



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

Atena
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
D371	<p>Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 4 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-952-3 DOI 10.22533/at.ed.523202101</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 29 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ALGORITMO DE BUSCA EXAUSTIVA PARALELA EM PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Artemisa Fontinele Frota Luís Henrique Magalhães Costa Rafael Pereira Maciel Marco Aurélio Holanda De Castro	
DOI 10.22533/at.ed.5232021011	
CAPÍTULO 2	25
POÇO ARTESIANO; AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE CALÇADO-PE	
Angela Maria Coêlho de Andrade Caio Cesário de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.5232021012	
CAPÍTULO 3	38
AVALIAÇÃO DE DIGESTOR ANAERÓBIO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E VIABILIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	
Felipe R. A. dos Santos Clément Van Vlierberghe Guilherme F. Campos	
DOI 10.22533/at.ed.5232021013	
CAPÍTULO 4	52
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	
Rhégia Brandão da Silva Leonardo Duarte Batista da Silva Alexandre Lioi Nascentes Antonio Carlos Faria de Melo Dinara Grasiela Alves Everaldo Zonta João Paulo Francisco Marcos Filgueiras Jorge	
DOI 10.22533/at.ed.5232021014	
CAPÍTULO 5	76
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS	
Lenise Farias Martins Rafael Pereira Maciel Luis Henrique Magalhães Costa	
DOI 10.22533/at.ed.5232021015	

CAPÍTULO 6 86

ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA DE UM REATOR ANAERÓBIO HORIZONTAL DE LEITO FIXO (RAHLF) PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE SINTÉTICO CONTENDO D-LIMONENO

Arnaldo Sarti
Bruna Sampaio de Mello
Brenda Clara Gomes Rodrigues
Maria Angélica Martins Costa
Samuel Conceição de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.5232021016

CAPÍTULO 7 98

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Marcos Henrique Vieira de Mendonça
Hudson Tiago dos S. Pedroso

DOI 10.22533/at.ed.5232021017

CAPÍTULO 8 111

ESTUDO DA VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERÂNEA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI (BELÉM-PA)

Ana Carla Leite Carvalho
Leonardo Augusto Lobato Bello
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes
Marco Valério Albuquerque Vinagre

DOI 10.22533/at.ed.5232021018

CAPÍTULO 9 122

ESTUDO DE ÁREA DE RISCO DEVIDO À EROÇÃO HÍDRICA EM TRECHO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ / SP – CAUSAS E SOLUÇÃO

José Roberto Rasi
Roberto Bernardo
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

DOI 10.22533/at.ed.5232021019

CAPÍTULO 10 136

FATORES DETERMINANTES PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA EFICAZ EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Tiago Pontual Waked
Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.52320210110

CAPÍTULO 11 145

FISCALIZAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL REMOTA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO – DO PLANEJAMENTO A EXECUÇÃO

Flávia Oliveira Della Santina
Rodolfo Gustavo Ferreras

DOI 10.22533/at.ed.52320210111

CAPÍTULO 12	161
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ALTERNATIVAS PARA MELHORAR O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO	
Amanda Almeida de Oliveira Figueiredo Simone Rosa da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.52320210112	
CAPÍTULO 13	180
APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO	
Luiz Claudio Drumond	
DOI 10.22533/at.ed.52320210113	
CAPÍTULO 14	190
METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROJETO DE SANEAMENTO APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHK UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET	
Stefan Igreja Mühlhofer Carolina Silva de Oliveira Sá Teles	
DOI 10.22533/at.ed.52320210114	
CAPÍTULO 15	204
VISITAS DOMICILIARES JUNTO À POPULAÇÃO BENEFICIÁRIA DE OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL EM CAICÓ – RN	
Julyenne Kerolainy Leite Lima Marília Adelino da Silva Lima Teonia Casado da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.52320210115	
CAPÍTULO 16	212
OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M ³ , SISTEMA PIRAPAMA-PE)	
Hudson Tiago dos S. Pedrosa	
DOI 10.22533/at.ed.52320210116	
CAPÍTULO 17	228
PERSPECTIVA DOS 20 ANOS DA LEI N°9.433/97: PERCEPÇÕES DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DOS ÓRGÃOS GESTORES DE RECURSOS HÍDRICOS ACERCA DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	
Paulo Eduardo Aragon Marçal Ribeiro Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora	
DOI 10.22533/at.ed.52320210117	

CAPÍTULO 18	238
PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO	
Luis Henrique Pereira da Silva Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz Leonardo Nascimento de Oliveira Milton Tavares de Melo Neto Hudson Tiago dos Santos Pedrosa	
DOI 10.22533/at.ed.52320210118	
CAPÍTULO 19	247
PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA EM SISTEMAS RESFRIAMENTO	
Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa Lidia Yokoyama Sérgio Pagnin Andréa Azevedo Veiga	
DOI 10.22533/at.ed.52320210119	
CAPÍTULO 20	260
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LAGOA DA GAROPABA DO SUL/SC COM VISTAS A EFETIVA EXECUÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO CONTRATO DE CONCESSÃO EM SANEAMENTO	
Ricardo Martins Anderson Sandrini Botega Eduardo Silvano Batista Gislaine Lonardi Katia Viviane Motta Martins	
DOI 10.22533/at.ed.52320210120	
CAPÍTULO 21	274
PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE	
Manuella Andrade Swierczynski	
DOI 10.22533/at.ed.52320210121	
CAPÍTULO 22	293
PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA POR DESTILADORES	
Roberto Santos de Oliveira Julio Cesar Oliveira Antunes Lucas Olive Pinho Silva Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.52320210122	
CAPÍTULO 23	305
PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DA FILOSOFIA BIM	
Marcos André Capitulino de Barros Filho Pedro Henrique Matias Dantas	

Lucas Vieira Fernandes
Aldrin Magno Dantas Siqueira Júnior
DOI 10.22533/at.ed.52320210123

CAPÍTULO 24 318

QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO JARDIM CABANO DA VILA DOS CABANOS, MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

Claudio Farias de Almeida Junior
Ronaldo Pimentel Ribeiro
Mirian Favacho da Silva Ramos
Amanda Ingrid da Silva Therezo
Márcia de Almeida
Marcos Antônio Barros dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.52320210124

CAPÍTULO 25 327

RECUPERAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS: O CASO DE VALE DO CATIMBAU

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Paulo César Nunes Pinho
José Antônio Charão Cunha
Luis Henrique Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52320210125

CAPÍTULO 26 338

RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. AÇÕES QUE FIZERAM A DIFERENÇA NA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ/PORTO DE SANTARÉM – PARÁ – AMAZÔNIA

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade
Andrelle Soares Dantas Faria
Paula Danielly Belmont Coelho

DOI 10.22533/at.ed.52320210126

CAPÍTULO 27 349

SANEAMENTO DE QUALIDADE É CONSTRUÍDO COM FOCO EM GESTÃO: A EXPERIÊNCIA DA EMBASA – UNIDADE REGIONAL DE ITABERABA COM A IMPLANTAÇÃO DO MEG

Sebastiana Flávia Lima dos Santos
Gustavo Lima Magalhães Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.52320210127

CAPÍTULO 28 360

TOXICOLOGIA AGUDA DE *Rhamdia quelen* EXPOSTOS A XENOBIÓTICOS UTILIZADOS EM LAVOURAS ARROZEIRAS

Jaqueline Ineu Golombieski
Débora Seben
Joseânia Salbego
Elisia Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52320210128

CAPÍTULO 29	370
--------------------------	------------

TRATAMENTO NATURAL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA COM USO DE SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA

Edilaine Regina Pereira
Maik Mauro Alves
Bruna Ricci Bicudo
Dandley Vizibelli
Fellipe Jhordã Ladeia Janz

DOI 10.22533/at.ed.52320210129

SOBRE O ORGANIZADOR.....	383
---------------------------------	------------

ÍNDICE REMISSIVO	384
-------------------------------	------------

PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO

Data de aceite: 09/01/2020

Luis Henrique Pereira da Silva

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Tecnologia da Energia pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Coordenador de Eficiência Energética da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz

Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Economia também pela UFPE. Coordenador de Manutenção Elétrica da Compesa.

Leonardo Nascimento de Oliveira

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Especialista em Energia Solar e Eólica pela POLI/UPE. Engenheiro Eletricista da Compesa.

Milton Tavares de Melo Neto

Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica também UFPE. Especialista em Eficiência Energética da Compesa.

Hudson Tiago dos Santos Pedrosa

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Tecnologia ambiental e Recursos Hídricos pela UFPE. Gerente de Segurança de Barragens da Compesa.

RESUMO: Grande parte do consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento

de água está relacionado com a operação de conjuntos moto-bomba. É uma situação comum nas companhias de saneamento a falta de acompanhamento dos desempenhos eletromecânico e hidroenergético de sistemas elevatórios de água. Por conta disso, existem custos significativos que são desconhecidos e, como consequência, não são evitados de forma efetiva. O presente trabalho foi realizado com base no método desenvolvido entre a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do extinto Ministério das Cidades do Brasil, agora Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, com a cooperação do projeto de “Eficiência Energética no Abastecimento de Água” (ProEESA). O método em questão é pautado no cálculo do Consumo Específico Normalizado (CEN), em $[\text{kWh}/(\text{m}^3 \times 100\text{m})]$, ou em (%) de rendimento do conjunto motor-bomba e compara os rendimentos diagnosticados com valores de referência relativos a bombas e motores. Para realização do pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergéticas, foram selecionadas dez unidades elevatórias de água com características distintas operacionais tanto em alturas manométricas, quanto em capacidade de produção. As unidades ficam localizadas na Região Metropolitana do Recife (RMR) e pertencem à Companhia

Pernambucana de Saneamento (Compesa). Foi possível identificar que as estações elevatórias EEAT VIANA e EEAT BOTAFOGO II destacam-se com os valores CEN de 0,38 kWh/(m³x100m), o que significa uma eficiência média da ordem de 72% para ambas as unidades.

PALAVRAS-CHAVE: Moto-bomba, Pré-diagnóstico, Consumo Específico Normalizado.

PRE-DIAGNOSTIC OF ELECTROMECHANICAL AND HYDROENERGICAL EFFICIENCY OF WATER SUPPLY SYSTEMS FROM STANDARDIZED ENERGY CONSUMPTION

ABSTRACT: Much of the electricity consumption in water supply systems is related to the operation of motorcycle pump sets. It is common in sanitation companies for the lack of monitoring of electromechanical and hydroenergetic performances of water lifting systems. Because of this, there are significant costs that are unknown and as a consequence are not effectively avoided. This work was based on the method developed between the National Sanitation Secretariat (SNS) of the former Ministry of Cities of Brazil, now the Ministry of Regional Development (MDR) and the Federal Ministry of Economic Cooperation and Development (BMZ) of Germany, with the cooperation of the project “Energy Efficiency in Water Supply” (ProEESA). The method in question is based on the calculation of Normalized Specific Consumption (CEN), in [kWh / (m³x100m)], or in (%) motor pump set performance and compares the diagnosed yields with reference values for pumps and engines. For the pre-diagnosis of the electromechanical and hydroenergetic efficiencies, ten water lifting units with distinct operational characteristics were selected, both in manometric heights and in production capacity. The units are located in the Recife Metropolitan Region (RMR) and belong to the Pernambuco Sanitation Company (Compesa). It was possible to identify that the EEAT VIANA and EEAT BOTAFOGO II pumping stations stand out with CEN values of 0.38 kWh / (m³x100m), which means an average efficiency of 72% for both units.

KEYWORDS: Motor Pump, Pre-diagnosis, Standard Specific Consumption.

1 | INTRODUÇÃO

O insumo energia elétrica é bastante significativo para as companhias de saneamento. No Brasil, quase a totalidade dessas companhias (98%), tem entre seus três maiores custos, as despesas com energia elétrica (GOMES, 2010). De acordo com os dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), em 2016 estas empresas gastaram R\$ 5,42 bilhões com energia elétrica, e foram responsáveis pelo consumo de aproximadamente 2,5% de toda a energia elétrica demandada do país, tendo sido consumidos cerca de 11,8 bilhões de kWh.ano⁻¹ (SNIS, 2016).

A necessidade de otimização de custos com energia elétrica tem sido uma

preocupação constante entre as empresas prestadoras de serviços públicos de água e esgotamento sanitário, sejam elas pequenas ou grandes corporações. Um aspecto importante é o incremento de demanda de água e esgoto no setor de saneamento, criação de novos sistemas, etc. Dessa forma, mesmo com o subsídio de 12% aplicados pelas concessionárias de energia às tarifas, a tendência do setor é a de operar com elevação do consumo de energia elétrica e, como consequência disso, aumento de custos.

De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), é possível diminuir o consumo de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água em cerca de 4,7 bilhões de kWh.ano⁻¹, apenas com a redução de perdas e aumento da eficiência eletromecânica de bombas e motores (SPE, 2010). De acordo com Tsutiya (2006), existem quatro áreas de oportunidades para melhorias da eficiência energética em sistemas de abastecimento de água: 1) O uso racional de água no consumidor; 2) A configuração e operação do sistema; 3) A otimização da eficiência eletromecânica de bombas e motores; 4) A redução de perdas de água na distribuição.

Segundo a NBR ISO 50001 (2018), eficiência energética é o *quantum* da relação entre uma saída de desempenho e uma entrada de energia. Portanto, o Consumo Específico (CE), que relaciona quantidade de energia consumida (kWh) com a quantidade de volume de água fornecido (m³), é um bom indicador para a eficiência energética do sistema. Um “problema” em relação ao CE é o fato de que esse índice não considera a altura manométrica a ser superada por cada sistema, o que pode provocar interpretações equivocadas.

O indicador de Consumo Específico Normalizado (CEN), desenvolvido pelo Projeto de Eficiência Energética (ProEESA) permite o controle do rendimento de estações elevatórias, considerando, além da quantidade de energia consumida (kWh) e do volume de água fornecido (m³), a altura manométrica (mca). Dessa forma, o CEN é capaz de captar peculiaridades de sistemas elevatórios cujas alturas manométricas são diferentes, calculando puramente o rendimento do conjunto motor-bomba (CAVALEIRO *et al.*, 2017).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Na tabela 1, segue relação de dez unidades estudadas, bem como as informações relativas aos conjuntos moto-bomba.

Dados Base		Conjunto Moto-Bomba Atual		
Código	Estação elevatória	Tipo de motor	Qtde. bombas em operação simultânea	Potência de cada motor [kW]

A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	externo	3	257,00
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	externo	2	331,00
C	EEAB BOTAFOGO I	externo	2	552,00
D	EEAT BOTAFOGO II	externo	2	257,00
E	EEAB TIÚMA	externo	3	441,00
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	externo	2	316,00
G	EEAT VIANA	externo	2	220,50
H	EEAT MORROS	externo	2	184,00
I	EEAB PARATIBE	externo	2	257,00
J	EEAB ARATACA	externo	2	257,00

Tabela 1: Unidades selecionadas para o estudo.

Fonte: Os autores, 2019.

Na tabela 2, seguem as informações relativas à volume de água elevado, altura manométrica e energia elétrica consumida. Os dados de volume e energia elétrica são referentes ao ano de 2017.

Código	Estação elevatória	Volume elevado em 2017 [m ³]	Altura manométrica média [m]	Energia elétrica consumida em 2017 [kWh]
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	17.660.000,00	71,10	6.231.840,00
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	11.107.920,00	118,80	5.340.751,00
C	EEAB BOTAFOGO I	20.848.604,00	88,00	8.691.648,00
D	EEAT BOTAFOGO II	22.064.364,00	45,00	3.767.407,00
E	EEAB TIÚMA	22.387.632,00	44,70	5.912.786,00
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	21.083.170,00	45,80	4.648.303,00
G	EEAT VIANA	13.937.886,00	83,00	4.362.503,00
H	EEAT MORROS	7.295.976,00	79,20	3.084.369,00
I	EEAB PARATIBE	6.865.044,00	94,00	3.267.392,00
J	EEAB ARATACA	10.244.112,00	97,50	5.102.333,00

Tabela 2: Dados das unidades estudadas utilizados para o cálculo dos indicadores CE e CEN.

Fonte: Os autores, 2019.

O consumo específico de energia (CE), dado em kWh/ m³, para as informações

contidas na tabela 2, estão representados na figura 1.

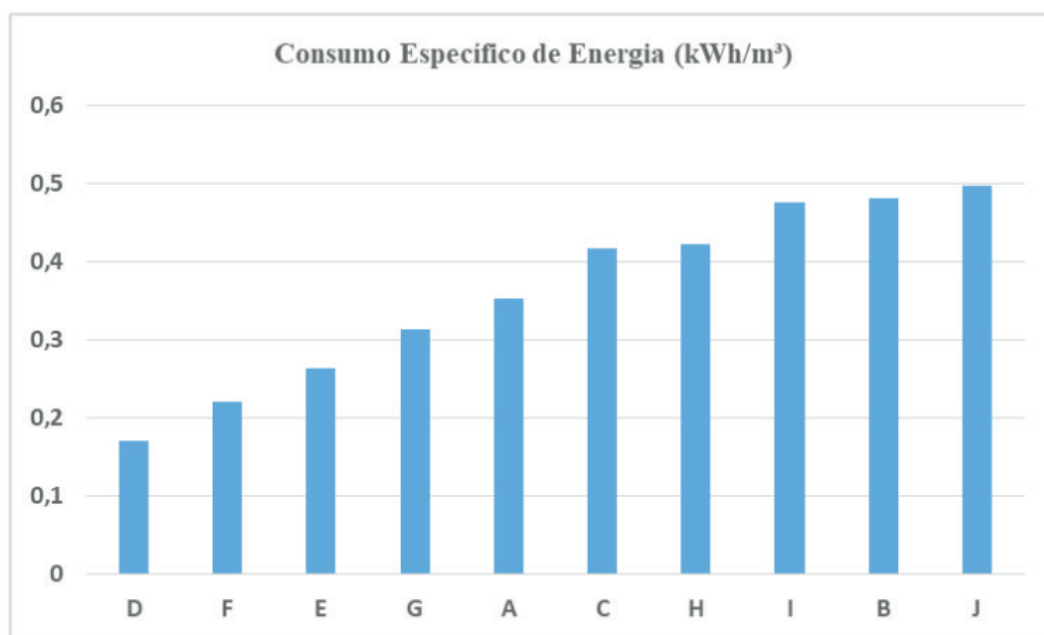


Figura 1: Consumo específico de energia das unidades estudadas.

Fonte: Os autores, 2019.

Ocorre que o CE por si só não indica eficiência energética. As condições orográficas individuais em cada sistema de abastecimento exigem uma exploração com maior ou menor intensidade energética, porém, a avaliação do histórico de cada sistema pode trazer informações se os serviços estão se aproximando ou afastando de regimes de eficiência energética.

Para avaliar o desempenho energético dos equipamentos eletromecânicos o indicador mais adequado é o da IWA Ph5 ou CEN – Consumo de Energia normalizado expresso em [kWh/(m³x100m)] e facilmente convertível em rendimento do conjunto moto-bomba η (%). Este indicador corresponde ao inverso da eficiência média de bombeamento do grupo motobomba.

O cálculo do indicador CEN envolve três variáveis de entrada: o volume total de água bombeado no período de referência; a altura manométrica média a ser superada pelo sistema e o total de energia elétrica consumida pelos conjuntos moto-bomba também no período de referência, conforme poder ser verificado na equação 1.

$$CEN = \frac{E}{F_{unif}}$$

equação (1)

Onde:

- E é o total de energia elétrica consumida para bombeamento (kWh);
- Funif é o fator de uniformização (m³×100m).

O fator de uniformização é utilizado para que seja feita a normalização pela altura geométrica, conforme equação 2.

$$F_{unif} = \frac{V \times H}{100} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

- V é o volume total de água elevado no período de referência em (m³);
- H é a altura manométrica média verificada no período de referência (mca).

Resulta-se na equação 3, abaixo:

$$CEN = \frac{E \times 100}{V \times H} \quad \text{equação (3)}$$

O cálculo do indicador CEN resulta em um valor em [kWh/(m³×100m)], que representa o rendimento do sistema de bombeamento. A magnitude deste resultado é inversamente proporcional ao rendimento expresso em (%), ou seja, sistemas pouco eficientes apresentam valores elevados de CEN, enquanto sistemas mais eficientes apresentam valores de CEN mais baixos.

O mínimo valor teórico é 0,2725, ($\eta = 100\%$) que corresponde a um sistema capaz de converter toda a energia elétrica fornecida em pressão hidráulica na tubulação de saída do conjunto moto-bomba. Tal sistema é apenas teórico, visto que perdas por vibração, aquecimento, escorregamento, etc., no motor e na bomba sempre ocorrerão, mesmo que possam ser reduzidas a um mínimo.

O indicador CEN pode ser convertido em rendimento percentual, conforme equação 4:

$$CEN \left[\frac{kWh}{m^3 \times 100m} \right] = \frac{E}{F_{unif}} = \frac{P \times t[h]}{V \times H/100} = 3,6 \times 10^5 \times \frac{P}{Q[m^3/s] \times H} = \frac{0,2725}{\eta} (\%) \quad \text{equação (4)}$$

O rendimento obtido a partir do CEN é, no âmbito desta metodologia, um pré-diagnóstico do nível de eficiência do sistema de bombeamento. Estes resultados

devem ser encarados como orientadores para decisões preliminares e não para decisões definitivas sobre investimentos ou intervenções de elevado valor.

3 | RESULTADOS OBTIDOS

O consumo de energia normalizado das instalações elevatórias corresponde ao rendimento eletromecânico dos conjuntos moto-bomba. Este indicador consiste na quantidade média de energia consumida por m^3 de água elevada a uma altura manométrica de 100m. Sobre o indicador em questão, são feitas as seguintes considerações:

- Um valor bom para este indicador é entre 0,27 e 0,411 kWh/($m^3 \times 100$ m) (correspondentes a eficiências médias entre 63 e 100%).
- Um valor mediano encontra-se entre 0,411 e 0,586 kWh/($m^3 \times 100$ m) (correspondentes a eficiências médias entre 47 e 63%).
- Valores insatisfatórios são superiores a 0,586 kWh/($m^3 \times 100$ m) (correspondentes a eficiências médias inferiores a 47 %).

Em realidade, cada estação elevatória tem os seus próprios valores de referência de acordo com a sua potência e as especificações dos fabricantes. Estes valores de referência genéricos estão representados em faixas na figura 2, relativa aos valores de CEN das unidades estudadas.

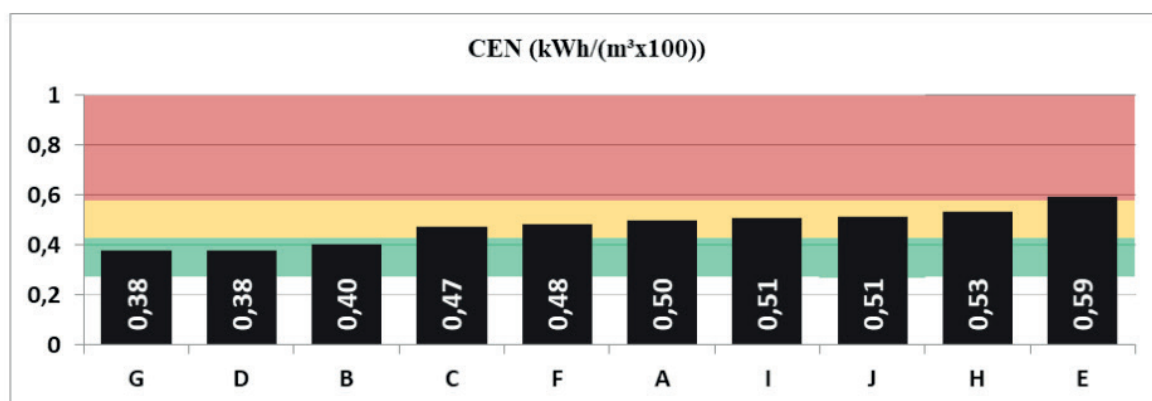


Figura 2: Consumo específico normalizado de energia das unidades estudadas.

Fonte: Os autores, 2019.

Com base nos valores de CEN indicados na figura 2, é possível calcular os valores dos rendimentos dos sistemas elevatórios, conforme tabela 3.

Código	Estação elevatória	CEN [kWh/($m^3 \times 100$ m)]	η (%)
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	0,50	54,90
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	0,40	67,33

C	EEAB BOTAFOGO I	0,47	57,52
D	EEAT BOTAFOGO II	0,38	71,82
E	EEAB TIÚMA	0,59	46,12
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	0,48	56,61
G	EEAT VIANA	0,38	72,26
H	EEAT MORROS	0,53	51,05
I	EEAB PARATIBE	0,51	53,82
J	EEAB ARATAÇA	0,51	53,34

Tabela 3: Rendimentos das estações elevatórias de água estudadas.

Fonte: Os autores, 2019.

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao comparar as figuras 1 e 2, nota-se que, como esperado, as elevatórias com os menores consumos específicos (CE), não necessariamente são as mais eficientes na análise do consumo específico normalizado (CEN). No estudo realizado, verificou-se a coincidência para a estação elevatória EEAT BOTAFOGO II para ambos os índices, porém o mesmo não ocorreu para a EEAT VIANA.

Obviamente, trata-se apenas de um pré-diagnóstico, mas que serve para balizar uma possível definição de regime operacional e de priorização nas intervenções, quando das manutenções preventivas e corretivas, bem como nas substituições de equipamentos.

5 | CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Embora o CEN seja adequado para a realização de pré-diagnósticos, sobretudo porque diagnósticos mais detalhados requerem mais informações e maiores precisões, pode-se considerar que é uma ferramenta interessante e de fácil manuseio para a realização de estudos de eficiência energética em sistemas.

É importante atentar para o fato de que o fator de uniformização não distingue perdas de cargas de alturas geométricas. Como sugestão, fica a possibilidade de realização de cálculos estimativos de potencial de economia de redução de energia e *payback* de investimentos, uma vez que a partir do CEN e do rendimento calculado é possível estimar investimentos para o aumento da eficiência energética de cada sistema.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 50001:2011**: Sistemas de gestão

de energia – requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: 2018.

CAVALEIRO, R., POSSETTI, G., NETO, J., SILVEIRA, A., LIMA, J. **Artigo – XII-013 Método para monitoramento e pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergética de sistemas elevatórios de água** – ABES-FENASAN (out. 2017).

H. P. GOMES. **Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética**. Editora Universitária, João Pessoa-PB, p.3, 2010. 1ª edição. 366p.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) (Comp.). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2015. [s.l.], 2016. **(Diagnóstico Anual Água e Esgotos). Compilação e cálculos baseados em series históricas e indicadores por abrangência disponibilizados**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 31 out. 2018

SPE (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético). **Plano Nacional de Eficiência Energética**: premissas e diretrizes básicas. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2010. 156 p.

TSUTIYA, M.T., **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. 2. Ed. São Paulo: Abes, 2006b. 183

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água potável 27, 35, 189, 264, 293, 302, 303, 325, 336, 350

Águas subterrâneas 25, 26, 27, 30, 33, 36, 37, 54, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 123, 174, 179, 318, 319, 322, 323, 324, 326, 336, 361

Água subterrânea 25, 35, 36, 112, 117, 118, 119, 120, 161, 175, 318, 319, 324, 325, 377

Análises 25, 27, 28, 35, 37, 38, 41, 43, 45, 49, 50, 56, 91, 126, 140, 141, 158, 164, 267, 271, 301, 302, 320, 321, 322, 324, 360, 370, 373, 376, 379

B

Biogás 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 90

Busca exaustiva 1, 3, 4, 7, 20, 22, 23

C

Conservação 159, 161, 162, 163, 164, 171, 178, 179, 259, 264, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 283, 284, 287, 292, 303, 338, 342

D

Degradação dos solos 122

Desenvolvimento web 76, 78

Desperdício de água 293, 303

Destilador 293, 295, 296, 298, 301, 302

Digestor anaeróbio 38, 40, 43, 49

E

Educação ambiental 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 290, 291, 292, 304, 338, 340, 342, 344, 345, 347, 348

Eficiência hídrica 293, 294

Erosão hídrica 122, 123, 124, 126, 129, 135

Erosão urbana 122

F

Fiscalização 140, 145, 146, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 261, 263, 264, 383

Fiscalização direta 145

Fiscalização indireta 145

G

Gestão da manutenção 136, 137, 138, 139, 143, 144

God 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121

H

Hidráulica de canais 76, 77, 78, 79, 85

I

Indicadores 100, 140, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 176, 181, 241, 246, 292, 358
Inibição da atividade microbiana 38

L

Lodo físico-químico 38, 41, 42, 43, 47, 48

M

Manutenção evolutiva 136
Manutenção preventiva 136, 330, 335
Medidores estáticos 180, 181, 184, 189
Meio ambiente 75, 111, 116, 122, 123, 228, 229, 233, 235, 236, 237, 263, 264, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292, 293, 296, 303, 304, 326, 338, 339, 342, 344, 345, 347, 362, 382, 383

O

Otimização 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 38, 40, 147, 161, 162, 163, 212, 213, 239, 240, 247, 249, 256, 259

P

Planejamento 111, 125, 137, 139, 140, 143, 145, 146, 147, 155, 162, 228, 229, 230, 231, 236, 237, 246, 289, 305, 306, 308, 310, 315, 317, 326, 349, 351, 355, 356, 383
Poço artesiano 25, 27, 28, 29, 30, 31, 35

Q

Qualidade da água 25, 27, 30, 35, 36, 37, 74, 197, 296, 301, 302, 303, 318, 319, 325, 326, 364, 372

R

Redes de distribuição de água 1, 2, 4
Reuso de água 178, 247, 293

S

Submedição 100, 180, 181, 185, 187
Sulfato de alumínio 38, 41, 46, 47, 49, 50, 380
Sustentabilidade 111, 123, 162, 163, 179, 205, 206, 211, 235, 236, 274, 275, 277, 280, 285, 292, 296, 303, 304, 338, 351, 383

T

Tecnologia 22, 35, 37, 51, 52, 74, 76, 96, 98, 109, 168, 179, 180, 182, 188, 189, 212, 227, 238, 247, 259, 274, 299, 305, 308, 313, 316, 326, 360

V

Viabilidade 8, 161, 180, 181, 186, 187, 188, 189, 235, 261, 296
Vulnerabilidade 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 181

 **Atena**
Editora

2 0 2 0