

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

**ENGENHARIA SANITÁRIA**



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

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

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária

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

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

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-225-5

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

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

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

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

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

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

### **CAPÍTULO 2..... 13**

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

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

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

### **CAPÍTULO 3..... 22**

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

Bruno da Silva Reis

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

### **CAPÍTULO 4..... 35**

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

Gustavo Henrique Faria de Araújo  
Liséte Celina Lange  
Vitor Alvarenga Torres

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

### **CAPÍTULO 5..... 50**

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

Eduardo Antonio Maia Lins  
Nayhara Araújo Augusto do Nascimento

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

### **CAPÍTULO 6..... 73**

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

## CONTAMINADOS COM FENOL: UMA REVISÃO

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

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

## **CAPÍTULO 7..... 80**

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

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

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

## **CAPÍTULO 8..... 92**

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

Ana Luiza Duarte de Abreu  
Rosana Gonçalves Barros  
Sandro Moraes Pimenta

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

## **CAPÍTULO 9..... 111**

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

Rodrigo Chimenti Cabral

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

## **CAPÍTULO 10..... 142**

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

Luana dos Santos Pinheiro  
José Carlos Alves Barroso Júnior

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

## **CAPÍTULO 11..... 157**

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

## ALTERNATIVAS PARA MUNICÍPIOS COSTEIROS

Hyago Elias Nascimento Souza

Eduardo Ribeiro Marinho

Carlos José Capela Bispo

Elzelis Muller da Silva

Antônio Pereira Júnior

Aline Souza Sardinha

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

## CAPÍTULO 12..... 170

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

Nayanne Maria Gonçalves Leite

Maria Isabel Ferreira dos Santos

Layane Moura Rodrigues

Guilherme Rodrigues Gomes

Rafael Roberto da Silva

Antonio Rondinely da Silva Pinheiro

Luan Alves Furtado

Jully Samara Ferreira de Carvalho

Maíra da Mota Gomes

Edilaine Araújo de Moraes

George do Nascimento Ribeiro

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

## CAPÍTULO 13..... 180

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

José Luis Montesillo-Cedillo

Miguel Angel Cruz-Vicente

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

## CAPÍTULO 14..... 191

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

Maria Teresa Chenaud Sá de Oliveira

Luiz Roberto Santos Moraes

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

## CAPÍTULO 15..... 202

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

Vanessa Silva Santos

Bruna Katarina Pereira de Azevedo

Anderson de S. M. Gadéa

Eduardo Cohim

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

**CAPÍTULO 16.....212**

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

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

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

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

**ÍNDICE REMISSIVO.....222**

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

Data de aceite: 23/06/2021

Data de submissão: 05/05/2021

**Bruno da Silva Reis**

Centro Universitário UNA – Belo Horizonte  
Contagem – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7311012212056470>

**RESUMO:** O crescimento populacional vem aumentando os problemas relacionados ao descarte incorreto dos resíduos sólidos urbanos, muitos dos danos ambientais causados pela má gestão dos resíduos trazem graves problemas a sociedade, como a contaminação dos lençóis freáticos prejudicando o uso de água e a transmissão de doenças relacionadas a falta de saneamento básico. Tendo em vista esses e outros problemas relacionados ao descarte incorreto dos resíduos sólidos urbanos, a utilização de aterros sanitários no Brasil, se impõe como uma das formas mais adequadas para a disposição final desses resíduos. Diante disso este trabalho teve como objetivo avaliar o aterro municipal de Contagem – MG, utilizando o índice de qualidade de aterro (IQR) desenvolvido pela Cetesb. Ao aplicar o questionário, o aterro obteve nota IQR= 9,7, o que indica que este está em condições operacionais adequadas. Importante ressaltar que mais análises são necessárias para obter melhores resultados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro sanitário, Resíduos sólidos, IQR, Saneamento básico.

### EVALUATION OF THE FINAL DISPOSAL AREA OF URBAN SOLID WASTE IN CONTAGEM - MG BASED ON THE IQR INDEX

**ABSTRACT:** The population growth has been increasing the problems related to the incorrect disposal of urban solid waste, many of the environmental damages caused by poor waste management brings serious problems to community. Given that and other problems related to the incorrect disposal of urban solid waste, the use of sanitary landfills in Brazil is imposed as one of the most appropriate ways for the final disposal of this waste. Therefore, this study aimed to evaluate the municipal landfill of Contagem - MG, using the landfill quality index (IQR) developed by Cetesb. By applying the questionnaire, the landfill obtained an IQR score of 9.7, indicating that it is in adequate operational conditions. It is important to emphasize that further analysis is necessary to obtain better results.

**KEYWORDS:** Landfill, Urban waste, IQR, Basic sanitation.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos passaram a ser um dos maiores problemas ambientais da atualidade, e um grande desafio tanto para os países desenvolvidos como para países em desenvolvimento, porque não atingem apenas os grandes centros urbanos, mas também cidades de médio e pequeno porte, que mesmo produzindo menos resíduos sofrem com a

degradação ambiental e social (ALBERTIN, R.M et al, 2010).

Por isso nos últimos anos vem aumentando a necessidade de construção de aterros sanitários como uma forma ambientalmente correta de disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Contudo apenas a construção de aterros não significa que o gerenciamento dos resíduos é feita de forma eficaz, caso o mesmo não for operado de forma correta pode agravar os impactos ambientais e sociais decorrentes da geração de resíduos sólidos como contaminação dos lençóis freáticos, geração de gases poluentes na atmosfera e aumento de doenças relacionadas a vetores.

A avaliação dos aterros sanitários então se mostra como mecanismo de grande importância para redução dos impactos que podem ser causados em aterros mal operados e construídos, diante deste contexto o seguinte trabalho teve por objetivo avaliar o sistema de destinação final de resíduos urbanos que são gerados no Município de Contagem-MG, utilizando o Índice de Qualidade Aterro de Resíduos da CETESB.

Atualmente no Brasil grande parte dos resíduos sólidos gerados nos grandes centros urbanos e no interior são dispostos em aterros sanitários. Apesar desta forma ser a mais ambientalmente adequada em comparação com outras formas de disposição, muitos aterros não são operados de maneira correta por isso apresentam qualidade inferior do que se espera em um aterro sanitário com condições adequadas de estrutura e operação adequadas. Diante do problema apresentado fica evidente a necessidade de uma avaliação dos aterros sanitários em operação no país utilizando métodos que visem ajudar a verificar informações importantes sobre a qualidade dos aterros. A cidade de Contagem – MG conta atualmente com 659.070 habitantes (IBGE,2018) e diariamente são destinados ao aterro municipal em média 500 toneladas de resíduos urbanos (**Aterro Sanitário de Contagem: Relatório de Atividades,2017**). Frente aos dados expostos, a avaliação da qualidade do aterro municipal de Contagem mostra – se como instrumento eficaz para o controle dos potenciais impactos causados por essa atividade. O presente artigo tem como objetivo geral, avaliar o índice de qualidade de aterro (IQR) do aterro sanitário de Contagem-MG e os objetivos específicos são, avaliar a Operação e manutenção; o monitoramento ambiental e a infraestrutura instalada.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a Lei Federal 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os Resíduos Sólidos podem ser definidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis

em face da melhor tecnologia disponível.

Estima-se que a população mundial, hoje de mais de 7,4 bilhões de habitantes, esteja gerando entre 2 e 3 bilhões de toneladas de lixo por ano (D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA A 2018). No Brasil, desde a década de 50 a população vem aumentando vertiginosamente e se concentrando nos grandes centros metropolitanos, esse aumento da população urbana se correlaciona com a aumento da geração de resíduos e a necessidade de um gerenciamento eficaz do mesmo. No passado, resíduos perigosos, tóxicos e radioativos eram dispostos sem controle no subsolo. Áreas de baixo valor econômico, como cavas de mineração, brejos e voçorocas eram usados para disposição de resíduos sólidos. Até recentemente, 4 resíduos urbanos eram dispostos em vazadouros a céu aberto (lixões) ou aterros controlados, representando um grande risco de contaminação das águas subterrâneas (WENDLAND E MARIN, 2013). A disposição dos resíduos em aterros sanitários e controlados representa hoje no Brasil a principal forma de disposição final dos resíduos gerados pelas grandes cidades (70,7% segundo SNIS - 2018), o aterro controlado é uma forma de disposição onde a pilha de resíduos é coberta evitando propagação de doenças e mau cheiro, porém diferente do aterro sanitário, esse não apresenta sistemas de impermeabilização, drenagem e tratamento do chorume gerado e drenagem de águas pluviais. Contudo, muitos aterros sanitários não são operados corretamente e acabam por se tornar aterros controlados e em situações mais graves, vazadouros a céu aberto, por isso a avaliação de aterros em funcionamento se torna ferramenta imprescindível para identificar erros e promover melhorias em seu sistema operação e controle de resíduos. O índice de qualidade de aterros (IQR) elaborado pela CETESB, é um exemplo de ferramenta para avaliação da qualidade de aterros.

### 3 | ATERRO SANITÁRIO

Atualmente os aterros sanitários representam a forma mais adequada de disposição de resíduos sólidos urbanos no território brasileiro. Pode-se definir um aterro como sendo uma obra para: destinação final dos resíduos sólidos considerando um projeto de engenharia geotécnica, tem como objetivo acomodar no solo, no menor espaço possível, os resíduos sólidos urbanos, sem causar danos ao meio ambiente ou a saúde pública (LANZA E CARVALHO, 2006). Embora consistindo em uma técnica simples, os aterros sanitários exigem cuidados especiais, procedimentos específicos devem ser seguidos desde a escolha da área até a sua operação e monitoramento. Tem uma vida útil superior a 10 anos, e o seu monitoramento deve prolongar - se, no mínimo, por mais 10 anos após seu encerramento (LANZA E CARVALHO, 2006). A figura abaixo mostra um esquema simples de um aterro sanitário em três etapas, preparação da área que vai receber os resíduos, execução e a etapa de conclusão quando o aterro recebe o recobrimento final junto com

uma vegetação protetora de pequeno porte.

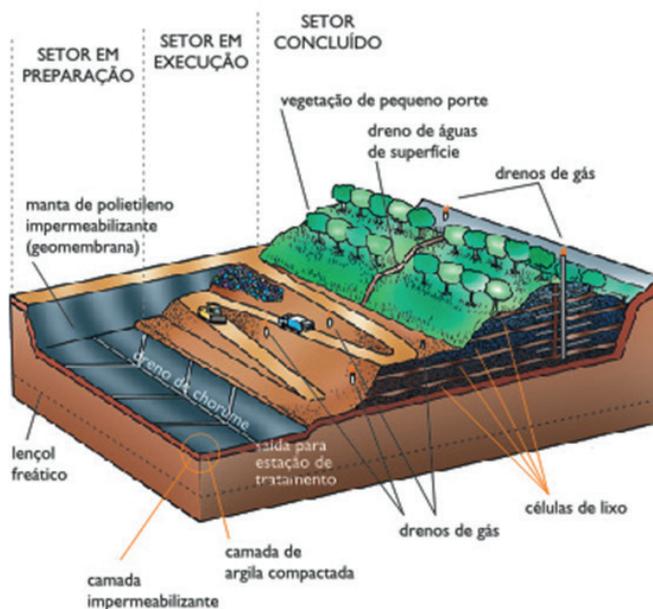


Figura 1-Aterro Sanitário.

Fonte: <meioambiente.culturamix.com.br> Acesso em 2019.

### 3.1 Sistema de drenagem superficial

De acordo com a NBR 8419/1992, que trata sobre as condições mínimas exigíveis para apresentação de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, deve ser previsto um sistema de drenagem de águas pluviais que tendam escoar para a área do aterro sanitário, bem como águas que se precipitam diretamente sobre essa área. A drenagem ineficiente das águas de chuva pode provocar maior infiltração no maciço do aterro, aumentando o volume de chorume gerado e contribuindo para a instabilidade do maciço (Lanza e Carvalho 2006). Nos aterros, em geral, o sistema de drenagem de águas pluviais é constituído por estruturas drenantes de meias canas de concreto (canaletas) associadas a escadas d'água e tubos de concreto. As águas precipitadas nas imediações dos aterros devem ser captadas e desviadas por canaletas escavadas no terreno original, acompanhando as cotas de forma a conferir declividade conveniente ao dreno. Dependendo do tamanho da área de contribuição, várias dessas canaletas devem ser escavadas e associadas a escadas d'água de forma a diminuir a vazão a ser conduzida (D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA A. 2018).

### 3.2 Caracterização e drenagem do percolado

A precipitação que infiltra através do corpo de resíduos pode entrar em contato

com líquidos presentes no resíduo ou solubilizar componentes dos resíduos sólidos. O resultado dessa mistura é um líquido conhecido como chorume. O chorume pode escoar verticalmente, atingindo a superfície livre do aquífero e originando a contaminação das águas subterrâneas. O volume de chorume produzido por um aterro depende da quantidade de água que percola através do resíduo. Conseqüentemente, aterros localizados em regiões áridas produzem menos chorume que aqueles localizados em regiões úmidas. Os aterros devem ser projetados para minimizar a formação e vazamento de chorume. O chorume também deve ser coletado e tratado (WENDLAND E MARIN, 2013). O sistema de drenagem deve coletar e conduzir o líquido percolado, reduzindo as pressões destes sobre a massa de lixo e também minimizando o potência de migração para o subsolo. Outro motivo para se drenar o percolado é impedir que ele danifique as estruturas do aterro. Esse sistema poderá ser constituído de drenos de material filtrante com tubo perfurado direcionando os percolados para o tanque de acumulação de onde serão enviados a um tratamento adequado. É importante que os materiais utilizados não sejam danificados pelo percolado, nesse sentido, os seixos quartzosos de origem fluvial (homogêneos e estáveis) tendem a ser mais indicados que as britas (D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA, A 2018). Segundo a NBR 8419/1992, deve ser previsto um sistema de tratamento para o líquido percolado coletado, quando solicitado pelo Órgão Seccional Estadual de Controle da Poluição e Proteção da Poluição e Proteção Ambiental - OECPA. Na operação do sistema de tratamento, é preciso efetuar de modo sistemático a medição da vazão de percolado e determinar sua composição antes e depois do tratamento. (LANZA E CARVALHO, 2006).

### **3.3 Sistema de drenagem dos gases**

É feito através de uma rede de drenagem adequada, evitando que os gases escapem através dos meios porosos que constituem o subsolo e atinjam fossas, esgotos e até edificações. Os drenos são compostos, na maioria dos casos, por uma camada de brita ou rachão, que é fixada à coluna de tubos através de uma tela metálica (van Elk, 2007). Esses drenos atravessam todo o aterro no sentido vertical, desde o sistema de impermeabilização de base até acima do topo da camada de cobertura. Associados aos drenos verticais, projetam-se drenos horizontais e subverticais que facilitem a drenagem mais eficiente da massa de lixo. Esses drenos podem ser interligados ao sistema de drenagem de percolados, dependendo da alternativa de solução de tratamento adotada para o aterro sanitário (D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA, A 2018).

### **3.4 Sistema de impermeabilização de fundo e laterais e sistema de recobrimento**

De acordo com Van Elk a impermeabilização da fundação e das laterais do aterro tem a função de proteger e impedir a percolação do chorume para o subsolo e aquíferos existentes. No Brasil, a exigência mínima para contenção de lixiviados não perigosos é de que as camadas de fundo e laterais consistam de uma camada simples, podendo ser

argila compactada de permeabilidade inferior a 10<sup>-7</sup> cm/s ou geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) com espessura mínima de 1mm. A qualidade do material e os métodos de construção devem assegurar durabilidade e segurança, no sentido de diminuir os impactos ambientais. Os sistemas de recobrimento do resíduo tem como objetivos reduzir a exalação de odores, eliminar a proliferação de vetores, evitar a catação, permitir o tráfego de veículos e controlar os gases emitidos (D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA, A 2018). A cobertura diária com objetivo de impedir o arraste de materiais pela ação do vento e evitar a disseminação de odores desagradáveis e a proliferação de vetores como moscas, ratos, baratas e aves, deve ser feita com uma camada de terra ou material inerte com espessura de 15 a 20 cm (LANZA E CARVALHO, 2006). Uma vez esgotada a capacidade da plataforma do aterro, procede-se a sua cobertura final com uma camada de argila compactada com cerca de 60cm de espessura (ou de acordo com a espessura definida no projeto técnico) sobre as superfícies que ficarão expostas permanentemente – bermas, taludes e platôs definitivos. Após o recobrimento, deve-se proceder o plantio de gramíneas nos taludes definitivos e platôs, de forma a protege-los da erosão (LANZA E CARVALHO 2006).

### **3.5 Sistema de monitoramento ambiental e geotécnico**

É de extrema importância o monitoramento do aterro, tanto durante sua operação quanto após o encerramento das atividades, para garantir a preservação do meio ambiente, a salubridade da população do entorno, segurança da obra, bem como a estabilidade do maciço e a integridade dos sistemas de drenagem de lixiviados e gases (van Elk, 2007).

## **4 | METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ATERRO**

Para realização da avaliação do aterro, foi utilizado o índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), desenvolvido pela companhia ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Este método consiste em um questionário constituído por sete itens que avaliados: Estrutura de apoio, Frente de trabalho, taludes e bermas, superfície superior, estrutura de proteção ambiental, outras informações e características da área. Cada item avaliado pode comprometer a qualidade do aterro caso não estejam em condições adequadas, o índice vem sendo utilizado desde para avaliar anualmente desde 1997 a disposição de resíduos sólidos no estado de São Paulo. O Aterro de perobas se localiza na cidade de Contagem – MG no bairro perobas, avenida Helena Vasconcelos, nº221, possui uma área de 60 hectares dos quais 13 são destinados a área de preservação no entorno dos limites do empreendimento, situa-se na bacia hidrográfica do Rio São Francisco sub-bacia Rio das Velhas. Importante ressaltar que o aterro recebe apenas resíduos gerados em Contagem, cuja população estimada pelo IBGE para 2018 é de 659.070 habitantes, os resíduos recebidos são de classe II A provenientes de grandes geradores, indústria e comércio além de capim de poda e entulho, aproximadamente chegam 900 toneladas de resíduos por dia ao aterro de perobas. A figura abaixo mostra a localização do aterro



na seguinte equação:  $IQR = (\text{subtotais } 1+2+3) / 9,1$  (Equação 4).

ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS - IQR				
MUNICÍPIO:			DATA:	
LOCAL:			AGÊNCIA:	
BACIA HIDROGRÁFICA:			UGRHI:	
LICENÇA: L.I.: <input type="checkbox"/> L.O.: <input type="checkbox"/>			TÉCNICO:	
ÍTEM	SUB-ÍTEM	AValiação	PESO	PONTOS
ESTRUTURADO	1. PORTARIA, BALANÇA E VIGILÂNCIA	SIM / SUFICIENTE	2	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
	2. ISOLAMENTO FÍSICO	SIM / SUFICIENTE	2	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
3. ISOLAMENTO VISUAL	SIM / SUFICIENTE	2		
	NÃO / INSUFICIENTE	0		
4. ACESSO À FRENTE DE DESCARGAS	ADEQUADO	3		
	INADEQUADO	0		
FRONTAL	5. DIMENSÕES DA FRENTE DE TRABALHO	ADEQUADAS	5	
		INADEQUADAS	0	
	6. COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS	ADEQUADA	5	
		INADEQUADA	0	
7. RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS	ADEQUADO	5		
	INADEQUADO	0		
TALUDES	8. DIMENSÕES E INCLINAÇÕES	ADEQUADAS	4	
		INADEQUADAS	0	
	9. COBERTURA DE TERRA	ADEQUADA	4	
		INADEQUADA	0	
10. PROTEÇÃO VEGETAL	ADEQUADA	3		
	INADEQUADA	0		
SUPERFÍCIE	11. AFLORAMENTO DE CHORUME	NÃO / RAROS	4	
		SIM / NUMEROSOS	0	
	12. NIVELAMENTO DA SUPERFÍCIE	ADEQUADO	5	
INADEQUADO		0		
13. HOMOGENEIDADE DA COBERTURA	SIM	5		
	NÃO	0		
ESTRUTURAL	14. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	SIM/ADEQUADA (N PREENCHER ITEM 15)	10	
		NÃO/INADEQUADA (PREENCHER ITEM 15)	0	
	15. PROF. LENÇOL FREÁTICO (P) X PERMEABILIDADE DO SOLO (K)	$P > 3m, k < 10^{-6} cm/s$	4	
		$1 \leq P \leq 3m, k < 10^{-6} cm/s$	2	
		CONDIÇÃO INADEQUADA	0	
	16. DRENAGEM DE CHORUME	SIM / SUFICIENTE	4	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
	17. TRATAMENTO DE CHORUME	SIM / ADEQUADO	4	
		NÃO / INADEQUADO	0	
	18. DRENAGEM PROVISÓRIA DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE / DESNECES.	3	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
	19. DRENAGEM DEFINITIVA DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE / DESNECES.	4	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
	20. DRENAGEM DE GASES	SUFICIENTE / DESNECES.	4	
NÃO / INSUFICIENTE		0		
ADEQUADO		4		
21. MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	INADEQUADO / INSUFIC.	1		
	INEXISTENTE	0		
	ADEQUADO / DESNECES.	4		
22. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	INADEQUADO / INSUFICIENTE	1		
	INEXISTENTE	0		
	ADEQUADO / DESNECES.	4		
<b>SUBTOTAL 1</b>			<b>86</b>	

ÍTEM	SUB-ÍTEM	AValiação	PESO	PONTOS	
OUTRAS INFORMACOES	23. PRESEÇA DE CATADORES	NÃO	2		
		SIM	0		
	24. QUEIMA DE RESÍDUOS	NÃO	2		
		SIM	0		
	25. OCORRÊNCIA DE MOSCAS E ODORES	NÃO	2		
		SIM	0		
	26. PRESEÇA DE AVES E ANIMAIS	NÃO	2		
		SIM	0		
	27. RECEBIMENTO DE RESÍDUOS NÃO AUTORIZADOS	NÃO	2		
		SIM	0		
	28. RECEBIMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS	SIM (Preencher item 29)			-
		NÃO (ir p/ item 30)			
	29. ESTRUTURAS E PROCEDIMENTOS	SUFICIENTE / ADEQUADO	10		
		INSUFICIENTE / INADEQ.	0		
<b>SUBTOTAL 2.1</b>			<b>10</b>		
<b>SUBTOTAL 2.2</b>			<b>20</b>		
CARACTERÍSTICA	30. PROXIMIDADES DE NÚCLEOS HABITACIONAIS	$\geq 500m$	2		
		$< 500m$	0		
	31. PROXIMIDADES DE CORPOS DE ÁGUA	$\geq 200m$	2		
		$< 200m$	0		
		$< 2$ ANOS	<input type="checkbox"/>		
	32. VIDA ÚTIL DA ÁREA	$2 < x \leq 5$ ANOS	<input type="checkbox"/>	-	
		$> 5$ ANOS	<input type="checkbox"/>		
33. RESTRIÇÕES LEGAIS AO USO DO SOLO	SIM	<input type="checkbox"/>	-		
	NÃO	<input type="checkbox"/>			
<b>SUBTOTAL 3</b>			<b>4</b>		

<b>TOTAL MÁXIMO (100)</b>		<b>TOTAL MÁXIMO (110)</b>	
<b>TOTAL MÁXIMO 2.1</b>		<b>TOTAL MÁXIMO 2.2</b>	
sem recebimento de resíduos industriais		com recebimento de resíduos industriais	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
<b>IQR-SOMA DOS PONTOS/10</b>		<b>IQR-SOMA DOS PONTOS/11</b>	
sem recebimento de resíduos industriais		com recebimento de resíduos industriais	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	

**Cálculo do IQR**

(sem receb. resíduos industriais)  $IQR = (\text{SUBTOTALS } 1+2.1+3)/10 = 10,0$

(com receb. resíduos industriais)  $IQR = (\text{SUBTOTALS } 1+2.2+3)/11 = 10,0$

IQR	AValiação
<b>0,0 a 7,0</b>	<b>CONDIÇÕES INADEQUADAS</b>
<b>7,1 a 10,0</b>	<b>CONDIÇÕES ADEQUADAS</b>

DISPÕEM EM:

Figura 3: Modelo IQR.

Fonte: Inventário de resíduos sólidos 2017 – CETESB.

## 5 | RESULTADOS

Após visita técnica ao aterro sanitário de Contagem e aplicação do questionário IQR foram obtidos os seguintes resultados em cada um dos sub itens:

**Sub item 1 Portaria Balança e Vigilância:** O Aterro apresenta guarita para controle de acesso com presença de seguranças durante 24 horas por dia, além de guarita para controle da balança. Por isso na avaliação este sub item foi considerado suficiente atribuindo o valor de nota 2.



Figura 4. Fonte: Arquivo aterro sanitário 2017.

**Sub item 2 Isolamento Físico:** A área do aterro encontra-se isolada por mourões de concreto, com fios de arame farpado além da cortina verde de tela em parte do perímetro do aterro atribuindo assim um valor de nota 2 suficiente neste sub item.

**Sub item 3 Isolamento Visual:** O aterro encontrasse circundado por uma área de APP DE 13 hectares, garantindo o isolamento visual do mesmo. Nota atribuída neste sub item = 2 Suficiente.

**Sub item 4 Acesso à frente de trabalho:** O acesso à frente de trabalho está em boas condições, para facilitar o acesso em dias chuvosos utiliza-se no aterro os resíduos inertes de construção civil para recobrir as estradas e garantir melhor aderência dos veículos. Este sub item quantificou 3 pontos.

**Sub item 5 Dimensões da frente de trabalho:** As frentes de trabalho estão em ótimas condições para a pratica de operações. Este sub item quantificou 5 pontos.

**Sub item 6 Compactação dos Resíduos:** Os resíduos são compactados por trator esteira com peso operacional mínimo de 15 toneladas a compactação é realizada com movimentos repetidos do equipamento de baixo para cima por seis vezes para que o material atinge o adensamento adequado de aproximadamente 700 kg/ m<sup>3</sup>. Este sub item quantificou 5 pontos.

**Sub item 7 recobrimento dos resíduos:** Para o recobrimento diário utiliza-se

material inerte proveniente de resíduos coletados em caçambas estacionárias (Ecopontos) e pontos de disposição inadequada na via pública, formando uma camada de 20cm. Este sub item quantificou 5 pontos.



Figura 6. Fonte: Arquivo aterro sanitário 2017.

**Sub item 8 Dimensões e inclinações:** Não foi possível obter informações a respeito das dimensões e inclinações de taludes e bermas. Este sub item não recebeu avaliação.

**Sub item 9 Cobertura de terra:** Para cobertura final utiliza-se solo argiloso compactado formando camada de recobrimento de 60cm de espessura. Esse sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 10 Proteção vegetal:** Após o recobrimento final com camada de argila procede-se o plantio de gramíneas nos taludes definitivos, para cobertura vegetal de resíduos nos taludes intermediários (locais que irão receber resíduos futuramente) é utilizado resíduos de capina provenientes dos serviços públicos de capina e roçada do município. Este sub item quantificou 3 pontos.

**Sub item 11 Afloramento de chorume:** Não foram encontrados afloramentos de chorume nas massas de resíduos aterradas. Este sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 12 Nivelamento da superfície:** O nivelamento da superfície do aterro encontra-se adequado. Este sub item quantificou 5 pontos.

**Sub item 13: Homogeneidade da Cobertura:** Não foram identificados resíduos acima dos locais que já receberam as camadas de terra garantindo assim a homogeneidade da superfície. Este sub item quantificou 5 pontos.

**Sub item 14 Impermeabilização do solo:** O sistema de impermeabilização de

base do aterro é constituído por uma camada entre 60 a 80 centímetros de espessura de argila compactada com coeficiente de permeabilidade  $K = 1.10^{-6}$  cm/s seguido de uma camada de geomembrana de 2 mm de espessura, manta de bidim e por fim 40 cm de solo normal para proteção mecânica, nos taludes são utilizados geomembrana e manta de bidim de 2mm de espessura. Este sub item quantificou 10 pontos.

**Sub item 15 Profundidade Lençol Freático (P) versus Permeabilidade do Solo (K):** Como o aterro possui impermeabilização por geomembrana sintética, para este sub item não houve avaliação.

**Sub item 16 Drenagem de chorume:** O sistema de drenagem é composto por drenos primários instalados após a impermeabilização da base, em conformidade com projeto das redes tipo linha de peixe e drenos secundários com dimensões nas valas de drenagem de 40 x 40 cm preenchidas com pedra de mão e com declividade direcionada aos drenos verticais. Este sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 17 Tratamento de chorume:** Através de um contrato de cooperação técnica, todos os efluentes líquidos gerados no aterro sanitário são tratados na Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Onça pertencente a COPASA, o aterro por sua vez se dispõe a receber o lodo gerado na ETE. Este sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 18 Drenagem provisória de águas pluviais:** O sistema é composto pela escavação de valetas de drenagem provisórias a montante da frente de operação. Este sub item quantificou 3 pontos.

**Sub item 19 Drenagem definitiva de águas pluviais:** O sistema é feito através de canaletas de concreto de diâmetro de 30 cm interligadas por escadas dissipadoras de energia hidráulica do tipo colchão de reno, o sistema se mostrou eficiente visto que não foram encontrados processos erosivos no aterro. Este sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 20 Drenagem de gases:** Os drenos são instalados na base do aterro e complementados conforme o preenchimento do maciço dos resíduos, são interligados aos drenos de percolado e compostos por tambores metálicos preenchidos com pedra de mão, na ponta dos drenos estão instalados queimadores com proteção do tipo chapéu chinês para impedir entrada de água da chuva. Este sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 21 Monitoramento de águas subterrâneas:** Para o monitoramento das águas subterrâneas é utilizado 7 poços de monitoramento sendo 4 a montante do aterro e três a jusante. Este sub item quantificou 4 pontos.

**Sub item 22 Monitoramento geotécnico:** O monitoramento é feito mensalmente avaliando os recalques do maciço com equipamento construídos com base em concreto armado e com um tubo de ferro fixado no centro, piezômetros para avaliar a pressão de líquidos e gases no interior do maciço e marcos superficiais que permitem monitorar o movimento dos taludes. Este sub item quantificou 1 ponto.

**Sub item 23 Presença de catadores:** Não foram encontradas evidências de catadores. Este sub item quantificou 2 pontos.

**Sub item 24 Queima de resíduos:** Não há queima de resíduos no aterro. Este sub item quantificou 2 pontos.

**Sub item 25 Ocorrência de moscas e odores:** Não foram evidenciados ocorrência de moscas e odores no aterro. Este sub item quantificou 2 pontos.

**Sub item 26 Presença de aves e animais:** Foram identificados presença de algumas aves no recebimento de resíduos. Este sub item quantificou 0 pontos.

**Sub item 27 Recebimento de resíduos não autorizados:** No aterro são recebidos apenas resíduos provenientes do serviço de coleta municipal. Este sub item quantificou 2 pontos.

**Sub item 28 Recebimento de resíduos industriais:** O aterro não recebe resíduos industriais.

**Sub item 29 Estruturas e Procedimentos:** Este sub item apenas deve ser preenchido caso o aterro receba resíduos indústrias.

**Sub item 30 Proximidades de Núcleos Habitacionais:** O aterro não se localiza há 500 metros de núcleos habitacionais. Esse sub item quantificou 0 pontos.

**Sub item 31: Proximidades de Corpos de Água:** O aterro encontra-se a mais de 200 metros do córrego São João, corpo d'água mais próximo. Este sub item quantificou 2 pontos.

**Sub item 32: Vida útil da área:** De acordo com o relatório de atividades do aterro é previsto que o volume total do maciço igual a 8.774.295,86m<sup>3</sup> seja alcançado em 2027.

**Sub item 33: Restrições legais ao uso do solo:** Não há restrições legais quanto ao uso do solo.

## 6 | CONCLUSÕES

Após realização do trabalho, foi possível concluir que o aterro municipal do município de Contagem – MG, apresenta condições adequadas de acordo com sua nota obtida no índice de qualidade com resultado IQR=9,7.

Observou-se que o aterro está localizado em área apropriada para disposição de resíduos sólidos urbanos estando longe de corpos d'água evitando assim sua contaminação, o sistema de impermeabilização, monitoramento ambiental e geotécnico, e de drenagem de gases, água de chuva e percolado estão em perfeitas condições e estes foram fatores determinantes para a nota obtida pelo aterro. Constatou-se também que na área não ocorre presença de catadores, que o sistema de vigilância opera de forma eficiente além das perfeitas condições das máquinas e equipamentos usados para transporte compactação dos resíduos e monitoramento geotécnico da área. O uso de resíduos inertes da construção civil para recobrir as estradas trazendo maior aderência durante períodos chuvosos, demonstrou-se uma importante ferramenta para reutilização desse tipo de resíduo assim como a reutilização dos resíduos da capina e poda que são

utilizados para o recobrimento dos taludes. Deve-se observar que o aterro encontra-se próximo de alguns núcleos habitacionais, porém este fato deve-se principalmente à mal distribuição da urbanização da cidade devido ao seu crescimento, a presença de aves no aterro representa um inconveniente que deve ser controlado para evitar qualquer dano ao meio ambiente e a saúde humana. Por fim ressaltasse que o resultado obtido neste trabalho não pode ser considerado conclusivo tendo em vista que não foi possível ter acesso a todos os dados pertinentes no formulário IQR, e que é necessário mais estudos e análises para chegar a uma conclusão confiável a respeito das condições do aterro sanitário.

## REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R.M et al. **Avaliação e Diagnóstico do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Cianorte**, Estado do Paraná, Brasil COSTA, E. R. H.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. NBR 8.419. Rio de Janeiro, 1992. 7 páginas.

BRASIL. . Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política nacional dos resíduos sólidos**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 12 out. 2018

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2017**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/residuos-solidos/residuos-urbanos-saude-construcao-civil/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

CONTAGEM. **Aterro Sanitário de Contagem: Relatório de Atividades**, 2017. 128 p.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord.) **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado – 4ª ed.** São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.

Elk, Ana Ghislane Henriques Pereira van. **Mecanismos de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: redução de emissões na disposição final**. Brasil: Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades, 2007.

LANZA, Vera C. Vaz; CARVALHO, André L. de. **Orientações básicas para operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006.

WEDLAND, Edson; MARIN, Ivan Silvestre Paganini. Contaminação de Águas Subterrâneas. In: CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes (Org.). **Engenharia Ambiental. Conceitos, Tecnologia e Gestão**. 1. ed. [S.l.]: ELSEVIER, 2013. cap. 12, p. 269-293.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 74, 76, 84, 85, 86, 88, 91

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

Água residual 92, 93, 94, 97

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

Antibióticos 1, 4, 6, 7, 10, 86

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

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

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

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

### B

Bioadsorvente 80, 83, 86, 221

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

### C

Cloração 50, 63, 70

Cloretos 50, 57

Coliformes fecais 92, 100, 106

Coliformes totais 98, 99

Combustíveis fósseis 36, 46, 129

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

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

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

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

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

Co-processamento 47

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

Corpos hídricos 1, 37, 74, 76, 178

### D

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

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

Descarte irregular 1

Desenvolvimento sustentável 38, 46, 168

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

Digestão anaeróbica 43

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

## **E**

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

Emissões atmosféricas 212, 213

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

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

## **F**

Fontes renováveis 37, 41

## **G**

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

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

Granulometria 17, 18, 85

## **H**

Hormônios 7, 86, 87, 88, 89

## **I**

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

Índice de Desenvolvimento Humano - IDH 180

## **L**

Lagoas de maturação 50, 66, 70

Lençóis freáticos 5, 22, 23

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

## **M**

Macrodrenagem 143

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

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

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

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

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

## **P**

Pirólise 42, 45, 47, 112, 121, 124

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

Processos convencionais de tratamento 67, 80

## **R**

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

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

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

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

Resíduos da construção civil 15, 16, 21, 114

Resíduos industriais 28, 33, 114, 122

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

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

## **S**

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

Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP 140

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

Socioambiental 160

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

Sólidos suspensos totais 50, 57, 60

## **T**

Toxicidade 66, 70, 73, 74, 77

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

## **U**

Urbanização 34, 143, 159, 194, 217

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA



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



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



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



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA



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



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



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



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021