

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

2



Daniel Sant'Ana  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

2

Daniel Sant'Ana  
(Organizador)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021



**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

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

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. 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. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
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 Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Daniel Sant'Ana

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

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária 2 / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-745-1

DOI 10.22533/at.ed.451211901

1. Engenharia Ambiental e Sanitária. 2.  
Conhecimentos. 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção *“Base de Conhecimentos Gerados 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.

Os processos de produção industrial têm gerado grandes volumes de efluentes que podem causar sérios danos ambientais caso os contaminantes presentes na água não sejam removidos. Efluentes da indústria têxtil descarregam corantes em seus resíduos e, com isso, os primeiros três capítulos apresentam diferentes processos de tratamento para sua remoção.

Um dos desafios atuais no tratamento de efluentes está na remoção eficaz de contaminantes emergentes. Os capítulos subsequentes apresentam técnicas de adsorção são apresentadas para remoção de antibiótico em efluentes doméstico (Capítulo 4) e fosfato em sistemas de tratamento de águas residuárias (Capítulo 5). Soluções alternativas no processo de tratamento do esgoto doméstico (Capítulo 7), ou até mesmo o reúso de água provenientes de lagoas de estabilização (Capítulo 6), promovem economia financeira e reduzem impactos ambientais.

Ainda há muito o que evoluir na gestão de resíduos sólidos, desde sua geração até a sua disposição final. Mesmo assim, diferentes estudos vêm apontando soluções com o intuito de mitigar impactos ambientais. Por exemplo, no Capítulo 8, vemos a busca de soluções no processo de secagem de lodo provenientes de lagoas de estabilização (Capítulo 8) para seu aproveitamento como fertilizante ou condicionador de solo.

Evidentemente, quanto maior o número de habitantes de uma cidade, maior são os problemas gerados por resíduos urbanos. Com isso, o Capítulo 9 apresenta indicadores de geração de resíduos domésticos como forma de categorizar o tipo de resíduo e estimar o volume sendo gerado diariamente. É de suma importância traçar um plano de ação para estimular a reciclagem de resíduos sólidos, otimizar os processos de reciclagem (Capítulo 10) e promover a conscientização e educação da população (Capítulo 11). Pois o descuido no descarte de resíduos pode causar sérios danos ambientais pela contaminação do solo (Capítulos 12 e 13).

Um dos maiores desafios do século XXI está na redução da emissão de poluentes na atmosfera, não apenas pelo seu impacto sobre as mudanças climáticas, mas também pelo seu impacto na saúde pública. Com isso, os últimos capítulos abordam os danos ambientais causados por queimas controladas na agricultura, indústria e queima de combustíveis fósseis.

Este segundo volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes

partes do país, México e Inglaterra, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos ao tratamento de efluentes industriais, tratamento de esgotos domésticos, reúso de água, gestão de resíduos, contaminação ambiental e qualidade do ar. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Daniel Sant'Ana

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ESTUDIO TEÓRICO Y EXPERIMENTAL DE PROCESOS FOTOCATALÍTICOS APLICADOS A COLORANTES INDIGOIDES**

Maria Elba Ortiz Romero Vargas

Marina Violeta Gómez Chávez

Verónica Camargo

**DOI 10.22533/at.ed.4512119011**

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **DECOLORACIÓN DEL COLORANTE ÍNDIGO CON *ASPERGILLUS NIGER* INMOVILIZADO SOBRE CELULOSA OBTENIDA DE ESPINAS DE NOPAL**

Maria Elba Ortiz Romero Vargas

Federico Augusto Trampe Torija

Raymundo Guzmán Gil

Margarita González-Brambila

José Luis Contreras Larios

Marina Violeta Gómez Chávez

**DOI 10.22533/at.ed.4512119012**

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **DESCOLORAÇÃO DE ALARANJADO DE METILA EM BATELADA E EM PROCESSO CONTÍNUO**

Cássia Sidney Santana

Otávio Henrique Campos Hamdan

Alisson Henrique Marques da Silva

Bruno Andrade Trindade

Daniele Massote Gibram

Marcelo da Silva Batista

**DOI 10.22533/at.ed.4512119013**

### **CAPÍTULO 4..... 35**

#### **ADSORÇÃO DO ANTIBIÓTICO SULFAMETOXAZOL EM MEIO AQUOSO EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO**

Ismael Laurindo Costa Junior

Bruna Ataíde Barros Fonseca

Juliana Bortoli Rodrigues Mees

**DOI 10.22533/at.ed.4512119014**

### **CAPÍTULO 5..... 55**

#### **AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE FOSFATO POR GOETHITA NATURAL OBTIDA POR PROCESSO DE DISSOLUÇÃO SELETIVA EM COMPARAÇÃO COM GOETHITA NANOPARTÍCULA SINTÉTICA**

Marcelo Hidemassa Anami

Nathalia Pravatto dos Santos

Gabriella de Moraes Valentim

Maria Eduarda Aranega Pesenti

Leonardo Carmezini Marques  
Jefferson Sussumu de Aguiar Hachiya  
**DOI 10.22533/at.ed.4512119015**

**CAPÍTULO 6..... 66**

**AVALIAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO COM EFLUENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

Marcel Chacon de Souza  
Andre Luis Calado Araújo  
Juliana Delgado Tinôco Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.4512119016**

**CAPÍTULO 7..... 74**

**USO DE FLOCOS DE PEAD RECICLÁVEL (POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE) COMO MEIO SUPORTE EM REATOR MBBR TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO**

Bruno de Oliveira Freitas  
Maria Teresa Hoffmann  
Luiz Antônio Daniel

**DOI 10.22533/at.ed.4512119017**

**CAPÍTULO 8..... 82**

**ESTUDO DE SECAGEM DE LODO DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO EM ESTUFA AGRÍCOLA**

Leticia Amadeu Freddi  
Danielle Bolandim Costa  
Tsunao Matsumoto

**DOI 10.22533/at.ed.4512119018**

**CAPÍTULO 9..... 95**

**GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO**

José Luis Guevara Franco  
Laura Patricia Flores Castillo  
Norma Angélica Oropeza García  
José Alfonzo Canche Uuh  
Alondra Martínez Flores

**DOI 10.22533/at.ed.4512119019**

**CAPÍTULO 10..... 99**

**IDENTIFICAÇÃO DE RESINAS TERMOPLÁSTICAS PELO TESTE DE CHAMA**

César Augusto Canciam

**DOI 10.22533/at.ed.45121190110**

**CAPÍTULO 11 ..... 107**

**PROJETO ESCOLA RESÍDUO ZERO – PERZ (ESTUDO DE CASO EM GOIÂNIA)**

Diógenes Aires de Melo  
Giovane Moraes Toledo  
Camila Batista do Carmo

Fabiola Adaianne Oliveira  
Patrícia Elias Sahium  
**DOI 10.22533/at.ed.45121190111**

**CAPÍTULO 12..... 125**

**CONTAMINAÇÃO POR METAIS TÓXICOS EM ATERROS: IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE HUMANA**

Lúrian Sâmia de Lacerda Ferreira  
Luze Daiane da Silva Pereira  
Ruy Bessa Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.45121190112**

**CAPÍTULO 13..... 130**

**EFEITO DO PH NA LIXIVIAÇÃO E SOLUBILIDADE DE COMPOSTOS DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO**

Luanna Di Mario Rocha  
Maria Magdalena Ribas Döll  
Lilian Tais de Gouveia

**DOI 10.22533/at.ed.45121190113**

**CAPÍTULO 14..... 145**

**MUDANÇA TEMPORAL DO USO DO SOLO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PEDRA DO CAVALO**

Israel Henrique Ribeiro Rios  
Ana Júlia Dantas Pitangueira  
Lis Correia Barreto

**DOI 10.22533/at.ed.45121190114**

**CAPÍTULO 15..... 159**

**<sup>14</sup>C COMO TRAZADOR DE QUEIMA DE BIOMASSA EN MÉXICO**

Marina Violeta Gómez Chávez  
Maria Elba Ortiz Romero Vargas  
Corina Solís Rosales  
Efraín Chávez Lomelí  
Javier Miranda del Campo  
Javier Aragón Navarro  
Miguel Ángel Martínez Carrillo  
Telma Gloria Castro  
Oscar Augusto Peralta Rosales

**DOI 10.22533/at.ed.45121190115**

**CAPÍTULO 16..... 170**

**ESTUDO DA DEMANDA DE QUEIMA CONTROLADA DE CAMPOS NATIVOS EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERRANA DE SANTA CATARINA NOS ANOS DE 2009 A 2018**

Débora Cristina Correia Cardoso  
Daniely Neckel Rosini  
Jordana dos Anjos Xavier  
Valter Antonio Becegato



Vitor Rodolfo Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino

**DOI 10.22533/at.ed.45121190116**

<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>185</b>
<b>MEASUREMENT AND MATHEMATICAL MODELLING OF ODOR GASES IN A COLLAGEN AND GELATINE PLANT</b>	
Rafael Geha Serta	
Ângelo Breda	
Juliana Pilato Rodrigues	
Marcio Barreiro Gonçalves	
Antônio Augusto Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45121190117</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>192</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>193</b>

## EFEITO DO PH NA LIXIVIAÇÃO E SOLUBILIDADE DE COMPOSTOS DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO

Data de aceite: 04/01/2021

### Luanna Di Mario Rocha

Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Ponta Grossa – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6791349124309468>

### Maria Magdalena Ribas Döll

Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Ponta Grossa – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5397443465043560>

### Lilian Tais de Gouveia

Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Ponta Grossa – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5280016164692028>

**RESUMO:** O aumento da industrialização levou a maior exploração dos recursos naturais e descuido no descarte de resíduos, ampliando questões sobre a contaminação ambiental. A areia descartada de fundição (ADF) é um resíduo gerado em grande quantidade na indústria de metais e se torna um passivo ambiental quando descartado. Nessas condições, através do processo de lixiviação, os compostos dos resíduos são solubilizados e levados para o solo e lençóis freáticos próximos. Portanto, o objetivo foi analisar a influência dos pH (3,5, 7,0 e 10,0) na liberação de sulfatos, cor e turbidez na água pela lixiviação (método 1) e solubilização (método 2) dos agregados. O material foi submerso em água por 24 horas (lixiviação) e por aproximadamente 84 horas (solubilidade) sendo o sobrenadante analisado quanto ao pH, condutividade elétrica, acidez, alcalinidade, DQO, sulfatos, cor e

turbidez. Realizou-se a caracterização física e de composição química dos materiais por meio de análise granulométrica, FRX, DRX e FEG. Quando analisadas, a cor e a turbidez tiveram seus valores máximos no pH alcalino quando comparado com a água de controle. No método 1 a cor chegou a 2,0 uH e a turbidez 6,4 uT, sendo esse valor acima do limite de 5,0 uT, estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde. Para o sulfato os valores máximos foram obtidos no pH ácido. No método 1 o maior valor de sulfato foi 69,5 mg L<sup>-1</sup> e no método 2 foi 50,6 mg L<sup>-1</sup>, posto que ambos não excederam os limites da portaria (250 mg L<sup>-1</sup>) esse parâmetro apresentou valores não preocupantes. Conclui-se que o aumento do pH gerou maior cor e turbidez em ambos os métodos e que a ADF se enquadrou em resíduo não contaminante pelos parâmetros analisados.

**PALAVRAS-CHAVE:** ADF; contaminação ambiental; processo de lixiviação; solubilização.

### PH EFFECT ON THE LEACHING AND SOLUBILITY OF FOUNDRY SAND COMPOUNDS

**ABSTRACT:** With the industrialization increase, the exploration of the natural resources grew along with the careless waste disposal, expanding the environmental contamination issue. The Foundry Waste Sand (FWS) is produced in a major amount in the metal industry and became an environmental liability when discarded. Due to those conditions and through the leaching process the compounds in the waste are solubilized and carried to the soil and near groundwaters. Therefore, the goal was to analyze

the pH (3,5, 7,0 e 10,0) influence on the release of sulfates, colour and turbidity in the water through leaching (1<sup>st</sup> method) and solubilization (2<sup>nd</sup> method) of the aggregates. The material was immerse in water for 24 hours (leaching) and for about 84 hours (solubility) being the supernatant analysed concerning pH, electric conductivity, acidity, alkalinity, COD, sulfates, colour and turbidity. The physical characterization and the chemical composition of the materials were made through the particle size analyses, XRF, XRD and FEG. When analyzed, the colour and turbidity had its higher values at the alkaline pH when compared to the control water. In the 1<sup>st</sup> method the colour reached the value of 2.0 uH and the turbidity of 6.4 uT, this being above the limit of 5.0 uT established by Consolidation Ordinance No. 5 of the Ministry of Health. For the sulfates, the maximum values were obtained in the acid pH. In the 1<sup>st</sup> method, the higher value was 69. 5 mg L<sup>-1</sup> and in the 2<sup>nd</sup> method was 50.6 mg L<sup>-1</sup>, since both did not exceed the consolidation limits (250 mg L<sup>-1</sup>) this parameter presented non-worrying values. It follows that the increase of the pH resulted in higher colour and turbidity in both methods and that the WFS was fitted as a non-contaminating waste by the analyzed parameters.

**KEYWORDS:** WFS; Environmental Contamination; Leaching process; Solubilization.

## 1 | INTRODUÇÃO

Estima-se que para uma tonelada de metal fundido gere-se em torno de uma tonelada de Areia Descartada de Fundação (ADF), a qual é utilizada no processo de moldagem de metais. Nesse processo, o metal líquido é vertido dentro da cavidade dos moldes e após solidificar, os moldes são submetidos a ação vibratória resultando no desprendimento da peça. Após alguns usos a areia perde propriedades fundamentais para seu bom desempenho como molde, ocasionando seu descarte, que de acordo com a NBR 11.174, pode ser feito em aterros industriais desde que sejam seguidas as condições gerais estabelecidas pela norma. Entretanto, o material além de ser gerado em grandes quantidades apresenta frequentemente contaminação por arsênio, cádmio, chumbo, fenóis, mercúrio, sódio e outras impurezas advindas do processo ao qual ele é submetido (ABNT, 1990; DA SILVA *et al.*, 2011).

De acordo com Siddique *et al.* (2010), em aterros os materiais podem passar pelo processo de lixiviação, sendo que o resultado desse processo é o lixiviado, um líquido com material suspenso e dissolvido que se caracteriza por ter água como base e ter quatro grupo de contaminantes: matéria orgânica dissolvida (álcoois, ácidos, aldeídos, açúcares de cadeia curta, etc.), macro componentes inorgânicos (cátions e ânions comuns, como sulfatos, cloretos, ferro, alumínio, zinco e amônia), metais pesados (Pb, Ni, Cu e Hg) e compostos orgânicos xenobióticos, como orgânicos halogenados. Os riscos provenientes desse processo podem ser minimizados pela elaboração e desenvolvimento de aterros com materiais geológicos, geotêxtis ou argilas impermeáveis.

O lixiviado resultante da ADF pode conter compostos orgânicos e poliaromáticos (30% naftaleno), incluindo fenóis, formaldeídos, metais e óleos minerais. Nas análises presentes na literatura os níveis de metal encontrados no lixiviado da ADF foram abaixo dos

limites de detecção, exceto quando usado o método TCLP (*toxicity characteristic leaching procedure* – procedimento de caracterização da toxicidade do lixiviado), onde o lixiviado teve altas concentrações de cobre ( $122 \text{ mg L}^{-1}$ ), chumbo ( $48 \text{ mg L}^{-1}$ ) e zinco ( $141 \text{ mg L}^{-1}$ ), todos acima do limite (máx.  $5 \text{ mg L}^{-1}$ ) (SIDDIQUE *et al.*, 2010).

Segundo Penkaitis e Sígolo (2012), a disposição em aterros de materiais da indústria, como a ADF podem causar contaminação direta do solo e dos lençóis freáticos devido à presença de metais agregados a sua composição no processo de fundição. De acordo com os autores nenhum elemento tóxico foi encontrado na ADF acima dos limites estipulados. Ao analisar a concentração desses elementos no lençol freático próximo ao aterro, os resultados foram inferiores aos limites de detecção. As concentrações acima dos limites regulatórios encontradas na água do lençol freático após o aterro foram ferro (máx.  $0,30 \text{ mg L}^{-1}$ ), manganês ( $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ ) e selênio ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ), indicando que a disposição da ADF impactou a área estudada.

Por mais que o resíduo não tenha sido considerado perigoso, é importante ressaltar que a presença desses elementos tóxicos, mesmo que em baixas concentrações, em lençóis freáticos pode comprometer a área do aterro e a contaminação à longo prazo de águas usadas para consumo em locais próximos ao depósito do resíduo. Outro ponto destacado pelos autores, é que a atual metodologia de classificação dos resíduos considera o potencial poluidor destes com base em ensaios laboratoriais com condições controladas. Entretanto, quando o resíduo é exposto a alterações climáticas e físico-químicas, seus constituintes tendem a reagir com os elementos presentes na área de depósito apresentando risco. Poucos estudos investigam os impactos ambientais desse tipo de resíduo à longo prazo, visto que no passado não havia preocupação com sua correta disposição considerando os riscos de liberação de contaminantes (PENKAITIS e SÍGOLO, 2012).

Por mais que existam incentivos, como a NBR 15.702 (ABNT, 2009), os usos são poucos se comparado ao volume de resíduo gerado pelas fundições, e de acordo com Santos *et al.* (2016) é necessário estabelecer metodologias eficazes para o aproveitamento da ADF na engenharia civil através de trabalhos científicos. Portanto, para afirmar sobre seu potencial de contaminação é necessário que a ADF seja submetida aos ensaios de lixiviação e solubilidade, e após análise ter seus resultados comparados com os limites estabelecidos. Isto posto, este trabalho visa, por meio de análises laboratoriais e revisão de literatura técnica avaliar o comportamento do material por meio de ensaios normatizados de solubilidade e lixiviação considerando o efeito da variação do pH na liberação de sulfatos, cor e turbidez na água.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Saneamento e Instalações Hidráulicas, Laboratório de Pavimentação, Laboratório de Recursos Hídricos e no

Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-LabMu), na Universidade Estadual de Ponta Grossa – Campus Uvaranas.

## 2.1 Preparo dos resíduos utilizados

O resíduo utilizado nessa pesquisa (Figuras 1A e 1B) era proveniente de uma empresa de consultoria e serviços ambientais do município de Ponta Grossa. O material foi passado por um repartidor de amostras para obter uma amostra significativa para o estudo. Depois foi levado à estufa ( $100^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ ) para remover a umidade de parte das amostras.



Figura 1 – A e B: Areia Descartada de Fundição (ADF).

Fonte: os autores.

## 2.2 Caracterização física e química

Após a secagem da amostra efetuou-se o preparo de acordo com as metodologias propostas. Foram analisadas a granulometria (EM-083 (DNER, 1998)), densidade real (ME-084 (DNER, 1995)) e teor de umidade (ME-192 (DNER, 1997)), com 2 repetições para cada propriedade física. Outra análise para caracterização física foi a microscopia eletrônica de varredura (FEG) executada em um microscópio eletrônico (Tescan, modelo Mira 3).

Realizou-se também a caracterização da composição química da ADF pela análise de fluorescência de raios-X (FRX), feita num espectrômetro (Rigaku, modelo Primus II) e pela análise da difração de raios-X (DRX), com um difratômetro (Rigaku, modelo Ultima IV). Para FEG, FRX e DRX foi utilizada a amostra passante na peneira de abertura 0,075 mm.

## 2.3 Ensaio de lixiviação (método 1)

Para a caracterização físico-química, a ADF foi submetida ao ensaio de lixiviação (método 1) adaptado de Mikami (2017). O material foi submerso em água de abastecimento

com proporção constante em volume de 1:5 (água:agregado), determinada em ensaios prévios, utilizando-se 548,6 g de amostra de ADF para 1,1 L de água. Depois disso variou-se o pH entre as amostras de acordo com cada tratamento. Como parâmetro de controle utilizou-se água de abastecimento e a coleta de amostras foi realizada 24 horas após a incubação do material em água e em temperatura ambiente. Os tratamentos utilizados foram: ADF e água de abastecimento com pH  $\approx$  3,5; ADF e água de abastecimento com pH  $\approx$  7,0; ADF e água de abastecimento com pH  $\approx$  10,0; água de abastecimento com pH  $\approx$  3,5; água de abastecimento com pH  $\approx$  7,0; água de abastecimento com pH  $\approx$  10,0. Com 4 repetições por tratamento.

## 2.4 Ensaio de solubilidade (método 2)

Realizou-se também o ensaio de solubilidade (método 2), adaptado da NBR 10.006 (ABNT, 2004). O material foi submerso em água deionizada, na proporção constante de 1:4, sendo 1L de água para 250g de agregado passante na peneira de #9,5 e variando o pH entre as amostras. O material foi mantido em uma incubadora refrigerada, com a temperatura recomendada de  $20\pm 5^\circ\text{C}$ . A coleta foi feita 3 dias e meio após a incubação, não foi possível realizar a coleta nos 7 dias recomendados pela norma por problemas técnicos. Após a coleta, o material foi passado num filtro a vácuo e o filtrado foi analisado. Como parâmetro de controle foi usada a água deionizada. Os tratamentos utilizados foram: ADF e água deionizada com pH  $\approx$  3,5; ADF e água deionizada com pH  $\approx$  7,0; ADF e água deionizada com pH  $\approx$  10,0; água deionizada com pH  $\approx$  3,5; água deionizada com pH  $\approx$  7,0; água deionizada com pH  $\approx$  10,0. Para cada tratamento foram realizadas 2 repetições.

## 2.5 Regulação do pH

Para o pH ácido, adotou-se um valor intermediário ao das soluções extratoras utilizadas na NBR 10.005 (ABNT, 2004), as quais tem o pH de 2,88 e 4,93. Estes pH são mais ácidos que a chuva ou a água de rios e lençóis freáticos, a qual seria de principal contato com o material quando disposto na natureza. Por esse motivo optou-se por analisar o comportamento dos materiais em pH neutro, ou próximo deste. Por fim, a escolha do pH alcalino foi feita com o propósito de avaliar a real influência do pH nos ensaios aos quais os materiais foram submetidos, tendo como parâmetro de comparação os extremos.

O pH foi regulado para ambos os métodos por meio de soluções ácidas e básicas. Para atingir o pH 3,5 utilizou-se ácido clorídrico (HCl) de normalidade 1 N. Para o pH neutro foi utilizado pH natural da água. Para atingir o pH 10,0 utilizou-se hidróxido de sódio (NaOH) de normalidade 1 N. Optou-se por não realizar o tamponamento do pH para que fosse possível analisar se o material estudado teria ou não alguma influência sobre esse parâmetro.

## 2.6 Parâmetros físico-químicos analisados

Para ambos os métodos analisou-se no tempo zero e após o período de incubação

os parâmetros descritos na Tabela 1.

<i>Parâmetro</i>	<i>Metodologia</i>
Cor	2120 B (APHA, 1998)
Turbidez	2130 B (APHA 1998)
pH	4500-H <sup>+</sup> (APHA 1998)
Condutividade Elétrica	2510 (APHA 1998)
Alcalinidade	2320 B (APHA 1998)
Acidez	2310 (APHA 1998)
Sulfato	4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E (APHA 1998)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	5220 D (APHA 1998)

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos analisados e respectivas metodologias de ensaio.

Fonte: os autores.

## 2.7 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado em esquema fatorial 3x2 (3 valores de pH e 2 amostras) totalizando 6 tratamentos com 4 repetições para o método 1 e 2 repetições para o método 2. Após a incubação e coleta dos dados, executou-se a análise com o auxílio do *software* RStudio (RStudio Team, 2016). Para verificar a normalidade dos dados aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk. Em seguida realizou-se a análise de variância pelo teste F para cada parâmetro, a um nível de significância de 5%, e Teste de Tukey para o mesmo nível de significância.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização física e química

Após os ensaios de caracterização física de acordo com as normas obteve-se as curvas granulométricas e a caracterização física da ADF (Figura 2 e Tabela 2). Através da curva granulométrica observou-se que grande parte da amostra de ADF é composta por material com DMC de 0,6 mm, o que resulta em um material de composição majoritariamente fina. Já a umidade (0,34%) também esteve dentro do padrão esperado, entre 0,1-10,1%, visto que a areia passa por um processo a altas temperaturas, Singh e Siddique (2011) obtiveram 0,11%. A densidade (2,60) foi compatível com a encontrada na literatura, 2,589 para Siddique *et al.* (2010) e 2,18 para Singh e Siddique (2011). Variações nas propriedades físicas podem ocorrer devido a variação mineralógica da areia, bem como do tamanho, distribuição e formato das partículas e do teor de finos. Quanto melhor a distribuição e mais



arredondados os grãos, maior será a densidade e a compactação dos moldes (SIDDIQUE *et al.*, 2010).

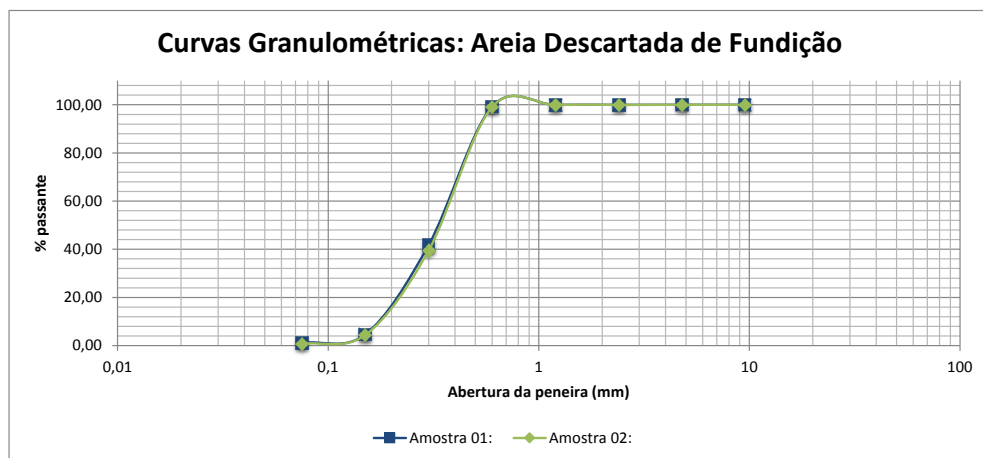


Figura 2 - Curvas Granulométricas: Areia Descartada de Fundição.

Fonte: os autores.

<i>Característica</i>	<i>Areia Descartada de Fundição</i>
Diâmetro Máximo Característico (DMC)	0,6 mm
Módulo de Finura (MF)	2,55
Umidade	0,34%
Densidade	2,60

Tabela 2 - Caracterização Física da Areia Descartada de Fundição.

Fonte: os autores.

A análise de FRX (Tabela 3), mostrou que a ADF é composta de sílica (46,0%), carbono (50,6%) e alumínio (2,09%). Semelhantemente Siddique *et al.* (2010) verificaram em seu material a presença de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Nenhuma análise de composição química para ADF será idêntica devido ao processo onde é utilizada e a fonte de origem, todavia esses materiais podem ser comparados por terem a mesma classificação. Ao sobrepor o gráfico do quartzo com o gráfico da DRX (Figura 3) comprovou-se que a areia utilizada para as fôrmas é quartzosa, com alto teor de sílica (LUZ e LINS, 2005).

Componente	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	ZrO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Br	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Resultado (%)	50,6	46,0	2,09	0,14	0,094	0,088	0,081	0,081	0,042	0,030	0,027	0,020

Tabela 3 – Resultados da análise de FRX em óxido para Areia Descartada de Fundição.

Fonte: os autores.

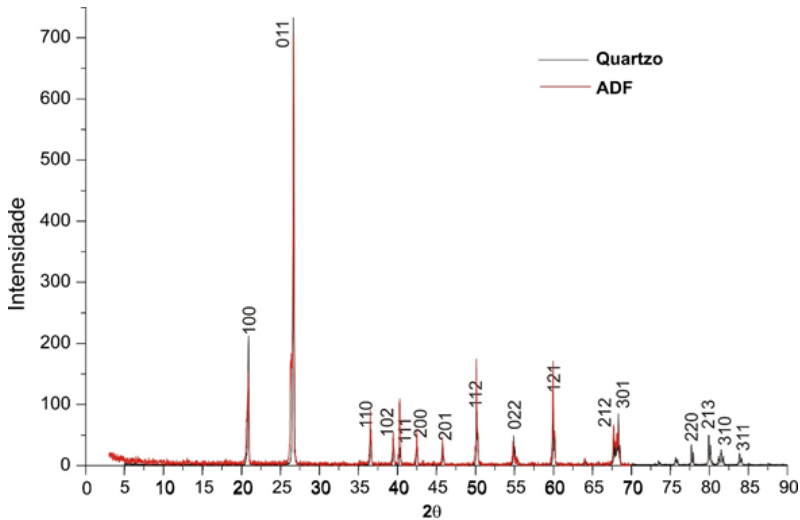


Figura 3 – Gráfico de DRX para Areia Descartada de Fundição.

Fonte: os autores.

Foi possível observar a superfície e a conformação dos grãos que apresentaram granulometria uniforme, pela FEG juntamente com a curva granulométrica, corroborando a literatura. Verificou-se grãos de alta esfericidade (Figura 4A e C) e sub angulares (Figura 4B), que garantem maior fluidez, compactação e menor resistência do que grãos angulares (LUZ e LINS, 2005; SIDDIQUE *et al.*, 2010).

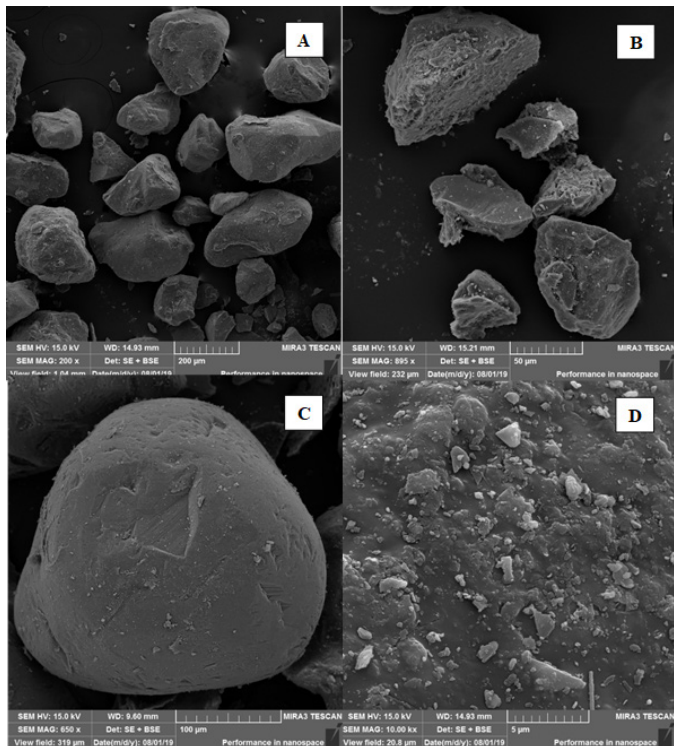


Figura 4 - Areia Descartada de Fundição pelo microscópio eletrônico de varredura (FEG). Em A, grãos arredondados de ADF; em B, grãos de ADF mais angulosos; em C, conformação arredondada de um único grão; em D, superfície do grão de ADF.

Fonte: os autores.

### 3.2 Análise do extrato lixiviado (método 1)

A água neutra não foi agressiva ao material, sendo os maiores valores nos extremos. AADF não influenciou nos pH de controle adotados para a água (Figura 5A). Para a análise de íons sulfato (Figura 5B), o pH 7,0 e o pH 10,0 tiveram respectivamente concentrações de 18,10 mg L<sup>-1</sup> e 13,45 mg L<sup>-1</sup>, que não diferiram estatisticamente, enquanto para o pH 3,5 teve concentração de 69,50 mg L<sup>-1</sup>. A acidez (Figura 5C), não foi afetada pela presença do material, nem a alcalinidade (Figura 5D) da água.

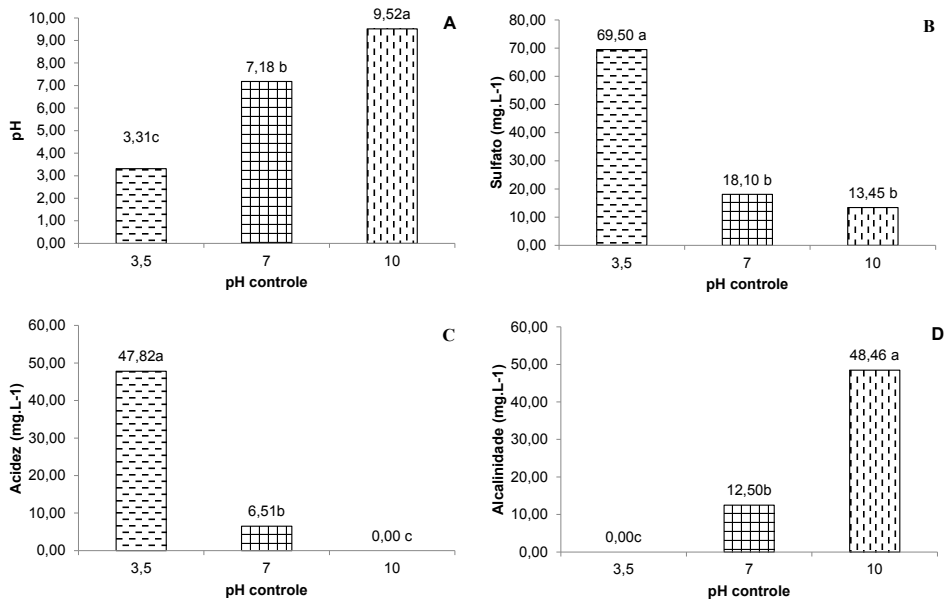


Figura 5 - Análise da influência do pH de controle no sobrenadante da ADF no ensaio de lixiviação. Em A, pH; em B, sulfato; em C, acidez; em D, alcalinidade. Nota: Dados seguidos da mesma letra não diferem 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: os autores.

Houve redução da condutividade elétrica (Figura 6A) no pH 3,5 de  $398,6 \mu S \text{ cm}^{-1}$  do controle para  $328,7 \mu S \text{ cm}^{-1}$  no ADF, pela possível adsorção de íons, pois o pH 3,5 tende a agredir a superfície da areia aumentando a área superficial e/ou a permeabilidade, facilitando a adsorção. Para os outros pH ela se manteve estatisticamente igual quando comparado com a água.

Para a turbidez (Figura 6B), não houve diferença estatística para o pH 3,5, mas aumentou proporcionalmente ao elevar o pH. Para o pH 7,0 aumentou de 0,4 uT para 1,9 uT e para o pH 10,0 aumentou de 0,4 uT para 6,4 uT, sendo superior ao *máximo estipulado de 5 uT* pelo Padrão de Potabilidade da Água. Não houve liberação de cor (Figura 6C) nos pH 3,5 e 7,0, apresentando diferença estatística apenas para o pH 10,0, no qual a cor aumentou de 0,0 uH para 2,0 uH, estando abaixo do máximo de 15 uH estipulado pelo Padrão de Potabilidade da Água. Esse aumento de turbidez e cor pode ser explicado pela presença de argila na composição da areia podendo conter ácido húmico, o qual causa o aumento de ambos os parâmetros ou pela reação álcali-sílica (PIVELI e KATO, 2006; BRASIL, 2018; FLORINDO, 2009).

1 Gráficos A, B,C e D elaborados com as médias obtidas considerando juntamente a Areia Descartada de Fundação e a água, para os diferentes valores de pH dentro de cada parâmetro.

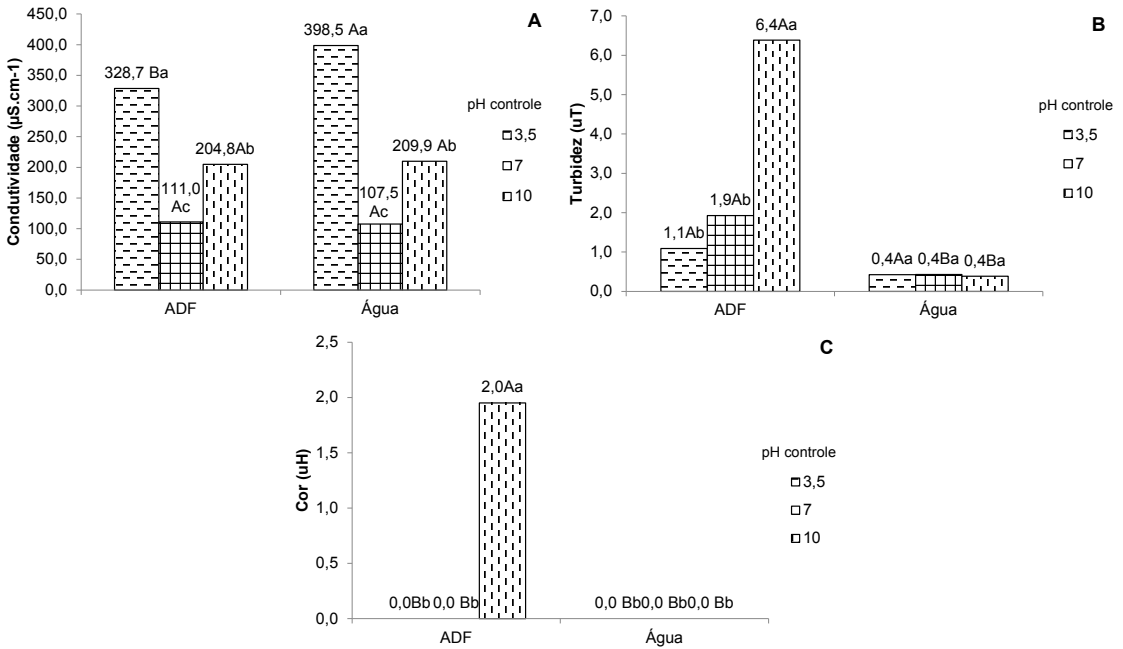


Figura 6 - Análise da influência da Areia Descartada de Fundação (ADF) e do pH de controle no sobrenadante do ensaio de lixiviação. Em A, condutividade elétrica; em B, turbidez; em C, cor.<sup>2</sup> Nota: Dados seguidos da mesma letra não diferem 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas se referem ao comparativo dentro dos dados do material e letras maiúsculas entre os materiais. ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: os autores.

### 3.3 Análise do extrato solubilizado (método 2)

Neste método foi possível observar que no pH 3,5 houve adsorção de íons como no método 1, resultando na redução da condutividade elétrica, do sulfato e da DQO. No pH 7,0 pode-se considerar que não houve contaminação comparando com os resultados obtidos para o controle. Para a ADF não houve alteração estatística nos pH 3,5 e 7,0 (Figura 8A), entretanto, pode-se observar uma redução no pH 10,0 de 8,87 para 7,79, comparando com a água.

No pH 3,5 ocorreu aumento na acidez (Figura 8C) da ADF em comparação com a água, de 24,27 mg L<sup>-1</sup> para 35,07 mg L<sup>-1</sup>. Para os pH 7,0 e 10,0 a acidez se manteve estatisticamente igual. Esse fator pode ser explicado pela presença de Fe<sup>+</sup> e Al<sup>+</sup> na composição química do agregado (Tabela 3), pois o ferro, por exemplo, encontra-se na forma iônica Fe<sup>3+</sup> e Fe<sup>2+</sup>, aumentando a acidez do meio, o que pode ser visto na Figura 7, onde é apresentado o Diagrama de Pourbaix exemplificando a maior disponibilidade dos

<sup>2</sup> Gráficos A, B e C elaborados com as médias obtidas considerando separadamente a Areia Descartada de Fundação e a água, para os diferentes valores de pH dentro de cada parâmetro.

íons de ferro nos pH mais ácidos (PIVELI e KATO, 2006; OLIVEIRA, 2018).

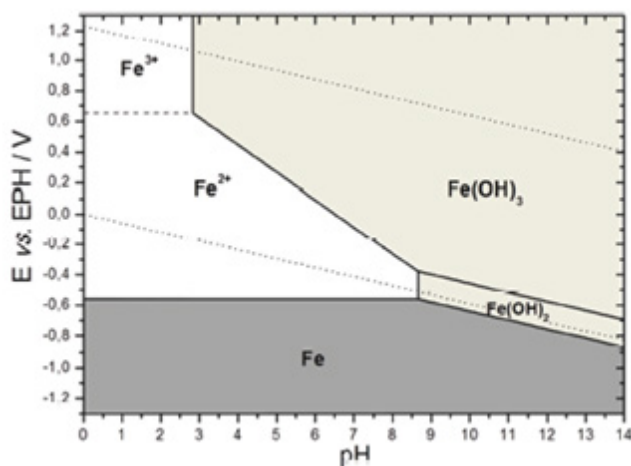


Figura 7 - Diagrama de Pourbaix simplificado para o sistema Fe-H<sub>2</sub>O a 25°C, [Fe<sup>2+</sup>]=10<sup>4</sup> mol L<sup>-1</sup>, [Fe<sup>3+</sup>]= 10<sup>-6</sup> mol L<sup>-1</sup>.

Fonte: Oliveira, *et al.* (2018)

Para a condutividade elétrica (Figura 8B), houve redução no pH 3,5 na ADF de 293,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  para 201,4  $\mu\text{S cm}^{-1}$  em comparação com a água. E aumento no pH 7,0 de 2,34  $\mu\text{S cm}^{-1}$  para 13,26  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , mantendo-se constante para o pH 10,0, quando em comparação com a água. A turbidez da ADF (Figura 8D) se manteve constante para o pH 3,5 e 7,0, mas teve um aumento no pH 10,0 de 0,29 uT para 2,17 uT, entretanto o valor não ultrapassa o limite máximo da Portaria de Potabilidade, que estipula 5uT de para turbidez (BRASIL, 2018).

A ADF gerou redução da alcalinidade (Figura 8E) do sobrenadante quando em comparação com a água para o pH 10,0 de 21,81 mg L<sup>-1</sup> para 17,29 mg L<sup>-1</sup> e aumento para o pH 7,0 de 0,58 mg L<sup>-1</sup> para 2,52 mg L<sup>-1</sup>. O agregado liberou cor (Figura 8F) na água, levando a um aumento nesse parâmetro, de 0,12 uH para 1,37 uH, entretanto o valor não ultrapassa o limite máximo da Portaria de Potabilidade, que estipula 15 uH de para cor (BRASIL, 2018).

Para o sulfato (Figura 8G) da ADF houve uma redução no pH 3,5 quando comparado com a água, de 62,3 mg L<sup>-1</sup> para 50,6 mg L<sup>-1</sup>, e para os outros dois pH, a concentração manteve-se estatisticamente igual, quando comparado com a água. Para a DQO (Figura 8H), não houve diferença estatística entre os valores obtidos para a água e a ADF, e não houve diferença significativa entre os resultados obtidos para os diferentes pH estudados.

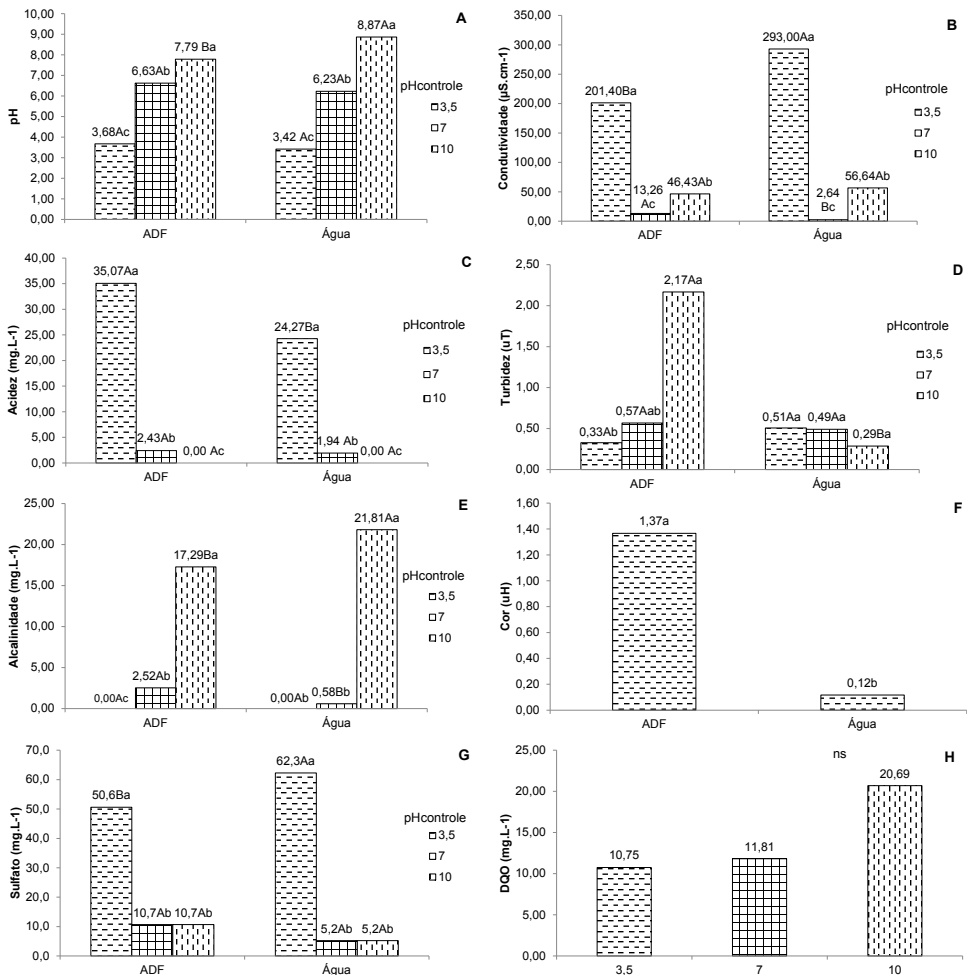


Figura 8 - Análises do sobrenadante do ensaio de solubilidade para ADF. Em A, pH; em B, condutividade elétrica; em C, acidez; em D, turbidez; em E, alcalinidade; em F, cor; em G, sulfato; e em H, demanda química de oxigênio (DQO).<sup>3</sup> Nota: Dados seguidos da mesma letra não diferem 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras minúsculas se referem ao comparativo dentro dos dados do material e letras maiúsculas entre os materiais. ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: os autores.

## 4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que a areia descartada de fundição (ADF) foi considerada não

3 Gráficos A, B, C, D, E e G elaborados com as médias obtidas considerando separadamente a Areia Descartada de Fundição e a água, para os diferentes valores de pH dentro de cada parâmetro. Gráfico H elaborado com as médias obtidas considerando juntamente a Areia Descartada de Fundição e a água, para os diferentes valores de pH dentro de cada parâmetro. Gráfico F elaborado com as médias de todos os resultados obtidos para o parâmetro, considerando separadamente a Areia Descartada de Fundição e a água.



contaminante nos dois métodos sendo enquadrada como resíduo não perigoso de acordo com o Anexo H da NBR 10.004 (ABNT, 2004) para os parâmetros avaliados. A ADF no pH alcalino aumentou a cor e turbidez e no pH ácido apresentou caráter adsorptivo afetando a condutividade elétrica e o sulfato. No método da solubilidade o agregado teve caráter ácido ocasionando alterações na acidez e do pH.

## AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Laboratório de Recursos Hídricos e ao Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-Labmu), pelo auxílio e análises; à Fundação Araucária e a Universidade Estadual de Ponta Grossa pelos recursos fornecidos. Ao professor Dr. Luiz Carlos Godoy, ao professor Me. Rafael Jansen Mikami pela colaboração durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. New York DC, 1998. 1569 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.005 Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.006 Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 11.174 Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.702 Areia descartada de fundição - Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BRASIL. Portaria de consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**. Brasília, 28 de setembro de 2018. Disponível em: <bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\_12\_12\_2011.html>. Acesso em 8 mai. 2019.

DA SILVA, W. R. L., OLIVEIRA, A. L., PRUDÊNCIO JR, L. R., TOCHETTO, E. **Influência do emprego de areia de fundição residual nas propriedades no estado fresco e endurecido de misturas cimentícias**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. São Paulo, v. 4, n. 4, p. 652-663, out. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 083 Agregados – análise granulométrica**. Rio de Janeiro: DNER, 1998.

\_\_\_\_\_. **ME 084 Agregado Miúdo – determinação da densidade real.** Rio de Janeiro: DNER, 1995.

\_\_\_\_\_. **ME 192 Agregados – determinação do inchamento de agregado miúdo.** Rio de Janeiro: DNER, 1997.

FLORINDO, R. N. **Estudo da reação álcali-silica em concretos através de ressonância magnética nuclear de alta resolução.** 2009, 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) o Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

LUZ, A. B., LINS, F. F. Areia industrial. In: CETEM-MCT. **Rochas & minerais industriais: usos e especificações.** 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2005. 726 p.

MIKAMI, R. J. **Lixiviação de sulfato e metais pesados em concreto permeável produzido com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil.** 2017, 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2017.

OLIVEIRA, M. C., LIMA, A. P., FIGUEIREDO, R. M., ACCIARI, H. A., CODARO, E. N. **Um estudo termodinâmico da corrosão dos aços carbono pelo sulfeto de hidrogênio – explorando conceitos de equilíbrio químico.** Química Nova. São Paulo, v. 41, n. 5, p. 594-599, jan. 2018.

PENKAITIS, G., SÍGOLO, J. B., **Waste foundry sand. Environmental implication and characterization.** Geologia USP: série científica. São Paulo, v. 12, n. 3, p. 57-79, dez. 2012.

PIVELI, R. P., KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: ABES, 2006.

RStudio Team; RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA, 2016. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em 19 set. 2019

SIDDIQUE, R., KAUR, G., RAJOR, A. **Waste foundry sand and its leachate characteristics.** Resources, Conservation and Recycling. v. 54, n. 12, p. 1027-1036, out. 2010.

SINGH, G., SIDDIQUE, R. **Effect of waste foundry sand as partial replacement of sand on the strength, ultrasonic pulse velocity and permeability of concrete.** Construction and Building Materials. v. 26, p. 416-422, jul. 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 70, 71, 139, 140

Aerosoles 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167, 168

Alaranjado de metila 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Área de proteção ambiental 145, 148, 158

Área superficial elevada 74

Aspergillus niger 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24

Aterros 125, 131, 132

### C

Celulosa 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24

Colorantes 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 21

Compostagem 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124

Contaminação ambiental 26, 130

Contaminação hídrica 56

### D

Decantador de coluna 82

### F

Fármacos 35, 36, 37, 38, 39, 46, 47

Floco decantador de manta de lodo 82

Fósforo 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 66, 70, 71

### I

Índigo carmín 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23

### L

Lodo de lagoa de estabilização 82, 93

### M

Mathematical air dispersion modeling 186

Meio ambiente 36, 37, 46, 56, 72, 94, 101, 120, 124, 125, 128, 129, 145, 146, 148, 170, 171, 172, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Meio suporte alternativo 74, 75, 76

Metais tóxicos 125, 126, 128

Micropoluentes 35, 39

## **O**

Odour monitoring 186

Odour sensors 186

Óxidos de ferro 55, 57, 58, 59, 62, 63

## **P**

Plástico reciclável 74

Processo contínuo 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33

Processo de lixiviação 130, 131

Processo em batelada 25, 26, 27, 28, 31, 33

## **Q**

Queima de biomassa 159, 160, 161, 162, 166, 167, 168

## **R**

Radiocarbono 160, 161, 162, 167

Reação de Fenton 26

Resíduo sólido 108

Resíduos sólidos domiciliares 95, 96, 97

Resíduo zero 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 121, 123, 124

Resinas 99, 100, 101, 104

## **S**

Saneamento rural 56

Saúde humana 37, 125, 126, 128, 170, 171, 172, 178

Secagem em estufa agrícola 82, 88, 89, 90, 93

Solubilização 130

## **T**

Termoplásticos 99, 100, 105

Tratamiento de agua 1, 13, 14

## **U**

Unidade de conservação 145, 146, 158

Uso do solo 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 158, 172, 178, 180, 186

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

## 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

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

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

## 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

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