



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**  
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**  
Editora

Ano 2020



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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. 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  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-947-9

DOI 10.22533/at.ed.479202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**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 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – 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 Internazionale delle Figlie di 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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

## APRESENTAÇÃO

A obra *“Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 28 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia sanitária e ambiental, 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 demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. 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.

Helenton Carlos da Silva



## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| A UTOPIA DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL  |           |
| Marcelo Motta Veiga  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021011</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>13</b> |
| ANÁLISE DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA MIGRAR AO MERCADO LIVRE DE ENERGIA                     |           |
| Leonardo Nascimento de Oliveira  |           |
| Luis Henrique Pereira da Silva   |           |
| Milton Tavares de Melo Neto  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021012</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>23</b> |
| APLICABILIDADE DOS INDICADORES DO DIAGNÓSTICO NO PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DE BELÉM                   |           |
| Arthur Julio Arrais Barros   |           |
| Marise Teles Condurú   |           |
| José Almir Rodrigues Pereira   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021013</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>41</b> |
| APLICAÇÃO DA ULTRAFILTRAÇÃO NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO VISANDO O REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL |           |
| Layane Priscila de Azevedo Silva   |           |
| Marcos André Capitulino de Barros Filho  |           |
| Larissa Caroline Saraiva Ferreira  |           |
| Moisés Andrade de Farias Queiróz   |           |
| Alex Pinheiro Feitosa  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021014</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>51</b> |
| APLICAÇÃO WEB PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO                             |           |
| Rafael Pereira Maciel  |           |
| Luís Henrique Magalhães Costa  |           |
| Nágila Veiga Adrião Monteiro   |           |
| Liércio André Isoldi   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021015</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....  | <b>64</b> |
| AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LAGOAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS APÓS REMOÇÃO DE LODO |           |
| Yasmine Westphal Benedet   |           |
| Patrick Ikaru Ferraz Suzuki  |           |
| Nattália Tose Lopes  |           |
| Sara Cristina Silva  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021016</b>   |           |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 7 .....</b>  | <b>75</b>  |
| <b>AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS VISANDO REÚSO NÃO POTÁVEL</b>                          |            |
| Layane Priscila de Azevedo Silva<br>Matheus Frazão Arruda Diniz<br>Julyenne Kerolainy Leite Lima   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021017</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 8 .....</b>  | <b>84</b>  |
| <b>AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E OPERACIONAIS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>  |            |
| Ingrid Moreno Mamedes<br>Karytany Ulian Dalla Costa  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021018</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 9 .....</b>  | <b>93</b>  |
| <b>AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA</b> |            |
| Mara Yoshino de Castro   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4792021019</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 10 .....</b>   | <b>110</b> |
| <b>BIOFILTRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE SULFETO DE HIDROGÊNIO</b>   |            |
| Monise Fernandes Melo<br>Alexandre Prado Rocha<br>Michele Lopes Cerqueira  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210110</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 11 .....</b>   | <b>115</b> |
| <b>IV-027 – COLIFORMES TERMOTOLERANTES E TOTAIS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAÃO, SALVADOR-BA</b>                            |            |
| Maiza Moreira Campos de Oliveira<br>Adriano Braga dos Santos<br>Alessandra Argolo Espírito Santo   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210111</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 12 .....</b>   | <b>125</b> |
| <b>CONTROLE DE OCORRÊNCIA DE MAUS ODORES EM ETE COM SISTEMA COMBINADO ANERÓBIO/AERÓBIO: REATOR UASB E LODOS ATIVADOS</b>                         |            |
| Lucas Martins Machado<br>Cláudio Leite de Souza<br>Bruna Coelho Lopes<br>Roberto Meireles Glória<br>Déborah de Freitas Melo                      |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210112</b>  |            |

**CAPÍTULO 13 ..... 138**

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA-MG**

Paula Rafaela Silva Fonseca  
Sue Ellen Costa Bottrel  
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva  
Júlio César Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.47920210113**

**CAPÍTULO 14 ..... 148**

**DEFINIÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM INTERMITÊNCIAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA – ESTUDO DE CASO - SÃO BENTO DO UNA - PE**

Hudson Tiago dos S. Pedrosa  
Marcos Henrique Vieira de Mendonça

**DOI 10.22533/at.ed.47920210114**

**CAPÍTULO 15 ..... 158**

**DESINFECÇÃO DE EFLUENTE DE FBP UTILIZANDO REATOR DE ALGAS DISPERSAS (RAD)**

Israel Nunes Henrique  
Dayane de Andrade Lima  
Keiciane Alexandre de Sousa  
Layza Sabrine Magalhães da Silva  
Timóteo Silva Ferreira  
Fernando Pires Martins  
Clodoaldo de Sousa  
Júlia de Souza Carvalho  
Ana Queloene Imbiriba Correa  
Camila Pimentel Maia

**DOI 10.22533/at.ed.47920210115**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

**ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE PROGRAMA DE RECEBIMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA**

Paula Rafaela Silva Fonseca  
Sue Ellen Costa Bottrel  
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva  
Júlio César Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.47920210116**

**CAPÍTULO 17 ..... 177**

**ENSAIO DE TRATABILIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE EM PERNAMBUCO**

Joana Eliza de Santana  
Romero Correia Freire  
Aldebarã Fausto Ferreira  
Mayra Angelina Quaresma Freire  
Maurício Alves da Motta Sobrinho

**DOI 10.22533/at.ed.47920210117**



|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>185</b> |
| ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO E PERDAS DE METANO EM REATOR UASB DA ETE-UFLA POR MEIO DE DIFERENTES MODELOS MATEMÁTICOS  |            |
| Lucas Barreto Campos<br>Mateus Pimentel de Matos<br>Luciene Alves Batista Siniscalchi<br>Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi<br>Lucas Cardoso Lima  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210118</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....   | <b>196</b> |
| ESTUDO DA GERAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) EM EFLUENTE TRATADO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENTE   |            |
| Vanessa Farias Feio<br>Neyson Martins Mendonça   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210119</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....   | <b>205</b> |
| ESTUDO DA TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL SUBMETIDO À PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO  |            |
| Rogério Ferreira da Silva<br>Gilson Lima da Silva<br>Victória Fernanda Alves Milanez<br>Ricardo Oliveira da Silva  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210120</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....   | <b>214</b> |
| FITORREMEDIÇÃO UTILIZANDO MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO  |            |
| Israel Nunes Henrique<br>Lucieta Guerreiro Martorano<br>Nathalia Costa Scherer<br>José Reinaldo Pacheco Peleja<br>Timóteo Silva Ferreira<br>Julia de Souza Carvalho<br>Patrícia Santos Silva<br>Luciana Castro Carvalho de Azevedo<br>Dayhane Mayara Santos Nogueira<br>Jaelbe Lemos de Castro |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210121</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 22</b> .....   | <b>225</b> |
| GASEIFICAÇÃO DOS LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOS TIPOS CONVENCIONAL E UASB   |            |
| Luis Henrique Pereira da Silva<br>Sérgio Peres Ramos da Silva<br>Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha<br>Adalberto Freire do Nascimento Júnior   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.47920210122</b>  |            |

**CAPÍTULO 23 ..... 234**

INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA REGIÃO DOS LAGOS NO RIO DE  
JANEIRO – 2010 A 2015

Fátima de Carvalho Madeira Reis  
Gabriela Freitas da Cruz  
Herleif Novaes Roberg  
Maria Goreth Santos  
Simone Cynamon Cohen

**DOI 10.22533/at.ed.47920210123**

**CAPÍTULO 24 ..... 245**

INFLUÊNCIA DAS NORMAS NBR 9649 E NBR 14486 NO DIMENSIONAMENTO DE  
UMA REDE COLETORA DE ESGOTO DE MATERIAL PVC

Lívia Figueira de Albuquerque  
Artemisa Fontinele Frota  
Luís Henrique Magalhães Costa

**DOI 10.22533/at.ed.47920210124**

**CAPÍTULO 25 ..... 255**

POTENCIAL DO CARVÃO RESULTANTE DA PIRÓLISE DE LODO DE ESGOTO  
DOMÉSTICO COMO ADSORVENTE EM TRATAMENTO DE EFLUENTES.

Murillo Barros de Carvalho  
Glaucia Eliza Gama Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.47920210125**

**CAPÍTULO 26 ..... 265**

RETIRADA DE LODO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO COM MÁQUINA ANFÍBIA

Renata Araújo Guimarães  
Analine Silva de Souza Gomes  
Mariana Marquesini  
Mario Márcio Gonçalves de Paula

**DOI 10.22533/at.ed.47920210126**

**CAPÍTULO 27 ..... 275**

UTILIZAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR  
NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Israel Nunes Henrique  
José Tavares de Sousa  
Layza Sabrine Magalhães da Silva  
Keiciane Alexandre de Sousa  
Rebecca da Silva Fraia  
Timóteo Silva Ferreira  
Fernando Pires Martins  
Clodoaldo de Sousa  
Julia de Souza Carvalho  
Alisson Leonardo Vieira dos Reis  
Rita de Cássia Andrade da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.47920210127**

**CAPÍTULO 28 .....286**

**MONITORAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS EM ESCALA DE BANCADA, DO TIPO UCT MODIFICADO**

Israel Nunes Henrique  
Fernando Pires Martins  
Clodoaldo de Sousa  
Timóteo Silva Ferreira  
Rebecca da Silva Fraia  
Julia de Souza Carvalho  
Patrícia Santos Silva  
Ana Queloene Imbiriba Correa  
Yandra Cardoso Sobral

**DOI 10.22533/at.ed.47920210128**

**SOBRE O ORGANIZADOR.....295**

**ÍNDICE REMISSIVO .....296**



## APLICAÇÃO DA ULTRAFILTRAÇÃO NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO VISANDO O REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL

Data de aceite: 06/01/2020

Data de submissão: 22/10/19

### **Layane Priscila de Azevedo Silva**

Analista de Saneamento na A&E Equipamento e Serviços  
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/1528610006304262>

### **Marcos André Capitulino de Barros Filho**

Universidade Federal do Maranhão  
São Luís – MA

<http://lattes.cnpq.br/8824952610047891>

### **Larissa Caroline Saraiva Ferreira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Acaraú – CE

<http://lattes.cnpq.br/4939507824570944>

### **Moisés Andrade de Farias Queiróz**

Sócio da Melo & Andrade Engenharia  
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/3375726503928482>

### **Alex Pinheiro Feitosa**

Universidade Federal Rural do Semi-árido  
Pau dos Ferros – RN

<http://lattes.cnpq.br/5884600843876115>

**RESUMO:** A crescente urbanização impõe grandes desafios à sociedade. É no meio urbano que os conflitos pelo uso da água se tornam mais intensos, e onde as ações antrópicas são

mais severas, resultando no comprometimento da qualidade das águas. Nesse contexto, o reúso urbano não-potável é uma potencial fonte de recursos hídricos, pois sua utilização proporciona a redução da captação de água dos mananciais e apresenta-se como uma alternativa de abastecimento para inúmeras atividades. Geralmente, as estações de tratamento de esgotos a nível secundário, sozinhas, não atendem aos padrões exigidos para o reúso urbano, principalmente na condição de acesso irrestrito. Desta forma, os processos de filtração em membranas de baixa pressão mostram-se como uma tecnologia com maior capacidade para adequar os efluentes dessas estações a tal uso. A ultrafiltração (UF) é capaz de obstruir a passagem de macromoléculas orgânicas e microrganismos, com elevada eficiência. Diante disso, este trabalho avaliou a aplicabilidade da UF para o reúso urbano não potável, quando utilizada no pós-tratamento de efluentes sanitários tratados em nível secundário. Para isso foram realizados ensaios de filtração, sendo a membrana alimentada com o efluente da estação secundária. O filtrado foi analisado em laboratório, a fim de comparar a sua qualidade com a exigida pelas legislações ambientais abordadas. Dentre os parâmetros analisados, os resultados se mostraram satisfatórios para retenção de DBO, sólidos suspensos, turbidez e coliformes termotolerantes, mas pouco

representativo para aqueles relacionados a íons dissolvidos. Esse comportamento testificou a capacidade da UF na remoção de matéria orgânica, materiais flutuantes e microrganismos patogênicos, requisito essencial para o tipo de reúso proposto. Sendo assim, o permeado da UF se mostrou adequado para o reúso não potável no meio urbano, nas modalidades restrita e irrestrita, atendendo regulamentações tanto a nível nacional quanto internacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto sanitário, Reúso não potável, Reúso urbano, Ultrafiltração.

## IMPLEMENTATION OF ULTRAFILTRATION IN THE POST-TREATMENT OF SANITARY SEWAGE FOR UNPOTABLE URBAN REUSE

**ABSTRACT:** The grow urbanization poses major challenges to society. It is in the urban environment that conflicts over water use become more intense, and where anthropic actions are most severe, resulting in compromised water quality. In this context, non-potable urban reuse is a potential source of water resources, as its use provides a reduction in water abstraction from springs, and presents itself as a supply alternative for countless activities. Generally, secondary sewage treatment plants alone do not meet the standards required for urban reuse, especially on the condition of unrestricted access. Thus, low-pressure membrane filtration processes are a technology with greater capacity to adapt the effluents of these stations for such use. Ultrafiltration (UF) is able to block the passage of organic macromolecules and microorganisms with high efficiency. Therefore, this study evaluated the applicability of the UF for non-potable urban reuse, when used in the aftertreatment of treated sewage at secondary level. For this, filtration tests were performed, and the membrane was fed with the secondary effluent. The filtrate was analyzed in the laboratory to compare its quality with that required by the environmental legislation addressed. Among the analyzed parameters, the results were satisfactory for BOD retention, suspended solids, turbidity and thermotolerant coliforms, but little representative for those related to dissolved ions. This behavior testified the capacity of the UF to remove organic matter, floating materials and pathogenic microorganisms, an essential requirement for the proposed type of reuse. Thus, the UF permeate proved suitable for non-potable reuse in the urban environment, in restricted and unrestricted modalities, meeting both national and international regulations.

**KEYWORDS:** Sanitary sewage, Non-potable reuse, Urban reuse, Ultrafiltration.

### 1 | INTRODUÇÃO

A crescente urbanização impõe grandes desafios à sociedade. À medida que as populações aumentam as necessidades, em termos de recursos hídricos e saneamento, também crescem.

O relatório “World Urbanization Prospects”, elaborado no ano de 2014 pela

Organização das Nações Unidas (ONU), apontou que, pela primeira vez na história da humanidade, mais da metade da população mundial vivia em áreas urbanas. Estimou-se que, até 2050, esse valor aumentará para dois-terços, sendo a maior parte desse crescimento nos países de mercado emergente (ONU, 2014).

No Brasil, de acordo com o último censo demográfico, 84,4% da população brasileira vive em zonas urbanas (BRASIL, 2010).

Segundo Pereira e Paula Júnior (2014), é no meio urbano que os conflitos pelo uso da água se tornam mais intensos, e onde as ações antrópicas são mais severas, resultando no comprometimento da qualidade das águas, principalmente devido ao uso e ocupação do solo no entorno das bacias, muitas vezes de forma desordenada.

Aliado a esses fatores, estudos da Agência Nacional de Águas (ANA) afirmam que 55% dos municípios brasileiros podem sofrer com a falta d'água até 2035 (BRASIL, 2017).

Nesse contexto, o reúso controlado do esgoto passa a ser uma importante ferramenta na gestão recursos hídricos. Além de proporcionar a redução de captação de água dos mananciais superficiais e subterrâneos, reduz o lançamento de efluentes no meio ambiente, resultando assim em ganhos econômicos e ambientais. Sendo assim, a utilização de água de reúso apresenta-se como uma fonte alternativa de abastecimento para inúmeras atividades, já regulamentadas, como as aplicadas no meio urbano.

No Brasil, a resolução N° 54 do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH), estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água (Brasil, 2005), mas não especifica qualquer parâmetro de qualidade ou tecnologia mínima de tratamento. Embora ainda não exista uma lei federal nesse sentido, já houve avanços, por exemplo, no estado de São Paulo, onde já foi publicada uma regulamentação que determina as concentrações máximas dos indicadores no esgoto tratado para o reúso urbano não potável, a resolução conjunta SES/SMA/SSRH (Secretaria Estadual de Saúde/Secretaria de Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos) N° 01/2017, em âmbito estadual (SÃO PAULO, 2017).

Internacionalmente, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos da América (EUA) apresenta importantes contribuições sobre a temática do reúso, reunindo regulamentações de vários estados dos EUA, para diversos tipos de atividades, em um manual específico sobre reúso. Para o meio urbano, são apontadas as seguintes modalidades: acesso irrestrito, que inclui irrigação de áreas recreacionais (campos de golfe, tênis, playground e outros), descarga de toaletes, sistema de proteção contra incêndio, limpeza de veículos e ruas, sistemas de ar condicionado e uso em valorização ambiental, como lagos e fontes urbanas; e acesso restrito, que compreende irrigação de parques e canteiros de rodovias; usos

ornamentais e paisagísticos, em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, e usos na construção civil, como controle de poeira, compactação do solo, preparo de argamassa e concreto etc. (EPA, 2012).

Para atender as regulamentações existentes, as estações de tratamento de esgotos (ETEs) precisam ser eficientes, de modo que o padrão de qualidade de seus efluentes atenda ao preconizado no que diz respeito ao reúso urbano.

As ETEs em nível secundário, apesar de geralmente atenderem o padrão de lançamento exigido pela resolução 430/11 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2011), sozinhas, não atendem aos padrões exigidos para reúso urbano não potável, principalmente na condição de acesso irrestrito. Desta forma, os processos de separação em membranas de baixa pressão mostram-se como uma das alternativas com maior capacidade para adequar os efluentes dessas estações para tal uso, devido, principalmente, à grande eficácia na retenção de sólidos em suspensão e microrganismos.

A ultrafiltração (UF) é uma membrana de baixa pressão, capaz de obstruir a passagem de macromoléculas orgânicas e microrganismos (WINTGENS et al., 2005). Entre outras vantagens, estão: elevada eficiência, constância na qualidade da água produzida, baixa utilização de produtos químicos, pouco espaço necessário para as instalações e a facilidade de automação e operação do sistema (XIA et al., 2005). Além disso, a UF possui um menor consumo energético e custo de aquisição, quando comparada às membranas de alta pressão, como a nanofiltração ou a osmose reversa. Apesar da microfiltração também se caracterizar como um processo de baixa pressão, ela possui um desempenho inferior, pois não consegue reter completamente os microrganismos do esgoto, diferentemente da UF, que é capaz de desinfetar o efluente, removendo inclusive os vírus (TEIXEIRA, 2001).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação da membrana de UF para o reúso urbano não potável, quando utilizada no pós-tratamento de efluentes sanitários tratados em nível secundário.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo desta pesquisa foram realizados, inicialmente, ensaios de filtração em uma unidade piloto UF, com o efluente de um sistema de tratamento de esgoto em nível secundário. Os principais parâmetros operacionais adotadas estão apresentados na tabela 1.

Os experimentos foram realizados em batelada, com testes em triplicata, sendo mantidos os parâmetros operacionais em cada um deles. Ao fim de cada batelada de filtração, o filtrado (permeado) era analisado em laboratório, a fim de comparar a sua qualidade com a exigida pela legislação ambiental, para o reúso urbano não potável.



|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Número de ensaios             | 3                        |
| Volume de esgoto por batelada | 40 litros                |
| Pressão de operação           | 0,8 bar                  |
| Fluxo de permeado             | 50,4 L/m <sup>2</sup> .h |

Tabela 1: Principais parâmetros operacionais.

A unidade de UF foi alimentada com o efluente de uma ETE piloto, com tratamento em nível secundário. A unidade, instalada no campus central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), era composta por: um decanto-digestor acoplado a um filtro anaeróbio de fluxo ascendente com enchimento de brita, seguido por dois filtros anaeróbios em paralelo e dois filtros aerados submersos em série, sendo o primeiro de fluxo ascendente e o segundo descendente, ambos tendo conduítes corrugados cortados como material suporte. O esgoto afluente à ETE tinha características similares às do esgoto doméstico, e era proveniente das residências universitárias, do departamento de educação física, e do restaurante universitário do referido campus. O efluente final dela alimentou a membrana de UF.

O módulo de UF consistia em: estruturas para suporte da membrana; tanques de alimentação e armazenamento, conjunto de tubulações e conexões, bomba centrífuga, painel elétrico e hidráulico. Ele foi instalado no laboratório da unidade experimental, e tinha capacidade para cinquenta litros de alimentação por batelada. A configuração da membrana de UF era de fibras ocas, com material de fabricação em poliéter sulfona.

Os ensaios de UF eram iniciados a partir da limpeza química da membrana, para assim garantir a uniformidade em todos os ensaios, sem interferência de algum volume morto da batelada anterior. Para isso eram preparados quarenta litros de solução de hipoclorito de sódio, com concentração de 300 mg/L. Essa solução era inserida no tanque de alimentação da membrana, e circulava pelo módulo por uma hora. Após esse procedimento, eram realizadas três filtrações sequenciais com água potável, proveniente do sistema de abastecimento da UFRN, com duração de vinte e cinco minutos, cada.

No segundo dia após a limpeza química era feita a filtração da amostra, o efluente secundário, que era inserido no módulo de membrana por bombeamento. O concentrado recirculava para o tanque de alimentação, enquanto o permeado seguia para o tanque de armazenamento. Quando atingindo o nível mínimo no tanque de alimentação, por meio da boia existente, encerrava-se o processo e o sistema era desligado automaticamente. Após isso, o permeado era encaminhado para análises laboratoriais.

Os parâmetros avaliados neste trabalho foram: cloretos, condutividade, RAS,

DBO, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez e coliformes termotolerantes (APHA et. al., 2005).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados médios obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, monitorados no efluente secundário da ETE experimental (afluente UF) e permeados da UF.

| Parâmetros                 | Unidade                    | Afluente UF | Permeado UF | Redução |
|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------|---------|
| Cloretos                   | mg/L                       | 8,5         | 8,1         | 4,7%    |
| Condutividade              | $\mu\text{S/cm}$           | 763,9       | 690,7       | 9,6%    |
| Alcalinidade               | $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ | 18,0        | 16,0        | 11%     |
| Bicarbonatos               | mg/L                       | 22,0        | 19,5        | 11,3%   |
| RAS°                       | mmol/L                     | 3,5         | 3,4         | 2,8%    |
| DBO                        | mg/L                       | 43,9        | 4,2         | 90,4%   |
| pH                         | -                          | 6,7         | 6,5         | -       |
| Fósforo total              | mg/L                       | 11,9        | 9,0         | 24,4%   |
| Nitrogênio amoniacal       | mg/L                       | 13,9        | 11,2        | 19,4%   |
| Nitrato                    | mg/L                       | 23,0        | 22,7        | 1,3%    |
| Sólidos dissolvidos totais | mg/L                       | 616,7       | 452,0       | 26,7%   |
| Sólidos suspensos totais   | mg/L                       | 2,4         | 0,7         | 70,8%   |
| Turbidez                   | NTU                        | 1,2         | 0,16        | 86,7%   |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100 mL                 | 4,0E+03     | 0           | 100%    |

Tabela 2: Valores médios dos resultados.

Conforme esperado, não houve redução significativa de cloretos, condutividade, alcalinidade, bicarbonatos, RAS°, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato e sólidos dissolvidos totais, uma vez que compostos iônicos não fazem parte da faixa de retenção dessa membrana.

De acordo com alguns autores (XING et al, 2000; BRIÃO e TAVARES, 2007; JU QUIN et al, 2004), a UF é excelente na remoção de sólidos em suspensão e turbidez. Porém, nesta pesquisa, as eficiências não parecem tão elevadas por que o afluente à membrana apresentava baixos valores desses constituintes.

A UF mostrou um desempenho notável na remoção de DBO. Quando se trata de reúso urbano não potável são requeridas concentrações inferiores a 30 mg/L (tabelas 3 e 4).

Essa membrana também é recomendada para eliminação total de microrganismos, pois os tamanhos dos poros nessas membranas são menores que o dos protozoários, bactérias e até mesmo vírus (HABERT et al., 2006). Embora não tenha sido possível fazer a análise dos demais patógenos, pode-se observar na tabela 2 que todos os coliformes termotolerantes do esgoto foram retidos, sendo um indicativo de desinfecção.

Os parâmetros que fornecem indicativos dos aspectos estéticos da água, como turbidez e sólidos em suspensão, são cada vez mais aceitos como variáveis físico-químicas para o monitoramento da qualidade da água de reúso. Além da clarificação do efluente, a remoção de matéria orgânica e a presença de microrganismos patogênicos representam a ameaça mais comum à reutilização de esgotos sanitários. Em função disso, esses indicadores são geralmente requisitados nas regulamentações para o reúso urbano não potável, a exemplo das apresentadas nas tabelas 3 e 4.

| PADRÕES DE QUALIDADE       |           | CATEGORIAS DE REÚSO          |                            |
|----------------------------|-----------|------------------------------|----------------------------|
| Parâmetro                  | Unidade   | Restrição de acesso moderada | Restrição de acesso severa |
| pH                         | -         | 6 - 9                        | 6 - 9                      |
| DBO                        | mg/L      | ≤10                          | ≤30                        |
| Turbidez                   | UNT       | ≤2                           | -                          |
| SST                        | mg/L      | 1                            | <30                        |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100mL | Não detectável               | <200                       |
| Ovos de helmintos          | Ovo/L     | <1                           | 1                          |
| Cloro residual             | mg/L      | <1                           | <1                         |
| Condutividade elétrica     | dS/m      | <0,7                         | <3,0                       |
| RAS                        | -         | <3                           | 3 – 9                      |
| SDT                        | mg/L      | <450                         | <2000                      |
| Cloreto                    | mg/L      | <106                         | <350                       |
| Boro                       | mg/L      | <0,7                         | <2,0                       |

  

|                        |   |  |  |
|------------------------|---|--|--|
| Distância de precaução | m | 70 (para poço de captação de água potável)     |  |
| Tipo de tratamento     |   | Tratamento secundário, filtração e desinfecção | Tratamento secundário, filtração e desinfecção |

Tabela 3: Padrão de qualidade para reúso urbano não potável segundo a resolução SES/SMA/SSRH Nº 01/2017 (SÃO PAULO, 2017).

Comparando a qualidade do permeado de UF (tabela 2) com uma legislação nacional (tabela 3), verifica-se que todos os parâmetros analisados neste trabalho foram atendidos, sendo que não foram abrangidos neste trabalho o boro e os ovos de helmintos. No entanto, o boro apresenta-se em concentrações baixíssimas nos

esgotos tipicamente domésticos, segundo Feigin et al (1991) a concentração desse micronutriente nos efluentes domésticos secundários situa-se entre 0 e 1 mg/L. Quanto aos ovos de helmintos, eles certamente são removidos na membrana de UF, já que ela é capaz de reter vírus, que são milhares de vezes menores que os ovos de helmintos de menor diâmetro, que possuem em torno de 30 µm (DE CARLI, 2001).

Em relação aos parâmetros que não estão dentro da faixa de retenção da UF, como condutividade elétrica, cloretos, RAS e sólidos dissolvidos totais, as concentrações deles no efluente secundário da ETE experimental já se encontravam em conformidade com o requisitado na tabela 3, pelo menos na modalidade de restrição de acesso severa.

| Parâmetros               | Unidade    | Valores limite   |         |
|--------------------------|------------|------------------|---------|
|                          |            | Virgínia         | Flórida |
| DBO5                     | mg/L       | 10               | 20      |
| Sólidos suspensos totais | mg/L       | Não especificado | 5       |
| Turbidez                 | NTU        | 2                | 2       |
| Coliformes fecais        | UFC/100 mL | 11               | 25      |

Tabela 4: Padrões de qualidade de água para reúso urbano não potável irrestrito estabelecido pelos estados da Virgínia e da Flórida – EUA (EPA, 2012).

Confrontando a qualidade do permeado, desta vez com duas legislações internacionais (tabela 4), observa-se que o filtrado da UF enquadra-se em ambas as regulamentações.

Desta forma, o permeado de UF, aplicado no pós-tratamento de efluente sanitário, atendeu aos padrões de qualidade requisitados, no tocante aos parâmetros estudados, tanto pela regulamentação nacional quanto para a internacional.

## 4 | CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A membrana de UF é eficiente na remoção de sólidos suspensos, matéria orgânica e microrganismos, nos efluentes sanitários pré-tratados em sistemas biológicos de nível secundário.

O permeado da UF, obtido no pós-tratamento de efluente sanitário, é adequado para reúso não potável no meio urbano, nas modalidades restrita e irrestrita, atendendo regulamentações tanto a nível nacional quanto internacional.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21º ed. Washington, D.C, USA. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. **Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas, 2017**. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 16/11/2017.

BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. **Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 15 out de 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> . Acesso em 03 de out. 2018.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. Ultrafiltração como processo de tratamento para o reúso de efluentes de laticínios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, Nº 2, p. 134-138, abr/jun, 2007.

CAMPINAS. **Resolução conjunta SVDS/SMS Nº 09, de 04 de agosto de 2014**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso não potável de água, provenientes de Estações de Tratamento de Esgotos (ETES) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de Campinas. Disponível em: <http://campinas.sp.gov.br/governo/meio-ambiente/resolucao-09-2014.pdf>. Acesso em: 15 out de 2018.

CONAMA. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 15 out de 2018.

DE CARLI, G. A. Parasitologia Clínica: **Seleção de Métodos e técnicas de laboratório para diagnóstico das parasitoses humanas**. Ed. Atheneu, São Paulo, 2001.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Guidelines for water reuse**. United States Environmental Protection Agency, U.S Agency for International Development: Washington, D.C, 2012.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1991.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de separação por membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

JU QUIN, J. et al. Dead-end ultrafiltration for pretreatment of RO in reclamation of municipal wastewater effluent. **Journal membrane of science**, v. 243, p. 107-113, nov, 2004.

ONU. **World Urbanization Prospects**. Estados Unidos, 2014.

PEREIRA, M. C. B.; PAULA JÚNIOR, A. C. de. Segurança hídrica nas águas do meio urbano. **Águas do Brasil**, Ed. 11, p. 39-41, dez. 2014.

SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01, de 28 de junho de 2017**. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www2.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-conjunta-ses-sma-ssrh-01-2017/>. Acesso em: 06 out de 2018.

TEIXEIRA, M. M. C. G. R. **Ultrafiltração no tratamento de águas para consume humano**.



Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade de Nova Lisboa. Lisboa, 2001.

XIA, S. et al. Pilot study of drinking water production with ultrafiltration of water from the Songhuajiang river (China). **Desalination**, v. 179, p. 369-374, jul. 2005.

XING, C. H. et al. Ultrafiltration membrane bioreactor for urban wastewater reclamation. **Journal of membrane science**, v. 177, p. 73-82, ago, 2000.

WINTGENS, T. et al. The role of membrane processes in municipal wastewater reclamation and reuse. **Desalination**, v. 178, p.1-11, jul. 2005.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 4, 5, 6, 14, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 36, 38, 53, 148, 149, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 234, 235, 236, 237, 238

Águas residuárias 63, 136, 161, 188, 193, 194, 197, 215, 216, 224, 262, 275, 277, 279, 285, 288, 289, 290, 294, 295

Aplicabilidade 23, 26, 30, 33, 37, 41, 265

### B

Balanço de massa 185, 187, 190, 191, 194

Biofiltro 110, 111, 112, 113

Biomassa 16, 111, 130, 131, 133, 134, 135, 171, 189, 216, 223, 226, 227, 231, 232, 233, 256, 257, 258, 289, 290, 294, 295

### C

Controle 18, 22, 37, 38, 44, 70, 71, 75, 79, 100, 107, 109, 111, 114, 125, 128, 130, 131, 133, 135, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 149, 157, 159, 168, 169, 173, 175, 176, 186, 197, 208, 209, 210, 236, 258, 289

### D

Desinfecção 47, 75, 79, 82, 86, 90, 91, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 196, 198, 199, 204

Diagnóstico 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 49, 52, 63, 72, 130, 131, 136

Dragagem de lodo 65, 67, 68, 69, 72

### E

Eficiência energética 13, 14, 22, 225

Efluentes não domésticos 138, 139, 140, 145, 146, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 175, 176

Efluente têxtil 205, 209, 211, 212

Efluente tratado 64, 66, 69, 70, 71, 196, 199, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 214, 274

Esgotamento sanitário 2, 4, 5, 9, 14, 24, 26, 27, 31, 32, 34, 36, 38, 51, 84, 139, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 235, 236, 237, 238, 243, 246, 247, 266, 267

Estações de tratamento de esgotos 41, 44, 49, 51, 52, 54, 62, 83, 84, 92, 138, 139, 169, 186, 197, 257

### F

Filtro biológico percolador 55, 59, 158, 160, 161, 163, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286

Flotação 177, 178, 179, 180, 183, 184

### I

Indicadores 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 47, 73, 80, 81, 86, 87, 92, 115, 116, 123, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 243, 244, 245, 274

Indústria de calçados 75, 77, 78, 81, 82

## L

Lagoa de estabilização 64  
Lagoas de polimento 158, 159, 160, 165, 166  
Lodo biológico 64, 73, 133, 257, 266, 268, 271  
Lodo de esgoto 226, 227, 232, 256, 258, 259, 262, 264, 265  
Lodos ativados 62, 65, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 176, 198, 218, 276, 279, 287, 289, 295

## M

Máquina anfíbia 266, 267, 270, 271, 272, 273  
Material orgânico 203, 276, 277, 278, 294  
Maus odores 125, 126, 127, 128, 130, 131, 133, 134, 135  
Membranas ultrafiltrantes 93, 95, 97, 99, 101, 105, 106  
Mercado livre de energia 13, 19, 21, 22  
Metano dissolvido 185, 189, 190, 191, 192  
Modelagem hidráulica 149, 157  
Monitoramento 4, 29, 38, 47, 67, 79, 80, 81, 96, 99, 106, 111, 116, 117, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 167, 168, 171, 173, 174, 175, 176, 196, 199, 203, 204, 220, 236, 267, 282, 287, 289, 290, 291, 292

## N

Nutrientes 90, 122, 123, 158, 159, 160, 185, 186, 215, 216, 217, 218, 223, 276, 278, 279, 287, 288, 289, 295

## P

Plano municipal de saneamento básico 23, 24, 25, 37, 38, 140, 168, 169  
Poluentes 52, 65, 93, 95, 106, 140, 158, 160, 169, 197, 206, 215, 216, 258, 262, 287, 288, 289  
Poluição industrial 139, 171  
Pré-dimensionamento 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63  
Problemas ambientais 216, 227, 287, 288

## Q

Qualidade da água 44, 47, 63, 65, 80, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 106, 107, 115, 123, 138, 140, 197, 204, 244, 270, 289

## R

Reator UASB 55, 59, 70, 79, 83, 112, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 163, 164, 185, 187, 188, 190, 191, 194, 228, 259, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285  
Recursos hídricos 34, 41, 42, 43, 49, 62, 65, 76, 116, 141, 147, 148, 149, 176, 185, 188, 197, 215, 278  
Rede coletora de esgoto 32, 242, 246, 249  
Redução de custos 13, 14  
Remoção de lodo 64, 66, 67, 71, 72, 73, 266, 267, 268, 270, 272  
Remoção de nutrientes 158, 160, 215, 216, 217

Reúso não potável 42, 48, 49, 75, 77, 83  
Reúso urbano 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 81

## S

Saneamento ambiental 12, 22, 63, 266, 267, 286  
Saneamento básico 1, 4, 9, 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 51, 53, 61, 62, 63, 108, 110, 116, 140, 147, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 238, 239, 244, 245, 275  
Sistema de gestão ambiental 84, 85, 91  
Sustentabilidade 1, 2, 8, 11, 35, 36, 37, 39, 111, 160, 169, 226, 263, 296

## T

Taxa de recirculação 162, 177, 180, 181, 182, 183  
Toxicidade 174, 184, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212  
Tratamento de água 10, 15, 57, 62, 93, 94, 95, 96, 105, 107, 108, 177, 178, 179, 183, 264  
Tratamento de efluente doméstico 64  
Tratamento de lodo 266

## U

Ultrafiltração 41, 42, 44, 49, 93, 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108  
Universalização 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 27, 38, 51, 53, 62

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**