captações em cursos de água superficiais destinadas a todo e qualquer uso, exceto para o abastecimento humano” por um período de 15 dias (AGERH, 2015). Dessa forma, algumas atividades de uso menos nobre da água como irrigação de áreas verdes, lavagem de vias públicas e serviços de compactação do solo ficaram comprometidos.

Tal dilema levou as prefeituras e empresas privadas a buscarem fontes alternativas de suprimento de água.

Atenta ao cenário de escassez, em outubro de 2015 a Companhia Espírito Santense de Saneamento iniciou o projeto de implantação de sistema de fornecimento de água de reúso, inicialmente, na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Araçás no município de Vila Velha, que desde 2017 não é mais operada pela Companhia. Em 2016 o projeto foi expandido para a ETE Bandeirantes, município de Cariacica, e ETE Guarapari Centro e, em 2017, para a ETE Aeroporto, ambas no município de Guarapari.

## 3 | OBJETIVOS

Este estudo de caso tem por objetivo apresentar os resultados da implantação de sistema de fornecimento de água de reúso nas ETEs Bandeirantes, Aeroporto e Guarapari Centro localizadas no Estado do Espírito Santo, Brasil.

## 4 | METODOLOGIA

As ETEs Bandeirantes, Guarapari Centro e Aeroporto possuem sistema de tratamento de esgoto do tipo lodos ativados, com eficiências médias de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de cerca de 90%. Estas ETEs possuem vazão de projeto de 250 L/s, 155 L/s e 150 L/s, respectivamente.

É ilustrada na Figura 1 a vista aérea da ETE Bandeirantes.

Em cada estação supracitada foi executado um projeto específico de reúso no qual utiliza parte do efluente tratado.

Na ETE Bandeirantes, após passar por todo sistema de tratamento de esgoto, parte do efluente segue para uma etapa de polimento em filtro de areia, conforme Figura 2.



Figura 1. Vista aérea ETE Bandeirantes.



Figura 2. Sistema de polimento de efluente da ETE Bandeirantes.

Em seguida, o efluente filtrado é bombeado para os reservatórios elevados, de onde os caminhões são abastecidos, como visto nas Figuras 3 e 4.



Figura 3. Abastecimento de caminhão com água de reúso na ETE Bandeirantes.





Figura 4. Reservatórios ETE Bandeirantes - capacidade total de 35 m<sup>3</sup>.

As figuras 5 a 8 ilustram os sistemas de reúso implantados nas ETEs Aeroporto e Centro.



Figura 5. Filtro de areia instalado na ETE Aeroporto.



Figura 6. Filtro de areia instalado na ETE Centro.



Figura 7. Tomada para abastecimento de caminhões na ETE Aeroporto.



Figura 8. Abastecimento de caminhão na ETE Aeroporto.

Para garantia da segurança sanitária, o efluente tratado é clorado, obtendo um residual de cloro total maior que 1,0 mg/L. Este tratamento tem finalidade de desinfecção do efluente final, e consiste na inativação de microrganismos patógenos ainda presentes na água.

A qualidade da água de reúso é monitorada continuamente e deve seguir o padrão estabelecido na norma interna de reúso da companhia (CESAN, 2015), conforme descrito na Tabela 1.

USO	PARÂMETROS	FREQUÊNCIA
Irrigação de parques e jardins, lavagem de pisos, calçadas e espaços públicos	<i>Escherichia Coli</i> < 600 UFC/100mL ou CRT > 1 e < 10 mg/L no caminhão; pH > 6.0 e < 9.0; Turbidez < 20 NTU; DBO < 120 mg/L	Mensal
Desobstrução de galerias e rede de esgoto	CRT > 1 e < 10 mg/L	Semanal no caminhão
Agricultura, irrigação de áreas degradadas em recuperação	<i>Escherichia Coli</i> < 5 000 UFC/100mL; pH > 6.0 e < 9.0	Mensal
Construção civil (cura de laje, compactação do solo)	<i>Escherichia Coli</i> < 1 000 UFC/100mL; pH > 6.0 e < 9.0	Mensal

Tabela 1. Padrão e controle da qualidade do reúso de acordo com o uso pretendido.

Fonte: CESAN (2015).

A mesma norma também aprova os valores para cobrança do fornecimento de água de reúso, sendo um valor diferenciado para o setor público. Tal cobrança incentiva o faturamento de toda a água de reúso, retornando como receita para a empresa.

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a instalação dos reservatórios para água de reúso, as ETEs Bandeirantes, Guarapari Centro, e Aeroporto possuem capacidades de reserva do produto de 35 m<sup>3</sup>, 60 m<sup>3</sup> e 30 m<sup>3</sup>, respectivamente, garantindo o atendimento aos clientes a qualquer momento do dia.

O investimento com aquisição dos reservatórios, filtros de areia, conexões, instalações, pintura, entre outros, para a execução dos três projetos de reúso nestas estações foi em torno de R\$ 57.000,00 e o custo operacional do sistema de reúso foi calculado em 0,14 R\$/m<sup>3</sup> efluente.

A receita total gerada foi de R\$ 74.140,60, com a comercialização de 72.711 m<sup>3</sup> de água de reúso no período pós-implantação dos sistemas até dezembro de 2018. O valor faturado foi suficiente para retorno do investimento realizado nos sistemas.

A água de reúso produzida nas três ETEs é comercializada tanto para o setor público (lavagem de vias e irrigação de jardins) quanto para o setor privado (compactação de solo), bem como, é utilizada para abastecimento de caminhões jato vácuo que prestam serviço de desobstrução de redes de esgoto da Companhia. De 2016 a 2018 foram utilizados cerca de 8.000 m<sup>3</sup> de água de reúso para esta finalidade. No cenário anterior ao reúso, estes caminhões eram abastecidos com água potável.

As Figuras 9 e 10 demonstram a aplicação da água de reúso das ETEs para finalidades não potáveis, ou seja, usos menos nobres.



Figura 9. Irrigação de jardins com água de reúso.



Figura 10. Desobstrução de rede de esgoto da Companhia com água de reúso.

As ETEs Bandeirantes e Centro utilizam a água de reúso também como água de processo.

Na ETE Bandeirantes todo preparo de polímero para o processo de desidratação de lodos da ETE e lavagem da centrífuga é feito com água de reúso, gerando uma

economia mensal de cerca de 150 m<sup>3</sup> de água potável.

Na ETE Centro, a água de reúso alimenta as peneiras rotativas do tratamento preliminar e os adensadores mecânicos de lodo, o que representa uma economia mensal de cerca de 80% do consumo total de água potável da estação, ou seja, uma redução de 1.200 m<sup>3</sup>/mês para 200 m<sup>3</sup>/mês aproximadamente.

Em relação à qualidade da água de reúso, os resultados das análises laboratoriais comprovam o atendimento aos parâmetros previstos na norma interna de reúso da companhia, conforme observado na Tabela 2 e Figura 11.

Mês/2017	pH	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	<i>E. Coli</i> (NMP/100 mL)	CRT (mg/L)
Janeiro	7,0	4,9	20,2	1,80E+00	1,9
Fevereiro	7,1	4,4	10,9	1,80E+00	1,9
Março	6,9	5,6	11,4	1,80E+00	1,3
Abril	6,9	4,3	6,3	1,80E+00	1,5
Mai	6,8	7,5	4,5	1,80E+00	2,8
Junho	7,1	4,1	9,7	1,80E+00	1,9
Julho	7,0	3,7	8,2	1,80E+00	2,0
Agosto	7,1	3,6	9,9	1,80E+00	1,9
Setembro	7,2	4,4	9,8	1,80E+00	1,8
Outubro	6,9	3,6	20,7	1,80E+00	1,8
Novembro	6,8	3,3	16,7	1,80E+00	1,8
Dezembro	6,9	2,2	12,0	1,80E+00	1,6

Tabela 2. Valores médios da qualidade da água de reúso da ETE Bandeirantes em 2017



Figura 11. Aspecto da qualidade da água de reúso.

## 6 | CONCLUSÃO

Devido à escassez hídrica, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, industrial e urbano no Estado brasileiro do Espírito Santo, por isso a Companhia vem buscando, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a disponibilidade hídrica ainda acessível, visando o atendimento a demanda do Estado.

Os sistemas de fornecimento de água de reúso das estações de tratamento de esgoto que estão em operação garantem um produto em quantidade e qualidade suficientes para atender às diversas finalidades exigidas pelos clientes, gerando receita para a empresa e contribuindo com a preservação dos mananciais.

## AGRADECIMENTOS

À Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Dispõe sobre a declaração do Cenário de Alerta frente ao prolongamento da Escassez Hídrica em rios de domínio do Estado do Espírito Santo e dá outras providências.** Resolução n. 005, de 02 de outubro de 2015, Vitória, Brasil. 2015.

BRASIL. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Reconhece situação de emergência em municípios. **Portaria n. 205, de 29 de novembro de 2016.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 01 dez. 2016. Seção 1, p. 60. 2016.

CESAN. Norma Interna ENG.008.00.2015 – **Reutilização de Efluentes das Estações de Tratamento de Água e Esgoto,** Vitória, Brasil, 2015.

Hespanhol, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, n.4, p.75-95, 2002.

PROGRAMA MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Gabinete do Programa de Avaliação Global da Água. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018.** Perúgia, Itália, 2018.

UNITED NATIONS, **Water for industrial use.** Economic and Social Council. Report E/3058STECA/50, United Nations, New York, 1958.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165  
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391  
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104  
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182  
Água pluvial 168, 172, 176, 247  
Água salina 118, 119  
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390  
Água subterrânea 37, 383, 384, 390  
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179  
Análise ambiental 141  
Análise envoltória de dados 194, 196

### B

Belém do Pará 29, 30, 31  
Benchmarking métrico 194, 196  
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

### C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375  
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372  
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288  
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359  
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

### D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104  
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

### E

Eficiência de operadoras 194  
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

### F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129



## G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

## J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

## L

Lodo de ETA 180, 192, 193

## M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

## O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

## P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

## Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

## R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

## S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

## T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

## U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942