



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 3

**Atena**  
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 3

**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

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

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

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

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

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 3 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-948-6

DOI 10.22533/at.ed.486202101

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

CDD 628.362

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

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

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

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

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

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

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

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do

conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

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

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

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
COMPOSTAGEM E HORTA ORGÂNICA NA FACULDADE FARIAS BRITO COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Cristiano Dantas Araújo Fausto Sales Correa Filho Flávio André de Melo Lima Francisco José Freire de Araújo Pedro Vitor de Oliveira Carneiro Sílvio Carlos Costa de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4862021011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE DE ITAMBÉ – PR: APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS SANITÁRIOS	
Cláudia Telles Benatti Luiz Roberto Taboni Junior Igor José Botelho Valques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4862021012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU, COM TRATAMENTO SUPERFICIAL, EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	
Jhonatan Smitt Picoli Rafael Verissimo Diana Janice Padilha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4862021013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
AVALIAÇÃO DO LOCAL DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE GOIANÉSIA-PA COM BASE NO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR)	
Marta Lima Lacerda Adriane Franco da Silva Ágatha Marques Farias Davi Edson Sales e Souza Deyvson Pereira Azevedo Quetulem de Oliveira Alves Tiele Costa Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4862021014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
AVALIAÇÃO DOS CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS ARRANJOS TERRITORIAIS ÓTIMOS EM MINAS GERAIS	
Luciana Alves Rodrigues Macedo Liséte Celina Lange	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4862021015</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 54**

**DESCARGA SÓLIDA EM PARQUE URBANO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE DAS NAÇÕES INDÍGENAS EM CAMPO GRANDE/MS**

Bruno Sezerino Diniz  
Daniel de Lima Souza  
Monica Siqueira Ortiz Dias  
Marjuli Morishigue  
Thais Rodrigues Marques  
Yago de Oliveira Martins  
Guilherme Henrique Cavazzana

**DOI 10.22533/at.ed.4862021016**

**CAPÍTULO 7 ..... 62**

**DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE EM UM HOSPITAL VETERINÁRIO UNIVERSITÁRIO**

Rafael Verissimo  
Diana Janice Padilha  
Daniel Verissimo  
Jhonatan Smitt Picoli

**DOI 10.22533/at.ed.4862021017**

**CAPÍTULO 8 ..... 75**

**DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO CONE SUL DE RONDÔNIA: UM RETRATO DA SITUAÇÃO RECORRENTE NA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

Daniely Batista Alves Martines  
Jaqueline Aida Ferrete

**DOI 10.22533/at.ed.4862021018**

**CAPÍTULO 9 ..... 89**

**ESTUDO DE ROTAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB**

Cristine Helena Limeira Pimentel  
Claudia Coutinho Nóbrega  
Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel  
Wanessa Alves Martins

**DOI 10.22533/at.ed.4862021019**

**CAPÍTULO 10 ..... 103**

**GEOPROCESSAMENTO NO PLANEJAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA FERRAMENTA PARA AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO**

Fabíola Esquerdo de Souza  
Solange dos Santos Costa  
Kemislani de Souza Lima

**DOI 10.22533/at.ed.48620210110**

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ATIVIDADES DE TRANSPORTE: ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DOS PORTOS ADMINISTRADOS PELA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ**

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade  
Paula Danielly Belmont Coelho

Ana Caroline David Ramos  
Arthur Julio Arrais Barros  
Natã Lobato da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.48620210111**

**CAPÍTULO 12 ..... 126**

PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
MARECHAL THAUMATURGO - AC: ANSEIOS E EXPECTATIVAS ATRAVÉS DA  
MOBILIZAÇÃO SOCIAL

Julio Cesar Pinho Mattos  
Rodrigo Junior de Sousa Pereira  
Gleison Aguiar da Silva  
Fernanda Kerolayne

**DOI 10.22533/at.ed.48620210112**

**CAPÍTULO 13 ..... 133**

PROPOSTA DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS LENHOSOS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

Natália Fagundes Mascarello  
Renata Farias de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.48620210113**

**CAPÍTULO 14 ..... 144**

REAPROVEITAMENTO E DESTINO FINAL DO RESÍDUO COMPUTACIONAL  
GERADO POR EMPRESAS DE MANUTENÇÃO E SUPORTE EM INFORMÁTICA  
NA CIDADE DE ASSÚ/RN

Ana Raira Gonçalves da Silva  
Jéssica Cavalcante Montenegro  
José Américo de Lira Silva

**DOI 10.22533/at.ed.48620210114**

**CAPÍTULO 15 ..... 153**

RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - UM ESTUDO  
DE VIABILIDADE NA REGIÃO DE SUAPE/PERNAMBUCO

Fernando Periard Gurgel do Amaral  
Raquel Lima Oliveira  
Juliana Jardim Colares  
Marina França Guimarães Marques  
Guilherme Bretz Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.48620210115**

**CAPÍTULO 16 ..... 163**

RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO: ESTUDO DE  
VIABILIDADE PARA USO NA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA/ES

Diego Klein  
Daiane Martins de Oliveira  
Tamara Lopes Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.48620210116**

**CAPÍTULO 17 ..... 174**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DE CURTUME: REAPROVEITAMENTO PARA COMPOSTAGEM EM UMA INDÚSTRIA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Aline Souza Sardinha  
Ana Paula Santana Pereira  
Mayara Aires do Espirito Santo  
Suziane Nascimento Santos  
Carlos José Capela Bispo  
Antônio Pereira Júnior  
Vinicius Salvador Soares  
Jeferson Martins Leite  
Mateus do Carmo Rocha  
Hyago Elias Nascimento Souza

**DOI 10.22533/at.ed.48620210117**

**CAPÍTULO 18 ..... 186**

**TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Sara Rachel Orsi Moretto  
João Carlos Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.48620210118**

**CAPÍTULO 19 ..... 206**

**USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO DE MONTANHA-ES: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES**

Tamires Lima da Silva  
Talita Aparecida Pletsch  
Jane Mary Schultz  
Gilmara da Silva Santos Nass  
Talwany Cezar

**DOI 10.22533/at.ed.48620210119**

**CAPÍTULO 20 ..... 215**

**COMPOSTAGEM COMO FERREMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO SOBRE UMA ESCOLA PÚBLICA EM MARABÁ-PA**

Aline Souza Sardinha  
Vinicius Salvador Soares  
Jeferson Martins Leite  
Antônio Pereira Júnior  
Suziane Nascimento Santos  
Carlos José Capela Bispo  
Ana Paula Santana Pereira  
Mayara Aires do Espirito Santo  
Mateus do Carmo Rocha  
Hyago Elias Nascimento Souza

**DOI 10.22533/at.ed.48620210120**

**CAPÍTULO 21 ..... 226**

**CLASSIFICAÇÃO DO USO E DA COBERTURA DO SOLO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA), BRASIL, NO PERÍODO DE 2008 A 2012**

Rebeca Emmanuela de Azevedo Duarte

Letícia Karine Ferreira Vilhena

Daniele Miranda Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.48620210121**

**CAPÍTULO 22 ..... 237**

**INFLUÊNCIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
EM CENTROS URBANOS**

David Silveira Monteiro

Raquel Lima Oliveira

Fernando Periard Gurgel do Amaral

**DOI 10.22533/at.ed.48620210122**

**CAPÍTULO 23 ..... 249**

**PROPOSTA DE MELHORIA AMBIENTAL PARA UMA FÁBRICA DE GOIABADA**

Renato Carvalho Menezes

Márcio Azevedo Rocha

Tadeu Patêlo Barbosa

Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Rapôso

Sheyla Karolína Justino Marques

**DOI 10.22533/at.ed.48620210123**

**CAPÍTULO 24 ..... 261**

**REDUÇÃO DO RESIDUAL DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA DE POÇO PARA  
ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Márcia Cristina Martins Campos Cardoso

Lorena Olinda Degasperi Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.48620210124**

**CAPÍTULO 25 ..... 274**

**VULNERABILIDADE A PERDA DE SOLO DA BACIA DO RIO URUPÁ, RONDÔNIA,  
AMAZÔNIA OCIDENTAL**

José Torrente da Rocha

Mayame Martins Costa

Giovanna Maria Cavalcante Martins

Andressa Vaz Oliveira

Marcos Leandro Alves Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.48620210125**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 284**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 285**

## REDUÇÃO DO RESIDUAL DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA DE POÇO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Data de aceite: 06/01/2020

### Márcia Cristina Martins Campos Cardoso

Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Técnica em Saneamento na CESAN. Vila Velha – Espírito Santo

### Lorena Olinda Degasperi Rocha

Mestranda em Engenharia de Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo. Técnica em Meio Ambiente na CESAN. Vila Velha - Espírito Santo

**RESUMO:** A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado um tema cada vez mais desafiador, e nos últimos anos este problema ganhou atenção especial em função da crise hídrica que afetou vários estados brasileiros, dentre eles o Espírito Santo. Durante a estiagem de 2015/2016 alguns poços que são utilizados para abastecimento público na ETA Ubu, situada na cidade de Anchieta-ES, sofreram aumento considerável na concentração de alumínio, devido ao rebaixamento do lençol freático. A concentração aumentou para 0,6 mg/L aproximadamente, valor 3 vezes maior que VMP pela legislação brasileira. Portanto foram pesquisadas alternativas para remover ou reduzir estes valores a fim de atender a PCR nº5- MS. A primeira etapa foi buscar

por tecnologias específicas para remoção do metal; foi avaliado o filtro de alta pressão com zeólitos e outra tecnologia em teste, oferecida por uma empresa americana. Em seguida foram avaliadas alternativas utilizando recursos próprios. Os testes foram realizados em bancada de laboratório, utilizando o jarteste e posteriormente realizados na própria ETA. Foram feitas pequenas alterações nos pontos de dosagem, e os resultados foram bem satisfatórios, reduzindo o residual de alumínio para valores inferiores a 0,2 mg /L, atendendo ao VMP da PCR nº5.

**PALAVRAS-CHAVE:** crise hídrica, água de poço, alumínio dissolvido, alcalinizante, pH

### REDUCTION OF RESIDUAL ALUMINUM DISSOLVED IN PUBLIC WELL WATER

**ABSTRACT:** The availability of water resources has become an increasingly challenging issue, and in recent years this problem has gained special attention due to the water crisis that has affected several Brazilian states, including Espírito Santo. During the drought of 2015/2016 some wells that are used for public supply at ETA Ubu, located in the city of Anchieta-ES, obtained a considerable increase in aluminum concentration due to the lowering of the water table. The concentration increased to 0.6 mg/L, 3 times higher than maxim limit detected allowed

by Brazilian law. Therefore, alternatives were searched to try remove or reduce these values to meet PCR # 5-MS. The first step was to look for specific technologies for metal removal; The zeolite high pressure filter and other technology offered by the American company were evaluated. Then alternatives were evaluated using own resources. The tests were performed on a laboratory bench, using the jar test and later performed in the ETA itself. Simple changes were made at the dosing points, and the results were quite satisfactory, reducing the aluminum residual to less than 0.2 mg / L, under the limit determined to the directive PCR nº 5 of the Ministry of Health.

**KEYWORDS:** water crisis, well water, dissolved aluminum, alkalizing, pH.

## 1 | INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado um desafio cada vez maior, principalmente para os profissionais da área de saneamento público, tanto pela quantidade quanto pela qualidade do recurso disponível.

Recentemente este problema ganhou atenção especial devido à crise hídrica que afetou vários estados brasileiros, dentre eles o Espírito Santo.

Durante a estiagem de 2015/2016 houve o rebaixamento do lençol freático que em conjunto com as características geológicas da região resultou no aumento significativo no teor de Alumínio residual nos poços utilizados para abastecimento público, apresentando resultados na faixa de 0,6 mg/L, 3 vezes mais que o VMP estabelecido pela PCR nº5.

O presente trabalho apresenta os desafios e as soluções que foram encontrados neste período de estiagem para manter o abastecimento público com qualidade adequadas na ETA Ubu, situada na cidade de Anchieta-ES. A ETA é abastecida por quatro poços e tem vazão nominal de 10 L/s, mas no verão e feriados prolongados a ETA chega a trabalhar com 21 L/s. Antes da estiagem a água captada desses poços era de excelente qualidade, de forma que o tratamento realizado era apenas correção de pH, desinfecção e fluoretação. Portanto, considerando a qualidade da água, no primeiro momento buscou-se tecnologias específicas apenas para remoção do Alumínio, a fim de não alterar o tratamento usado.

Sendo assim, o trabalho foi realizado em três etapas, a primeira consistiu na pesquisa de tecnologias disponíveis no mercado para remoção do alumínio, como filtro de alta pressão com material filtrante (zeólito) e também uma tecnologia que estava em teste por uma empresa americana sediada no ES. Porém os valores de investimento eram muito altos, o que resultou na necessidade de encontrar alternativas que fossem viáveis economicamente, conduzindo o trabalho para uma segunda etapa, onde outros métodos foram testados e avaliados a partir de recursos próprios da empresa, através de ensaios de bancada, utilizando coagulante a base

de ferro.

Posteriormente os resultados encontrados em bancada foram adaptados e aplicados na ETA, configurando a etapa final.

Os resultados foram muito satisfatórios, mostrando que simples intervenções realizadas na ETA foram suficientes e eficientes para reduzir o Alumínio residual, atendendo os padrões recomendados pela legislação e os custos previstos no orçamento.

Segundo Rosalino (2011) apesar da incerteza associada e da necessidade de investigação adicional, existem evidências mostrando que a ingestão de água com presença de alumínio, ainda que dentro dos níveis aceitáveis pela legislação possa representar danos para a saúde, especialmente a nível neurológico. Assim, devem ser observadas medidas para minimizar as concentrações de alumínio no final do tratamento.

## 2 | OBJETIVO

Reduzir o alumínio residual da água de abastecimento público para valores inferiores ao recomendado pela PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX (VMP =0,2 mg/L). E mostrar que este resultado foi alcançado através de intervenções simples, utilizando recursos disponíveis na própria ETA, com custo igual hora/homem trabalhada.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em três etapas e estão descritas abaixo:

### 3.1 Primeira etapa: busca de tecnologia para remoção de alumínio

Foi realizada uma pesquisa no mercado de saneamento em busca de empresas que fornecessem tecnologia para remoção do alumínio. Obtiveram-se as seguintes propostas: filtro de alta pressão com material filtrante (zeólito) e também de uma tecnologia americana que estava em fase de testes.

Filtro de alta pressão com zeólito: esse equipamento tem como objetivo o tratamento da água, que possui valores de alumínio, ferro e manganês acima altos ou fora das especificações de usos industriais. O tratamento da água com esse filtro baseia-se na utilização de um meio filtrante catalítico, a base de zeólitos naturais e sintéticos, tecnicamente selecionados, processados, esterilizados e ativados a fim de se obter alta atividade catalítica. São fabricados em aço ao carbono ou aço inoxidável, para mais variadas vazões. O valor de instalação desse equipamento seria em torno de 290 mil reais apenas para instalação, além do custo de manutenção.



Figura1 : modelo do filtro de alta pressão

Outra tecnologia avaliada foi oferecida por uma empresa americana, que utiliza no seu processo de tratamento o ferro na valência +6. Esta tecnologia é utilizada para remoção de Ferro e seria testada também para a remoção de alumínio.

A empresa representante dessa tecnologia no estado do ES coletou a água da ETA Ubu e testou a tecnologia.

O resultado quanto à remoção do alumínio foi positiva, porém a metodologia gerou um aumento de cor e turbidez da água, gerando outros problemas e a mudança no tipo de tratamento da água.

### *3.1.1 Resultados da primeira etapa*

O filtro de alta pressão com zeólito não se aplicou devido ao alto custo de implementação e manutenção.

A tecnologia da empresa americana apresentou uma redução do alumínio residual, porém gerou cor e turbidez, gerando outro tipo de problema e inviabilizando a implantação do sistema. Os custos não foram apresentados pela empresa fornecedora. A falta de sucesso nesta etapa direcionou para a etapa seguinte.

## **3.2 Segunda etapa: busca de solução com recurso próprio**

Diante das dificuldades apontadas e o alto custo de tecnologias já conhecidas, buscou-se então alternativas para a remoção do alumínio usando os próprios recursos da empresa, com o uso de coagulante a base de ferro e correção do pH. Se os resultados encontrados fossem relevantes, isso implicaria na modificação do tratamento da água, sendo necessário alterar a formatação da ETA.

### **Metodologia dos testes**

Os testes foram realizados em bancada por meio de ensaios de Jar Teste, usando o coagulante Salfer (densidade= 1,52/ C= 38,2%) e o alcalinizante cal

Hidratada.

O objetivo dos ensaios foi avaliar a eficiência do coagulante na remoção do alumínio e determinar a melhor dosagem. Foram realizados testes aleatórios preliminares com a água coletada na ETA Ubu.

Características da água bruta				
Alumínio	Alcalinidade	Cor	pH	Turbidez
0,59	2,6	0,2	4,8	0,6

Tabela 1- Características Água Bruta

Amostra	Análise pré-teste		Análise pós-teste (filtrado)			
	pH	Coagulante	Cor	Turbidez	Alumínio	pH
J1	4,48	0	10,1	0,98	0,70	4,48
J2	10	2	15,3	0,45	0,64	8,46
J3	9	2	16,3	0,65	0,62	8,60
J4	7	2	16,1	0,42	0,10	7,52
J5	7	0	14,8	0,45	0,17	7,80

Tabela 2- Análises preliminares coagulante

Em seguida foi realizado outro teste variando o pH (valor aproximado) e mantendo-se a dosagem do coagulante salfer em 2mg/L

Amostra	Análise pré-teste		Análise pós-teste (filtrado)			
	pH	Coagulante (mg/L)	Cor	Turbidez	Alumínio (mg/L)	pH
J1	9	2	17,8	0,55	0,29	7,0
J2	8	2	17,9	0,57	0,22	7,35
J3	7	2	19,7	0,78	0,17	6,55
J4	6	2	16,1	0,52	0,13	6,05

Tabela 3 - Ensaio Jarteste

A partir destes resultados, observou-se que o uso do coagulante, mesmo em baixa dosagem (2mg/L), conferiu uma elevação na cor da água. Portanto iniciou-se

uma nova bateria de testes, sem o adição do coagulante com o objetivo de analisar outras variáveis, como a interferência do pH, do cloro e do flúor.

Experimento 1 - Primeiramente foi realizado um ensaio de jartest utilizando apenas o alcalizante (cal hidratada). As dosagens escolhidas foram baseadas nos resultados encontrados nos testes preliminares mantendo uma faixa de pH entre 5 e 8.

Características da água bruta				
Alumínio	Alcalinidade	Cor	pH	Turbidez
0,58	2,6	0,2	4,8	0,6

Tabela 4 - Características água bruta

Parâmetros utilizados no teste				
Alcalinização	Mistura rápida	Mistura lenta	Decantação	Filtração
Adição de cal até o pH desejado	1'	10'	20'	Ñ foi feita

Tabela 5 - Parâmetros jarteste

Amostra	pH (desejado)	pH ( real)	Cor	Turbidez	Alumínio
J1	5,5	5,70	0,0	0,48	0,16
J2	6,0	6,40	0,7	1,1	0,03
J3	6,5	6,90	0,5	5,39	0,06
J4	7,0	7,30	3,1	10,6	0,09
J5	7,5	7,80	3,1	12,3	0,24
J6	8,0	7,94	3,1	17,5	0,28

Tabela 6 - Ensaio jarteste remoção alumínio

A alcalinização da água foi feita adicionando solução de cal concentrada com volume pré-estabelecido em teste preliminar, os valores reais encontrados foram diferentes dos desejados, entretanto esta diferença não foi um impedimento para alcançar os objetivos estabelecidos. O melhores resultados para remoção de alumínio x turbidez foram encontrados na faixa de pH entre 6,40 e 6,90 como mostrado no figura 2. Mas mesmo mantendo o pH nesta faixa, que apresentam os menores valores para a turbidez, estes valores se encontram acima do desejado.

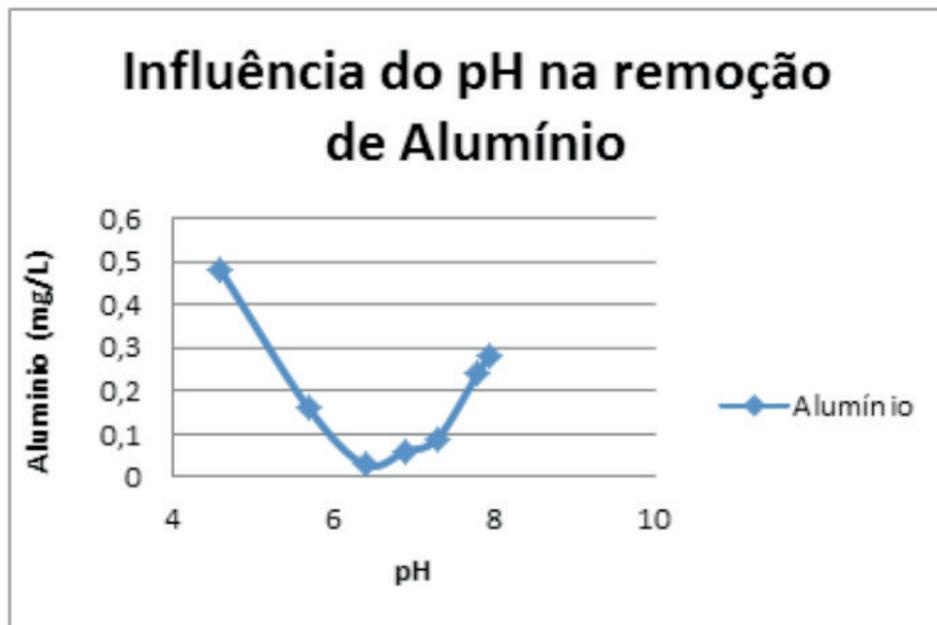


Figura 2- Influência do pH na remoção de alumínio

Este resultado mostra a importância do pH na solubilidade do alumínio, portanto, buscou-se trabalhar com a faixa de pH em torno de 6,4 e 6,9. Nesta etapa os ensaios foram realizados sem o uso do jarreste, e os produtos químicos foram adicionados e misturados manualmente, com o intuito de reproduzir o que realmente acontece na planta.

#### Experimento 2

Jarro 1- Simulação do que acontecia anteriormente na ETA (dosagem simultânea dos produtos químicos no mesmo ponto). Foram adicionados cal, cloro e flúor e agitou-se por um minuto.

Jarro 2- Neste jarro foi adicionado apenas o cal até o pH aproximado 6,70 e agitou-se com um bastão por 1 minuto. Em seguida foi feita a análise de alumínio.

Jarro 3- Foi feita uma análise para alumínio residual previamente, e imediatamente após a leitura foi adicionado cloro e flúor em concentrações aplicadas na ETA. Novamente a solução foi agitada por aproximadamente 1 minuto. Em seguida foi feita a análise de alumínio novamente.

Amostra	Análises pré-teste			Análises pós-testes	
	Cal	Flúor	Cloro	Alumínio	pH
J1	x	x	x	0,10	6,50
J2	x	-	-	0,07	6,70
J3	x	x	x	0,08	6,68

Tabela 7 - Ensaio comparativos entre metodologias

Observa-se que no jarro, onde é feita a mistura simultânea dos produtos químicos o residual de alumínio é ligeiramente mais elevado.

Experimento 3- Este teste foi realizado para comparar o processo de tratamento ciclo completo (simulado no jarteste) versus configuração atual da ETA, avaliando a necessidade ou não de alteração do processo atual de tratamento.

Amostra	Análises pré-teste				Análises pós-testes
	pH	Cl	Flúor	Al	Alumínio
J1	6,46	2,20	0,8	0,19	0,10
J2	6,54	-	-	0,13	0,07

Tabela 8 - Ensaio comparativos parte 2

J1- Foram adicionadas dosagens aproximadas do real de cloro, flúor e cal de forma simultânea, e lidas após 1 minuto de agitação manual. Esta amostra foi submetida ao ensaio de jarteste e após a decantação foi coletada nova amostra e realizada nova leitura.

J2- Neste jarro foi adicionado apenas solução de cal e feito a leitura após um minuto de agitação manual. Esta amostra foi submetida ao ensaio de jarteste e após a decantação foi coletada nova amostra e realizada nova leitura.

Estes ensaios foram feitos para avaliar o tempo de contato em relação à redução do alumínio.

### 3.2.1 Resultados da segunda etapa

Após a realização destes testes foi possível perceber duas situações importantes:

– Amistura dos três produtos simultaneamente, como era feito estava interferindo no valor residual do alumínio, observou-se que quando os produtos eram misturados simultaneamente havia um leve aumento no residual de alumínio, isso acontece devido ao flúor ser um interferente na análise de alumínio;

– Embora os resultados encontrados após o ciclo completo sejam melhores, é possível encontrar resultados que atendam as exigências da portaria vigente apenas fazendo pequenas alterações na ETA, como alteração do ponto de dosagem dos produtos químicos, sem a necessidade de investimentos.

### 3.3 Terceira etapa: aplicação e adaptação dos resultados de bancada na eta

A partir dos resultados encontrados em bancada, foram alterados os pontos de dosagem dos produtos químicos na ETA, e foi feito monitoramento de análises.

Inicialmente, todos os produtos (cal, flúor e cloro) eram dosados no mesmo ponto de aplicação (indicado pelo círculo vermelho).

Após os testes foi sugerido que a cal passasse a ser dosada exatamente no ponto aonde água chega (antes do ponto original, aumentando o tempo de contato) e o flúor e o cloro estão sendo dosados logo após a calha parshall (posterior ao ponto original). As dosagens eram feitas simultaneamente no centro da calha.

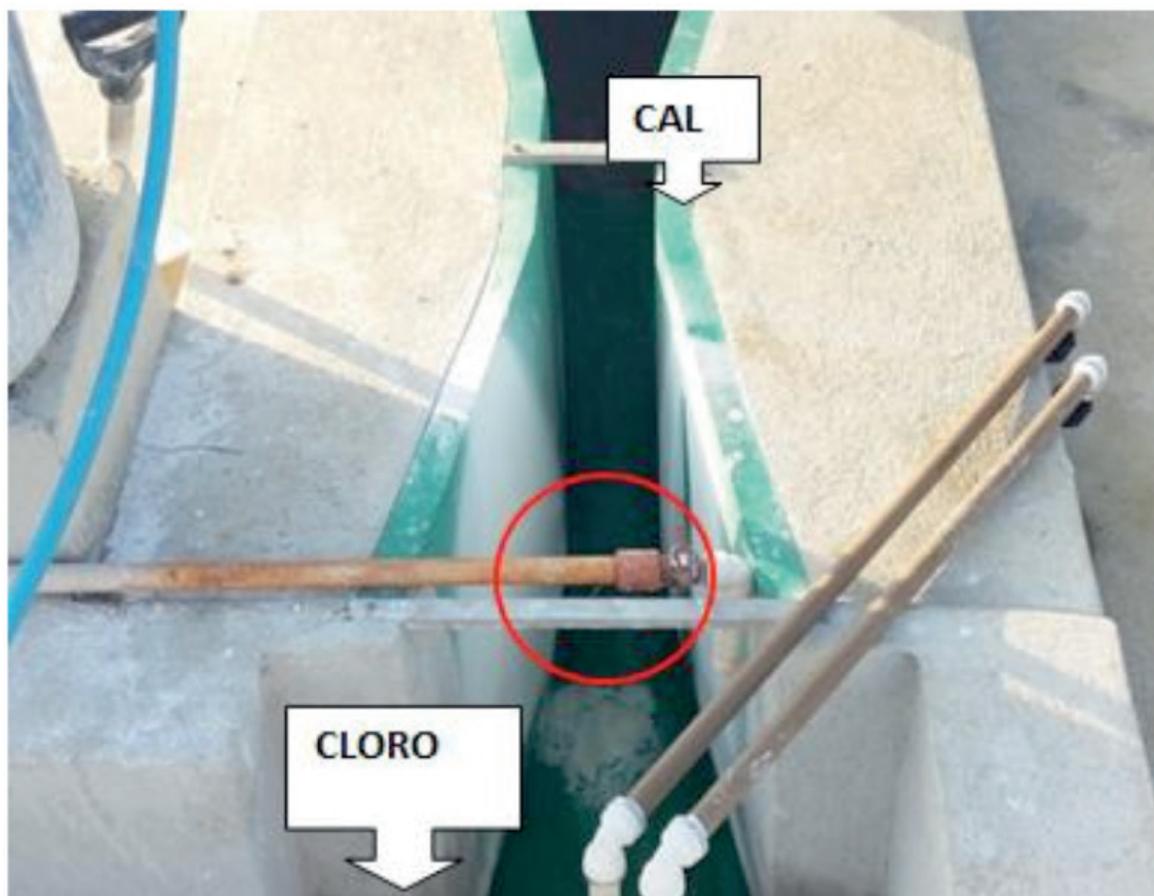


Figura 3- Nova configuração das dosagens de produtos químicos

Após a alteração dos pontos de dosagens foram realizadas as análises rotineiras para monitoramento dos resultados que estão descritos na tabela abaixo:

Horário	Amostra	pH	Alumínio
07:00	Água Bruta	5,18	0,47
	Água tratada	6,21	0,12
10:00	Água Bruta	5,20	0,42
	Água tratada	6,26	0,08
11:00	Água Bruta	4,61	0,54
	Água tratada	6,04	0,16
12:00	Água Bruta	5,76	0,55
	Água tratada	6,10	0,18
13:00	Água Bruta	4,62	0,57
	Água tratada	6,30	0,14
14:00	Água Bruta	5,05	0,58
	Água tratada	6,36	0,12

Tabela 9 – Resultados da água tratada após alteração dos pontos de dosagens e controle de pH

Abaixo seguem duas figuras comparando os resultados antes e depois das alterações realizadas nos pontos de dosagem dos produtos químicos.

A figura 4 mostra os resultados obtidos quando os produtos químicos eram misturados simultaneamente e não havia controle de pH.

quinta-feira, 6 de julho de 2017												
CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA												
Água Bruta						Tratada						
Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Ferro	Alumínio	Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Cloro	Alumínio	Fluoret
mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l	mg/l	mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l	mg/l	mg/l
0,5	1,2	4,94				3,3	1	6,42		1,22		0,72
0,5	0,8	4,86	1,8		0,58	1,8	0,9	6,34		1,16	0,42	0,63
0,8	0,6	4,75				1,6	1	6,28		1,12		0,61
0,2	0,4	4,76				1,2	0,96	6,22		1		0,62
0,2	0,1	4,86	1,8		0,66	1	0,85	6,17		0,86	0,24	0,61
0,4	0,1	4,86				1	0,76	6,12		0,84		0,61

Figura 4- resultados anteriores às alterações

A figura 5 mostra os resultados obtidos após a mudança do ponto de dosagem da cal para o ponto de chegada da água, e o flúor é adicionado posteriormente, junto com o cloro.

quinta-feira, 30 de novembro de 2017												
CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA												
Água Bruta						Tratada						
Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Ferro	Alumínio	Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Cloro	Alumínio	Fluoret
mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l	mg/l	mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l	mg/l	mg/l
1,8	0,23	4,69	1,6		0,58	4,9	1,43	6,19		0,75	0,14	0,78
1,3	0,2	4,88			0,56	4,1	0,76	6,12		0,7	0,15	0,65
1	0,23	4,9			0,55	5	0,99	6,15		0,85	0,1	0,65
-	-	-			-	4,7	0,66	6,16		0,84	0,15	0,65
2,7	0,24	4,73			0,56	4,5	1	6,31		1,24	0,11	0,69
2	0,23	4,8	1,6		0,56	5	1	6,09		0,98	0,18	0,64

Figura 5- Resultados após as alterações

#### 4 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O filtro de alta pressão com zeólito apresentou custo muito elevado e inviável para implantação;

A tecnologia da empresa americana testada apresentou boa redução do residual de alumínio, porém conferiu aumento considerável de cor e turbidez, os custos não foram apresentados;

Coagulante não apresentou resultado relevante na remoção;

O controle de pH utilizando cal, e a alteração dos pontos de dosagem resultaram na redução de 70% do alumínio dissolvido;

Houve um leve aumento na turbidez da água tratada, mas ainda dentro do recomendado pela legislação;

Custo da melhoria para redução do alumínio dissolvido: hora/homem trabalhada.

Os resultados encontrados foram muito satisfatórios, mostrando que as pequenas alterações realizadas na ETA resultaram na redução do Alumínio para os padrões recomendados pela Portaria PCR nº5 anexo XX- MS.

A cal produz uma elevação na turbidez da água (mas este problema já existia, pois a cal era usada para correção de pH). Portanto, foi realizado um teste de três

semanas utilizando cal em suspensão e o resultado foi positivo em relação ao controle de pH, que se torna muito mais fácil devido à estabilidade do produto e a turbidez praticamente não se altera. Assim, recomenda-se que esta substituição seja feita de forma definitiva, com o objetivo de melhorar e alcançar resultados de excelência como está proposto na missão e objetivos da empresa.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05 anexo XX de 28 de Setembro de 2017. Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água Para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade (Origem: PRT MS/GM 2914/2011).

CLETO, C. I. T.P. O alumínio na água de consumo humano. Covilhã, 2008. Dissertação e mestrado- Universidade da Beira Interior.

ROSALINO, M. R. R. Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano. Lisboa, 2011. Dissertação de mestrado- Universidade Nova de Lisboa.

YAMAGUSHI, R B. Especificação de alumínio em água subterrâneas na região do manancial Billings: aplicação da radiação na digestão amostral para fins analíticos e na proposta de remediação. São Paulo, 2013. Dissertação de mestrado-Instituto de pesquisa energéticas nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água de poço 251, 261  
Alcalinizante 261, 264  
Alumínio dissolvido 261, 272  
Amortecimento de cheia 55  
Área costeira 226, 227, 228, 232, 235  
Argamassa de revestimento 20, 31  
Arranjos territoriais 46, 47, 48, 49, 52, 53  
Assoreamento 22, 54, 55, 56, 60, 61  
Aterro sanitário 8, 10, 17, 18, 19, 36, 38, 42, 44, 45, 50, 51, 75, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89, 91, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 116, 129, 131, 132, 187, 189, 192, 198, 199, 200, 201, 217

### C

Coleta seletiva 64, 71, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 123, 124, 129, 130, 190, 191, 197, 202, 208, 219, 220, 223  
Composteira 4, 216, 218, 220, 222, 224  
Composto orgânico 1, 3, 5, 174, 175, 177, 179, 180, 181, 182, 184, 200, 218  
Consórcios intermunicipais 46, 47, 48, 52, 53  
Crise hídrica 261, 262

### D

Degradação ambiental 21, 104, 132, 232, 234  
Deslignificação 133, 135, 136, 137, 138  
Destinação 1, 2, 6, 22, 33, 34, 36, 38, 40, 43, 53, 62, 66, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 87, 89, 90, 93, 94, 98, 99, 100, 104, 112, 118, 120, 122, 123, 124, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 170, 173, 174, 175, 188, 190, 206, 207, 208, 215, 217, 218, 219, 220, 223, 255  
Disposição final 2, 8, 9, 10, 15, 19, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 49, 51, 52, 53, 64, 66, 72, 74, 75, 77, 78, 89, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 101, 127, 130, 131, 134, 156, 187, 190, 191, 203, 204, 217, 253, 255

### E

Ecodesign 249, 250, 254, 257  
Ensaio à compressão 20  
Ensaio à tração na flexão 20  
Erosão 275, 282  
Estação de tratamento 163, 164, 166, 171, 172

### G

Geomorfologia 274, 275, 277, 278, 279, 280  
Gerenciamento de resíduos sólidos 2, 36, 64, 74, 102, 112, 118, 120, 121, 123, 124, 125, 187  
Gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte 118, 121, 123, 124

## H

Horta escolar 216, 223

## I

Impacto social 206

Índice de qualidade de aterro de resíduos 8, 9, 33, 34, 44, 45

Internações 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

## L

Lodo 2, 7, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 183, 184, 185, 186, 196, 197, 198, 203

## M

Mapeamento 103, 104, 107, 252, 274, 275, 277

Material reciclável 206

Meio ambiente 2, 6, 8, 9, 18, 21, 22, 30, 34, 38, 41, 43, 44, 49, 53, 63, 64, 65, 73, 74, 90, 104, 112, 118, 120, 125, 132, 133, 141, 146, 150, 151, 153, 154, 166, 169, 173, 174, 175, 184, 188, 190, 193, 206, 207, 208, 210, 211, 213, 220, 221, 222, 224, 228, 250, 251, 254, 260, 261, 284

Meteorologia 237

Mobilização social 126

## P

Pavimentação 107, 163, 164, 165, 166, 170, 171, 172

Perfil ambiental 249, 252, 253, 255, 258

Pgrss 62, 63, 64, 66, 73

Ph 197

Planejamento urbano 61, 109, 112, 116, 226, 284

Política nacional de resíduos sólidos 1, 2, 6, 8, 9, 19, 22, 30, 35, 36, 44, 46, 47, 52, 53, 73, 75, 77, 87, 88, 119, 120, 124, 126, 127, 132, 145, 148, 150, 151, 188, 189, 191, 217

Poluentes atmosféricos 237, 238, 239, 241, 246

## R

Reciclagem 8, 21, 22, 23, 31, 89, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101, 124, 125, 130, 134, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 178, 186, 187, 191, 192, 199, 200, 201, 203, 204, 217, 223, 255

Recuperação energética 186, 187, 189, 192, 193, 196, 200

Regionalização 46, 47, 48, 49, 51, 53

Reservatório 14, 54, 55, 56, 57, 60

Resíduos sólidos urbanos 8, 10, 16, 19, 34, 35, 36, 39, 45, 46, 47, 49, 50, 53, 63, 75, 78, 81, 87, 88, 89, 90, 93, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 118, 130, 131, 155, 186, 187, 189, 190, 195, 204, 205, 206, 207, 208, 217

Rota tecnológica 89, 90, 91, 93, 94, 96, 100, 101

## S

Sedimentos 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 282

Sistema informações geográficas 226

Sustentabilidade 1, 18, 45, 53, 92, 126, 127, 144, 145, 147, 150, 151, 152, 185, 202, 224, 231, 249, 250, 251, 260, 284

Sustentabilidade ambiental 144, 145, 147, 150, 151, 231, 260

## T

Tecnologia 35, 45, 77, 89, 100, 105, 142, 144, 152, 171, 172, 173, 185, 192, 196, 199, 200, 201, 206, 213, 224, 260, 261, 262, 263, 264, 272

Tratamento superficial da borracha 20

Triagem 46, 51, 53, 89, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 190, 194, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214

## U

Uso e ocupação do solo 54, 56, 61, 226, 228, 277

## V

Viabilidade 23, 30, 48, 153, 154, 155, 158, 163, 164, 166, 187, 188, 189, 197, 205

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**