

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

**ENGENHARIA SANITÁRIA 2**



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

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

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.

Open access publication by Atena Editora



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 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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Amanda Costa da Kelly Veiga  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária 2 /  
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 978-65-5983-537-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.379211310>

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Sanitária 2” é constituído por vinte e cinco capítulos de livros que foram devidamente selecionados por membros que integram o corpo editorial da Atena Editora. Diante disso, este e-book foi dividido em quatro unidades temáticas de grande relevância.

A primeira é constituída por sete capítulos que tratam da importância de se monitorar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água destinada ao abastecimento público, provenientes de águas superficiais ou subterrâneas (poço artesiano). Por ser um recurso natural e cada vez mais escasso em termos de padrões de potabilidade, faz-se necessário a adoção de uma consciência coletiva que leve a redução do consumo *per capita* a nível mundial.

Os capítulos de 8 a 15 apresentam estudos que reforçam a importância de se investigar alternativas a fim de se estabelecer melhores condições de confinamento, destinação final e desaguamento do lodo gerado na ETA. Além disso, é apresentada a importância de melhorar e empregar técnicas de tratamento de efluente hospitalar e provenientes de instituições de ensino.

A terceira temática apresenta trabalhos que tratam da importância do conhecimento sobre resíduos na formação de futuros profissionais da biologia. Outro estudo apresenta a importância e o devido reconhecimento que os catadores de recicláveis representam para a sociedade e que contribuem para a política reversa de materiais recicláveis. Já outros trabalhos, procuram avaliar o uso de lodo de ETA e de rejeitos da mineração como matéria-prima a ser incorporada em substituição aos extraídos da natureza. Por fim, é apresentado um trabalho que validou uma metodologia QuEChERS-CLAE/FL na determinação do antibiótico Tetraciclina em cama de aviários.

O último tema é composto por quatro trabalhos que reportam a utilização de biomassa tanto para remoção de cor de águas residuárias, quanto como matéria-prima para a produção de bioetanol. Além disso, apresenta um trabalho que traz uma discussão em voga em relação aos possíveis riscos associados à utilização de agrotóxicos e por último um trabalho que trata do desenvolvimento de estratégias de *designs* para o reuso de espaços urbanos abertos para o público como espaços de acesso ao público.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil e com contribuições provenientes de pesquisadores de Portugal e da Itália, a Atena Editora publica e disponibiliza de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas instituições de ensino do Brasil e de outros países. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS AO SISTEMA LAGUNAR DE ITAIPU-PIRATININGA**

Flávia Cipriano Dutra do Valle

Wilson Thadeu Valle Machado

Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113101>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

#### **ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PINHAL - RS**


Ronaldo Sartoretto

Samuel Lunardi

Marcelle Martins

Dienifer Stahlhöfer

Willian Fernando de Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113102>

### **CAPÍTULO 3..... 23**


#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**

Madalena Teixeira Soares

Manuel Santos da Costa

Mariano Carvalho de Souza

Marijara Serique de Almeida Tavares


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113103>

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **OS INDICADORES AMBIENTAIS: MELHORIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Yasmin Rodrigues Gomes

Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113104>

### **CAPÍTULO 5..... 44**


#### **COMPARATIVO FINANCEIRO DO CONSUMO DE ÁGUA EM ESCOLAS NAS MICRORREGIÕES SERGIPANAS**

Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior

Rayana de Almeida Novais


Paulo Cicero de Jesus Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113105>

**CAPÍTULO 6..... 55**

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAGEM PARA O ABASTECIMENTO DE SÃO MATEUS-ES**


Aloísio José Bueno Cotta  
Renato Pereira de Andrade  
Honerio Coutinho de Jesus  
Paloma Francisca Pancieri de Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106>

**CAPÍTULO 7..... 66**

**PROPOSTAS DE MELHORIAS NO SISTEMA CAPTAÇÃO, TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NA ÁREA URBANA E RURAL NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO, MG**


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107>

**CAPÍTULO 8..... 79**

**ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO CENÁRIO BRASILEIRO**


Lucas Rodrigues Bellotti  
Rosane Freire Boina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108>

**CAPÍTULO 9..... 87**

**DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETAs: EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS COM EMPREGO DE LEITO DE DRENAGEM**


Antonio Osmar Fontana  
João Sergio Cordeiro  
Cali Laguna Achon  
Marcelo Melo Barroso  
Renan Felício dos Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109>

**CAPÍTULO 10..... 104**

**A IMPORTÂNCIA DA COBERTURA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ETA EM LEITOS DE DRENAGEM**

Renan Felício dos Reis  
Cali Laguna Achon  
João Sergio Cordeiro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010>

**CAPÍTULO 11..... 122**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DESAGUAMENTO DE LODO – ETA SANTA BÁRBARA (RS)**

Daniele Martin Sampaio  
Carlos Vinícius Caetano Gonçalves


Laone Hellwig Neitzel  
Karen Gularte Peres Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131011>

**CAPÍTULO 12..... 135**

**QUANTIFICAÇÃO DO LODO GERADO DE DECANTADORES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARATINGUETÁ**


Paulo Ricardo Amador Mendes  
Ailton César Teles de Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131012>

**CAPÍTULO 13..... 142**

**SISTEMA DE CONFINAMENTO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO LODO DE ETA**


Denise de Carvalho Urashima  
Ana Paula Moreira de Faria  
Mag Geisielly Alves Guimarães  
Beatriz Mydori Carvalho Urashima  
Matheus Müller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131013>

**CAPÍTULO 14..... 150**

**TRATAMENTO DE EFLUENTE HOSPITALAR EM REATOR TIPO UASB E FITOTOXICIDADE**

Roberson Davis Sá  
Fernando Rodrigues-Silva  
Paloma Pucholobek Panicio  
Yohannys Mannes  
Mariana Azevedo dos Santos  
Lidia Lima  
Lutécia Hiera da Cruz  
Liziê Daniela Tentler Prola  
Wanessa Algarte Ramsdorf  
Adriane Martins de Freitas  
Karina Querne de Carvalho  
Marcus Vinicius de Liz


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131014>

**CAPÍTULO 15..... 164**

**WETLANDS: UMA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO NO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE**

Carina Siqueira de Souza  
Halanna Moura de Souza  
Soanne Hemylle de Jesus Santos  
Thaise Kate Silva dos Santos  
Geovane de Mello Azevedo  
Maurício Santos Silva  
Felippe Matheus Silva Meneses

Florilda Vieira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131015>

**CAPÍTULO 16..... 176**

**A IMPORTÂNCIA DO COMPONENTE CURRICULAR “GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS” PARA A FORMAÇÃO ACADÊMICA DE UM BIÓLOGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Regiane Gabriele Rocha Vidal

Beatriz dos Santos Souza

Dinalva Ribeiro de Oliveira

Juliana Maia Lima

Jannah Thalís da Silva Alves

Ana Caroline Barbosa de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131016>


**CAPÍTULO 17..... 185**

**CONDIÇÕES DE TRABALHO DOS CATADORES E CATADORAS DE CAXIAS DO SUL/RS APÓS 10 ANOS DE IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Ana Maria Paim Camardelo

Nilva Lúcia Rech Stedile

Fernanda Meire Cioato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131017>


**CAPÍTULO 18..... 196**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ESCÓRIA DE FERRONÍQUEL PARA EMPREGO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE**

Jéssika Cosme

Daniel Pinto Fernandes

Gilberto Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131018>

**CAPÍTULO 19..... 205**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ETA COMO IMPERMEABILIZANTE DE OBRAS DE TERRA PARA A CONTENÇÃO DE RESÍDUOS**


Leonardo Marchiori

André Studart

Maria Vitoria Moraes

Antônio Albuquerque

Victor Cavaleiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131019>


**CAPÍTULO 20..... 213**

**ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA ASSOCIADA ÀS BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

Ana Nery de Macedo Cadete

Abmael de Sousa Lima Junior


Roberta de Melo Guedes Alcoforado  
Marcelo Casiuch  
Andresa Dornelas de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131020>

**CAPÍTULO 21..... 223**

OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA QuEChERS-CLAE/FL PARA A DETERMINAÇÃO DO ANTIBIÓTICO TETRACICLINA EM CAMA DE AVIÁRIO


Ismael Laurindo Costa Junior  
Letícia Maria Effting  
Luciane Effting

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131021>

**CAPÍTULO 22..... 241**

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO AO USO DE AGROTÓXICOS - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ESCADA, PERNAMBUCO, BRASIL.

Eduardo Antonio Maia Lins  
Fellipe Martins Maurício de Menezes  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio Carvalho de Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131022>

**CAPÍTULO 23..... 249**

CASCA E BAGAÇO DA LARANJA COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE COR DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rayane de Oliveira Zonato  
Bianca de Paula Ramos  
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro  
Rosane Freire Boina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131023>

**CAPÍTULO 24..... 263**

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE SISTEMA *WETLANDS* CONSTRUÍDOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL.


Eduarda Torres Amaral  
Gisele Alves  
Gustavo Stolzenberg Colares  
Tiele Medianeira Rizzetti  
Rosana de Cassia de Souza Schneider  
Ênio Leandro Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131024>

**CAPÍTULO 25..... 270**

URBAN OPEN SPACES RE-USE: DESIGN STRATEGIES

Rossella Franchino  
Caterina Frettoloso  
Nicola Pisacane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131025>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>282</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>283</b>

## DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETAS: EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS COM EMPREGO DE LEITO DE DRENAGEM

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data de submissão: 19/08/2021*

### **Antonio Osmar Fontana**

Port Engenharia Ltda  
São José do Rio preto – SP  
<http://lattes.cnpq.br/8325560641179678>

### **João Sergio Cordeiro**

Universidade federal de São Carlos e Allevant  
Educação  
São Carlos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2572864522562875>

### **Cali Laguna Achon**

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
São Carlos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0307406069325793>

### **Marcelo Melo Barroso**

Instituto Abraço  
Porto Velho - Rondônia  
<http://lattes.cnpq.br/6326827927032795>

### **Renan Felicio dos Reis**

Instituto Federal de São Paulo (IFSP) –  
Campus São Roque  
São Roque – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/1840510720475585>

**RESUMO:** Os sistemas de potabilização de água para consumo público com captação superficial, na sua maioria, utilizam as estações de tratamento de água (ETAs) convencionais de ciclo completo com o emprego da coagulação química, que geram resíduos, destacadamente o lodo de

ETA (LETA). Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2017 (IBGE, 2017) 69% do lodo ainda é lançado de forma inadequado. A quantidade gerada pode atingir até 5% do volume de água tratada na ETA e apresentam forma fluida com baixas concentrações de sólidos e grande quantidade de água, sendo o desaguamento a principal forma de tratamento. O leito de drenagem (LD) é um sistema natural de desaguamento de LETA que usa geotêxtil como meio filtrante e foi proposto por Cordeiro (2001). O primeiro sistema de LD em escala real foi implantado e pesquisado por Fontana (2004), na ETA do município de Cardoso/SP, sendo que a avaliação das questões operacionais e de projeto foram fundamentais para permitir a implantação do LD em outros diferentes locais e ETAs. Sendo assim, as experiências em casos reais de implantação de LD em ETAs, demonstram a viabilidade técnica, operacional e construtiva deste sistema natural de desaguamento de LETA, que foram implantados a cerca de 8 a 16 anos, tiveram troca do geotêxtil entre 3 e 8 anos, evidenciando a efetividade do sistema, além de ser um sistema natural aberto sem a necessidade de uso de condicionantes químicos (polímeros). Além disto, a qualidade do líquido drenado, com o uso do geotêxtil não tecido como meio filtrante no LD, também foi evidenciada nos estudos em escala real. Sendo assim, esse sistema de desaguamento pode ser implantado em estações de pequeno e médio porte, trazendo benefícios, principalmente ambientais, atendimento à legislação e propiciando a destinação ambientalmente adequada do LETA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, tratamento de água,

## DEWATERING SLUDGE FROM WATER TREATMENT PLANTS: SUCCESSFUL EXPERIENCES WITH THE USE OF DRAINAGE BED

**ABSTRACT:** The majority of water purification systems for public consumption with surface capture use conventional full-cycle water treatment plants (WTP) with the use of chemical coagulation, which generate residues especially WTP sludge. According to the 2017 National Basic Sanitation Survey (IBGE, 2017), 69% of the sludge is still inappropriately disposal. The amount generated can reach up to 5% of the volume of water treated at the WTP and they present a fluid form with low concentrations of solids and large amounts of water, with dewatering being the main form of treatment. The drainage bed (DB) is a natural dewatering system to WTP sludge that uses geotextiles as a filtering and was proposed by Cordeiro (2001). The first full-scale DB was implemented and researched by Fontana (2004), at the WTP in the municipality of Cardoso-SP. Thus, experiences in real cases of DB implantation in WTPs demonstrate the technical, operational and constructive feasibility of this natural sludge dewatering system, which were implemented about 8 to 16 years ago, had the geotextile exchanged between 3 and 8 years, showing the effectiveness of the system, in addition to being an open natural system without the need to use chemical conditioning (polymers). In addition, the quality of the drained liquid, with the use of non-woven geotextile as a filtering in the LD, was also evidenced in the real-scale studies. Therefore, this dewatering system can be implemented in small and medium-sized stations, bringing benefits, mainly environmental, compliance with legislation and providing for the environmentally appropriate disposal of WTP sludge.

**KEYWORDS:** Sludge, Water Treatment Plant, Dewatering, Drainage Bed, Geotextile.

### 1 | ASPECTOS GERAIS

O Brasil possui 5570 municípios, sendo a grande maioria destes com população de até 100.000 habitantes que concentra cerca de 43% da população, destacando-se que cerca de 88% dos municípios possuem população com até 50.000 habitantes (IBGE, 2021). O sistema de abastecimento de água é fundamental para a sobrevivência do homem. Atualmente, cerca de 85% da população brasileira estão situadas nas áreas urbanas. Em função das características das águas superficiais, cada dia mais comprometidas, se torna necessária a remoção de partículas que prejudicam a qualidade das águas, exigindo o emprego de Estações de Tratamento de Águas (ETAs). Estas, em suas operações e processos, geram resíduos que devem ser tratados de forma a não comprometer o meio ambiente. Um dos aspectos a serem buscados é a redução do volume dos resíduos, através da remoção de água.

Em 1999, o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) em seu primeiro edital definiu o tema “*Técnicas de Tratamento de Despejos Líquidos de Estações de Tratamento de Água*” com objetivo de fomentar redes de pesquisas na área e gerar soluções e tinha como propósito, pesquisar soluções para os lodos gerados em ETAs (LETAs), com



aporte financeiro da FINEP, CNPq, CAIXA, CAPES a apoio da ABES e SEPURB (CORDEIRO, 1999 e 2001). Cordeiro (2001), na segunda edição do PROSAB, propôs alterações na concepção dos sistemas tradicionais e naturais de desaguamento de LETA, removendo a camada filtrante de areia e incluindo geotêxtil, cujo sistema foi denominado Leito de drenagem (LD). Os estudos evoluíram com Achon e Cordeiro (2003); Fontana (2004); Achon, Barroso e Cordeiro (2005); Barroso (2007); Achon, Barroso e Cordeiro (2008) e Reis (2011); e Cordeiro *et al.* (2014). A evolução das pesquisas relacionadas ao desaguamento de LETA, usando Leito de Drenagem, com aplicabilidade em municípios de pequeno e médio porte, foram compilados por Achon, Reis e Cordeiro (2020).

Os sistemas de potabilização de água para consumo público com captação superficial, na sua maioria, utilizam as ETAs convencionais de ciclo completo com o emprego da coagulação química. No processo de coagulação dessas estações são empregados produtos químicos a base de sais de ferro ou de alumínio para retirada das impurezas presentes na água bruta. Através de seus processos subsequentes de floculação, decantação e filtração resultam na água tratada para distribuição e os resíduos que ficam retidos, principalmente nos decantadores e filtros, são denominados lodo de ETE (LETA) e água de lavagem de filtros (ALAF). Um dos principais problemas para essas estações é a adequação desses resíduos para destinação sem causar prejuízos ao meio ambiente. No Brasil, a maioria das ETAs lança os seus resíduos diretamente em corpos d'água com grande potencial poluidor. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008 (IBGE, 2008) 80% do lodo era lançado de forma inadequado, sendo 68% lançado nos corpos d'água e 22% em terreno, lixão ou aterro controlado. Mais recentemente, o PNSB de 2017 (IBGE, 2017) mostrou que 69% do lodo ainda é lançado de forma inadequado, sendo 56% lançado nos corpos d'água e 13% em terreno, lixão ou aterro controlado. Segundo o IBGE (2017) as outras formas de destinação são aterro sanitário (23%), reaproveitamento (7%) e outras (1%).

Esses resíduos possuem características físico-químicas que por determinações legais não podem ser lançados diretamente em corpos d'água sem tratamento prévio. A quantidade gerada pode atingir até 5% do volume de água tratada na ETA e apresentam forma fluida com baixas concentrações de sólidos e grande quantidade de água, normalmente acima de 95% de teor de umidade. Portanto, a solução dos problemas para esses resíduos passa pela necessidade de redução de volume, através de sistemas de desaguamento que proporcione a destinação ambientalmente adequada, aliada à redução de custos com transporte e destinação final.

Os meios de desaguamento podem ser mecânicos ou naturais. A escolha da tecnologia depende de um cuidadoso processo de verificação das condições operacionais das estações, características dos resíduos e condições regionais e locais. Principalmente para os sistemas naturais de desaguamento, as condições locais quanto à disponibilidade de área e clima são de grande importância.

No Brasil, por seu clima com insolação e evaporação favoráveis e a grande

disponibilidade de áreas, com custo acessível, os sistemas naturais podem apresentar resultados bastante promissores. No entanto, poucos registros de estações que utilizam esses sistemas são encontrados.

Cordeiro (1993 e 2001) realizou uma série de estudos com o leito de secagem tradicional em escala piloto com diversos arranjos buscando uma melhor condição de desaguamento e de operação. A evolução apresentou um leito com meio drenante constituído de apenas uma camada de brita e recoberta com geotêxtil. Com os resultados de tempo de drenagem bastante reduzidos, este leito passou a ser denominado de Leito de Drenagem (LD). O desenvolvimento de estudos dessa tecnologia em escala real é bastante importante para avaliação de parâmetros de projeto, características construtivas e condição operacional. A viabilidade desse sistema proporciona grandes ganhos ambientais com redução de lançamentos de resíduos de forma inadequada e possibilidade de reuso da água.

## 21 RESÍDUOS DAS ETAS E SEUS IMPACTOS

As ETAs de ciclo completo funcionam como indústrias transformando água bruta, com várias partículas indesejáveis, em água tratada, que deve estar em consonância com os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. No entanto, essa operação/processo gera resíduos nos decantadores e filtros, como ilustra a Figura 1.

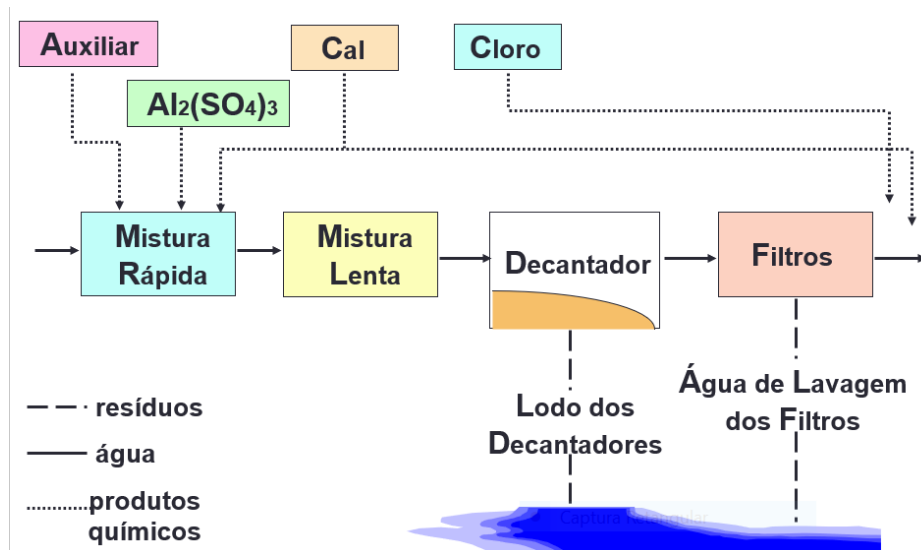


Figura 1 – Esquema ilustrativo de ETA convencional de ciclo completo.

Fonte: Cordeiro (2001).

Nas Figuras 2 e 3 tem-se fotografias da geração e limpeza de decantadores e filtros, respectivamente. Observa-se que esses resíduos são gerados em quantidade e exigem

cuidados especiais por parte de operadores e gestores.



Figura 2 – Resíduos gerados em decantadores de ETAs.

Fonte: Cordeiro (2001).



Figura 3 – Resíduos gerados nos filtros de ETAs.

Fonte: Cordeiro (2003) e (2017).

Por outro lado, o lançamento desses resíduos em corpo d'água de forma inadequada, sem tratamento, causa impactos negativos no meio ambiente, como ilustrado na Figura 4. Esse lançamento descumpra a Lei 9 605/1998 e Lei 12 305/2010. Nesse sentido, os gestores das ETAs estão sujeitos a responder criminalmente e administrativamente. A busca de solução do problema é fundamental para a busca da eficiência da ETAs, como preconizado na Norma ISO 24 512 de 2007.



Figura 4 - Lançamento de resíduo de ETA em cursos d'água.

Fonte: Cordeiro (1992) e Fontana (2004).

### 3 I REDUÇÃO DE VOLUME DOS LETAS

O objetivo do desaguamento ou remoção de parcela de água dos resíduos consiste na redução de seu volume. A Figura 5 ilustra, esquematicamente, algumas formas de redução de volume, classificando-as de acordo com os sistemas: natural e mecânico.

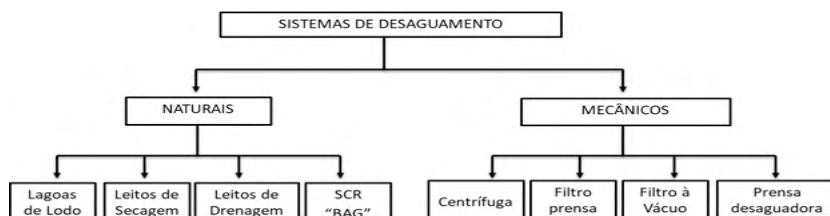


Figura 5 - Formas de redução de volume de resíduo de ETA.

Fonte: adaptado de Cordeiro (1999).

Segundo Cordeiro (1999), em um caso real de definição e implantação de um tipo de sistema de desaguamento do resíduo de ETA, vários fatores devem ser considerados, podendo ser citados: área necessária para implantação e seu custo, distância da estação até a destinação ou disposição final, condições climáticas, custo dos equipamentos, operação, preparo de recursos humanos para operação, necessidade de condicionamento, entre outros.

Sendo assim, no sistema de desaguamento é importante que a água livre do lodo seja removida de forma rápida para que se atinja um tempo mínimo de operação. Uma vez removida, essa água pode ser reciclada no início do processo ou reutilizada sem causar grandes prejuízos, merecendo, obviamente, atenção especial, pois no caso de desaguamento de resíduos provenientes dos filtros, deve-se atentar para a qualidade microbiológica da água, caso em que, se o sistema de tratamento da ETA for de filtração direta, essa atitude pode afetar seriamente a qualidade da água afluente aos filtros. Vale lembrar que, para a obtenção dos sólidos finais resultantes da operação de desaguamento certa quantidade de

energia é necessária, sendo esta natural (solar) e/ou mecânica (elétrica). Uma vez atingido o produto (resíduo desaguado), este pode ser disposto em aterros ou utilizado em sistemas de codisposição, como matrizes cerâmicas ou de cimento e outros usos benéficos que são objeto de pesquisas já concluídos, conforme reportado por Urban *et al.* (2019) ou em andamento.

Como a redução do volume dos resíduos das ETAs consiste no objetivo final dos sistemas de desaguamento, esta redução pode ser realizada com a remoção da água livre e nos interstícios dos sólidos. Assim sendo, várias podem ser as alternativas para remoção de água, merecendo destaque no Brasil os sistemas naturais, devido as condições favoráveis.

#### 4 | LEITOS DE SECAGEM TRADICIONAIS

Leitos de secagem consistem em tanques rasos compostos de duas ou três camadas de areia com granulometria variável e cerca de 30 cm de espessura. A Figura 6 representa o sistema completo: camada suporte, meio filtrante e sistema drenante. A camada suporte do leito de secagem possui uma espessura aproximada de 0,15 a 0,30m de brita, sendo o meio filtrante composto por areia com 0,15 a 0,30 de espessura, tamanho efetivo de 0,3 a 0,5 mm e coeficiente de não-uniformidade menor que 5,0 e, por fim, o sistema drenante é composto por tubos perfurados de 150 ou 200 mm de diâmetro (CORDEIRO, 1999).

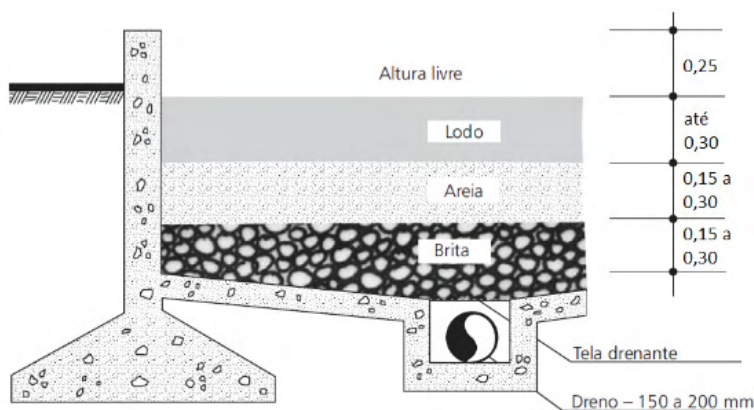


Figura 6 - Representação esquemática de leito de secagem tradicional (corte).

Fonte: Cordeiro (1999).

Existem ocasiões em que o fundo do leito de secagem recebe uma camada impermeabilizante, contudo, tradicionalmente, o fundo é o próprio solo. A operação destes leitos deve ser realizada de forma que, entre um despejo e outro, seja observada a secagem total do lodo, bem como a altura da camada despejada que, após ser espalhada uniformemente, é importante respeitar a altura máxima de 30 cm.

## 5 I LEITOS DE DRENAGEM (LD)

Os leitos de drenagem são leitos de secagem modificados, que foram denominados desta forma em função de sua resposta à drenagem, durante o desaguamento de LETA. O sistema foi estudado por Cordeiro (1993 e 2000), que propôs algumas alterações no processo tradicional de leito de secagem, em que o meio filtrante é constituído por areia de granulometria específica, apoiada sobre uma camada suporte de brita. No sistema tradicional o tempo de remoção de água constitui-se a somatória do tempo de drenagem e de evaporação da água, assim, as condições de drenagem têm tanta influência quanto as condições climáticas, que proporcionam a remoção da água remanescente por meio da evaporação. Na estrutura dos leitos de secagem tradicionais a camada de lodo pode atingir 30 cm (Cordeiro, 2001).

O leito de secagem modificado estudado por Cordeiro, propôs a colocação de geotêxtil sobre a camada filtrante do leito. Isso possibilitou a remoção mais efetiva da água livre dos lodos, mesmo utilizando areia de construção como meio filtrante. Os resultados dessa pesquisa evidenciaram que nem a areia, nem a espessura de camada filtrante eram decisivas na remoção da água livre.

Os resultados evoluíram e no PROSAB 2 – Tema IV foi desenvolvida a proposta modificado 2, conforme Figura 7, em que a areia foi removida e sobre a camada de brita, com espessura de 1 de 5 cm, foi colocado um geotêxtil não tecido, sendo que a camada de lodo neste caso passou a ser de até 50 cm. Essa evolução permitiu concluir que o tempo de drenagem da água livre diminuía bruscamente com o novo arranjo (modificado 2), como ilustra o gráfico da Figura 8.

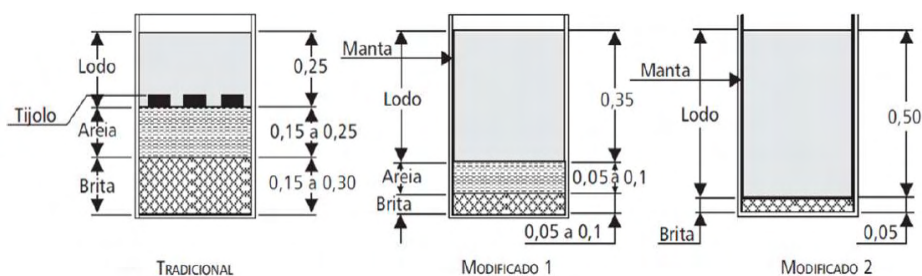


Figura 7 - Evolução dos experimentos de desaguamento de lodo de ETA em leitos modificados.

Fonte: Cordeiro (2001)

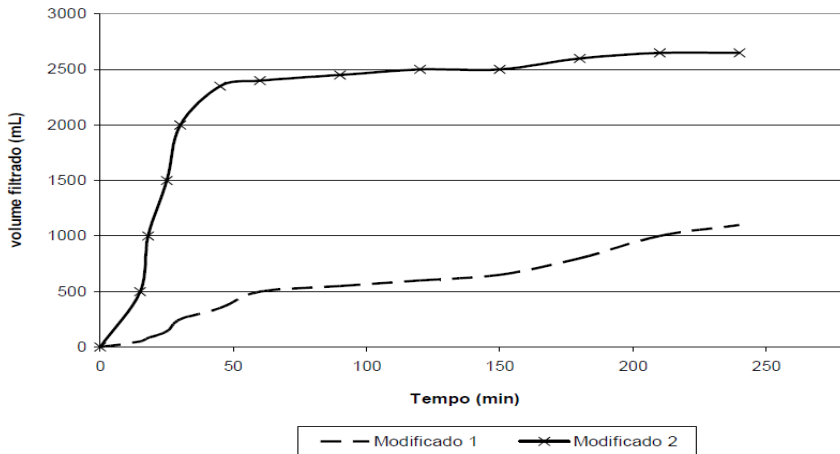
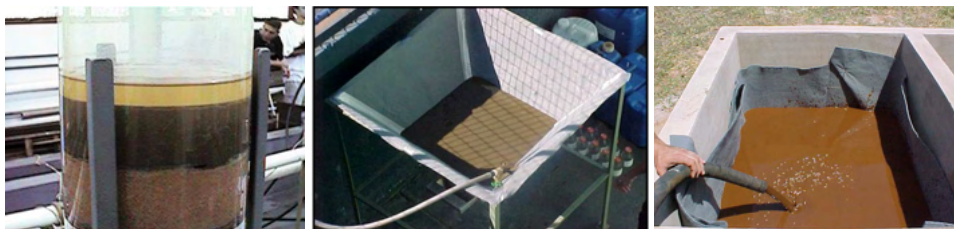


Figura 8 – Resultado dos ensaios de desaguamento (filtração) de LETA para o sistema Modificado 1 e 2.

Fonte: Cordeiro (2001).

## 6 | A EVOLUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Desde a concepção em 1999 do LD até o presente pode-se observar pesquisas com resultados bastante positivos, inclusive quando comparados a outros sistemas naturais de desaguamento. A Figura 9 ilustra o sistema de secagem tradicional e dois protótipos de leito de drenagem em escala piloto.



(a) Modificado 1

(b) LD em escala piloto 1

(c) LD em escala piloto 2

Figura 9 - Fotografias ilustrativas dos sistemas de leitos de secagem tradicionais e leito de drenagem em escala piloto.

Fonte: Cordeiro (1999 e 2001); Achon e Cordeiro (2003).

Na Figura 10 tem-se o protótipo de leito de drenagem em escala piloto, utilizado em várias pesquisas a partir de Cordeiro (2001), construído em chapa de aço galvanizado, que permite deslocamento para realização de ensaios em locais de interesse, em diferentes ETAs, ilustrando também a redução de volume do lodo.



Figura 10 - Fotografias ilustrativas do leito de drenagem em escala piloto, removível.

Fonte: Cordeiro (2001).

A partir das pesquisas desenvolvidas em escala laboratório e piloto, Achon e Cordeiro (2003) implantaram um projeto piloto de LD para desaguamento de LETA na ETA de Rio Claro – SP, conforme Figura 11, em que se pode verificar o desaguamento do lodo e a qualidade do drenado. O sistema piloto foi construído em alvenaria e implantado nesta ETA de ciclo completo, com vazão de 500 L/s, utilizando o lodo do decantador convencional.



Figura 11 - Fotografias ilustrativas do leito de drenagem piloto na ETA Rio Claro.

Fonte: Achon e Cordeiro (2003).

Os resultados das pesquisas realizadas em LD conseguiram abranger estudos de diferentes coagulantes, LD com e sem cobertura, variando alturas de lodo, aplicação em escala real, avaliando as características do drenado, demonstrando sua aplicabilidade para locais que possuem área disponível.

## 7 | DOS EXPERIMENTOS À PRÁTICA

Na sequência, Fontana (2004) em sua pesquisa implantou o primeiro sistema em escala real, na ETA do município de Cardoso/SP, gerenciado pela SABESP, que resultou na Dissertação de Mestrado junto ao PPGEU/UFSCar, conforme Figura 12. Em operação desde 2004, o sistema se comportou tal como as pesquisas em bancada e em escala piloto (Figuras 10 e 11).





Figura 12 - Leito de drenagem em escala real na ETA Cardoso – SP.

Fonte: Fontana (2004).

Uma das grandes contribuições do estudo de caso realizado por Fontana (2004), em escala real na ETA de Cardoso/SP, foi avaliar a vida útil do geotêxtil utilizada nos sistemas de LD, que só foi trocado após uma década de uso. Além disso, a avaliação das questões operacionais e de projeto foram fundamentais para permitir a implantação do LD em outros diferentes locais e ETAs, ratificando sua aplicabilidade para pequenas estações que possuem área disponível.

O uso de cobertura no LD foi pesquisado por Reis (2011), que contribuiu com resultados que permitem ampliar sua aplicação em regiões com elevados índices pluviométricos e melhorar a fase de secagem do lodo.

Após estas pesquisas e experiência exitosa em escala real, comprovando os resultados em laboratório e piloto, foram implantados outros sistemas, cujos resultados serão apresentados neste trabalho, em diferentes ETAs.

## **8 | IMPLANTAÇÃO DE LEITOS DE DRENAGEM EM ETAS – EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS**

Este trabalho analisou o funcionamento dos Leitos de Drenagem implantados em ETAs com diferentes características e condições de funcionamento. Na Tabela 1, apresentam-se dados das 6 (seis) ETAs estudadas nos municípios de Cardoso (Sabesp), Guaíra (DEAGUA), Monte Aprazível (Sabesp), Nhandeara (Sabesp), Penápolis (DAEP) e Viradouro (SAE), todas no estado de São Paulo.

ETA	Pop. (hab.)	Vazão (L/s)	Coagulante	Decantador	Volume de Lodo gerado (m <sup>3</sup> /mês)	Intervalo de remoção lodo (dias)	Volume de ALAF (m <sup>3</sup> / dia)
1	11.721	25	Sulf. Al.	Convencional	60	30	14,5
2	39.061	130	PAC	Convencional	260	80	506
3	23.458	47	Clor. Fe	Convencional	105	60	ND
4	10.782	25	PAC	Alta Taxa	30	30	ND
5	63.757	290	PAC	Convencional	960	60	30
6	18.347	80	PAC	Alta Taxa	600	40	160

Tabela 1 - Características das ETAs que implantaram o Leito de Drenagem (LD) em escala real.

ND- Não disponibilizado. ALAF – Água de lavagem de filtros

## 8.1 Leitos de Drenagem implantados em ETAs

A ETA pioneira na implantação de LD em escala real foi a ETA de Cardoso-SP, por Fontana (2004). Nesta concepção, o geotêxtil utilizado foi não tecido de poliéster, de referência comercial MT 600, com densidade superficial de 600 g/m<sup>2</sup>, abertura de 0,06 a 0,13  $\mu\text{m}$  e espessura de 4,4 mm. O Leito de Drenagem da ETA Cardoso, demonstrou elevado desempenho no desaguamento, com redução de 98% do volume de resíduos e qualidade do drenado quanto à turbidez, pH, série de sólidos e DQO, conforme Tabela 2, segundo Barroso (2007).

Parâmetros	Lodo bruto (decantador)		Líquido Drenado	
	2003	2004	2003	2004
Turbidez (uT)	-	-	0,7	0,9
pH	6,6	7,0	6,6	6,8
Sólido sedimentável (mg/L)	860	850	0,08	0,03
Sólido total (mg/L)	98397	28263	261	285
Sólido fixo (mg/L)	30368	20032	102	107
Sólido volátil (mg/L)	68029	8231	159	178
Sólido suspenso total (mg/L)	25150	28400	18	14
Sólido suspenso fixo (mg/L)	1200	5350	5	4
Sólido suspenso volátil (mg/L)	23950	23050	13	10

Tabela 2 - Características do lodo bruto e do líquido drenado no LD da ETA Cardoso.

Fonte: Barroso (2007).

Na Tabela 2 pode-se observar que o lodo bruto apresenta concentração de sólidos totais (ST) variável (98.397 mg/L e 28.263 mg/L), mesmo assim, a turbidez do líquido drenado foi abaixo de 1 uT (0,7 e 0,9 uT) e a concentração de sólidos totais abaixo de 300mg/L.

Dentre as considerações durante a implantação, Fontana (2004) ressaltou que as precipitações ocorridas nos períodos de secagem somente interferem nos primeiros dias após o lançamento do lodo no LD. Recentemente a referida ETA instalou uma cobertura móvel no LD com o objetivo de melhorar a eficiência do sistema, principalmente em relação à possibilidade de interferência mencionada (Figura 13).



Figura13 - Cobertura móvel instalada no LD da ETA de Cardoso-SP.

Fonte: Cordeiro et al. (2014).

As Figura 14 a 17 ilustram os Leitos de Drenagem das ETAs de Cardoso (ETA 1), Guaíra (ETA 2), Monte Aprazível (ETA 3) e Viradouro (ETA 6), respectivamente.



Figura 14 - Leito de Drenagem em escala real na ETA de Cardoso – SP.

Fonte: Fontana (2004).



Figura 15 - Leito de Drenagem em escala real na ETA de Guaira – SP.

Fonte: adaptado de Cordeiro et al. (2014).



Figura 16 - Leito de Drenagem em escala real na ETA de Monte Aprazível – SP.

Fonte: dos autores (2017).



Figura 17 - Leito de Drenagem em escala real na ETA de Viradouro – SP.

Fonte: dos autores (2017).

Na Tabela 3 tem-se um compilado de informações de LDs implantados em escala real.

LD	Data de Implantação	Custo de Implantação (R\$)	Dimensões LxCxA <sup>(1)</sup> (m)	Área total (m <sup>2</sup> )	N. de Módulos
1	2004	16.500	6x5x0,5	90	3 <sup>(2)</sup>
2	2008	380.883	20x13x0,6	1040	4
3	2006	120.000	7,7x7x0,6	215,6	4 <sup>(2)</sup>
4	2006	45.000	7x5x0,6	70	2
5	2009	607.164	20x20x0,8	1600	4
6	2012	458.000	28,4x15x0,7	1700	4

(1) Dimensões do Leito de Drenagem (LD): Largura x Comprimento x Altura, em metros (m). (2) Leito de Drenagem (LD) com cobertura.

Tabela 3 - Leitos de Drenagem (LD) em escala real implantados nas ETAs.

LD	Tipo (3) Geotêxtil e massa por un. área (g/m <sup>2</sup> )	LD com cobertura	Sedimentador para ALAF	Uso de polímero	Ciclo de desaguamento	Troca do geotêxtil (anos)
1	NT e 600	Sim	sim	não	30	5
2	NT e 600	Não	sim	não	40	5
3	NT e 600	Sim	sim	não	ND	3
4	NT e 600	Não	sim	não	30	3
5	NT e 600	Não	sim	não	30	8
6	NT e 600	Não	sim	não	40	5

<sup>(3)</sup> T - Tecido; NT-Não Tecido. ND- Não disponibilizado.

Tabela 4 - Leitos de Drenagem (LD) em escala real implantados nas ETAs (continuação)

## 9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As experiências em casos reais de implantação de Leito de Drenagem (LD) em ETAs, demonstram a viabilidade técnica, operacional e construtiva deste sistema natural de desaguamento de LETA.

O LD se mostrou viável para ETAs com vazão de 25 L/s até 290L/s, ou seja, com população de até cerca de 64.000 habitantes.

Esses leitos que já foram implantados a cerca de 8 a 16 anos, tiveram troca do geotêxtil entre 3 e 8 anos, evidenciam a efetividade do sistema, além de ser um sistema natural aberto sem a necessidade de uso de condicionantes químicos (polímeros).

A qualidade do líquido drenado com o uso do geotêxtil não tecido como meio filtrante no LD também pode ser evidenciada nos estudos em escala real, permitindo o retorno ou recirculação da água drenada para entrada da estação ou lançamento em corpos d'água.

Sendo assim, esse sistema de desaguamento pode ser implantado em estações de pequeno e médio porte, trazendo benefícios, principalmente ambientais, atendimento à

legislação e propiciando a destinação ambientalmente adequada do LETA.

## REFERÊNCIAS

Achon, C.L., Cordeiro, J.S. (2003) **Gerenciamento de lodo de ETAs – Remoção de água livre através de Leitos de Secagem e Lagoas**. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville - SC: Anais ABES, cd. I047.

Achon, C.L., Barroso, M.M., Cordeiro, J.S. (2005). **Desempenho do Leito de Drenagem para desaguamento de lodo de ETA, que utilizam diferentes coagulantes, considerando as variáveis climáticas**. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande - MS: Anais ABES, cd. I-170.

Achon, C.L., Barroso, M.M., Cordeiro, J.S. (2008). **Leito de Drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água**. Revista Engenharia Sanitária e ambiental. ABES, Rio de Janeiro. Vol. 13, Nº 1, jan/mar 2008, 54-62p.

ACHON, C. L.; REIS, R. F.; CORDEIRO, J. S. (2020). **Leitos de drenagem para resíduos de ETAs: contribuição do PPGEU para municípios de pequeno e médio porte**. In: VENTURA et al. (2020) Org. 25 anos: programa de pós-graduação em engenharia urbana – PPGEU. São Carlos: UFSCar/ CPOI, 2020.

Barroso, M.M. (2007) **Influência das micro e macro propriedades dos lodos de estações de tratamento de águas no desaguamento por leito de drenagem**. 249p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

CORDEIRO, J. S. (1993) **O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de águas**. 342 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

CORDEIRO, J. S. (1999). **Importância do Tratamento e Disposição Adequada dos Lodos de ETAs**. In: REALI, Marco Antonio Penalva (Coord.). Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de ETA. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, p.1-19, 1999.

Cordeiro, J.S. (1999). **Remoção Natural de Água de Lodos de ETAs Utilizando Leitos de Secagem e Lagoas de Lodo**. In: REALI, M.A.P et al. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água., Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB.

Cordeiro, J.S. (2001). **Processamento de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs)**. In.: ANDREOLI, C.V. et al. Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB.

CORDEIRO, J.S., REIS, R. F.; ACHON, C.L.; BARROSO, M. M. (2014). **Evolução dos Leitos de Drenagem (LD) no Brasil – uma década de avanços**. In: XXXIV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), Anais. Monterrey - México, 2014. Cod. 332-T8-Cordeiro-Brasil-1, 8 p.

Fontana, A. O. (2004). **Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso**. 161 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. São Carlos.

IBGE (2008). **Pesquisa nacional de Saneamento Básico - PNSB**. <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2008>>, acessado em 10/08/2021.

IBGE (2017). **Pesquisa nacional de Saneamento Básico - PNSB**. <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>>, acessado em 10/08/2021.

IBGE (2021). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao%20acesso>>, acessado em 10/08/2021.

Reis, R.F. (2011). **Estudo de Influência de Cobertura Plástica na Remoção de Água de Lodos de Estações de Tratamento de Água em Leitões de Drenagem**. 131p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. São Carlos.

URBAN, R. C.; ISAAC, R. L. ; MORITA, D. M. (2019). **Uso benéfico de lodo de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto: estado da arte**. REVISTA DAE, v. 67, p. 128-158, 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 85, 232, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260

Adsorvato 251, 255, 259

Adsorvito 251

Afluentes 5, 8, 56, 57, 59, 60, 61, 67, 123, 124, 125, 168, 243

Agropecuária 175, 238

Agrotóxicos 3, 8, 41, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Água 3, 4, 5, 6, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 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, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149, 151, 154, 155, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 186, 193, 196, 198, 199, 201, 204, 205, 215, 216, 217, 218, 219, 226, 227, 228, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 264

Águas residuárias 3, 151, 152, 163, 252, 260, 265

Antibiótico 3, 8, 223, 226

Atividades antrópicas 12, 13, 36, 38

Aviário 8, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 235, 236, 237, 238, 239

### B

Bacias hidrográficas 1, 2, 43, 64, 65, 67, 77, 174

Barragem 5, 55, 59, 61, 62, 63, 64, 69, 125, 134, 216, 217, 218, 221

Bioetanol 3, 8, 263, 264, 265, 266, 267

Biomassa 3, 8, 154, 157, 263, 264, 265, 266, 267, 268

### C

Calha Parshall 137

Captação 5, 26, 35, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 75, 76, 81, 87, 89, 106

Carvão ativado 136

Cloração 68, 70, 72, 75, 77

Coagulação 71, 74, 77, 80, 87, 89, 136, 141, 251

Coliformes termotolerantes 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33

Cor 3, 8, 23, 27, 29, 30, 33, 71, 75, 109, 116, 129, 135, 137, 138, 139, 168, 199, 249, 251,



252, 254, 257

Corante 250, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261

## D

Decantação 68, 70, 71, 73, 74, 89, 108, 136, 137

Desaguamento 3, 5, 82, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 101, 102, 104, 113, 114, 117, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 130, 132, 134, 142, 144, 145, 146, 147, 148

Desenvolvimento sustentável 37, 43, 166

Design 8, 79, 133, 168, 224, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 280, 281

Desinfecção 3, 32, 70, 72, 77, 136, 151

Development 64, 123, 195, 214, 224, 238, 261, 264, 270, 272, 275

## E

Ecosistema 36, 41, 136, 167, 215, 217, 224, 251

Educação ambiental 9, 21, 167, 177, 178, 179, 182, 184, 192, 282

Efluentes 1, 3, 9, 13, 14, 21, 22, 31, 40, 58, 59, 77, 81, 84, 124, 125, 127, 128, 132, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 174, 249, 250, 251, 253, 260, 265, 282

Environmental 2, 11, 36, 43, 64, 84, 88, 123, 148, 161, 162, 163, 165, 177, 186, 196, 197, 206, 210, 214, 238, 239, 240, 241, 242, 250, 261, 262, 270, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Escoamento pluvial 3

Estação de Tratamento de Efluente - ETE 148

Estuários 56

Eutrofização 3

## F

Fármacos 77, 151, 224, 225, 226, 227, 237, 238

Filtração 68, 72, 74, 75, 89, 92, 106, 126, 127, 133, 136, 138, 142, 146, 148, 155, 200, 254

Flotação 68, 70

Fluoretação 70, 72, 75, 77, 78

Fósforo total 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21

## I

Impactos ambientais 36, 37, 38, 42, 81, 106, 122, 136, 141, 162, 164, 166, 183, 205, 241, 243, 244, 245, 246

Índice de Qualidade da Água 4, 1, 2, 11, 12, 13, 16, 17, 41

Índices pluviométricos 56, 97, 135, 138

## **J**

Jusante 14, 217, 218

## **L**

Leito de drenagem 5, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 134

Lignocelulósicas 264

## **M**

Mananciais 13, 106, 107, 125, 137

Matrizes ambientais 224, 225, 226, 237

Meio ambiente 10, 21, 22, 24, 27, 34, 38, 77, 82, 85, 86, 88, 89, 91, 105, 106, 108, 123, 133, 148, 150, 164, 167, 177, 178, 183, 187, 192, 194, 198, 199, 219, 220, 224, 225, 241, 243, 244, 248

Micro-organismos 72, 74, 75

Mineração 3, 30, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 222, 264

Montante 14, 58, 59, 218

## **N**

Nitrogênio total 12, 13, 16, 17, 19, 20

## **P**

Passivo ambiental 204

Patógenos 37, 151, 191

Poço artesiano 3, 23, 26, 35

Polímeros 87, 101

Poluição 1, 2, 3, 11, 12, 13, 21, 36, 41, 42, 105, 152, 167, 178, 198, 215, 216, 227, 248, 250

Potabilidade 3, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 64, 68, 74, 75, 76, 77, 90, 123, 136, 196, 199, 204

## **R**

Reaproveitamento 89, 133, 135, 141, 177, 179, 182, 265

Reciclável 186, 188, 192, 194

Recursos hídricos 1, 2, 3, 10, 11, 13, 14, 41, 42, 55, 56, 63, 64, 65, 68, 106, 134, 149, 150, 219, 220

Rejeito 144, 187, 190, 192, 214, 219

Resíduos agroindustriais 249, 251, 260

Resíduos sólidos 7, 3, 81, 84, 85, 102, 106, 120, 136, 143, 144, 147, 148, 165, 176, 177,

178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 194, 195, 197, 198, 199, 204, 260

Resolução CONAMA 357 1, 2, 3, 4, 19, 21, 136

## **S**

Saneamento básico 9, 10, 66, 78, 80, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 103, 106, 110, 125, 144, 147, 164, 165, 174

Segurança hídrica 7, 213, 214, 215, 217, 219, 221

## **T**

Turbidez 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 29, 30, 33, 69, 74, 75, 98, 99, 109, 116, 124, 126, 129, 135, 137, 138, 139, 164, 168, 170, 172, 199

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA 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)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA 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)