

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA SANITÁRIA**



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA SANITÁRIA**



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
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  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
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/UFGA  
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia 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  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
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



## Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-225-5

<https://doi.org/10.22533/at.ed.255213006>

1. Engenharia sanitária. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

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

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Sanitária” é composto por dezesseis capítulos de livros que foram organizados e divididos em duas grandes áreas: (i) geração, reuso, reciclagem, reaproveitamento e disposição final de resíduos líquidos e sólidos e (ii) gestão de recursos hídricos e saneamento básico (rural e urbano).

O primeiro é composto por nove trabalhos que apresentam temáticas em voga na atualidade, entre os quais: i) descarte inadequado de medicamentos na rede coletora de esgoto residencial; ii) aproveitamento de resíduos da construção civil; iii) avaliação de áreas destinadas a disposição final de resíduos sólidos; iv) a importância da gestão de resíduos sólidos; v) reutilização de esgoto com vistas a sua utilização; vi) o uso de biotecnologia e biomassas de origem vegetal para remoção de contaminantes presentes em diferentes compartimentos aquáticos; vii) proposta de implantação de sistemas de tratamento de águas residuais provenientes de uma usina de materiais recicláveis e viii) estudo de viabilidade financeira do emprego de tratamento térmico de resíduos sólidos provenientes de áreas urbanas.

A segunda grande área apresenta sete trabalhos que apresentam temas, entre os quais: i) a importância da melhor gestão de águas da América Latina e do Caribe; ii) estudo de dimensionamento de drenagem de águas pluviais em área urbana; iii) a importância de se pensar o saneamento rural e urbano em áreas públicas e privadas e iv) estudo de caso de formação de ilhas de calor em áreas urbanas situadas em regiões com alta densidade demográfica. Todos os trabalhos presentes neste e-book procuram evidenciar e chamar a atenção para um problema que afeta a sociedade atual e comprometerá a sobrevivência das gerações vindouras: o excesso de resíduo gerado e depositado no ambiente e falta de recursos hídricos para os diversos usos pela humanidade.

Diante disso, a sociedade atual precisa voltar os olhos para a mudança de práticas e hábitos que comprometem e assolam a humanidade nos tempos atuais e que comprometerá a sobrevivência da espécie humana, podendo ocasionar sua extinção. Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais proporcionar que pesquisadores não só do Brasil, mas de diferentes países possam contribuir com o conhecimento científico que leve a sociedade a se informar e formar uma consciência coletiva em relação à harmonia entre homem e natureza. Para isso, a editora trabalha em prol de buscar a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1 por meio da divulgação de trabalhos em diferentes plataformas digitais e acessíveis de forma gratuita a todos os interessados.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A DELICADA E PROBLEMÁTICA RELAÇÃO ENTRE O USO E O DESCARTE INADEQUADO DE MEDICAMENTOS**

Camila de Mello de Micheli  
Talia Rebelatto Dambros  
Fabiana Regina Grigolo Luczkiewicz  
Valdir Eduardo Olivo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130061>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO EM USINA DE BRITAGEM EM PORTO VELHO – RO: UM ESTUDO DE CASO NA PRS RECICLADORA**

Eveline Galvan  
Marcela Barbosa de Moraes  
Márcio Augusto Sousa Silva  
Raimundo Amorim Duarte Neto  
Priscylla Lustosa Bezerra  
Naraíel Pereira Ferrari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130062>

### **CAPÍTULO 3..... 22**

#### **AVALIAÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CONTAGEM – MG COM BASE NO ÍNDICE IQR**

Bruno da Silva Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130063>

### **CAPÍTULO 4..... 35**

#### **GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E ROTAS DE TRATAMENTO: UM PANORAMA DO BRASIL E DO MUNDO**


Gustavo Henrique Faria de Araújo  
Liséte Celina Lange  
Vitor Alvarenga Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130064>

### **CAPÍTULO 5..... 50**

#### **DIRETRIZES PARA OBTENÇÃO DE POTABILIDADE DIRETA ATRAVÉS DO REUSO DO ESGOTO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Nayhara Araújo Augusto do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130065>

### **CAPÍTULO 6..... 73**

#### **APLICAÇÃO DE ENZIMAS PEROXIDASES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES**

## CONTAMINADOS COM FENOL: UMA REVISÃO

Mariana Gomes Oliveira  
Júlia Nercolini Göde  
Taciana Furtado Ribeiro  
Tháís Agda da Cruz Primo  
Renata Bulling Magro  
Lucas de Bona Sartor  
Emili Louise Diconcilli Schutz  
Alvaro João Zonta Neto  
Cristiane Gracieli Kloth  
Everton Skoronski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130066>

## **CAPÍTULO 7..... 80**

### POTENCIALIDADES DA CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVENTE DE CONTAMINANTES PRESENTES EM MATRIZES AQUÁTICAS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Bruno Elias dos Santos Costa  
Nivia Maria Melo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130067>

## **CAPÍTULO 8..... 92**

### PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA UNIDADE DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NO MUNICÍPIO DE TRINDADE, GOIÁS

Ana Luiza Duarte de Abreu  
Rosana Gonçalves Barros  
Sandro Moraes Pimenta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130068>

## **CAPÍTULO 9..... 111**

### VIABILIDADE FINANCEIRA, BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS COM O TRATAMENTO TÉRMICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NOS MUNICÍPIOS OPERADOS PELA SABESP NA RMSP

Rodrigo Chimenti Cabral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130069>

## **CAPÍTULO 10..... 142**

### ESTUDO DE CASO: DIMENSIONAMENTO DE MICRODRENAGEM PARA UMA REGIÃO DO CENTRO DO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO- RS

Luana dos Santos Pinheiro  
José Carlos Alves Barroso Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300610>

## **CAPÍTULO 11..... 157**

### SANEAMENTO RURAL NO ESTADO DO PARÁ: PANORAMA, GESTÃO E TECNOLOGIAS

## ALTERNATIVAS PARA MUNICÍPIOS COSTEIROS

Hyago Elias Nascimento Souza

Eduardo Ribeiro Marinho

Carlos José Capela Bispo

Elzelis Muller da Silva

Antônio Pereira Júnior

Aline Souza Sardinha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300611>

## **CAPÍTULO 12..... 170**

### ANÁLISE DOS IMPACTOS OCACIONADOS PELA FALTA DE SANEAMENTO EM TRECHO ANTROPORIZADO DO RIO SALGADO

Nyanne Maria Gonçalves Leite

Maria Isabel Ferreira dos Santos

Layane Moura Rodrigues

Guilherme Rodrigues Gomes

Rafael Roberto da Silva

Antonio Rondinely da Silva Pinheiro

Luan Alves Furtado

Jully Samara Ferreira de Carvalho

Maíra da Mota Gomes

Edilaine Araújo de Moraes

George do Nascimento Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300612>

## **CAPÍTULO 13..... 180**

### DESARROLLO HUMANO Y AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: HACIA LA GESTIÓN REGIONAL DEL AGUA

José Luis Montesillo-Cedillo

Miguel Angel Cruz-Vicente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300613>

## **CAPÍTULO 14..... 191**

### INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES CONDOMINIAIS DE ESGOTOS SANITÁRIOS: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICO E PRIVADO

Maria Teresa Chenaud Sá de Oliveira

Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300614>

## **CAPÍTULO 15..... 202**

### USO DE MODELAGEM ESTOCÁSTICA PARA AVALIAR O IMPACTO DA GESTÃO DA DEMANDA

Vanessa Silva Santos

Bruna Katarina Pereira de Azevedo

Anderson de S. M. Gadéa


Eduardo Cohim

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300615>

**CAPÍTULO 16.....212**

**ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR EM BAIROS ADJACENTES – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DO RECIFE**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Giselle de Freitas Siqueira Terra  
Sérgio de Carvalho Paiva  
Raphael Henrique dos Santos Batista  
Camilla Borges Lopes da Silva  
Julia Ximenes Botelho de Melo  
Laura Grazielly Silva Candeias  
Ana Beatriz Lima de Albuquerque  
Marianna Dayane Alves de Souza dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300615>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....221**

**ÍNDICE REMISSIVO.....222**

## DIRETRIZES PARA OBTENÇÃO DE POTABILIDADE DIRETA ATRAVÉS DO REUSO DO ESGOTO

*Data de aceite: 23/06/2021*

**Eduardo Antonio Maia Lins**

Universidade Católica de Pernambuco  
UNICAP  
Instituto Federal de Pernambuco – IFPE  
Campus Recife

**Nayhara Araújo Augusto do Nascimento**

Universidade Católica de Pernambuco

**RESUMO:** A escassez da água potável ou o seu encarecimento devido às dificuldades de obtenção em determinadas regiões colocou em pauta a discussão a respeito do reuso da água. As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, devem, sempre que possível, serem consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água. Portanto, é de fundamental importância estudar o uso de tecnologias eficientes na produção de águas de reuso com elevado grau de pureza. Tomou-se como iniciativa os estudos no efluente tratado da unidade ETE Janga, para possíveis reusos diretos locais, bem como gerar alternativa paralela de abastecimento na localidade. Os parâmetros a serem analisados inicialmente para caracterização dos efluentes da ETE Janga e desenvolvimento de estudos para o reuso direto dos efluentes com intensões de abastecimento

serão a demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, cloretos, coliformes termotolerantes, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais. As análises realizadas para o período de 1 ano (agosto de 2017 a 2018) mostraram que a estação removeu valores máximos de 93,5% e mínimos de 81,7% para a DQO; máxima de 96,6% e mínima de 87,6% para DBO e 99,9% de coliformes termotolerantes em determinados meses, porém, em situação crítica, os padrões de lançamento superam casas de 106 UFC/mL, fato este que interfere no uso da água para reuso. O principal objetivo da desinfecção de esgotos é destruir os patogênicos entéricos, que podem estar presentes no efluente tratado, para tornar a água receptora segura para o uso posterior. Foi possível constatar que os métodos de desinfecção de lagoas de maturação, cloração, dióxido de cloro e ozonização apresentam empecilhos que os tornam obsoletos em relação a tecnologias mais recentes como a radiação UV.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso, Esgoto, Eficiência.

**ABSTRACT:** The scarcity of drinking water or its increase due to the difficulties of obtaining it in certain regions brought up the discussion about the reuse of water. Lower quality waters, such as sewage, should, whenever possible, be considered as alternative sources for less restrictive uses. The use of appropriate technologies for the development of these sources, today constitutes, in conjunction with the improvement of the efficiency of the use and the control of the demand, in the basic strategy for the solution of the problem of the universal lack of water. Therefore, it is of fundamental importance



to study the use of efficient technologies in the production of reuse waters with a high degree of purity. It was taken as an initiative the studies in the treated effluent of the ETE Janga unit, for possible local direct reuse, as well as to generate a parallel alternative of supply in the locality. The parameters to be analyzed initially for the characterization of ETE Janga effluents and development of studies for the direct reuse of effluents with supply intensities will be the chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, chlorides, thermotolerant coliforms, total dissolved solids and suspended solids. totals. The analyzes carried out for the period of 1 year (August 2017 to 2018) showed that the station removed maximum values of 93.5% and minimum values of 81.7% for COD; maximum of 96.6% and minimum of 87.6% for BOD and 99.9% of thermotolerant coliforms in certain months; use of water for reuse. The main purpose of sewage disinfection is to destroy enteric pathogens, which may be present in the treated effluent, to make the receiving water safe for later use. It was possible to verify that the methods of disinfecting ponds of maturation, chlorination, chlorine dioxide and ozonation present obstacles that make them obsolete in relation to more recent technologies such as UV radiation.

**KEYWORDS:** Reuse, Sewage, Efficiency.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Martins (2003) três quartos da superfície da Terra são cobertos por água, correspondendo a 354.200 Km do planeta, formados por oceanos, rios, lagos, pântanos, manguezais, geleiras e as calotas polares. Dos 1.386 milhões de Km<sup>3</sup> de água apenas 2,5% desse total são de água doce, sendo que 68,9% estão na forma de geleira, significando que apenas 0,3% de toda água da Terra está acessível e pode ser consumida direto da natureza. A água, em estado líquido é componente essencial para os seres vivos, presente nos animais, nas plantas e no ser humano, como fluxos microscópicos. “A degradação da água tem efeitos dramáticos sobre a fauna, a flora e a saúde do homem. O desinteresse sobre a poluição da água favorece a contaminação alarmante dos lençóis subterrâneos, dos rios e das águas costeiras” (GEO MÚNDI, 2007).

A escassez da água potável ou o seu encarecimento devido às dificuldades de obtenção em determinadas regiões colocou em pauta a discussão a respeito do reuso da água. Ainda não existe uma legislação que regulamente os parâmetros para tratamento da água para reuso, onde o mercado adotou os critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 13.969 de setembro de 1997.

Sabendo que a água é um elemento imprescindível à vida, é necessário que se adotem medidas para garantir, tanto quanto possível, suas características químicas e biológicas, a fim de que seja própria para o consumo humano e animal. Esta água deve ser isenta de contaminantes, além de apresentar certos requisitos de ordem estética. Entre os contaminantes biológicos são citados os organismos patogênicos compreendendo bactérias, vírus, protozoários e helmintos, que veiculados pela água podem ser ingeridos e parasitar o organismo humano ou animal (BRANCO, 1974).

O conceito de “substituição de fontes” se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”.

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, devem, sempre que possível, serem consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

Por exemplo, nas regiões áridas e semiáridas, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, tendo em vista a ausência de chuvas e, portanto, a pouca disponibilidade de reservas de água doce. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos, procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível (HESPANHOL, 2002). Além disso, o esgotamento progressivo das reservas de água potável e/ou os altos custos de mobilização de novos mananciais, localizados a grandes distâncias dos centros consumidores, levou muitas empresas de saneamento básico a considerar tecnologias de filtração por membranas para reciclar águas residuárias (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 1990)

No que diz respeito ao reuso, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) considera que se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos; além disso, reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade, como também, diminui os custos associados à poluição, contribuindo para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Portanto, é de fundamental importância estudar o uso de tecnologias eficientes na produção de águas de reuso com elevado grau de pureza. Este estudo tomou como iniciativa uma avaliação no efluente tratado da unidade ETE Janga, para possíveis reusos diretos locais, bem como gerar alternativa paralela de abastecimento na localidade.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Local de Estudo e Estrutura

A ETE Janga está situada na Avenida E, S/N Maranguape II – Paulista/PE, a margem do Rio Timbó, tendo sido construída no período de 1965 a 1967. A estação de tratamento recebe contribuições da bacia Janga, com uma área de 29m<sup>2</sup>, abrangendo os seguintes bairros: Ouro Preto, Bairro Novo, Bom sucesso, Monte, Amaro Branco, Bultrins, Alto da Nação, Jd. Atlântico, Casa Caiada, Fragoso, Rio Doce, Jd. Maranguape, Maranguape I, Maranguape II, Alameda Paulista, Janga, Pau Amarelo, Engenho Maranguape, e Nossa Senhora da Conceição (Figura 1). Os esgotos são predominantemente de esgotos domésticos e sua população é de nível médio. Desta forma, a estação de tratamento recebe contribuição de vinte e três elevatórias de esgotos domésticos, situadas no município de Olinda e Paulista.

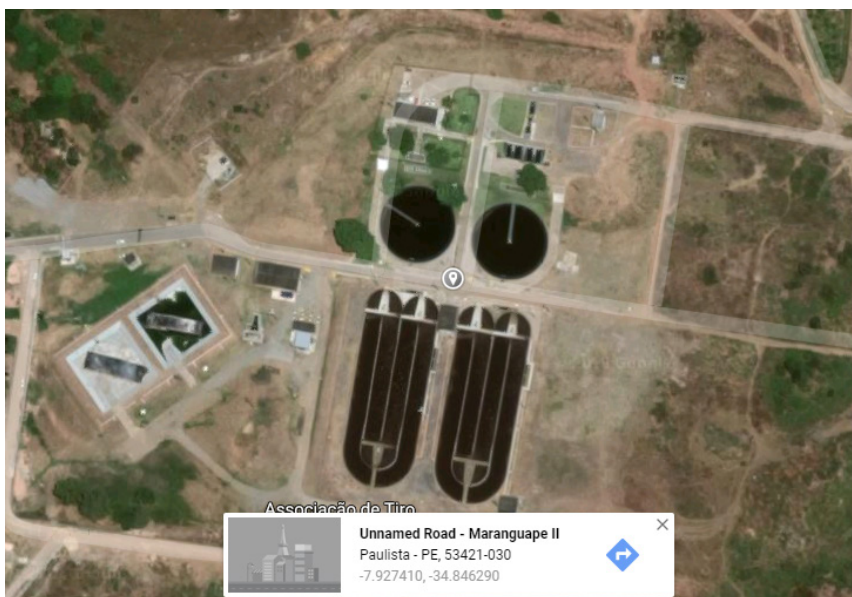


Figura 1: Estação de tratamento Janga.

Fonte: Google Maps (2020).

A estação de tratamento de Janga foi projetada para tratar 400l/s, com o atendimento de uma população de 160.000 habitantes, com contribuição orgânica de média 30,24g D.B.O./hab.dia, com carga orgânica total de 4838kg D.B.O./dia e 95% de eficiência na remoção de D.B.O na ETE.

O processo da estação de tratamento de Janga (Figura 2) é de lodo ativado por aeração prolongada, na qual são empregados tanques de aeração do tipo fluxo orbital (ou do

tipo carrossel), tratamento exclusivamente de natureza biológica, onde a matéria orgânica é depurada, por meio de colônias de microrganismos heterogêneos específicos, na presença de oxigênio (processo exclusivamente aeróbio). Essas colônias de microrganismos formam uma massa denominada de lodo (lodo ativo, ativado ou biológico).

As instalações encontradas na Estação de Tratamento de esgoto de Janga são compostas por:

- Calha parshall;
- Grades de barras;
- Caixa de areia;
- Caixa de distribuição dos valos de oxidação;
- Valos de oxidação;
- Decantadores secundários;
- Estação elétrica;
- Skids de lodo;
- Lagoas de desidratação;
- Elevatória do efluente líquido das lagoas de desidratação;
- Elevatória de recirculação de lodo.

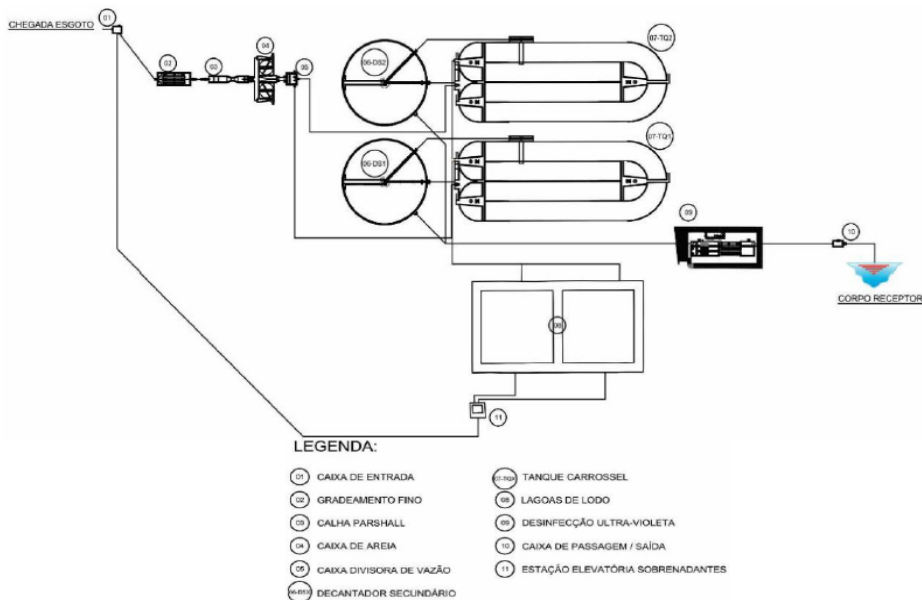


Figura 2: Fluxograma estação de tratamento Janga.

Fonte: BRK AMBIENTAL (2017).

O canal afluente com medidor de vazão tipo calha parshall está localizada no início, logo após a caixa de chegada das tubulações de recalque das elevatórias que contribuem para a estação de tratamento, a calha parshall tem como finalidade medir e indicar para o registrador as vazões instantâneas afluentes a ETE, bem como, indicar a totalização das vazões, sendo operada em queda livre, sem afogamento.

O sistema de gradeamento se compõe de 1 (uma) grade de barras, tendo como finalidade a remoção de sólidos grosseiros lançados indevidamente, nas instalações prediais e nos coletores de esgotos de rede pública, constituindo junto com as caixas de areia, as unidades do tratamento preliminar dos esgotos da estação de tratamento de esgoto de Janga.

As 2 (duas) caixas de areia ou desarenadores são iguais, tendo por finalidade reter e remover detritos minerais inertes e pesados, que se encontram nos esgotos (areia, entulhos, seixos, partículas de metal, etc.) de modo a evitar a abrasão nos equipamentos e nas tubulações, eliminando ou reduzindo a possibilidade de obstrução nas unidades de tratamento subsequentes, nos dispositivos de manobras, de transporte de esgotos e de lodo, bem como, evitar a deposição de areia em locais de baixa velocidade do fluxo.

Os 2 (dois) valos de oxidação são iguais, onde o esgoto é submetido a um processo de aeração onde ocorre a oxidação biológica promovendo o crescimento de flocos biológicos e conseqüentemente a redução da DBO (Demanda bioquímica de Oxigênio). O esgoto bruto é enviado ao tanque de aeração, contendo uma população microbiana, ao qual é fornecido um percentual de oxigênio, através de aeradores de fluxo orbital.

Os decantadores secundários são iguais, a biomassa floculada sedimenta deixando o líquido clarificado visualmente, livre de sólidos em suspensão, e subseqüentemente é descartado como esgoto tratado. Os novos microrganismos formados (lodo em excesso) que são produzidos no processo de lodos ativados podem ser removidos do compartimento de sedimentação de forma a manter a quantidade de lodo em um valor projetado. Esse lodo decantado pode ser descartado para um sistema de desaguamento ou retornado para os valos de oxidação, mantendo o nível de biomassa adequado para o processo, sendo fundamental para a tratabilidade do efluente.

As lagoas de desidratação de lodo, comportam 2 (dois) geobags, sistema de alta resistência para confinamento e desidratação de material com alto teor de umidade. Os geobags fazem parte de um processo de filtragem de lodo e separação dos resíduos sólidos, que depois de completamente drenados, ficam retidos e destinados para o aterro sanitário, com teor de sólidos de 30% a 35% de massa seca.

Além da desidratação de lodo nos geobags, a unidade possui dois SKIDS que fazem parte de um processo de centrifuga de lodo e separação dos resíduos sólidos, que auxiliam no volume de descarte diário da unidade.

## 2.2 Análises do efluente

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos. A característica dos esgotos é em função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social, econômica, e hábitos da população. No projeto de uma estação de tratamento, normalmente não se determina os diversos compostos dos quais a água residuária é constituída, pela dificuldade em se conhecer exatamente o efluente, já que este constante sofre alterações em função do que se deseja nele. Assim, é preferível a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do despejo em questão. Tais parâmetros definem a qualidade do esgoto, podendo ser divididos em três categorias: parâmetros físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 1995).

O tratamento dos esgotos sanitários antes de seu lançamento em qualquer corpo hídrico tem como objetivo: prevenir e reduzir a disseminação de doenças transmissíveis causadas pelos microrganismos patogênicos; conservar as fontes de abastecimento de água para uso doméstico, industrial e agrícola; manter as características da água necessária à piscicultura; fazer a manutenção das águas para banho e outros propósitos recreativos; preservar a fauna e a flora aquáticas.

Na unidade Janga (Figura 3), os seguintes parâmetros são fundamentais para a operação do processo de lodos ativados, e garantia de 90 a 95% de eficiência em remoção de carga orgânica.

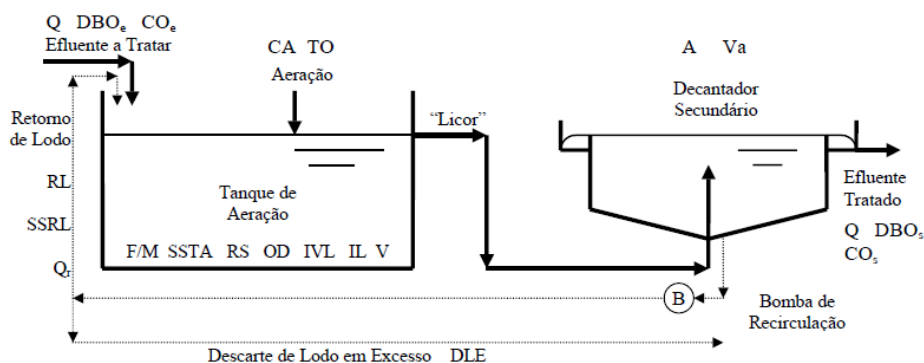


Figura 3 – Fluxograma do sistema de lodo ativado.

Fonte: Os autores.

Os parâmetros a serem analisados inicialmente para caracterização dos efluentes da ETE Janga e desenvolvimento de estudos para o reuso direto dos efluentes com intensões

de abastecimento serão a demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, cloretos, coliformes termotolerantes, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto

Para a implantação deste projeto, analisou-se os efluentes na entrada e saída da estação, pelo período de 1 (um) ano com coletas e análises mensais, constatando assim que o efluente da estação é ideal para essa atividade, pois necessitaria de pequenas adequações posteriores ao tratamento convencional para adequação a potabilidade esperada. As análises de entrada e saída da ETE Janga estão ilustradas nas Figuras 4 a 9.

As análises realizadas para o período de 1 ano (agosto de 2017 a 2018) mostraram que a estação removeu valores máximos de 93,5% e mínimos de 81,7% para a DQO (Figura 4); máxima de 96,6% e mínima de 87,6% para DBO (Figura 5) e 99,9% de coliformes termotolerantes em determinados meses, porém, em situação crítica, os padrões de lançamento superam casas de 106 UFC/mL (Figura 6), fato este que interfere no uso da água para reuso. O principal objetivo da desinfecção de esgotos é destruir os patogênicos entéricos, que podem estar presentes no efluente tratado, para tornar a água receptora segura para o uso posterior.

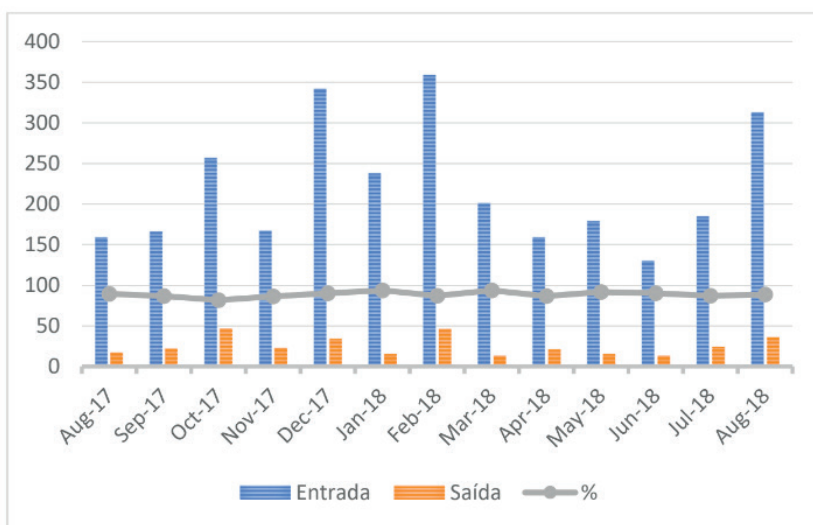


Figura 4: Análise da DQO na Entrada e Saída do Sistema.

Fonte: Os autores.

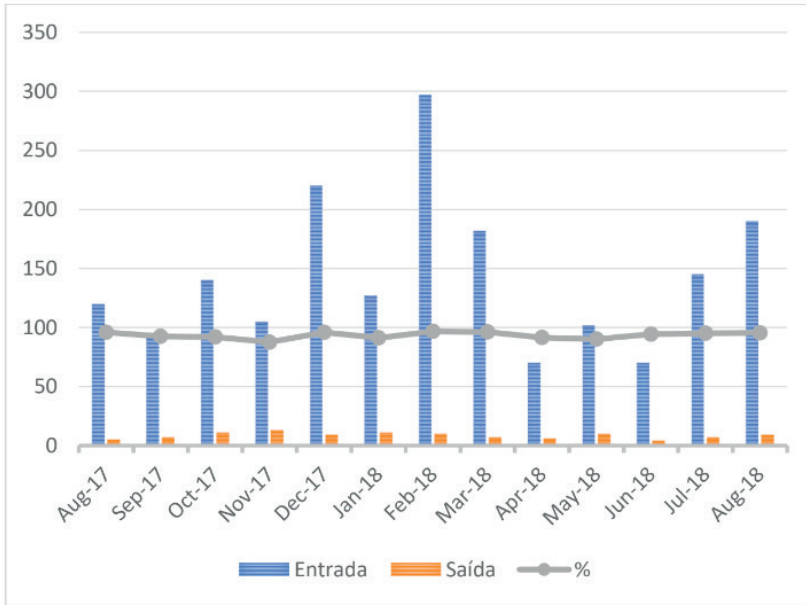


Figura 5: Análise da DBO na Entrada e Saída do Sistema.

Fonte: Os autores.

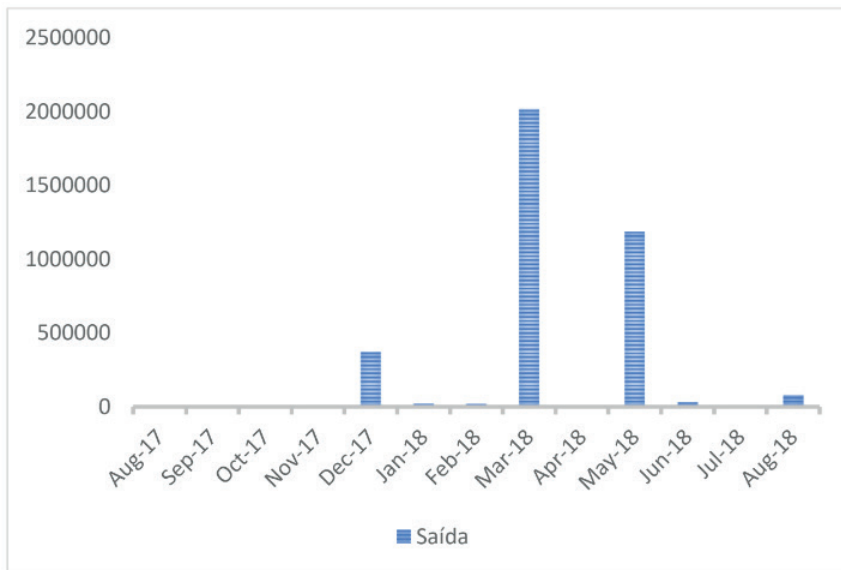


Figura 6: Análise dos Coliformes Termotolerantes na Saída do Sistema.

Fonte: Os autores.

As concentrações de sólidos em suspensão são medidas importantes no controle de decantadores e outras unidades de separação de sólidos. Constituem parâmetro utilizado em análises de balanço de massa. O excesso de sólidos dissolvidos pode levar a graves



problemas de salinização do solo. A presença de sólidos dissolvidos relaciona-se também com a condutividade elétrica da água.

Deve-se salientar que a determinação das frações de sólidos é muito mais recomendada para águas fortemente poluídas e esgotos do que para águas limpas. Pouco são usadas nas estações de tratamento de água para abastecimento público, exceto as mais modernas que recuperam águas de lavagem de filtros e tratam e destinam adequadamente os lodos separados nos decantadores.

De acordo com as Figuras 7 e 8, observa-se altos valores de sólidos dissolvidos e suspensos na entrada da estação tendo uma remoção bem eficiente em sua saída baseado em sistemas físicos de decantação. Porém, para alguns meses os sólidos dissolvidos encontram-se altos e acima dos padrões de entrada, fato este que pode ser justificado pela necessidade de manutenção de algumas etapas físicas e químicas.

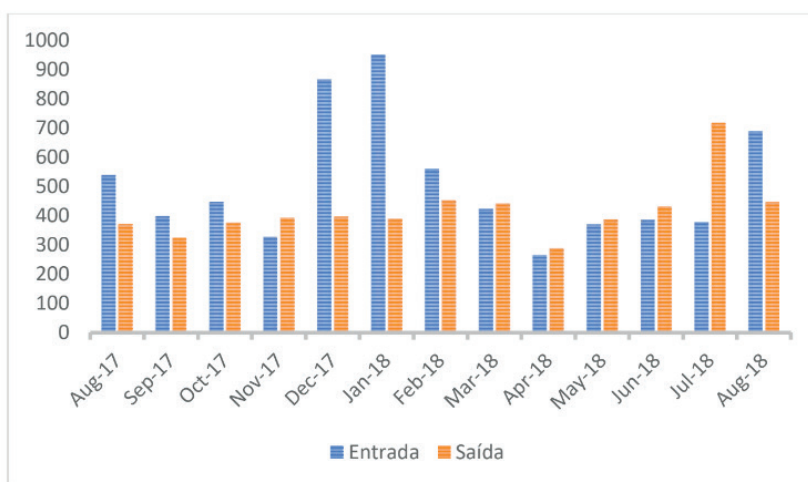


Figura 7: Análise dos Sólidos Dissolvidos Totais na Entrada e Saída do Sistema.

Fonte: Os autores.

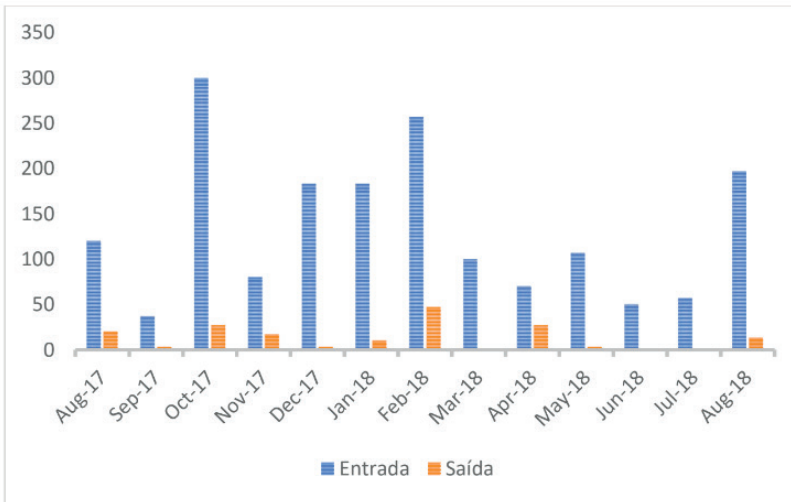


Figura 8: Análise dos Sólidos Suspensos Totais na Entrada e Saída do Sistema.

Fonte: Os autores.

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1.469 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor “salgado” na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade (CETESB, 2010). O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (SPERLING, 2005). A Figura 9 apresenta baixos valores de cloreto em sua saída, significando que o sistema é eficiente para este parâmetro. Observou-se na entrada da estação para os meses de dezembro e janeiro altos valores na entrada da estação.

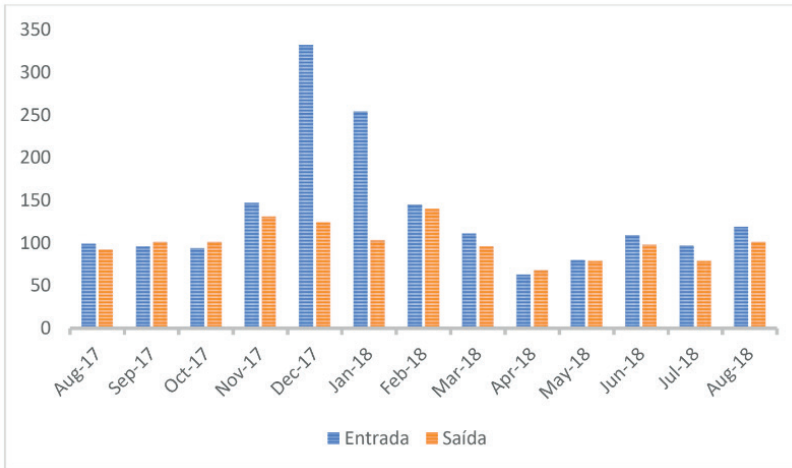


Figura 9: Análise do Cloreto na Entrada e Saída do Sistema.

Fonte: Os autores.

De um modo geral sabe-se que o risco de contaminação está relacionado ao fato de que os esgotos contêm uma série de organismos patogênicos que são excretados juntamente com as fezes de indivíduos infectados. Até mesmo os esgotos tratados em processos convencionais, como reatores anaeróbios, lodos ativados, filtros biológicos etc., podem contaminar fontes de água para abastecimento público, uso recreacional, irrigação de culturas, dessedentação de animais etc. Isso acontece porque os processos de tratamento de esgotos não são suficientemente eficientes na remoção de microrganismos patogênicos. Nesse sentido a desinfecção dos esgotos deve ser considerada quando se pretende reduzir os riscos de transmissão de doenças infecciosas, quando a probabilidade de ocorrer o contato humano, direto ou indireto, com as águas contaminadas (CHERNICHARO et al, 1999).

Os organismos patogênicos de maior preocupação, quando o homem é exposto a ambientes contaminados com esgotos são as bactérias e os vírus entéricos, além dos parasitas intestinais. Uma grande variedade destes organismos está sempre presente em todos os esgotos de origem doméstica, sendo que a sua transmissão para o homem pode ocorrer das seguintes formas:

- Ingestão direta de água não tratada.
- Ingestão direta de água tratada. Nesse caso, pressupõe-se alguma falha no sistema de tratamento ou de distribuição de água.
- Ingestão de alimentos infectados com patógenos presentes em águas contaminadas.
- Penetração resultante do contato da pele com a água contaminada.

## 3.2 Necessidade da Desinfecção dos Efluentes Tratados

Com o conhecimento adquirido das eficiências de tratamento da unidade ETE JANGA, bem como características de remoção de nutrientes e patógenos, faz-se necessário buscas por tecnologias adequadas que enquadrem o efluente final para torná-lo potável e garantir o abastecimento de forma segura. Sabendo que, o processo de desinfecção de esgotos é uma prática que busca inativar seletivamente espécies de organismos, principalmente aquelas que ameaçam a saúde humana, observando os padrões de qualidade estabelecidos para diferentes situações (GONÇALVES et al. 2003).

Gonçalves et al. (2003), afirma que a transmissão dos patógenos pode ser facilitada pelos seguintes fatores: alta carga excretada; baixa dose infectante; baixa imunidade; sobrevivência prolongada no meio ambiente; inexistência de período de latência no meio ambiente; existência de reservatório animal; inexistência de hospedeiros intermediários; resistência aos processos de tratamento de água e esgotos; múltiplos modos de transmissão.

A desinfecção refere-se a destruição seletiva desses organismos causadores de doenças, sem que seja necessária a eliminação de todos os organismos. É usualmente conseguida pelo uso de agentes químicos e físicos; meios mecânicos e radiação. Existem quatro mecanismos propostos para explicar a ação dos desinfetantes: danificação da parede celular; alteração da permeabilidade da célula; alteração da natureza coloidal do protoplasma e inibição da atividade enzimática. (METCALF & EDDY, 1991). Segundo METCALF & EDDY (1991), para se conseguir uma desinfecção efetiva, os seguintes fatores principais devem ser considerados: tempo de contato, concentração, tipo, intensidade e natureza dos agentes químico e físico, temperatura, número e tipo de microrganismos e natureza do líquido.

Há muitos fatores que influenciam na eficiência da desinfecção, destacando-se as características físicas, químicas e biológicas da água a ser desinfetada, o tipo e dosagem do desinfetante e o tempo de contato. Portanto para cada tipo de efluente há um agente que melhor se adapta para o seu tratamento.

A desinfecção de esgotos sanitários não visa à eliminação total de microrganismos (esterilização), conforme ocorre na medicina e na indústria de alimentos. Desinfetar esgotos é uma prática que busca inativar seletivamente espécies de organismos presentes no esgoto sanitário, em especial aquelas que ameaçam a saúde humana, em consonância com os padrões de qualidade estabelecidos para diferentes situações. Os mecanismos envolvidos na desinfecção dos organismos patogênicos podem ser reunidos em grupos (DANIEL, 2001):

- a) Destruição ou danificação da parede celular, do citoplasma ou do núcleo celular. O agente desinfetante atua sobre os componentes dessas estruturas celulares, impedindo que desenvolvam suas funções elementares adequadamente.
- b) Alteração de importantes compostos envolvidos no catabolismo, como enzimas e

seus substratos, alterando o balanço de energia na célula.

c) Alteração nos processos de síntese e crescimento celular, mediante alteração de funções como a síntese de proteínas, de ácidos nucléicos e coenzimas.

A desinfecção pode, segundo Gonçalves et al. (2003), ser realizada por meio de processos artificiais ou naturais, sendo que ambos utilizam, isoladamente ou de forma combinada, agentes físicos e químicos para inativar os organismos. Os processos artificiais envolvem a cloração e/ou descloração, ozonização, radiação ultravioleta (UV) e outros desinfetantes alternativos como o permanganato de potássio, as cloraminas, o ácido peracético etc. Já a desinfecção natural é realizada por meio de lagoas de estabilização ou disposição controlada no solo. Esses processos podem ser visualizados de forma simplificada com o esquema abaixo.

Ainda de acordo com Gonçalves et al. (2003), tanto os processos artificiais como os naturais utilizam, isoladamente ou de forma combinada, agentes físicos e químicos para inativar os organismos-alvo. No caso dos processos naturais, há, ainda, o concurso de agentes biológicos na inativação de patógenos.

Entre os agentes físicos pode-se citar a transferência de calor (aquecimento ou incineração), as radiações ionizantes, a radiação UV e a filtração em membranas. O aquecimento é uma técnica reconhecidamente eficiente na desinfecção de águas, mas não encontra aplicação prática no tratamento de esgotos, por ser extremamente antieconômica até mesmo em pequena escala.



Figura 10. Processos de desinfecção.

Fonte: Gonçalves et al. (2003).

As radiações ionizantes do tipo gama, também em função dos custos envolvidos, restringem-se a aplicações de pequena escala. No tocante à radiação ultravioleta, suas aplicações experimentam aceitação crescente, tanto pela técnica de solarização, que

utiliza a luz solar para a potabilização de águas em pequena escala, quanto por reatores que geram artificialmente a radiação ultravioleta.

A filtração em membranas já integra o fluxograma de algumas estações de tratamento de esgotos e experimenta crescente aplicação devido à redução de preço das membranas. A desinfecção química é realizada pela aplicação de compostos do grupo fenólico, álcoois, halogênios e metais pesados. Os agentes químicos mais utilizados na desinfecção de esgotos são cloro, dióxido de cloro e ozônio.

Nos processos naturais, além dos agentes químicos e físicos naturalmente presentes, a ação de predação ou competição de outros organismos resulta na inativação de patógenos. O desempenho de determinado processo de desinfecção depende diretamente da resistência específica dos diferentes organismos patogênicos ao agente desinfetante (cinética de decaimento), bem como da maneira pela qual ocorre o escoamento do líquido em seu interior (comportamento hidrodinâmico). No que se refere ao primeiro aspecto, sabe-se que os organismos presentes no esgoto possuem sensibilidades diferentes à qualidade (tipo) e à quantidade (dose) dos diversos agentes desinfetantes. Mesmo que determinado produto desinfetante seja fornecido em quantidade suficiente à inativação de determinada espécie de organismo, é fundamental que o contato entre o desinfetante e os organismos ocorra de forma adequada.

Como nível de qualidade para águas destinadas ao abastecimento, foram adotados os estipulados pela CONAMA nº 357 (2005) e MS 2914 (2011), referentes aos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, bem como o índice de qualidade das águas (IQA). O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Os parâmetros de maior relevância estão apresentados na tabela 1.

As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões	
Materiais flutuantes	Virtualmente ausentes
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes
Substâncias que comuniquem gosto ou odor	Virtualmente ausentes
Corantes provenientes de fontes antrópicas	Virtualmente ausentes
Resíduos sólidos objetáveis	Virtualmente ausentes
Coliformes termotolerantes	200 NMP/100ml
Demanda bioquímica de oxigênio	3 mg/L O <sub>2</sub> ;
Oxigênio dissolvido	Não inferior a 6 mg/L O <sub>2</sub>
Turbidez	40 UNT
pH	6,0 a 9,0

Tabela 1. Parâmetros para as águas de classe 1.

Fonte: Adaptado do CONAMA, 2005.

Para ser possível o reuso de efluentes sanitários estes devem se enquadrar aos padrões contidos na Tabela 1. Dessa forma, é necessário que os despejos de origem doméstica sejam encaminhados para estação de tratamento. A literatura mostra que o tratamento convencional é eficaz na remoção de sólidos grosseiros e areia, além do material flutuante. Quanto ao material orgânico, a Tabela 2 mostra o resultado esperado para o efluente tratado por um sistema de lodos ativados para alguns parâmetros regulados pela CONAMA, incluindo matéria orgânica (DBO<sub>5</sub>).

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Níveis CONAMA n°357/05	Atende a norma?
<b>DBO5</b>	190 mg/L de O2	9 mg/L de O2	3,00 mg/L de O2	NÃO
<b>OD</b>	-	3,95 mg/L de O2	6 mg/L O2	SIM
<b>Nitrogênio amoniacal total (para pH ≤ 7,5)</b>	26,43 mg/L de N	2,63 mg/L de N	3,70 mg/L de N	SIM
<b>Nitrato</b>	1,0 mg/L de N	2,2 mg/L de N	10,0 mg/L de N	SIM
<b>Fósforo total</b>			0,02 mg/L de P	

Tabela 2. Valores do efluente sanitário tratado por sistema de lodos ativados operados em fluxo contínuos.

Fonte: BRK AMBIENTAL (2018).

A Tabela 3 compara o desempenho de remoção de microrganismos em sistemas de lodos ativados e biofiltros, compreendendo a etapa final do tratamento convencional. É possível observar que os desempenhos dos dois sistemas são virtualmente iguais.

Microorganismos Patogênicos	Lodos ativados	Biofiltros
<b>Vírus</b>	90-99	90-99
<b>Bactérias</b>	90-99	90-99
<b>Cistos de Protozoários</b>	50	50
<b>Ovos de Helmintos</b>	50-99	50-99

Tabela 3. Porcentagem de remoção de microrganismos patogênicos em efluente sanitário tratado por sistema de lodos ativados e biofiltros.

Fonte: Adaptado de Jordão & Pessoa, 2014.

Como pode ser observado nas Tabelas 2 e 3, o tratamento convencional remove grande parte do material orgânico, além de substâncias nutrientes como fósforo e nitrogênio presentes nos despejos de origem doméstica. Entretanto, alguns parâmetros não atingem os níveis determinados pelas normas vigentes para abastecimento, sendo os mais significativos os microbiológicos. Observa-se que cistos de protozoários e ovos de helmintos podem apresentar porcentagens de eliminação de apenas 50%, representando

risco a saúde aos usuários e consumidores da água. Assim, é comprovada a necessidade de tratamento adicional de desinfecção para adequação dos efluentes sanitários ao abastecimento público. Dentre os métodos de inativação de patógenos abordados neste trabalho estão descritos: os naturais (lagoas de maturação) e os artificiais (uso de cloro, dióxido de cloro, ozônio e radiação UV).

A viabilidade da utilização dos processos supracitados deve ser comprovada pelo atendimento aos requisitos listados a seguir:

- Não necessitar de grandes áreas para implementação do método, de forma que possa ser aplicado em estações de tratamento de diferentes tamanhos;
- Não ser tóxico ou potencialmente inflamável, evitando risco à saúde dos trabalhadores da estação de tratamento;
- Não ser quimicamente instável, garantindo períodos longos para decomposição;
- Não produzir subprodutos que apresentem toxicidade a saúde humana;
- Produzir residual não tóxico a saúde humana e de fácil detecção, permitindo a análise da concentração do composto no efluente após a saída da estação de tratamento;
- Possuir forte potencial oxidante, podendo ser utilizado na oxidação da matéria orgânica e inorgânica presente nos efluentes sanitários. Representando uma forma de redução na concentração de nutrientes, desejada nos efluentes destinados à irrigação agrícola;
- Possuir alta eficiência na eliminação de patógenos, reduzindo os níveis destes microrganismos aos recomendados pela norma;
- Não necessitar de longo tempo de contato para inativação de microrganismos patogênicos;
- Não ter seu poder desinfetante afetado por fatores como: variações climáticas, mudanças de pH e temperatura, além da concentração de sólidos dissolvidos totais ou turbidez no efluente a ser tratado;

Com base nas características citadas, é possível estabelecer vantagens e desvantagens para cada técnica de desinfecção.

### **3.3 Possível Desinfecção de Efluentes por Ultravioleta**

A Estação de Tratamento de Esgotos Janga, é composta por um sistema de lodos ativados, do tipo aeração prolongada. O efluente tratado apresenta boas características físico-químicas para ser desinfetado pelo sistema de ultravioleta. O uso de água residuária doméstica após tratamento adequado constitui um potencial recurso de água que pode ser de grande interesse para diversos setores, tais como a agricultura, especialmente em países que sofrem devido à deficiência de recursos hídricos (OPPENHEIMER et al, 1993).



Os processos convencionais de tratamento de esgotos (pré-tratamento, tratamento primário e secundário) alcançam uma remoção satisfatória de carga orgânica (sólidos suspensos, DBO e DQO) mas mostram-se ineficientes na remoção de microrganismos patogênicos. A desinfecção por meio da radiação ultravioleta é bastante antiga, porém, somente a partir da década de quarenta é que se tem notícia de sua aplicação para desinfecção de águas destinadas ao consumo humano (DI BERNARDO, 1993).

De acordo com BLATCHLEY et al., (1996) é considerada uma alternativa viável comparando-a com a desinfecção química, porque é isenta de subprodutos tóxicos, os quais geralmente são produzidos durante a desinfecção química. Também é caracterizada pelo curto tempo de contato e uma melhor ação antiviral em relação a outros desinfetantes.

Vários fatores, tais como o revestimento e o envelhecimento da lâmpada, a turbidez da água, a concentração de sólidos suspensos e microrganismos, e a densidade do fluido afetam a eficiência da irradiação ultravioleta (GIESE e DARBY, 2000). Um dos principais e a turbidez, que é causada por material suspenso tal como partículas pequenas (por exemplo, de matéria orgânica), matéria fecal, ou coloides (partículas de argila). Estas podem refletir ou absorver a radiação (UV) ultravioleta, diminuindo a eficácia da desinfecção UV. Além disso, os coloides particularmente, servem como abrigo para microrganismos, protegendo os dos desinfetantes UV e químicos (BURCH, 1998).

Recomenda-se para que haja uma desinfecção eficiente, a qualidade físico-química da água deve permitir uma transmissão de no mínimo 50% da radiação UV. A eficiência também depende da dose de UV e do estado de agregação das bactérias.

A energia específica necessária para alcançar a destruição total ou parcial dos microrganismos varia de acordo com a qualidade físico-química da água a ser tratada e da sensibilidade dos organismos à radiação UV. A resistência dos microrganismos a radiação ultravioleta varia bastante. Os microrganismos têm sido classificados na seguinte ordem de crescente resistência a desinfecção: Bactéria < vírus < fungos < esporos < cistos. A razão da maior resistência dos cistos à desinfecção está no fato destes possuírem uma cápsula resistente, que serve de proteção contra agentes químicos ou físicos (BURCH, 1998). Sabe-se também que os vírus e os esporos de bactérias são muito mais resistentes aos efeitos da radiação UV do que as bactérias do grupo coliforme.

Craik et al, (2000), relataram que vírus, esporos bacterianos e cistos de ameba requerem doses UV de quatro, nove e quinze vezes maiores, respectivamente, para se conseguir o mesmo nível de inativação que *Escherichia coli*. Tem-se relatado que protozoários encistados também são insensíveis a UV. Embora o *Cryptosporidium* encistado tenha se mostrado sensível à radiação UV. Alguns autores apresentam que a principal desvantagem da desinfecção UV encontra-se na habilidade dos microrganismos tratados por uma dose UV sub-letal em reparar os danos causados a seu DNA (LINDENAUER & DARBY, 1998).

Um interessante fenômeno é a reversibilidade do dano causado ao DNA dos

microrganismos, principalmente nas bactérias. Dois mecanismos são conhecidos: a recuperação no escuro e por fotorreativação enzimática (RODRIGUEZ et al., 2014).

Reparo no escuro: Consiste na ação de uma enzima específica que possibilita a retirada dos dímeros formados pela radiação UV (SANZ et al., 2007; RODRIGUEZ et al., 2014). Porém, de acordo com Sinha et al. (2002), este método é lento em comparação a fotorreativação enzimática.

Fotorreativação Enzimática: A enzima fotoliase se liga ao dímero formado pela radiação UV. Com a presença de luz, a enzima absorve a energia necessária para desfazer a dimerização, gerando o monômero de piridina original e recuperando a fita de DNA (SOUZA, 2011), como ilustrado na figura abaixo:

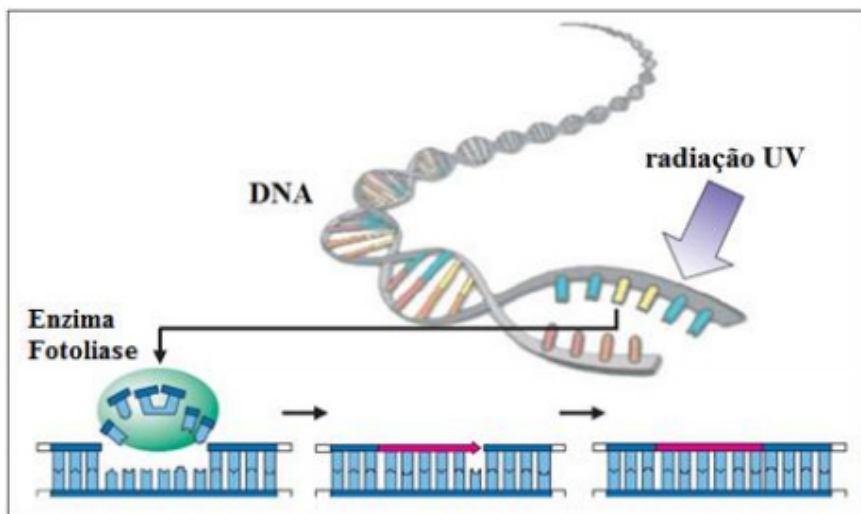


Figura 11. Mecanismo de fotorreparação de DNA.

Fonte: Adaptado de Watson (2008).

Vale ressaltar que tais processos constituem um obstáculo para o alcance de níveis de desinfecção aceitos (HALLMICH et al., 2010) e são considerados uma desvantagem da técnica de radiação UV (GUO et al., 2011). Dessa forma, a dose correta de energia emitida é uma variável importante para garantir a inativação permanente de patógenos. A figura a seguir apresenta doses de UV para 100% de inativação de diversos organismos patogênicos.

	<b>Microorganismos</b>	<b>Dosagem (<math>\mu\text{Ws}/\text{cm}^2</math>) para 100% de inativação</b>
Bactérias	<i>Escherichia coli (E. coli)</i>	6600
	<i>Vibrio cholerae</i>	6500
	<i>Leptospira interrogans</i>	6000
Vírus	<i>Influenza</i>	6600
	<i>Rotavirus</i>	24000
	<i>Hepatitis vírus</i>	8000
Protozoários	<i>Giardia lamblia</i>	63000(**)
	<i>Nematode eggs</i>	92000
	<i>Chlorella vulgaris</i>	22000

(\*) Inativação de 99,99%

(\*\*) Inativação de 90,00%.

Figura 12. Dosagem da radiação UV necessária para eficiência de 100% de inativação de diferentes patógenos.

Fonte: Di Bernardo et al. (2005).

Mas, segundo estudos realizados por DANIEL (1993), a reparação dos microrganismos pela de fotorreativação, dificilmente ultrapassa uma casa logarítmica, enquanto a inativação pode atingir de três a quatro casas logarítmicas. Quanto aos mecanismos com que os microrganismos patogênicos são eliminados, SINTON et al. (1994) e SINHA et al. (2002) relataram que a radiação UV é majoritariamente absorvida pelos ácidos nucleicos, podendo levar ao rompimento de ligações não saturadas, como bases nitrogenadas pirimídicas. Assim, há interrupção de funções metabólicas essenciais, como a replicação do DNA, impossibilitando a reprodução e propagação dos patógenos (RODRIGUEZ et al., 2014).

Sabe-se que quanto maior o tempo de incidência da radiação UV na bactéria, maior será o volume de bases alteradas, (ZIOILLI et al., 2000) tal modificação ocorre pela absorção da radiação UV por bases nitrogenadas adjacentes, resultando na formação de dímeros como: citosina-citosina e timina-timina (TROPPE, 2012). Os dímeros gerados não conseguem se acomodar a dupla hélice, prejudicando a replicação da fita de DNA e culminando na morte do microorganismo. Em resumo, na tabela estão representadas as principais vantagens e desvantagens do uso do UV.

Pelo exposto na Tabela 4, pode-se realizar uma comparação da eficiência da tecnologia através da relação entre potencial biocida associado a reduzido tempo de contato e a menor formação possível de subprodutos e/ou residuais tóxicos à saúde humana.

Uma comparação entre o uso de ozônio e a radiação UV evidencia a superioridade do último método. Apesar de a ozonização atender aos itens previamente estabelecidos para tornar eficiente uma tecnologia quanto ao enquadramento de efluentes sanitários às normas vigentes para abastecimento, a radiação UV apresenta vantagens adicionais que tornam esta tecnologia mais recomendada.

## Radiação UV

Vantagens	Desvantagens
Não necessita de áreas grandes para implementação quando comparado aos processos de lagoas de maturação ou cloração	O potencial desinfetante deste processo é reduzido caso o efluente possua elevada concentração de sólidos dissolvidos totais e turbidez
Não faz uso de agentes químicos. Logo não há restrições em relação à toxicidade, instabilidade química, geração de subprodutos ou residuais tóxicos à saúde humana	A baixa dosagem pode não inativar efetivamente alguns microorganismos. Estes, através de mecanismos conhecidos como fotoreativação enzimática ou reparo no escuro, conseguem reverter à ação da radiação UV
Não necessita de transporte ou armazenamento de produtos tóxicos a saúde humana.	
Os fotorreatores são de fácil utilização para operadores	
Não gera residual ou subprodutos.	
Possui poder biocida superior ao do ozônio	
Necessita de pequenos tempos de contato em relação ao ozônio, na ordem de 20 a 30 segundos	

Tabela 4. Vantagens e desvantagens da radiação UV.

## 4 | CONCLUSÕES

Baseado nas informações apresentadas neste trabalho foi possível constatar que os métodos de desinfecção de lagoas de maturação, cloração, dióxido de cloro e ozonização apresentam empecilhos que os tornam obsoletos em relação a tecnologias mais recentes como a radiação UV.

Importante ressaltar que a radiação UV também possui aspectos desfavoráveis, apesar de menos relevantes para inviabilizar tal tecnologia. A ETE JANGA deverá possuir um sistema de controle que possibilite a aplicação de dosagem letal de radiação UV, a fim de evitar o fenômeno de auto reparação dos patógenos. Entretanto, o principal desafio para eficiência deste método é alteração do poder biocida pela presença de sólidos dissolvidos e turbidez no meio líquido, razão pela qual o controle no tratamento convencional deve permanecer apresentando resultados eficientes destes parâmetros.

Quanto às vantagens, a radiação UV possui elevado potencial de inativação dos principais patógenos encontrados nos efluentes sanitários. Ademais, não produz subprodutos e/ ou residuais, além de demandar tempos de contato mínimos (na ordem de segundos) quando comparados às tecnologias de lagoas de maturação, cloração, dióxido de cloro e ozonização. Dessa forma, desconsiderando o aspecto econômico não avaliado neste trabalho, podemos concluir a superioridade do método de radiação UV para o enquadramento dos esgotos domésticos às normas vigentes para o reuso e potabilidade.

## REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, E. et al. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, set./out. 2004.
2. BASSANI, L.; et al. **Utilização de ozônio na desinfecção de efluentes sanitários**. In: **XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 2002, Cancún. Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. v. 1.
3. BLATCHLEY III E.R. Numerical Modelling of uv intensity: application to colimated-beam reactos and continuous-flow systems. **Water Research**, v. 31, n. 9, p. 2205 – 2218, 1997.
4. BLATCHLEY III E.R. et al. Ultraviolet irradiation and chlorinationdechlorination for municipal wastewater disinfection: Assessment of performance limitations. **Water Environment Research**, v. 68, n. 2, p. 194-204, 1996.
5. BURCH J.; THOMAS, K. Water disinfection for developing countries and potential for solar thermal pasteurizarion. **Solar Energy**, v. 64, n. 1-3, p. 87-97, 1998.
6. CRAIK S. et al. Inactivation or giardia muris cysts using medium-pressure ultraviolet radiation in filtered drinking water. **Water Research**, v. 34, n. 18, p. 4325-4332, 2000.
7. CHERNICHARO, C. A. L. et al. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de desinfecção**. In: **Pós-tratamento de efluentes anaeróbios**. Belo Horizonte: PROSAB/ FINEP, 2001.
8. DANIEL, L. A. (Coord.). **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos: RiMa/ABES, 2001. p. 35.
9. DI BERNARDO, **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES,1993. v. 2.
10. DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A.; **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª ed, São Carlos-SP , 2005. 792p
11. GIESE, N.; DARBY, J. Sensitivity of organisms to diferent wavelengths of uv light: Implications on modeling of medium pressure uv systems. **Water Research**, v. 34, n. 16, p. 4007-4013, 2000.
12. GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. 438 p.
13. GUO, M., HUANG, J.J., HU, H.Y., LIU, W.J.; Growth and Repair Potential of Three Species of Bacteria in Reclaimed Wastewater after UV Disinfection. **Biomedical and Environmental Sciences**, v. 24, I.4, 2011.
14. HALLMICH, C., GEHR, R.; Effect of pre- and post-UV disinfection conditions on photoreactivation of fecal coliforms in wastewater effluents. **Water Research**, v.44, I.9, 2010.
15. JORDÃO, E. P.; ALEM SOBRINHO, P. **Análise crítica**. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. p. 409-422.

16. JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A.; **Tratamento de esgotos domésticos**. 7. ed. Rio de JaneiroRJ: ABES, 2014. 1087p.
17. LAPOLLI, F. R. et al. **Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização**. In: **GONÇALVES, R. F. (Coord.) Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. p. 169-208.
18. LINDENAURE K.G.; DARBY J.L. Ultraviolet disinfection of marginal effluents: determining ultraviolet absorbance and subsequent estimation of ultraviolet intensity. **Water Environment Research**, v. 70, n. 2, p 214-223, 1998.
19. LUPPI, M. **Desinfecção da água**. São Paulo: BioProject, 2012.
20. METCALF L.; EDDY; H.; TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L. Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse. 3rd.ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 1334p.
21. RODRIGUEZ, R.A., BOUNTY, S., BECK, S., CHAN, C., MC GUIRE, C., LINDEN, K.G.; Photoreactivation of bacteriophages after UV disinfection: Role of genome structure and impacts of UV source. **Research Article: Water Research**, v.55, 2014
22. SANZ, N.E., DAVILA, I.S., BALAO, A.A., ALONSO, J.M.Q.; Modelling of reactivation after UV disinfection: Effect of UV-C dose on subsequent photoreactivation and dark repair. **Water Research**, v. 41, l. 14, 2007.
23. SINHA, R.P., HADER, D.P.; **UV-induced DNA damage and repair: a review**. Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie, Friedrich-Alexander-Universität, Staudtstr. Erlangen-GER, 2002.
24. SINTON, L.W., COLLEY, R.J.D., BELL, R.G.; Inactivation of enterococci and fecal coliforms from sewage and meat works effluents in seawater chambers. **Applied Environment**. Microbiology v.60, 1994
25. SOUZA, G.S.M.B.de.; **Desinfecção de efluentes sanitários por radiação UV e gama: Efeitos na inativação de ovos de *Ascaris spp***. Dissertação (Doutorado). Belo Horizonte – MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
26. TROPP, B.; **Molecular Biology: genes to proteins**. University of New York: Jones & Bartlett learning, 2012. 1098p.
27. VILLARINO A. et al. Cellular activities in ultra-violet killed *Escherichia coli*. **International Journal of Food Microbiology**, 55, p. 245 -247, 2000.
28. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Minas Gerais. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005. v. 1, 243 p.
29. WATSON, J.D.; **Molecular Biology of the Gene**, Pearson/Benjamin Cummings, 2008. 841 p
30. ZIOLLI, R.L., RODRIGUES, C.P., GUIMARÃES, J.R., FIGUEIREDO, R.F.; **Descontaminação bacteriológica de água de abastecimento por meio de fotocatalise heterogênea utilizando luz solar**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Campinas-SP, 2000.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 74, 76, 84, 85, 86, 88, 91

Água potável 50, 51, 52, 71, 109, 174, 180

Água residual 92, 93, 94, 97

Águas pluviais 24, 25, 32, 36, 112, 142, 151, 152, 155, 156, 158, 163, 167, 174

Antibióticos 1, 4, 6, 7, 10, 86

Aproveitamento 13, 15, 21, 80, 111, 112, 113, 119, 120, 121, 123, 126, 127, 128, 137, 139, 140, 167, 209

Área de preservação permanente 159, 173, 174, 176, 178, 179

Aterros controlados 24, 35, 41, 111, 112, 115, 133, 135

Aterros sanitários 17, 22, 23, 24, 25, 34, 35, 37, 41, 43, 44, 47, 48, 80, 111, 116, 118, 120, 121, 133, 138, 139

### B

Bioadsorvente 80, 83, 86, 221

Biomassa 37, 55, 80, 83, 90, 123, 129, 130, 131, 132

### C

Cloração 50, 63, 70

Cloretos 50, 57

Coliformes fecais 92, 100, 106

Coliformes totais 98, 99

Combustíveis fósseis 36, 46, 129

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB 115, 116, 117, 139

Compostagem 41, 44, 100, 112, 157, 167, 168

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 5, 11, 108, 120, 171

Construção civil 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 30, 33, 36, 114

Contaminantes 1, 51, 80, 83, 86, 88, 89, 94, 221

Co-processamento 47

Corpos d'água 3, 10, 23, 33, 37, 159, 174, 175

Corpos hídricos 1, 37, 74, 76, 178

### D

Demanda bioquímica de oxigênio 50, 57, 64, 98, 99, 106

Demanda química de oxigênio 50, 57, 98, 99, 106

Descarte irregular 1

Desenvolvimento sustentável 38, 46, 168

Desinfecção 50, 57, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 106, 121

Digestão anaeróbica 43

Drenagem 18, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 108, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 155, 156, 164, 165, 167, 174

## **E**

Efluente 50, 52, 54, 55, 56, 57, 62, 65, 66, 70, 74, 77, 79, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Emissões atmosféricas 212, 213

Enzimas 62, 73, 74, 75, 76, 77

Esgotamento sanitário 112, 157, 158, 159, 162, 163, 167, 171, 173, 174, 175, 176, 192, 199, 200, 201

## **F**

Fontes renováveis 37, 41

## **G**

Gaseificação 41, 42, 43, 45, 47, 112, 121, 123, 124, 125

Gerenciamento dos resíduos 10, 20, 23, 34, 47

Granulometria 17, 18, 85

## **H**

Hormônios 7, 86, 87, 88, 89

## **I**

Incineração 6, 42, 43, 45, 47, 63, 112, 121, 122, 123, 139, 140

Índice de Desenvolvimento Humano - IDH 180

## **L**

Lagoas de maturação 50, 66, 70

Lençóis freáticos 5, 22, 23

Lixões 24, 35, 37, 41, 80, 111, 112, 115, 135

## **M**

Macrodrenagem 143

Matéria prima 13, 14, 20, 36, 42, 48, 90, 92, 95, 112

Matriz energética 35, 36, 38, 41, 46, 112, 121, 130

Medicamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12



Meio ambiente 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 21, 24, 27, 34, 37, 48, 52, 62, 73, 75, 92, 94, 98, 107, 108, 111, 120, 122, 129, 134, 135, 138, 139, 140, 156, 157, 165, 168, 171, 174, 175, 178, 179

Microdrenagem 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 152, 154, 155

## **P**

Pirólise 42, 45, 47, 112, 121, 124

Política nacional de resíduos sólidos 1, 11, 23, 49, 112, 120

Processos convencionais de tratamento 67, 80

## **R**

Reciclagem 14, 15, 17, 18, 21, 36, 47, 92, 93, 95, 98, 100, 101, 107, 108, 109, 112, 119, 122, 139

Recursos hídricos 3, 52, 66, 87, 89, 94, 99, 108, 157, 173, 174, 175, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 203, 209

Recursos naturais 14, 15, 20, 46, 93, 157

Resíduos 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 55, 64, 76, 98, 100, 107, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 140, 143, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 171, 174, 176, 221

Resíduos da construção civil 15, 16, 21, 114

Resíduos industriais 28, 33, 114, 122

Resíduos sólidos urbanos 14, 22, 23, 24, 25, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 48, 100, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 132, 133, 137, 138, 139, 140, 163

Reutilização 14, 33, 36, 112, 167, 221

## **S**

Saneamento básico 22, 36, 52, 111, 112, 113, 116, 117, 133, 137, 138, 139, 140, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 191

Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP 140

Saneamento rural 157, 158, 160, 162, 164, 165, 166, 167, 168

Socioambiental 160

Sólidos dissolvidos totais 50, 57, 59, 66, 70

Sólidos suspensos totais 50, 57, 60

## **T**

Toxicidade 66, 70, 73, 74, 77

Tratamento térmico 111, 112, 113, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 133, 135, 137, 138

## **U**

Urbanização 34, 143, 159, 194, 217

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA 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)



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA 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)



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021