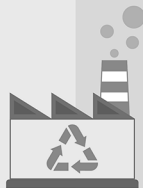


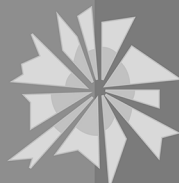


EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)



Atena
Editora
Ano 2020



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

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-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

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. 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 Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. 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. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krah – 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 Alborno – 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. Lilian 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

Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E93 Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-477-1

DOI 10.22533/at.ed.771202610

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção *“Evolução do Conhecimento Científico na Engenharia Ambiental e Sanitária”* tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

É de suma importância perceber que o constante crescimento populacional vem pressionando os recursos hídricos pela elevada demanda por água e poluição de corpos hídricos. Consequentemente, observa-se uma piora na qualidade da água e uma pressão nos sistemas de produção e distribuição de água potável.

Com isso em mente, os primeiros capítulos deste livro apresentam diferentes estudos que apresentam soluções capazes de otimizar os sistemas urbanos de abastecimento de água potável. Em seguida, os capítulos subsequentes abordam temas relacionados a modelagem e análise da qualidade de água de diferentes sistemas hídricos, indicando a necessidade de se investir em ações, projetos e políticas públicas voltadas a preservação ambiental e de recursos hídricos.

Políticas públicas e programas governamentais são instrumentos essenciais para preservação do meio ambiente, conservação de água e garantir saúde e bem-estar à sociedade. Como exemplo, os Planos de Preservação e Recuperação de Nascentes das Bacias Hidrográficas da Codevasf, apresentado no Capítulo 9.

Com o novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020), não há como não demonstrar preocupação com o novo modelo de operação do setor de saneamento básico através de empresas públicas de capital aberto e de prestação direta por empresas privadas (Capítulo 10).

Com isso, torna-se crucial neste momento, o estabelecimento de parâmetros e indicadores para fiscalização do cumprimento das metas da universalização do saneamento básico. O Capítulo 11 apresenta proposições de mudança do SNIS para aumentar a qualidade e a confiabilidade dos dados registrados no novo sistema, o SINISA, uma ferramenta que poderá auxiliar nesta nova gestão do saneamento básico no Brasil.

Realmente, ainda há muito trabalho pela frente no que se diz respeito a universalização do saneamento básico no Brasil (Capítulo 12). Mesmo assim, podemos observar nos últimos capítulos que diferentes soluções para o tratamento de esgoto e de manejo de resíduos sólidos e do solo vêm sendo estudadas com o intuito de preservar o meio ambiente.

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país e da Espanha, trazendo, de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à qualidade de água e preservação de recursos hídricos, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos e do solo. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

**CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS EN BANCO DE ENSAYOS.
APLICACIÓN EN SIMULACIÓN DE LLENADO-VACIADO DE CONDUCCIONES**

Paloma Arrué Burillo

Antonio Manuel Romero Sedó

Jorge García-Serra García

Vicent B. Espert Alemany

Román Ponz Carcelén

DOI 10.22533/at.ed.7712026101

CAPÍTULO 2..... 15

**DESARROLLO DE UN SOPORTE DIGITAL COMO BASE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN
INTELIGENTE DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

José Pérez-Padillo

Pilar Montesinos Barrios

Emilio Camacho Poyato

Juan Antonio Rodríguez Díaz

Jorge Pérez Lucena

Jorge García Morillo

DOI 10.22533/at.ed.7712026102

CAPÍTULO 3..... 28

COMPARAÇÃO ENTRE MIGHA E AG PARA A CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO

Alessandro de Araújo Bezerra

Renata Shirley de Andrade Araújo

Marco Aurélio Holanda de Castro

DOI 10.22533/at.ed.7712026103

CAPÍTULO 4..... 37

**CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO PARA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CAVEIRAS**

Lucas de Bona Sartor

Taciana Furtado Ribeiro

Camila Caroline Branco

Mariáh de Souza

Lais Sartori

Bruna da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7712026104

CAPÍTULO 5..... 48

**MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA (MQUAL) APLICADA NO ESTUDO DE
SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

Jesuéte Bezerra Pachêco

José Carlos Martins Brandão

Carlos Henke de Oliveira

Carlos Hiroo Saito

DOI 10.22533/at.ed.7712026105

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE LITOLÓGICA E HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA ITAQUI – BACANGA, SÃO LUÍS, MARANHÃO: EVIDÊNCIA DA INTRUSÃO MARINHA

Flávia Rebelo Mochel

Luís Alfredo Lopes Soares *in memoriam*

Paulo Roberto Saraiva Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.7712026106

CAPÍTULO 7..... 86

ANÁLISE FITOPLANCTÔNICA DA BARRAGEM DO RIO MARANGUAPINHO E ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ

Paloma Paiva Santiago

Laiane Maria Costa Lima

Leticia Soares Sousa

Marina Andrade Costa

Leticia Penha de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.7712026107

CAPÍTULO 8..... 94

ANÁLISE DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA MIRIM E DO CANAL SÃO GONÇALO

Vitória Rovel da Silveira

Gabriel Borges dos Santos

Marlon Heitor Kunst Valentini

Henrique Sanchez Franz

Victória Huch Duarte

Larissa Aldrighi da Silva

Denise dos Santos Vieira

Beatriz Muller Vieira

Diuliana Leandro

Willian Cezar Nadaleti

Bruno Müller Vieira

DOI 10.22533/at.ed.7712026108

CAPÍTULO 9..... 106

PLANOS NASCENTES: PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE NASCENTES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, PARNÁIBA, ITAPECURU E MEARIM

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

Camilo Cavalcante de Souza

Renan Loureiro Xavier Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.7712026109

CAPÍTULO 10..... 120

POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO NO CONTEXTO DO MARCO REGULATÓRIO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO, BRASIL

Marcos Antônio Silva do Nascimento

CAPÍTULO 11..... 135

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: DO SNIS AO SINISA

Marise Teles Condurú
José Almir Rodrigues Pereira
João Diego Alvarez Nylander
Rafaela Carvalho da Natividade

DOI 10.22533/at.ed.77120261011

CAPÍTULO 12..... 146

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CARÊNCIA HABITACIONAL NA ZONA NORTE DE NATAL, METRÓPOLE BRASILEIRA

Ruan Henrique Barros Figueredo
Vinícius Navarro Varela Tinoco
Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes
Brenno Dayano Azevedo da Silveira
Almir Mariano de Sousa Junior

DOI 10.22533/at.ed.77120261012

CAPÍTULO 13..... 155

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EFLUENTES TRATADOS ATRAVÉS DE MODELO DE FOSSA SÉPTICA COM FILTRO BIOLÓGICO

José Vicente Duque dos Santos
Edson Barboza Pires
Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.77120261013

CAPÍTULO 14..... 167

IMPACTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA GESTÃO E NA CONCEPÇÃO, PROJETOS, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk
Maria Eugenia Gimenez Boscov

DOI 10.22533/at.ed.77120261014

CAPÍTULO 15..... 178

MONITORAMENTO E PREVISÃO DE RECALQUES A LONGO PRAZO USANDO MODELOS DE COMPRESSIBILIDADE: ESTUDO DE CASO

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk
Gabrielle Sthefanine Silva Azevedo
Leandro Rangel Corrêa
Elisabeth Ritter

DOI 10.22533/at.ed.77120261015

CAPÍTULO 16..... 189

UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO COMBINADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA O

TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Jandira Leichtweis
Siara Silvestri
Nicoly Welter
Mariana Islongo Canabarro
Keila Fernanda Hedlund Ferrari
Elvis Carissimi

DOI 10.22533/at.ed.77120261016

CAPÍTULO 17..... 199

**COEFICIENTE DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE *EUCALYPTUS*
UROPHYLLA E *EUCALYPTUS CITRIODORA***

Winkler José Pinto
André Batista de Negreiros

DOI 10.22533/at.ed.77120261017

SOBRE O ORGANIZADOR..... 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO COMBINADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA O TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Data de aceite: 01/10/2020

Jandira Leichtweis

Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Siara Silvestri

Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Nicolay Welter

Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Mariana Islongo Canabarro

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Keila Fernanda Hedlund Ferrari

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Elvis Carissimi

Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

RESUMO: Nesse trabalho, foi utilizado um processo de oxidação avançada - ozonização/ H_2O_2 – para avaliar a remoção da cor do lixiviado de aterro sanitário. Os estudos foram realizados com coletas de amostras de lixiviado em um aterro sanitário na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. O experimento foi realizado em um reator, para acondicionamento da amostra de lixiviado com H_2O_2 , conectado ao equipamento gerador de ozônio. O procedimento foi realizado em etapa única, com concentração de entrada de O_3 mantida constante, no valor de 0,54 g O_3 /hora. Foram variadas as quantidades de H_2O_2 adicionadas à amostra de lixiviado ao longo do processo de ozonização, o qual teve duração de 150 minutos. Foram obtidas altas taxas de remoção de cor nas alíquotas analisadas, chegando a atingir 90% de remoção na última alíquota. Dessa forma, conclui-se que o sistema é efetivo e pode ser uma alternativa para solucionar um dos grandes problemas de aterros sanitários, que é a difícil degradação do lixiviado.

PALAVRAS-CHAVE: Processos de oxidação avançada, ozonização/ H_2O_2 , poluente recalcitrante, lixiviado de aterro sanitário.

ABSTRACT: In this work, an advanced oxidation process - ozonation / H_2O_2 - was used to evaluate the color removal of a landfill leachate. The studies were conducted through leachate sampling from a landfill in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. The experiment was carried out in a reactor for the storage of the leachate sample with H_2O_2 , connected to the ozone generator equipment. The procedure was performed in a single step, with O_3 input concentration kept constant, in the amount

of 0.54 g O₃ / hour. The amounts of H₂O₂ added to the leachate sample were varied during the ozonation process, which lasted for 150 min. High rates of color removal were obtained in the analyzed aliquots, reaching 90% removal in the last aliquot. Thus, it is concluded that the system is effective and can be an alternative to solve one of the major problems of landfills, which is the difficult degradation of leachate.

KEYWORDS: Advanced oxidation processes, ozonation/H₂O₂, recalcitrant pollutant, landfill leachate.

1 | INTRODUÇÃO

Uma variedade de recursos naturais é extraída diariamente do meio ambiente e transformada em bens, a fim de melhorar a qualidade de vida da sociedade e manter seus padrões de consumo (RANI et al., 2020). Além disso, uma redução no ciclo de vida dos produtos, acarreta em uma elevada geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), levando a uma necessidade de descarte adequado (BORBA et al., 2019). Os aterros sanitários são tecnologias convencionais eficientes aplicadas à disposição final dos RSU, em que sua decomposição ocorre por processos químicos, físicos e biológicos, gerando o lixiviado de aterro (LA) como subproduto (GHANBARI et al., 2020).

O LA é composto por uma mistura de diferentes substâncias, como a umidade dos resíduos e da chuva que penetra nas células do aterro. Assim, o clima, a hidrogeologia, as características da camada de cobertura dos RS e o método de impermeabilização influenciam na produção e nas características do LA (ABUABDOU et al., 2020). Devido a esses fatores, o LA contém quantidades elevadas de matéria orgânica com frações biodegradáveis e não biodegradáveis (recalcitrantes), que incluem substâncias húmicas, metais pesados, sais inorgânicos e micro-organismos (CAROLINE BAETTKER et al., 2020). Estudos relatam que os LA já afetaram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Devido a suas características recalcitrantes, devem ser tratados antes de serem despejados no meio ambiente (SACKEY; KOČÍ; VAN GESTEL, 2020).

Buscando alternativas para minimizar os impactos adversos do descarte do LA em corpos d'água, diversas pesquisas vem sendo desenvolvidas sobre métodos para o seu tratamento, como: célula de combustível microbiana (ELMAADAWY et al., 2020); eletrocoagulação seguido de eletro-oxidação (GHANBARI et al., 2020); tratamento fotocatalítico (AZADI et al., 2020); processo foto-Fenton (BORBA et al., 2019); processo de oxidação por eletrocossulfato (ONN et al., 2020); adsorção (FERRAZ; YUAN, 2020) entre outros.

Devido à complexidade do LA, este requer processos que apresentam alta eficiência na degradação, mineralização de poluentes refratários e recalcitrantes, bem como no aumento da fração de biodegradabilidade do efluente (BAI; TIAN; MA, 2020). Nesse contexto, podemos destacar os processos de oxidação avançada (POA), sendo também investigados na descontaminação de águas residuais de indústrias têxteis (PAŹDZIOR;

BILIŃSKA; LEDAKOWICZ, 2019); indústrias de curtume (KORPE et al., 2019); de águas residuais de adegas (AMOR et al., 2019) e águas residuais contendo fármacos (LIMA et al., 2020).

Dentre os POA's, podemos destacar a ozonização (QUAN et al., 2020), considerada uma tecnologia comum e consolidada no tratamento de águas residuais para a degradação da matéria orgânica dissolvida (JUNG et al., 2017). Um dos sistemas de ozonização comumente utilizado no tratamento de águas residuais é a ozonização/ H_2O_2 (FU et al., 2019). Assim, nesse trabalho, primeiramente foi realizada a caracterização dos parâmetros físicos e químicos do LA do aterro sanitário e em seguida foi avaliado o processo combinado de ozonização/ H_2O_2 no tratamento do LA.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta das amostras, armazenamento e caracterização

O LA utilizado neste estudo foi proveniente de um aterro sanitário da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil o qual recebe em média 400 toneladas de RSU por dia e gera, diariamente, 150 m³ de LA. O LA foi coletado e armazenado de acordo com os critérios descritos no Standard Methods (APHA, 2005).

A caracterização do LA foi avaliada pelos seguintes parâmetros: Alcalinidade Total, Cálcio, Cloreto, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, Condutividade, Cromo Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Ferro, Fósforo Total, Magnésio, Mercúrio, Níquel, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total Kjeldahl, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Sólidos Suspensos Totais (SST), Sulfato, Temperatura e Turbidez.

2.2 Procedimento experimental

O experimento foi realizado em escala de bancada e nele foram tratados 500 mL de LA. Para a geração de O_3 utilizou-se um sistema de geração e transferência de O_3 composto por um compressor de ar e por um equipamento gerador de O_3 (Tholz – TH 50, com capacidade de geração de 3 g de O_3 /hora). O compressor de ar supre com O_2 o gerador de O_3 , o qual transforma o O_2 em O_3 por meio de descargas elétricas (efeito corona).

A entrada de O_3 para o reator contendo o LA ocorreu por meio de uma mangueira conectada ao gerador de O_3 e à proveta utilizada para acondicionar o LA. A vazão e a pressão de ar foram mantidas fixas. As possíveis perdas de O_3 para o ambiente foram minimizadas devido à utilização de uma tampa na proveta, a qual estava conectada, através de uma mangueira, a uma solução de iodeto de potássio. Esta solução é responsável por quebrar as moléculas de O_3 que não reagiram com o LA e transformá-las em O_2 novamente. Dessa forma, não é liberado O_3 no ar. Quanto à adição de H_2O_2 , a mesma foi elevada gradativamente de acordo com o tempo de ozonização.

Inicialmente foram colocados 500 mL da amostra de LA em uma proveta graduada e adicionados 15 mL de H₂O₂. Essa mistura foi submetida ao processo de ozonização pelo período de uma hora. Após decorrer uma hora do início do experimento, foi retirada uma alíquota de 20 mL. Em seguida, foram adicionados mais 15 mL de H₂O₂ à amostra de LA, totalizando assim 30 mL de H₂O₂. Essa mistura foi submetida novamente a mais trinta minutos de ozonização, completando uma hora e meia de experimento. Dessa forma, foram feitas adições de H₂O₂ a cada meia hora, o que resultou em um total de 60 mL de H₂O₂ (17,4 g H₂O₂/L) adicionado na amostra de LA. A Tabela 1 apresenta as informações de dosagens de O₃ e H₂O₂ utilizadas durante o ensaio.

Amostra	Concentração de O ₃ (g O ₃ /hora)	Quantidade de H ₂ O ₂ adicionada (mL)	Quantidade total de H ₂ O ₂ (mL)	Tempo Total de Ozonização (min)
1	0,54	15	15	60
2	0,54	15	30	90
3	0,54	15	45	120
4	0,54	15	60	150

Tabela 1 - Dosagem de O₃ e de H₂O₂, e tempo de ozonização utilizados no processo de ozonização/H₂O₂.

2.3 Análise da remoção de cor e pH do LA

Para determinar a cor das alíquotas retiradas durante o ensaio, foi realizada a análise logo após a coleta para evitar alterações devido ao armazenamento. As análises de cor aparente foram realizadas por meio de método espectrofotométrico, conforme item 2120 C do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e com auxílio de um colorímetro (Quimis Q406COR). O pH das alíquotas retiradas foi aferido (AZ 86505) juntamente com a amostra de LA.

2.4 Cálculo da Eficiência de Remoção de Cor

Os cálculos de eficiência de remoção dos parâmetros de cor foram estimados através da Equação 1.

$$\%E = \frac{(X_0 - X_f)}{X_0} * 100 \tag{1}$$

Em que: X₀ e X_f são os parâmetros de cor no LA bruto e tratado, respectivamente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do LA bruto

Na Tabela 2, são apresentadas as características físicas e químicas do LA bruto utilizado nesse estudo. O conhecimento das características do LA possibilita a escolha adequada do seu tipo de tratamento e a busca por novas técnicas passíveis de aplicação. A sua caracterização também aponta os problemas ambientais que podem ocorrer caso não seja realizado o seu tratamento, sendo que, muitas vezes, os valores das características do LA no pós-tratamento são superiores aos exigidos pelas resoluções vigentes (WEBLER, 2014).

Parâmetro	valor
pH	7,98
Potássio	2205 mg/L
Sódio	2263 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	45 mg/L
Sulfato	4225 mg SO ₄ /L
DBO ₅	1.425 mg O ₂ /L
DQO	9.895 mg O ₂ /L
Temperatura	29,1 °C
Turbidez	68,9 NTU
Nitrogênio Amoniacal	1.949 mg/L
Oxigênio Dissolvido	0,7mg O ₂ /L

Tabela 2 - Características físico-químicas do LA bruto.

Os dados da Tabela 2 mostram que o LA possui características recalcitrantes devido à baixa relação DBO₅/DQO, mais precisamente no valor de 0,144. Além disso, o LA também apresentou elevados níveis de nitrogênio amoniacal e pH próximo a alcalinidade. De acordo com Ghazi et al. (2014), devido a essas características, o LA é considerado maduro, com mais de cinco anos de idade, correspondendo a uma menor concentração de matéria orgânica biodegradável, elevada concentração de matéria orgânica refratária de difícil biodegradação e menor biodegradabilidade. Isso pode estar relacionado ao fato de que amostra de LA foi proveniente de aterro sanitário com mais de 10 anos de operação. Esses fatos indicam que os tratamentos físico-químicos e os POA's são alternativas mais indicadas para o tratamento desse LA.

3.2 Remoção da cor do LA por ozonização/ H_2O_2

A Figura 1 mostra a remoção da cor do LA no decorrer do tempo e adição de H_2O_2 . É possível observar que logo nos primeiros 60 min de experimento, já houve uma significativa remoção de cor do LA, sendo que apenas 15 mL de H_2O_2 haviam sido adicionados ao processo. Contudo, a remoção de cor mais significativa foi verificada na amostra 4, contendo maior adição de H_2O_2 e maior tempo de processo (60 mL de H_2O_2 e 150 min de processo de ozonização). Resultados semelhantes foram encontrados por Chen et al. (2019), que concluíram que o LA pode ser efetivamente tratado utilizando O_3/H_2O_2 , os autores afirmam ainda, que a adição de H_2O_2 melhora o processo de ozonização, porém um excesso de H_2O_2 pode acarretar em uma elevada geração de radicais hidroxila (responsáveis pela degradação), e isso leva a diminuição da degradação do LA devido reação entre os próprios radicais hidroxila.

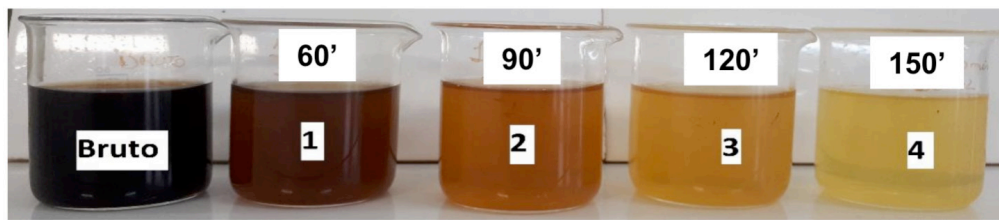


Figura 1 – LA bruto e as quatro amostras retiradas após o processo de ozonização/ H_2O_2 .

A Figura 2 mostra os resultados obtidos quanto à eficiência de remoção da cor do LA. É possível verificar que após 150 min do processo de ozonização/ H_2O_2 a cor reduziu cerca de 90%. Essa elevada eficiência pode estar atrelada ao fato de que a adição de H_2O_2 acelera a redução do O_3 para radicais hidroxilas, que por sua vez são os responsáveis pela degradação do LA (GUO et al., 2020). Na Figura 3 é possível verificar a análise de pH do LA bruto e das 4 amostras retiradas após o processo de ozonização/ H_2O_2 . Nos 60 min iniciais de processo (amostra 1) ocorre um aumento no valor do pH (de 7,98 para 9,1), contudo, esse valor se mantém constante no restante do processo. Cabe salientar, que valores de pH mais próximos da neutralidade reduzem os custos operacionais, uma vez que não é necessário a utilização de grandes quantidades de reagentes para a sua neutralização, sendo que para o lançamento de efluentes no corpo receptor, o pH deve estar de acordo com as legislações vigentes e de acordo com a Resolução CONAMA, 2011 o pH deve estar entre 5 e 9.

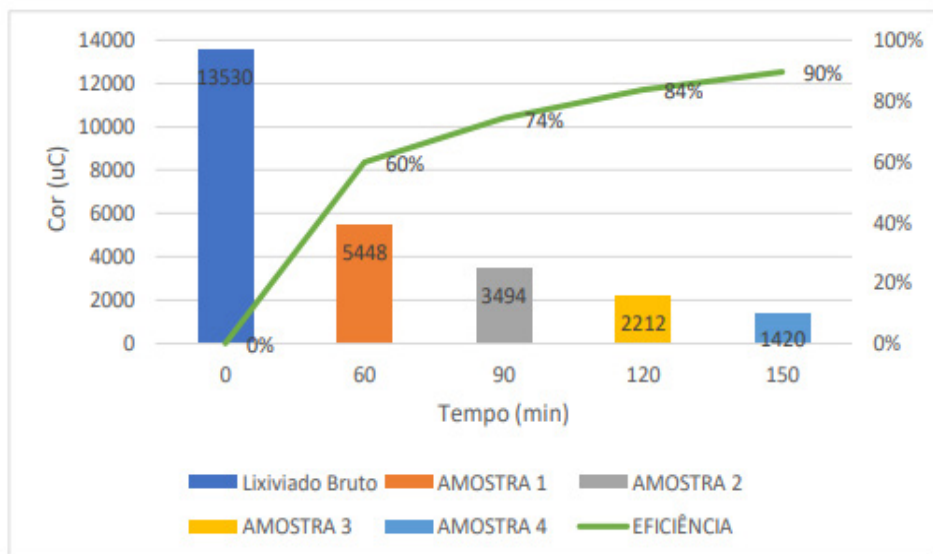


Figura 2 - Resultado da remoção de cor do LA após o processo ozonização/ H_2O_2 , com diferentes tempos de reação e adição de H_2O_2 .

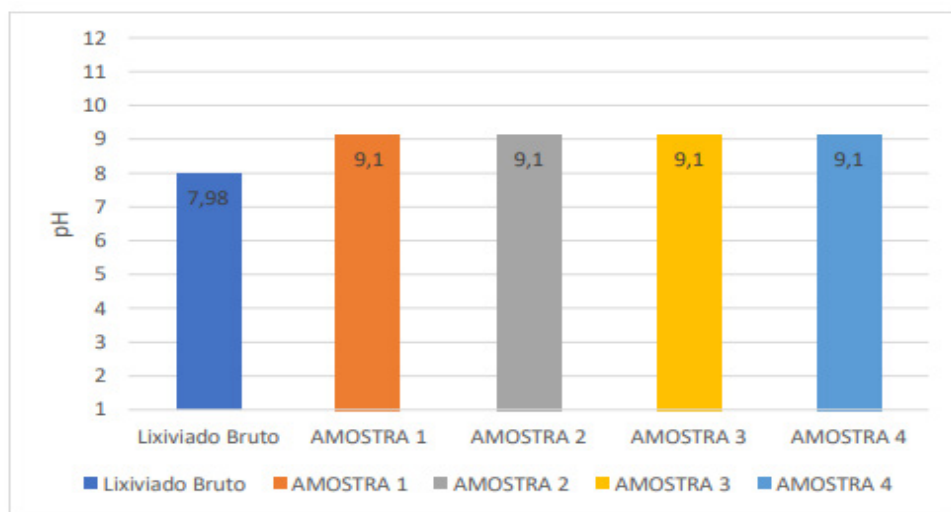


Figura 3 - Resultado da análise de pH do LA após o processo de ozonização/ H_2O_2 .

4 | CONCLUSÕES

A caracterização dos parâmetros do LA, realizada antes do ensaio de ozonização, revelou elevados índices de DBO₅ e DQO e pH próximo a neutralidade, o que atribui à características de LA proveniente de aterro sanitário antigo e estável. O LA de aterro sanitário utilizado para o tratamento por ozonização combinado com H₂O₂ apresentou um bom comportamento durante o processo, o que culminou em resultados satisfatórios. A eficiência pode ser atribuída ao elevado poder de degradação apresentado pelos radicais hidroxila gerados durante o processo. Os resultados mostraram que o tratamento por ozonização/H₂O₂ foi muito eficaz na remoção de cor do LA estudado, sendo que a eficiência foi mais evidente à medida que foram elevados a quantidade de H₂O₂ do sistema e o tempo de ozonização. O melhor resultado de remoção de cor foi de 90%, em que o LA foi submetido a 150 minutos de ozonização combinado com 60 mL de H₂O₂.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro prestado pela CAPES / FAPERGS, Bolsista CAPES Nº 393 88887.195036 / 2018-00 e 88882.427561 / 2019-01.

REFERÊNCIAS

ABUABDOU, S. M. A. et al. A review of anaerobic membrane bioreactors (AnMBR) for the treatment of highly contaminated landfill leachate and biogas production: Effectiveness, limitations and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 255, p. 120215, 10 maio 2020.

AMOR, C. et al. Winery wastewater treatment by sulphate radical based-advanced oxidation processes (SR-AOP): Thermally vs UV-assisted persulphate activation. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 122, p. 94–101, 1 fev. 2019.

APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed., **American Public Health Association**, Washington, DC, 2005.

APHA, AWWA, WEF, Standard methods for the examination of water and wastewater 22. **American Public Health Association**, Washington, DC, 2012.

AZADI, S. et al. Photocatalytic treatment of landfill leachate using cascade photoreactor with immobilized W-C-codoped TiO₂ nanoparticles. **Journal of Water Process Engineering**, v. 36, p. 101307, 1 ago. 2020.

BAI, F.; TIAN, H.; MA, J. Landfill leachate treatment through the combination of genetically engineered bacteria *Rhodococcus erythropolis* expressing Nirs and AMO and membrane filtration processes. **Environmental Pollution**, v. 263, p. 114061, 1 ago. 2020.

BAKHSHOODEH, R. et al. Constructed wetlands for landfill leachate treatment: A review. **Ecological Engineering**, v. 146, p. 105725, 1 mar. 2020.

- BORBA, F. H. et al. Pollutant removal and acute toxicity assessment (*Artemia salina*) of landfill leachate treated by photo-Fenton process mediated by oxalic acid. **Journal of Water Process Engineering**, v. 28, p. 159–168, 1 abr. 2019.
- CAROLINE BAETTKER, E. et al. Applicability of conventional and non-conventional parameters for municipal landfill leachate characterization. **Chemosphere**, v. 251, p. 126414, 1 jul. 2020.
- CHEN, W et al. An investigation of refractory organics in membrane bioreactor effluent following the treatment of landfill leachate by the O_3/H_2O_2 and MW/PS processes. *Waste Management*, v. 97, p. 1-9, set. 2019.
- CONAMA, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011.
- ELMAADAWY, K. et al. Performance evaluation of microbial fuel cell for landfill leachate treatment: Research updates and synergistic effects of hybrid systems. **Journal of Environmental Sciences**, v. 96, p. 1–20, 1 out. 2020.
- FERRAZ, F. M.; YUAN, Q. Organic matter removal from landfill leachate by adsorption using spent coffee grounds activated carbon. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 23, p. e00141, 1 abr. 2020.
- FU, L. et al. Ozonation reactivity characteristics of dissolved organic matter in secondary petrochemical wastewater by single ozone, ozone/ H_2O_2 , and ozone/catalyst. **Chemosphere**, v. 233, p. 34–43, 1 out. 2019.
- GHAHRCHI, M.; REZAEI, A. Electro-catalytic ozonation for improving the biodegradability of mature landfill leachate. **Journal of Environmental Management**, v. 254, p. 109811, 15 jan. 2020.
- GHANBARI, F. et al. Efficient treatment for landfill leachate through sequential electrocoagulation, electrooxidation and PMS/UV/ $CuFe_2O_4$ process. **Separation and Purification Technology**, v. 242, p. 116828, 1 jul. 2020.
- GHAZI, N. M.; LASTRA, A. A.; WATTS, M. J. **Hydroxyl radical (OH) scavenging in young and mature landfill leachates** In: *Water research* pg.149-155. 2014.
- GUO, Y. et al. Comparison of emerging contaminant abatement by conventional ozonation, catalytic ozonation, O_3/H_2O_2 and electro-peroxone processes. **Journal of Hazardous Materials**, v. 389, p. 121829. 5 maio 2020.
- JUNG, C. et al. Chemical oxidation for mitigation of UV-quenching substances (UVQS) from municipal landfill leachate: Fenton process versus ozonation. **Water Research**, v. 108, p. 260–270, 1 jan. 2017.
- KORPE, S. et al. Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP). **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 59, p. 104723, 1 dez. 2019.
- LIMA, V. B. et al. Degradation of antibiotic ciprofloxacin by different AOP systems using electrochemically generated hydrogen peroxide. **Chemosphere**, v. 247, p. 125807, 1 maio 2020.

ONN, S. W. et al. Colour and COD removal from mature landfill leachate using electro-persulphate oxidation process. **Materials Today: Proceedings**, 12 fev. 2020.

PAŹDZIOR, K.; BILIŃSKA, L.; LEDAKOWICZ, S. A review of the existing and emerging technologies in the combination of AOPs and biological processes in industrial textile wastewater treatment. **Emerging advanced oxidation technologies and developing perspectives for water and wastewater treatment.**, v. 376, p. 120597, 15 nov. 2019.

QUAN, X. et al. Enhancing microalgae growth and landfill leachate treatment through ozonization. **Journal of Cleaner Production**, v. 248, p. 119182, 1 mar. 2020.

RANI, A. et al. Treatment of urban municipal landfill leachate utilizing garbage enzyme. **Bioresource Technology**, v. 297, p. 122437, 1 fev. 2020.

SACKEY, L. N. A.; KOČÍ, V.; VAN GESTEL, C. A. M. Ecotoxicological effects on *Lemna minor* and *Daphnia magna* of leachates from differently aged landfills of Ghana. **Science of The Total Environment**, v. 698, p. 134295, 1 jan. 2020.

WEBLER, A. D. Tratamento de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos por processos combinados. 2014. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)** – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Rio de Janeiro, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de Água 29, 36, 68, 69, 83, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 131, 132, 136, 138, 139, 142, 146, 147, 149, 151, 153, 156

Água Subterrânea 67, 70, 83

Algoritmo Genético 30, 36

Amazônia 48, 52, 54, 56, 59, 61, 63, 64, 65, 66

Aplicaciones para Dispositivos Móviles 15

Área de Recarga Hídrica 106, 115

Aterros Sanitários 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 189, 190

B

Barragem 68, 69, 71, 86, 88, 89

C

Compressibilidade 173, 178, 179, 181, 185, 186, 188

CONAMA 68, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 158, 162, 163, 166, 169, 194, 197

Conservação de Recursos Hídricos 106

Contenção de Processos Erosivos 106

E

Efluentes 95, 98, 101, 102, 103, 112, 155, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 194, 197

F

Fator de Atrito 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Filtro Biológico 155, 157

Fitoplâncton 86, 88, 89, 90, 91

Fossa Séptica 149, 155, 157, 160, 166

G

Gestão da Informação 135, 136, 137, 140, 145

H

Hidroquímica 67, 78, 85, 103

I

Intrusão Marinha 67, 77, 83

L

Litologia 67, 71, 77

Lixiviado de Aterro Sanitário 189

M

Manejo e Uso Adequado do Solo 106

Marco Regulatório 120, 121, 122, 126, 128, 130, 131, 132

Método Iterativo do Gradiente Hidráulico Alternativo 28, 30, 35

Modelación Hidráulica 15

Modelagem de Qualidade da Água 48

Modelo Hidrológico 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46

Modelos de Previsão 173, 178, 179, 185, 186

P

Planejamento Urbano e Regional 146, 149, 154

Política de Saneamento 120, 121, 127, 141

Política Nacional de Resíduos Sólidos 167, 168, 175, 176

Poluente Recalcitrante 189

Poluição 49, 50, 83, 84, 94, 95, 96, 102, 125

Preservação de Nascentes e de Áreas Permanentes 106

Processos de Oxidação Avançada 189, 190

Processos Ecosistêmicos 199

Q

Qualidade 29, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 63, 64, 66, 68, 69, 75, 83, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 122, 124, 127, 135, 136, 137, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 159, 166, 171, 190, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 210

R

Recalque 173, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186

Recursos Hídricos 16, 28, 36, 37, 40, 45, 46, 66, 85, 87, 88, 94, 95, 96, 103, 106, 108, 109, 117, 118, 142, 181

Resíduos Sólidos Urbanos 122, 139, 167, 168, 171, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 187, 188, 190, 198

S

Saneamento Básico 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 154, 156, 166, 169

Sedimentos 48, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 61, 63, 64, 70, 75, 76, 86, 89, 90, 91, 112, 113, 115, 116

Sistemas de Informação Geográfica 15, 16

T

Tratamento 38, 94, 95, 98, 102, 105, 121, 125, 129, 130, 133, 139, 147, 153, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 171, 174, 189, 190, 191, 193, 196, 198

V

Válvula 1, 3, 6, 7, 8, 12, 17

Ventosa y Modelo de Simulación 1



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
