

# Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

# 2

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

# Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

# 2

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 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, 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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  
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 Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
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

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
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  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
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  
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

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Helenton Carlos da Silva

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

A945 Avaliação, diagnóstico e solução de problemas ambientais e sanitários 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-328-6  
DOI 10.22533/at.ed.286202508

1. Ecologia. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Saneamento. I.Silva, Helenton Carlos da.

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

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em dois volumes com 34 capítulos, sendo 21 capítulos do primeiro volume e 13 capítulos no segundo volume, discussões de diversas abordagens acerca da importância da preocupação ambiental quanto a seus problemas ambientais e sanitários, considerando sempre sua avaliação, diagnóstico e solução destes problemas.

No campo do gerenciamento dos resíduos tem-se que é uma questão estratégica para as empresas, o que tem levado a busca de alternativas para o aproveitamento dos resíduos industriais, como cinzas provenientes da queima de matéria prima.

A poluição e os impactos causados pela produção e utilização de fontes convencionais de energia vêm mostrando um crescimento na busca por energias alternativas, das quais, na maioria dos casos, a solar demonstra ser a mais promissora. Dentre os vários locais em que os sistemas de energia solar podem ser implementados, destacam-se as estações de tratamento de água de esgoto dado os diversos benefícios que podem ser obtidos, como a redução de impacto ambiental e a atenuação do alto custo operacional destas atividades.

A água, como recurso natural e limitado, é fundamental para o desenvolvimento humano e para viver no planeta. A utilização descontrolada levou esse recurso à exaustão, evidenciando a importância da consciência ambiental e o aumento da pesquisa no assunto. Uma das ações que ampliam a racionalidade do uso desse recurso é o recolhimento e armazenamento da chuva para uso posterior. Como ferramenta para detectar e analisar esses dados, destaca-se o monitoramento dos sistemas de armazenamento. Dessa forma, isso integra a tecnologia de ações preventivas, além de promover mudanças positivas para reduzir o desperdício desse recurso, obtendo também menor impacto ambiental.

As questões relacionadas ao ambiente evoluíram do pensamento de que a natureza é uma fonte infindável de recursos naturais até o reconhecimento de que a humanidade deveria mudar sua relação com o ambiente. A partir da necessidade de se reverter a degradação do meio ambiente, surge a Educação Ambiental como um meio de formar cidadãos com um novo pensamento moral e ético e, conseqüentemente, uma nova postura em relação às questões ambientais.

Os ambientes costeiros são os mais diretamente afetados pelo descarte irregular de materiais, devido à grande concentração de pessoas nas cidades litorâneas, o que prejudica inúmeros ecossistemas e compromete a vida no planeta como um todo.

Diante da necessidade da busca de solução que visa à garantia de um abastecimento de qualidade e em quantidade suficiente à população, o crescimento populacional, a industrialização e o processo de urbanização têm cada vez mais contribuído com o aumento da escassez de água no Brasil e no mundo.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos que apresentam avaliações,

análises e desenvolvem diagnósticos, além de apresentarem soluções referentes aos problemas ambientais e sanitários. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a 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

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE CITOTÓXICA E MUTAGÊNICA DE ÁGUAS MINERAIS UTILIZANDO O *Allium cepa* COMO BIOINDICADOR**

Isadora de Sousa Oliveira  
Luiz Eduardo Araujo Silva  
Deuzuita dos Santos Freitas Viana  
Vicente Galber Freitas Viana

**DOI 10.22533/at.ed.2862025081**

### **CAPÍTULO 2..... 9**

#### **ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ASTAXANTINA EM ARTÊMIAS (*Artemia salina*)**

Gustavo Ribeiro  
Samanta Cristina de Souza dos Santos  
Camila Eccel

**DOI 10.22533/at.ed.2862025082**

### **CAPÍTULO 3..... 16**

#### **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE REATOR UASB PILOTO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE PROCESSAMENTO DE PESCADO**

Nilmara Santos da Silva  
Alessandra Cristina Silva Valentim  
Camila Leal Vieira  
Genildo Souza das Virgens  
Raul Oliveira Reis Lívio de Abreu

**DOI 10.22533/at.ed.2862025083**

### **CAPÍTULO 4..... 29**

#### **AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM TAQUARUÇU DO SUL-RS**

Silvana Isabel Schneider  
Keitiline Bauchspiess  
Vanessa Facó Tarone  
Kéli Hofstätter  
Cláudia Nogueira Gomes  
Gabriela Granoski  
Kananda Menegazzo  
Fernanda Volpatto  
Arci Dirceu Wastowski  
Jaqueline Ineu Golombieski

**DOI 10.22533/at.ed.2862025084**

### **CAPÍTULO 5..... 38**

#### **AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BTEX EM CAIXA SEPARADORA DE ÁGUA E ÓLEO EM POSTO DE COMBUSTÍVEIS DO OESTE DO PARANÁ**

Lilian Patrícia de Ramos  
Roberta Cechetti

Nyamien Yahaut Sebastien

**DOI 10.22533/at.ed.2862025085**

**CAPÍTULO 6.....45**

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA CIDADE DE ARIQUEMES, RONDÔNIA BRASIL**

Angelita Chaparini Fabiano

Leônidas Pinho da Silva

Mariana Neves Garcia

Sheila Muniz da Silva

Liliane Coelho de Carvalho

Driano Rezende

**DOI 10.22533/at.ed.2862025086**

**CAPÍTULO 7.....52**

**DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA ÁGUA (RE)USAR SENSORIAMENTO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO**

Alencar Migliavacca

Camila Gasparin

Matheus Sachet

**DOI 10.22533/at.ed.2862025087**

**CAPÍTULO 8.....59**

**INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA FABRICAÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA PARA FINS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Caroline Cristina Amaral Oliveira

Alexandre Saron

**DOI 10.22533/at.ed.2862025088**

**CAPÍTULO 9.....77**

**LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOS CONDOMÍNIOS LOCALIZADOS NA ZONA CENTRO - SUL DA CIDADE DE MANAUS**

Juciely Leite Costa Cortez

Ana Lúcia Barros de Andrade

Marcos Vinícius Barros de Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.2862025089**

**CAPÍTULO 10.....94**

**MODELAGEM DE REATOR TIPO UASB PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL**

Martina Tamires Lins Cezano

Eduardo Cleto Pires

Karina Querne de Carvalho

Sávia Gavazza

**DOI 10.22533/at.ed.28620250810**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>104</b>
<b>QUALIDADE DO AR NA AVENIDA VISCONDE DE SOUZA FRANCO E A FORMA COMO PODE AFETAR A SAÚDE DA POPULAÇÃO</b>	
Luiz Fernando Aguiar Junior	
Jaqueline Araújo da Silva	
Afonso Luís Segtowitz Sarmanho Beltrão	
Arthur Batista de Brito	
Francisco Marconi Ribeiro Filho	
Daniely Alves Almada	
Gabriela Marina Silva Trindade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28620250811</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>111</b>
<b>TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA O REUSO E REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA</b>	
Mariana Veloso Nollys Braga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28620250812</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>133</b>
<b>TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA FRIGORÍFICA ATRAVÉS DE REATORES BIOLÓGICOS DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME</b>	
Lorran Marré Parlotte	
Henrique Silva de Oliveira	
Pedro Bizerra Moura	
Edimar Noiman Gonçalves Filho	
Nicoly Dal Santo Svierzoski	
Jheiny Oliveira da Silva	
Alberto Dresch Webler	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28620250813</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>144</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>145</b>

## INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA FABRICAÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA PARA FINS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 07/05/2020

**Caroline Cristina Amaral Oliveira**

Engenheira Ambiental e Sanitarista  
<http://lattes.cnpq.br/0483345508762500>

**Alexandre Saron**

Centro Universitário Senac  
<http://lattes.cnpq.br/6156062624221162>

**RESUMO:** Para a transformação de água bruta em água potável, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) utilizam processos como coagulação, floculação, decantação e filtração. Estas atividades, produzem uma grande quantidade de resíduo (lodo), que na maioria das vezes, é lançado diretamente nos corpos d'água como forma de destinação final. O lodo gerado em ETA é um resíduo e, portanto, sua destinação deve ser compatível com as diretrizes da Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). A utilização do lodo de forma benéfica pode ser considerada uma oportunidade de redução de custos e impactos ambientais associados a este resíduo. Entre as alternativas utilizadas para o reaproveitamento do lodo, pode-se destacar o emprego deste material à construção civil. Portanto, o presente projeto de pesquisa tem como objetivo a apresentação de um produto, sendo ele a argila expandida, que será elaborada a partir da mistura de lodo de ETA, argila e os demais insumos necessários para sua fabricação. A metodologia contempla

os processos de análise de sólidos presentes no lodo de ETA, incorporação do lodo na massa cerâmica, secagem, queima e realização do ensaio de resistência à compressão e do teste de absorção de água. A argila expandida elaborada foi analisada levando em consideração as diferentes porcentagens de lodo de ETA incorporadas no processo e seu desempenho quando comparada com a argila expandida disponível no mercado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, Destinação de lodo de ETA, Argila expandida, Construção Civil.

### INCORPORATION OF SLUDGE FROM WATER TREATMENT STATION IN THE MANUFACTURE OF EXPANDED CLAY FOR CIVIL CONSTRUCTION PURPOSES

**ABSTRACT:** For the transformation of raw water into drinking water, Water Treatment Plants (WTPs) use processes such as coagulation, flocculation, decantation and filtration. These activities, produce a large amount of residue (sludge), which in most cases is released directly into the bodies of water as a final destination. The sludge generated in WTP is a waste and, therefore, its destination must be compatible with the guidelines of Law 12305/2010 (National Solid Waste Policy). The use of sludge can be considered an opportunity to reduce costs and environmental impacts associated with this residue. Among the alternatives used for the reuse of sludge, it is possible to highlight the use of this material in civil construction. Therefore, the present research project has as its objective the presentation of a product, being it the expanded clay, which will be elaborated from the mixture of

WTP sludge, clay and other components necessary for its manufacture. The methodology considers the processes of analysis of solids present in the WTP sludge, incorporation of the sludge into the ceramic mass, drying, burning and performance of the compressive strength test and the water absorption test. The elaborated expanded clay was analyzed taking into account the different percentages of WTP sludge incorporated in the process and its performance when compared to the commercially available expanded clay.

**KEYWORDS:** Sludge, Destination of sludge from WTP, Expanded clay, Construction.

## 1 | INTRODUÇÃO

Para a transformação de água bruta em água potável, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) utilizam processos como coagulação, floculação, decantação e filtração (ANDREOLI et al., 2006). Estas atividades, conforme Oliveira et al. (2004), produzem uma grande quantidade de resíduo (lodo), que na maioria das vezes, é lançado diretamente nos corpos d'água como forma de destinação final. A NBR 10.004/2004 classifica este lodo como "resíduo sólido", portando deve ser tratado e disposto conforme exigência dos órgãos reguladores.

Segundo Katayama (2012), no Brasil, são ainda restritas e incipientes as experiências realizadas no equacionamento dos problemas concernentes ao lodo de estações de tratamento de água. Grande parte do lodo gerado ainda é disposta em corpos d'água e poucas estações têm se preocupado com o tratamento e disposição do resíduo. A utilização do lodo de forma benéfica pode ser considerada uma oportunidade de redução de custos e impactos ambientais associados a este resíduo. Segundo Ferreira e Calliari (2008), entre as alternativas utilizadas para o reaproveitamento do lodo, pode-se destacar o emprego deste material à construção civil.

Segundo Andreoli et al. (2006), esta preocupação com o lodo de ETA's tem provocado diversas pesquisas, no que se refere a sua caracterização, desaguamento e destinação final. Oliveira et al. (2004), afirmam que o uso de resíduos como o lodo de ETA na indústria cerâmica é altamente promissor, visto que as massas argilosas utilizadas são de natureza heterogênea, aceitando incorporação de materiais residuais de diversos tipos e origens, mesmo quando adicionados em quantidades significantes.

Tsutiya e Hirata (2001), afirmam que os resíduos das Estações de Tratamento de Água são recomendados para serem incorporados na fabricação de materiais cerâmicos como os agregados leves, já que apresentam características semelhantes à argila natural.

Segundo a Embrapa (2006), a extração de argila para a sua utilização na fabricação de materiais cerâmicos é altamente impactante do ponto de vista ambiental, visto que resulta da completa devastação das áreas, devido à remoção da vegetação e do solo, trazendo impactos muitas vezes irreversíveis para o meio ambiente.

Em vista das afirmações acima, a incorporação do lodo de Estação de Tratamento de Água na fabricação da argila expandida é uma solução para os problemas de destinação

final do lodo gerado nas ETA's e para a redução dos impactos causados pela extração da argila.

## 2 | OBJETIVO DA PESQUISA

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a argila expandida elaborada por meio do uso de lodo de Estação de Tratamento de Água como forma de utilização deste resíduo na fabricação de argila expandida para fins de construção civil.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a quantidade de sólidos presente no lodo de ETA que será incorporado na fabricação da argila expandida;
- Avaliar qual a concentração ideal de lodo a ser incorporado, visando sua melhor eficiência;
- Avaliar o desempenho da argila expandida contendo lodo em relação à sua resistência à compressão e absorção de água;
- Comparar a argila expandida elaborada com a que está disponível no mercado.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Coleta do lodo e análise de sólidos

O lodo coletado é proveniente de uma Estação de Tratamento de Água, localizada em Campinas/SP. Este lodo já encontra-se desidratado, possuindo o teor de aproximadamente 30% de sólidos e 70% de umidade, que segundo Saron<sup>1</sup> (com. pess., 2017), é o teor geralmente utilizado pelas ETA's na etapa de desidratação.

O lodo foi transferido para uma bandeja metálica, posicionada sobre uma balança analítica (marca TOLEDO), previamente tarada, determinando a quantidade lodo, para que em seguida fosse realizada a análise de sólidos totais presentes no lodo.

A análise de sólidos totais foi realizada em triplicatas para um resultado mais representativo. Primeiramente foi realizada a taragem de três cadinhos (cápsulas de porcelana) e a homogeneização das amostras de lodo. Em seguida foi adicionado aproximadamente 50g de amostra de lodo em cada cadinho. Os cadinhos, contendo o material, foram introduzidos em uma estufa de secagem (Figura 1) a 105°C por 24 horas. Após este período, os cadinhos foram retirados e esfriados em um dissecador e posteriormente pesados para a determinação de sólido total presente no lodo. O ensaio de

1 Saron, Alexandre. Professor Mestre e Doutor do Centro Universitário SENAC – Santo Amaro.

sólidos totais foi realizado no Laboratório de Química do Centro Universitário Senac.



Figura 1 - Amostras de lodo na estufa de secagem

Fonte: Vinícius Correia, 2017

### *3.1.1 Preparação da massa cerâmica, conformação, secagem, queima e testes dos corpos de prova*

#### *3.2.1.1 Primeiro ensaio - Determinação da composição básica da argila expandida*

Em vista da dificuldade em se obter informações sobre as porcentagens exatas da incorporação dos aditivos na fabricação de argila expandida, houve a necessidade de realizar o preparo da massa cerâmica variando a porcentagem de seus aditivos (serragem, talco e bentonita), apresentados na Figura 2, para que assim fosse analisado quais porcentagens podem tornar a argila expandida desenvolvida nesta pesquisa mais semelhante com a argila expandida disponível no mercado. Após esta análise, pôde-se iniciar a incorporação do lodo no processo.



Figura 2 - Aditivos incorporados à massa cerâmica

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Os aditivos foram obtidos com granulometrias muito finas, que segundo Satoshi<sup>2</sup> (com. pess., 2017), é ideal para a boa para a boa mistura e aglutinação dos insumos utilizados no preparo da massa cerâmica.

A argila (barro), a bentonita e o talco foram adquiridos através da loja Hobby Cerâmica, já a serragem foi obtida no Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac. O talco e a bentonita foram obtidos com granulometrias de 200 mesh ou 0,077 milímetros. Já a serragem foi obtida em uma granulometria de 80 mesh ou 0,177 milímetros.

Dando início, foram elaborados cinco corpos de prova ainda sem nenhuma porcentagem de lodo, e variando a porcentagem dos aditivos utilizados para a fabricação de argila expandida. Os corpos de prova foram realizados em triplicatas para uma melhor representação.

A massa de argila utilizada para a realização dos cinco corpos de prova foi fixada em 25,3 gramas, que foi a quantidade necessária para que a argila expandida elaborada apresentasse o tamanho e formato que normalmente as argilas expandidas disponíveis no mercado apresentam. Durante o processo, para obter uma melhor mistura entre a massa de argila e os aditivos adicionados, foram adicionados um total de 4 mL de água, medidos em uma pipeta.

A relação das porcentagens de serragem, bentonita e talco incorporadas à massa cerâmica dos corpos de prova está apresentada no Quadro 1, ressaltando que essas porcentagens, se somadas, apresentam um valor de até 3% da massa total de argila utilizada, que é a porcentagem de aditivos normalmente encontrada na massa cerâmica para a fabricação de argila expandida.

<b>Porcentagens (%) dos aditivos incorporados à massa cerâmica</b>			
<b>Corpo de Prova (sem lodo)</b>	<b>Serragem</b>	<b>Bentonita</b>	<b>Talco</b>
1	1,0	1,0	1,0
2	1,0	0,5	0,5
3	0,5	1,0	0,5
4	0,5	0,5	1,0
5	3,0	0,0	0,0

Quadro 1 - Porcentagens dos aditivos incorporados à massa cerâmica

Fonte: Elaboração própria

Após a mistura dos insumos e aditivos da massa cerâmica, foi realizada a etapa de conformação, onde manualmente foi dado o formato arredondado aos corpos de prova.

Dando continuidade, os corpos de prova foram secos naturalmente, deixados sobre uma bandeja em local onde não havia incidência solar. Em seguida os corpos de prova foram queimados durante doze horas, no forno industrial do Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac a 900° C, para a obtenção das argilas expandidas com as

2 Satoshi, Emília. Professora Mestre e Doutora do Centro Universitário SENAC – Santo Amaro.

diferentes porcentagens de incorporação dos aditivos. Assim foi possível compará-la com a argila expandida disponível no mercado, através dos testes de resistência à compressão e de umidade.

Em seguida foi realizado o teste de absorção de água. Os corpos de prova foram pesados em uma balança analítica (marca TOLEDO) para medir suas massas. Após a pesagem, cada corpo de prova foi submerso em um béquer com água, e posteriormente foram pesados na mesma balança para que se analise o ganho de massa e a quantidade de absorção de água da argila expandida. Este teste foi realizado no Laboratório de Química do Centro Universitário SENAC.

No teste de resistência à compressão, os corpos de prova foram dispostos em uma máquina de ensaio de compressão (marca OSWALDO FLIZOLA, modelo AMW-5kN) onde foi aplicado uma força no material para que fosse possível analisar a sua resistência em relação à compressão. As argilas expandidas elaboradas foram submetidas à pressão aumentada progressivamente até sua ruptura. Juntamente com esta máquina, foi possível verificar a força aplicada nos corpos de prova, através do Software (Dynaview Standard – Pro). Os resultados das forças aplicadas foram dados na unidade de medida Newton. Este teste foi realizado no Laboratório de Metrologia localizado no Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac.

Ambos os testes foram realizados também com a argila expandida disponível no mercado, para que a mesma seja comparada com os corpos de prova da argila expandida elaborada no presente trabalho. Após os testes, pôde-se constatar que o corpo de prova com maior porcentagem de serragem foi o que apresentou maior semelhança em relação à argila expandida disponível no mercado.

A partir disso, foram iniciados os preparos dos corpos de prova com a incorporação do lodo de ETA em diferentes concentrações percentuais.

### *3.2.1.2. Segundo ensaio - Incorporação do lodo de ETA à massa cerâmica*

No segundo ensaio, foram realizadas as mesmas etapas (preparação da massa cerâmica, secagem, queima e testes) utilizando a mesma metodologia referente ao primeiro ensaio, com exceção da incorporação do lodo de ETA. As etapas de preparação da massa cerâmica, incorporação do lodo no processo e criação dos corpos de prova foram realizados no Laboratório de Química do Centro Universitário Senac.

Na etapa de elaboração dos corpos de prova com a incorporação do lodo de ETA foi realizada a mistura dos insumos e aditivos necessários (argila, água, serragem, bentonita e talco) e a incorporação do lodo de ETA nas concentrações percentuais de 5, 10, 15, 20 e 50%, para que se encontre a dosagem ideal, tendo em vista a adequação das características da massa cerâmica criada às especificações definidas para o uso da argila expandida. Além disso, a determinação de diferentes concentrações do lodo na massa cerâmica é essencial

para que se analise o desempenho argila expandida realizada quando comparada com a argila expandida disponível no mercado.

Foram elaborados os corpos de prova fixando as porcentagens de bentonita e talco e variando as porcentagens de serragem e de lodo, já que a partir do resultado do primeiro ensaio pôde-se constatar que o corpo de prova com a maior porcentagem de serragem apresentou maior semelhança com a argila expandida disponível no mercado.

Portanto, a massa cerâmica de cada corpo de prova foi preparada de acordo com as porcentagens de insumos e aditivos apresentadas na Tabela 1.

Corpo de Prova	Bentonita (%)	Talco (%)	Serragem (%)	Lodo (%)
CP 1	0,5	0,5	3	5
CP 2	0,5	0,5	3	10
CP 3	0,5	0,5	3	15
CP 4	0,5	0,5	3	20
CP 5	0,5	0,5	3	50
CP 6	0,5	0,5	5	5
CP 7	0,5	0,5	5	10
CP 8	0,5	0,5	5	15
CP 9	0,5	0,5	5	20
CP 10	0,5	0,5	5	50
CP 11	0,5	0,5	7	5
CP 12	0,5	0,5	7	10
CP 13	0,5	0,5	7	15
CP 14	0,5	0,5	7	20
CP 15	0,5	0,5	7	50

Tabela 1 - Porcentagens de insumos e aditivos adicionados à massa cerâmica

Fonte: Elaboração própria

Como o lodo já possui uma quantidade de água relevante, não foi preciso incorporar água no processo. As Figuras 3 e 4, ilustram a incorporação do lodo e dos aditivos no preparo da massa cerâmica. Já as Figuras 5 e 6, ilustram os corpos de provas realizados.



Figura 3 - Incorporação do lodo na preparação da massa cerâmica

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figura 4 - Insumos e aditivos utilizados na preparação da massa cerâmica

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figuras 5 e 6 - Corpos de prova elaborados – 1 ao 15

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Após o preparo da massa cerâmica e a realização dos corpos de prova, os mesmos foram secos naturalmente durante cerca de uma semana e, após este período, foram submetidos à etapa da queima, em um forno industrial à 1.100° C por doze horas. As Figuras 7 e 8 ilustram os corpos de prova antes e após serem queimados.



Figuras 7 e 8 - Corpos de prova pré e pós queima

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Após a etapa da queima, foram realizados o teste de absorção de água (Figura 9) e o ensaio de resistência à compressão (Figura 10), assim como foram realizados no primeiro ensaio.



Figura 9 - Teste de absorção de água - 2º ensaio

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

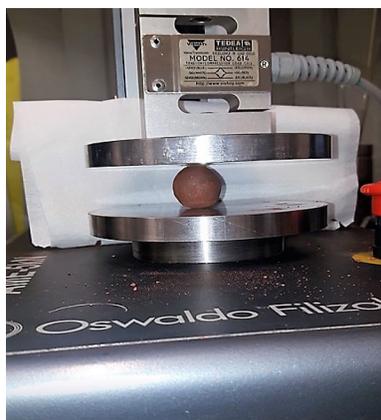


Figura 10 - Ensaio de resistência à compressão - 2º ensaio

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados da análise de sólidos

Para a análise de sólidos realizada para as três amostras de lodo, observa-se no Quadro 2 que, a porcentagem de sólidos apresentou uma média de aproximadamente 20%, enquanto a porcentagem de água foi de aproximadamente 80%. Estas porcentagens estão de acordo quando se trata de lodo de ETA, já que ele compõe, em sua maioria, por volta de 95% de água. A porcentagem de água obtida (80%) na análise de sólidos encontra-se abaixo da porcentagem normalmente encontrada em lodo de ETA (95%), em vista do processo de desidratação que o lodo já havia sofrido na ETA de origem. Como pode-se observar na Figura 11, as amostras após serem secas na estufa de secagem, sofreram uma perda de volume significativa.

Análise de Sólidos (A)			
-	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
Tara	94,54	86,14	112,18
Amostra	50,26	50,16	50,04
Peso total inicial	144,816	136,315	162,22
Peso total final	104,56	96,18	122,1
Diferença	40,25	40,13	40,12
% Água	80,07	79,99	80,17
% Sólidos	19,92	20	19,82

Quadro 2 - Resultados da Análise de Sólidos do lodo de ETA

Fonte: Elaboração própria



Figura 11 - Amostras de lodo depois da secagem

Fonte: Vinícius Correia, 2017

#### 4.1.1 Resultados do primeiro ensaio - Determinação da composição básica da argila expandida

Em relação ao primeiro ensaio, após a queima dos corpos de prova, foi possível analisar a perda de massa dos mesmos, já que neste processo parte da umidade é evaporada e toda a serragem é queimada. Os resultados das perdas de massa estão contidos no Quadro 3.

<b>Peso (g) dos corpos de prova pré e pós queima</b>						
<b>Corpos de Prova</b>	<b>Triplicatas</b>					
	<b>1<sup>a</sup></b>		<b>2<sup>a</sup></b>		<b>3<sup>a</sup></b>	
	<b>Mi</b>	<b>Mf</b>	<b>Mi</b>	<b>Mf</b>	<b>Mi</b>	<b>Mf</b>
Corpo de Prova 1	25,412	16,032	25,398	16,12	25,396	16,221
Corpo de Prova 2	25,369	16,201	25,388	16,013	25,376	16,34
Corpo de Prova 3	25,344	16,454	25,375	16,578	25,357	16,556
Corpo de Prova 4	25,487	16,698	25,422	16,726	25,355	16,477
Corpo de Prova 5	25,402	15,778	25,376	15,654	25,387	15,987

Quadro 3 - Perda de massa dos corpos de prova após processo de queima – 1º ensaio

Fonte: Elaboração própria

A partir do Quadro 3, foi possível observar que os corpos de prova onde a porcentagem de serragem foi maior, obtiveram uma maior perda de massa, devido a queima da serragem que ocorre durante o processo. Após a queima, foi realizado o teste de absorção de água, onde, a partir dos resultados apresentados no Quadro 4, pôde-se analisar a capacidade de absorção de umidade das argilas expandidas elaboradas, devido a estrutura porosa que a queima da serragem proporciona.

<b>Peso (g) dos corpos de prova pré e pós saturação - Teste de Absorção de Água</b>						
<b>Corpos de Prova</b>	<b>Triplicatas</b>					
	<b>1<sup>a</sup></b>		<b>2<sup>a</sup></b>		<b>3<sup>a</sup></b>	
	<b>Mi</b>	<b>Mf</b>	<b>Mi</b>	<b>Mf</b>	<b>Mi</b>	<b>Mf</b>
Argila expandida disponível no mercado (Branco)	12,545	15,983	9,87	12,745	11,33	14,544
Corpo de Prova 1	16,032	16,998	16,12	17,324	16,221	17,021
Corpo de Prova 2	16,201	17,458	16,013	17,132	16,34	17,054
Corpo de Prova 3	16,454	16,98	16,578	16,876	16,556	16,854
Corpo de Prova 4	16,698	16,996	16,726	17,034	16,477	16,943
Corpo de Prova 5	15,778	17,454	15,654	17,639	15,987	17,498

Legenda: Mi: Massa Inicial; Mf: Massa Final

Quadro 4 - Resultados do ganho de massa das argilas expandidas pós saturação - 1º ensaio

Fonte: Elaboração própria

A partir dos resultados do ganho de massa das argilas expandidas, pôde-se perceber que a argila expandida disponível no mercado possui uma capacidade de absorção maior do que as elaboradas neste primeiro ensaio. Em vista desses resultados, os corpos de prova elaborados no segundo ensaio foram preparados mantendo a porcentagem de 3% e

acrescentando mais porcentagens acima deste valor (5% e 7%).

Em seguida, foi realizado o teste de resistência à compressão, onde todos os corpos de prova apresentaram uma maior resistência em relação à argila expandida disponível no mercado, conforme o Quadro 5. Porém, o corpo de prova que apresentou resultados mais próximos aos resultados da argila expandida disponível no mercado foi o corpo de prova 5, que possuía a maior porcentagem de serragem (3%).

Resultados Teste de Resistência à Compressão (N)			
Corpos de Prova	Triplícatas		
Argila Expandida disponível no mercado (Branco)	560	1100	790
Corpo de Prova 1	2800	3200	3500
Corpo de Prova 2	3800	2500	3100
Corpo de Prova 3	3200	3000	3000
Corpo de Prova 4	3200	3600	3700
Corpo de Prova 5	2100	2100	2400

Quadro 5 - Resultados do teste de resistência à compressão – 1º ensaio

Fonte: Elaboração própria

Após o teste de resistência a compressão (Figura 12), pôde-se observar o interior da argila expandida de cada corpo de prova. Quando a serragem é totalmente queimada formam-se poros no interior da argila expandida, característica que fornece à argila expandida uma alta absorção de umidade.



Figura 12 - Corpos de provas após teste de resistência à compressão

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

#### 4.1.2 Resultados do segundo ensaio - Incorporação do lodo de ETA à massa cerâmica

No segundo ensaio, assim como no primeiro, após a queima dos corpos de prova, foi possível analisar a perda de massa dos mesmos, através da diferença entre os pesos pré e pós queima. Os resultados das perdas de massa estão contidos no Quadro 6.

Resultados do peso (g) dos corpos de prova pós queima						
Corpos de Prova	Triplícatas					
	1ª		2ª		3ª	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Corpo de Prova 1	25,345	14,469	14,239	14,336	25,378	14,396
Corpo de Prova 2	25,265	14,059	25,303	14,112	25,278	14,233
Corpo de Prova 3	25,388	13,976	25,832	13,862	25,763	13,88
Corpo de Prova 4	25,332	14,377	25,355	14,322	25,294	14,143
Corpo de Prova 5	25,324	10,46	25,332	10,387	25,347	10,233
Corpo de Prova 6	25,409	14,827	25,353	14,786	25,386	14,633
Corpo de Prova 7	25,422	14,483	25,431	14,541	25,439	14,622
Corpo de Prova 8	25,32	14, 251	25,45	14,492	25,45	14,281
Corpo de Prova 9	25,112	14,022	25,156	13,912	25,144	13,843
Corpo de Prova 10	25,207	10,301	25,196	10,277	25,254	10,295
Corpo de Prova 11	25,178	14,97	25,183	14,73	25,179	14,749

Corpos de Prova	Triplícatas					
	1ª		2ª		3ª	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Corpo de Prova 12	25,184	14,476	25,162	14,953	25,189	14,908
Corpo de Prova 13	25,123	14,373	25,145	14,387	25,113	14,322
Corpo de Prova 14	25,206	14,059	25,212	14,032	25,266	14,053
Corpo de Prova 15	25,257	10,095	25,29	10,08	25,271	10,044

Legenda: Mi: Massa Inicial; Mf: Massa Final

Quadro 6 - Perda de massa dos corpos de prova após processo de queima – 2º ensaio

Fonte: Elaboração própria

A partir do Quadro 6, foi possível observar que os corpos de prova 5, 10 e 15, em que foi incorporado a maior porcentagem de lodo, de 50%, obtiveram uma maior perda de massa, devido a evaporação da umidade presente no lodo. As porcentagens de serragem 3%, 5% e 7% dos corpos de prova 5, 10 e 15, respectivamente, quando incorporados 50% de lodo, não influenciaram na perda de massa, em vista que mesmo possuindo diferentes porcentagens de serragem, estes três corpos de prova apresentaram uma média de 10 gramas após o processo de queima, que ilustra a pesagem do corpo de prova 15. Portanto, verificou-se que a adição do lodo também promoveu o aumento na porosidade das peças. Isto se deve à granulometria do lodo que, segundo TARTARI (2008), é principalmente arenosa e silteosa.

Os corpos de prova 5, 10 e 15, obtiveram um peso pós queima muito similar ao peso de uma argila expandida convencional que pesa cerca de 8 a 10 gramas (dependendo do seu tamanho). Quando se trata das características visuais de uma argila expandida, as argilas expandidas elaboradas neste trabalho são muito similares às convencionais, como é ilustrado na Figura 13.



Figura 13 - Argila expandida elaborada

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Peso (g) dos corpos de prova pré e pós saturação - Teste de Absorção de Água						
Corpos de Prova	Triplicatas					
	1ª		2ª		3ª	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Argila expandida disponível no mercado (Branco)	12,545	15,983	9,87	12,745	11,33	14,544
Corpo de Prova 1	14,469	15,200	14,336	15,378	14,396	15,111
Corpo de Prova 2	14,059	15,470	14,112	15,243	14,233	15,300
Corpo de Prova 3	13,976	15,478	13,862	15,670	13,88	15,513
Corpo de Prova 4	14,377	15,200	14,322	15,450	14,143	15,332
Corpo de Prova 5	10,46	12,17	10,387	12,345	10,233	12,212
Corpo de Prova 6	14,827	15,067	14,786	15,023	14,633	15,016
Corpo de Prova 7	14,483	15,112	14,541	15,098	14,622	15,137
Corpo de Prova 8	14,251	15,168	14,492	15,294	14,281	15,238
Corpo de Prova 9	14,022	14,570	13,912	15,845	13,843	15,409
Corpo de Prova 10	10,301	14,238	10,277	13,403	10,295	13,254
Corpo de Prova 11	14,97	15,156	14,73	15,110	14,749	15,127
Corpo de Prova 12	14,476	15,233	14,953	15,300	14,908	15,450
Corpo de Prova 13	14,373	15,380	14,387	15,347	14,322	15,321
Corpo de Prova 14	14,059	15,565	14,032	15,498	14,053	15,623
Corpo de Prova 15	10,095	13,876	10,08	14,69	10,044	14,733

Legenda: Mi: Massa Inicial; Mf: Massa Final

Quadro 7 - Resultados do ganho de massa das argilas expandidas pós saturação - 2º ensaio

Fonte: Elaboração própria

Observando o Quadro 7, é possível afirmar que as argilas expandidas referentes aos corpos de prova 10 e 15 foram as que obtiveram uma maior capacidade de absorção, ganhando em média 3 gramas após saturação, assim como as argilas expandidas convencionais, de acordo com o teste de absorção de água realizado. Portanto, e assim

como ressaltado no primeiro ensaio, as argilas expandidas que continham uma maior porcentagem de serragem em sua composição foram as que obtiveram um melhor resultado no teste, absorvendo mais umidade.

O Quadro 8 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão realizado. Nota-se que os valores obtidos a partir do ensaio de resistência à compressão de todas as argilas expandidas elaboradas variaram de 780 a 3900 N. Como pode-se observar, as argilas expandidas referentes aos corpos de prova 1 e 2 foram as que obtiveram uma maior resistência em relação às demais, tendo seus valores variando entre 3750 e 3900 N, se distanciando muito do valor de resistência da argila expandida convencional que variou de 557 a 1100 N.

<b>Resultados do Teste de Resistência à Compressão (N)</b>			
<b>Corpos de Prova</b>	<b>Triplicatas</b>		
Argila expandida disponível no mercado (Branco)	557	1100	790
Corpo de Prova 1	3800	3900	3860
Corpo de Prova 2	3750	3800	3890
Corpo de Prova 3	3100	3240	3130
Corpo de Prova 4	3000	3050	3000
Corpo de Prova 5	1220	1340	1250
Corpo de Prova 6	2890	2770	2250
Corpo de Prova 7	2700	2600	2600
Corpo de Prova 8	2890	2950	2650
Corpo de Prova 9	2540	2500	2400
Corpo de Prova 10	860	800	820
Corpo de Prova 11	2240	2380	2150
Corpo de Prova 12	2110	2200	2230
Corpo de Prova 13	2020	2020	2040
Corpo de Prova 14	2000	1900	1790
Corpo de Prova 15	800	780	810

Quadro 8 - Resultados do teste de resistência à compressão - 2º ensaio

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que a argila expandida referente aos corpos de prova 10 (contendo em sua composição 0,5% de bentonita 0,5% de talco, 5% de serragem e 50% de lodo) e 15 (contendo em sua composição 0,5% de bentonita 0,5% de talco, 7% de serragem e 50% de lodo) apresentaram valores de resistência à compressão muito semelhantes ao da argila expandida convencional.

As Figuras 14, 15 e 16 ilustram as argilas expandidas após o ensaio de resistência à compressão. Na Figura 17, ressalta-se a característica porosa do interior da argila expandida, proporcionada pela incorporação da serragem no processo.



Figura 14 - Teste de resistência à compressão – 2º ensaio – Corpos de prova 1 ao 5

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

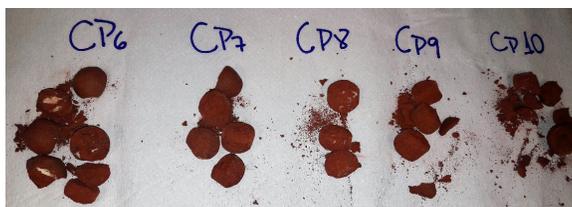


Figura 15 - Teste de resistência à compressão – 2º ensaio – Corpos de prova 6 ao 10

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figura 16 - Teste de resistência à compressão – 2º ensaio – Corpos de prova 11 ao 15

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figura 17 - Porosidade da argila expandida devido à incorporação de serragem – 2º ensaio

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

## 5 | CONCLUSÕES

Diante das problemáticas apresentadas e também das inúmeras aplicações existentes para argila expandida no setor de construção civil, o desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise da incorporação do lodo de estações de tratamento de água como matéria prima na fabricação de argila expandida, a fim de obter uma redução de extração de argila utilizada para este fim e uma destinação final adequada para o resíduo em questão.

No processo da elaboração da massa cerâmica, a adição da serragem é um processo fundamental para a obtenção dos poros e da leveza do produto final. De acordo com os testes, uma maior quantidade de serragem possibilita uma maior semelhança com as argilas expandidas convencionais.

Ao realizar o ensaio de resistência à compressão nos corpos de prova elaborados, verificou-se que quanto maior a quantidade de serragem adicionada à massa cerâmica, maior seria a porosidade e leveza do produto final. As massas cerâmicas com a porcentagem de serragem de 5% e 7%, apresentaram mais porosidade e leveza, se tornando muito similares às argilas expandidas convencionais.

Em relação ao teste de absorção de água, as amostras com maior porcentagem de serragem apresentaram uma maior capacidade de absorção de umidade, devido sua porosidade ser maior do que as argilas expandidas que continham uma menor porcentagem de serragem em sua composição.

O corpo de prova em que a adição de serragem foi de 7% e a incorporação de lodo foi de 50% (CP 15), foi o que mais se assemelhou à argila expandida convencional, em vista que apresentou resultados muito semelhantes em relação à resistência à compressão, absorção de umidade e peso. As características visuais do CP 15 são muito semelhantes às das argilas expandidas convencionais. O CP 15 foi o mais leve e o que apresentou mais poros, isto deve-se ao fato da quantidade do lodo e serragem incorporados.

Em vista dos resultados apresentados no presente estudo, as argilas expandidas elaboradas com 50% de incorporação de lodo, por terem se assemelhado às argilas expandidas convencionais, podem utilizadas no setor de construção civil. Podem ser utilizadas, por exemplo, como isolamento térmico e acústico, no enchimento de lajes, fabricação de concreto leve estrutural e no paisagismo (decoração e técnica de hidroponia).

Portanto, a partir dos resultados do presente estudo, é possível realizar a substituição parcial da argila por lodo de ETA na massa cerâmica para a produção de argila expandida, reduzindo o consumo de argila e água no processo e destinando adequadamente o lodo de ETA.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; HOPPEN, C.; TAMANINI, C. R.; NEVES, P. S. **Alternativas de Uso de Resíduos de Saneamento – Produção, Composição e Constituição do Lodo de Estação de Tratamento de Água**. PROSAB. Capítulo III. Curitiba, Paraná. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Documentos 209, ISSN 1517-8498/ fevereiro de 2006. Seropédica – RJ. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/>. Acesso em: 18/02/2017.

FERREIRA, B.S; CALIARI. **Utilização de lodo de ETA na fabricação de tijolos ara construção de casas populares**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. 2008. Disponível em: <[http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada\\_2007\\_2008/PIBIC/Engenharias/PIBIC%20-%20ENG%20-%20Paulo%20Cezar%20Caliari%20-%20Bianca%20-%20116%20117.pdf](http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada_2007_2008/PIBIC/Engenharias/PIBIC%20-%20ENG%20-%20Paulo%20Cezar%20Caliari%20-%20Bianca%20-%20116%20117.pdf)>. Acesso em: 26/02/2017.

KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica**. V.T. Katayama. – São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, E. M. S. et al. **Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento E Disposição Final De Lodos De Estações De Tratamento De Água Do Estado De São Paulo**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa: ABES, 2001.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 18, 19, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 72, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 90, 91, 93, 95, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 140

Água de chuva 111, 113, 117, 118, 122, 123, 124, 126, 129

Água mineral 1, 3, 6

Águas cinza 111, 120

*Allium cepa* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Ambiente 1, 2, 8, 18, 28, 32, 37, 39, 45, 60, 77, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 92, 109, 111, 112, 121, 122, 124, 131, 136, 141, 144

Amostragem 11, 37, 42, 45, 47, 104, 107

Amostras 4, 7, 19, 21, 23, 25, 29, 31, 32, 36, 40, 41, 48, 49, 61, 62, 68, 75, 92, 135, 136, 137

Antioxidante 9

Argila expandida 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75

### B

Baixo custo 11, 52, 53, 58, 124, 125, 126

### C

Carotenoide 9, 10, 11, 12, 14

Citotoxicidade 1, 5, 7

Condicionamento físico 105, 109

Condomínios 77, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91

Construção civil 59, 60, 61, 75, 116, 144

Consumo humano 2, 7, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 46, 49, 50, 113, 114, 118, 119

### D

Degradação da matéria orgânica 94, 96

Desnitrificação 133, 140, 141

Digestão anaeróbia 16, 20, 94, 95, 96

### E

Economia 113, 116, 128, 130, 131, 132

Efluentes 16, 18, 21, 22, 26, 27, 28, 31, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 77, 84, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 103, 114, 120, 122, 123, 131, 134, 135, 138, 141, 142

Efluentes industriais 16, 95

Efluente têxtil 94, 95, 96, 99, 101, 102, 103

## **F**

Frigorífico 28, 133, 134, 135

Frigoríficos de pescado 16

## **I**

Instituições educacionais 52

## **L**

Legislação ambiental 38, 77, 86

Licenciamento ambiental 77, 83, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 92

Lodo 16, 18, 19, 27, 28, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 94, 95, 97, 99, 135

## **M**

Matéria orgânica 18, 19, 24, 26, 27, 94, 95, 96, 98, 102, 133, 135, 142

Meio ambiente 2, 18, 28, 39, 45, 60, 77, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 92, 109, 111, 112, 121, 122, 124, 131, 141, 144

Modelagem matemática 94, 95

Mutagenicidade 1, 3, 5, 6, 7

## **N**

Nitrificação 103, 133, 139, 140, 141

Nutrição 9

## **P**

Pigmentação 9, 11, 12, 13, 14

Poluição atmosférica 104, 105, 106, 109

Potabilidade 7, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 40, 49

Propriedades rurais 29, 30, 31, 35, 36, 37

## **Q**

Qualidade ambiental 82, 90

Qualidade da água 1, 2, 7, 16, 18, 31, 33, 36, 37, 45, 46, 48, 79, 93, 112, 121, 131

Qualidade do efluente 39, 42

## **R**

Reator tipo uasb 94

Reciclagem 113, 117

Recursos hídricos 30, 37, 77, 79, 91, 92, 93, 95, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 130

Reuso 58, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 131, 132

Reuso de águas 111, 117

Reutilização 53, 112, 120, 128

## **S**

Sensoriamento 52, 53, 54

Sustentabilidade 77, 83, 111, 117, 119, 144

Sustentável 8, 111, 118, 132, 144

## **U**

Urbanização 105, 106, 109, 111

Uso racional 52, 92, 111, 116, 117, 119, 132

# Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

# 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

# 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)