



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**  
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**  
Editora

Ano 2020

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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> 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 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-947-9

DOI 10.22533/at.ed.479202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

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

## 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 I volume, apresenta, em seus 28 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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A UTOPIA DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL	
Marcelo Motta Veiga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA MIGRAR AO MERCADO LIVRE DE ENERGIA	
Leonardo Nascimento de Oliveira	
Luis Henrique Pereira da Silva	
Milton Tavares de Melo Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
APLICABILIDADE DOS INDICADORES DO DIAGNÓSTICO NO PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DE BELÉM	
Arthur Julio Arrais Barros	
Marise Teles Condurú	
José Almir Rodrigues Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
APLICAÇÃO DA ULTRAFILTRAÇÃO NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO VISANDO O REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL	
Layane Priscila de Azevedo Silva	
Marcos André Capitulino de Barros Filho	
Larissa Caroline Saraiva Ferreira	
Moisés Andrade de Farias Queiróz	
Alex Pinheiro Feitosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
APLICAÇÃO WEB PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Rafael Pereira Maciel	
Luís Henrique Magalhães Costa	
Nágila Veiga Adrião Monteiro	
Liércio André Isoldi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LAGOAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS APÓS REMOÇÃO DE LODO	
Yasmine Westphal Benedet	
Patrick Ikaru Ferraz Suzuki	
Nattália Tose Lopes	
Sara Cristina Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021016</b>	



<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>75</b>
<b>AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS VISANDO REÚSO NÃO POTÁVEL</b>	
Layane Priscila de Azevedo Silva Matheus Frazão Arruda Diniz Julyenne Kerolainy Leite Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>84</b>
<b>AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E OPERACIONAIS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>	
Ingrid Moreno Mamedes Karytany Ulian Dalla Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>93</b>
<b>AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA</b>	
Mara Yoshino de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4792021019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>110</b>
<b>BIOFILTRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE SULFETO DE HIDROGÊNIO</b>	
Monise Fernandes Melo Alexandre Prado Rocha Michele Lopes Cerqueira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>115</b>
<b>IV-027 – COLIFORMES TERMOTOLERANTES E TOTAIS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAÃO, SALVADOR-BA</b>	
Maiza Moreira Campos de Oliveira Adriano Braga dos Santos Alessandra Argolo Espírito Santo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210111</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>125</b>
<b>CONTROLE DE OCORRÊNCIA DE MAUS ODORES EM ETE COM SISTEMA COMBINADO ANERÓBIO/AERÓBIO: REATOR UASB E LODOS ATIVADOS</b>	
Lucas Martins Machado Cláudio Leite de Souza Bruna Coelho Lopes Roberto Meireles Glória Déborah de Freitas Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 138**

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA-MG**

Paula Rafaela Silva Fonseca  
Sue Ellen Costa Bottrel  
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva  
Júlio César Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.47920210113**

**CAPÍTULO 14 ..... 148**

**DEFINIÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM INTERMITÊNCIAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA – ESTUDO DE CASO - SÃO BENTO DO UNA - PE**

Hudson Tiago dos S. Pedrosa  
Marcos Henrique Vieira de Mendonça

**DOI 10.22533/at.ed.47920210114**

**CAPÍTULO 15 ..... 158**

**DESINFECÇÃO DE EFLUENTE DE FBP UTILIZANDO REATOR DE ALGAS DISPERSAS (RAD)**

Israel Nunes Henrique  
Dayane de Andrade Lima  
Keiciane Alexandre de Sousa  
Layza Sabrine Magalhães da Silva  
Timóteo Silva Ferreira  
Fernando Pires Martins  
Clodoaldo de Sousa  
Júlia de Souza Carvalho  
Ana Queloene Imbiriba Correa  
Camila Pimentel Maia

**DOI 10.22533/at.ed.47920210115**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

**ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE PROGRAMA DE RECEBIMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA**

Paula Rafaela Silva Fonseca  
Sue Ellen Costa Bottrel  
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva  
Júlio César Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.47920210116**

**CAPÍTULO 17 ..... 177**

**ENSAIO DE TRATABILIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE EM PERNAMBUCO**

Joana Eliza de Santana  
Romero Correia Freire  
Aldebarã Fausto Ferreira  
Mayra Angelina Quaresma Freire  
Maurício Alves da Motta Sobrinho

**DOI 10.22533/at.ed.47920210117**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>185</b>
ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO E PERDAS DE METANO EM REATOR UASB DA ETE-UFLA POR MEIO DE DIFERENTES MODELOS MATEMÁTICOS	
Lucas Barreto Campos Mateus Pimentel de Matos Luciene Alves Batista Siniscalchi Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi Lucas Cardoso Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>196</b>
ESTUDO DA GERAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) EM EFLUENTE TRATADO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENTE	
Vanessa Farias Feio Neyson Martins Mendonça	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>205</b>
ESTUDO DA TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL SUBMETIDO À PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO	
Rogério Ferreira da Silva Gilson Lima da Silva Victória Fernanda Alves Milanez Ricardo Oliveira da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>214</b>
FITORREMEDIAÇÃO UTILIZANDO MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO	
Israel Nunes Henrique Lucieta Guerreiro Martorano Nathalia Costa Scherer José Reinaldo Pacheco Peleja Timóteo Silva Ferreira Julia de Souza Carvalho Patrícia Santos Silva Luciana Castro Carvalho de Azevedo Dayhane Mayara Santos Nogueira Jaelbe Lemos de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>225</b>
GASEIFICAÇÃO DOS LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOS TIPOS CONVENCIONAL E UASB	
Luis Henrique Pereira da Silva Sérgio Peres Ramos da Silva Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha Adalberto Freire do Nascimento Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47920210122</b>	

**CAPÍTULO 23 ..... 234**

INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA REGIÃO DOS LAGOS NO RIO DE JANEIRO – 2010 A 2015

Fátima de Carvalho Madeira Reis  
Gabriela Freitas da Cruz  
Herleif Novaes Roberg  
Maria Goreth Santos  
Simone Cynamon Cohen

**DOI 10.22533/at.ed.47920210123**

**CAPÍTULO 24 ..... 245**

INFLUÊNCIA DAS NORMAS NBR 9649 E NBR 14486 NO DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO DE MATERIAL PVC

Lívia Figueira de Albuquerque  
Artemisa Fontinele Frota  
Luís Henrique Magalhães Costa

**DOI 10.22533/at.ed.47920210124**

**CAPÍTULO 25 ..... 255**

POTENCIAL DO CARVÃO RESULTANTE DA PIRÓLISE DE LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO COMO ADSORVENTE EM TRATAMENTO DE EFLUENTES.

Murillo Barros de Carvalho  
Glaucia Eliza Gama Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.47920210125**

**CAPÍTULO 26 ..... 265**

RETIRADA DE LODO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO COM MÁQUINA ANFÍBIA

Renata Araújo Guimarães  
Analine Silva de Souza Gomes  
Mariana Marquesini  
Mario Márcio Gonçalves de Paula

**DOI 10.22533/at.ed.47920210126**

**CAPÍTULO 27 ..... 275**

UTILIZAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Israel Nunes Henrique  
José Tavares de Sousa  
Layza Sabrine Magalhães da Silva  
Keiciane Alexandre de Sousa  
Rebecca da Silva Fraia  
Timóteo Silva Ferreira  
Fernando Pires Martins  
Clodoaldo de Sousa  
Julia de Souza Carvalho  
Alisson Leonardo Vieira dos Reis  
Rita de Cássia Andrade da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.47920210127**

**CAPÍTULO 28 .....286**

**MONITORAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS EM ESCALA DE BANCADA, DO TIPO UCT MODIFICADO**

Israel Nunes Henrique  
Fernando Pires Martins  
Clodoaldo de Sousa  
Timóteo Silva Ferreira  
Rebecca da Silva Fraia  
Julia de Souza Carvalho  
Patrícia Santos Silva  
Ana Queloene Imbiriba Correa  
Yandra Cardoso Sobral

**DOI 10.22533/at.ed.47920210128**

**SOBRE O ORGANIZADOR.....295**

**ÍNDICE REMISSIVO .....296**

## ANÁLISE DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA MIGRAR AO MERCADO LIVRE DE ENERGIA

Data de aceite: 06/01/2020

### 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 Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA)

Recife - PE

### 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 COMPESA.

Recife - PE

### Milton Tavares de Melo Neto

Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica também UFPE.

Especialista em Eficiência Energética da COMPESA.

Recife - PE

**RESUMO:** Os gastos com energia elétrica representam em torno de 12% a 15% dos custos totais das companhias de água e saneamento. Isso representa entre 2% e 3% do consumo total de energia elétrica do país. A partir de 2004, foi instituído o mercado livre de energia no Brasil, permitindo a essas companhias a opção de escolha: permanecer no mercado cativo

ou migrar para o novo mercado. Logo, faz-se necessário que as companhias de saneamento façam uma análise de custos e dos riscos envolvidos para balizar uma eventual migração entre os mercados, com o objetivo de reduzir seus custos operacionais.

O presente trabalho realiza uma análise da viabilidade econômica e sustentável para o sistema Piparama passar a ser atendido pelo mercado livre de energia. De posse do histórico do consumo e custo com energia elétrica da referida unidade e conhecendo-se as tarifas de energia aplicadas pela concessionária local, é possível verificar o valor pago nas faturas de energia e comparar com o custo estimado com a unidade no mercado livre, os riscos de exposição ao mercado *spot*, a estimativa dos encargos setoriais e as despesas com a gestão de energia que pode ser feito por representação. Antes, porém, será realizado o desmembramento da conta de energia em duas componentes: componente de uso do sistema de distribuição e de energia propriamente dito. Essa última componente é a que será usada na comparação com o resultado obtido no mercado livre. Uma vez que a outra componente está presente em ambos os mercados.

**PALAVRAS-CHAVE:** mercado livre de energia, eficiência energética, redução de custos.

## ANALYSIS OF A RAW WATER ELEVATORY STATION MIGRATE TO THE ENERGY FREE MARKET

**ABSTRACT:** Electricity costs represent around 12% to 15% of the total expenses of water and sanitation companies. This represents between 2% and 3% of the country's total electricity consumption. From 2004, the energy free market was established in Brazil, allowing these companies the choice: to remain in the captive market or to migrate to the new market. Therefore, sanitation companies need to analyze the costs and risks involved to perform a possible migration between markets in order to reduce their operating costs.

This article analyzes the economic and sustainable viability of the *Piparama* system to be met by the energy free market. Having the history of consumption and cost of electricity of this unit and knowing the energy rates applied by the local utility, it is possible to verify the amount paid in the energy bills and compare with the estimated cost with the unit in energy free market, exposure risks in the spot market, estimated sector charges and power management expenses that may be done by the representative. First, however, the energy bill will be divided into two components: the distribution system usage component and the appropriate energy here. This last component will be used in comparison with the results obtained in the free market. Because the other component be present in both markets.

**KEYWORDS:** market free, energy efficiency, cost savings

### 1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário, são responsáveis por, aproximadamente, 3% da energia consumida no mundo. No Brasil, a situação não é diferente e, de acordo com dados de 2008 do Programa Nacional de Conservação de Energia para o Setor de Saneamento – PROCEL SANEAR, entre 2 e 3% do consumo total de energia elétrica no nosso país, o equivalente a cerca de 10 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário. Este consumo refere-se aos diversos usos nos processos de abastecimento de água e de esgotamento (GOMES, 2010).

Segundo Tsutiya (2005), cerca de 90% dos gastos com energia elétrica das concessionárias de água devem-se às elevatórias dos sistemas de abastecimento público. A eficiência energética em sistemas de abastecimento de água mostra-se como uma grande oportunidade para redução de custos operacionais nas empresas do setor de saneamento.

A COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) mantém esse cenário das empresas de saneamento e faz uma gestão de energia visando uma maior eficiência nas suas unidades operacionais. A companhia possui em torno de 1700 conta contratos vinculados ao seu CNPJ e com um faturamento de energia

mensal superior a R\$ 16 milhões, mesmo com os descontos de 15% estabelecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para o setor de saneamento e a isenção de ICMS nas operações de energia elétrica imposta pelo Governo de Pernambuco desde novembro de 2012, conforme Decreto 38788/2012. O consumo de energia mensal é em torno de 45 GWh e as 40 unidades com o maior consumo de energia elétrica correspondem a um percentual aproximado de 48% do total de seus custos, demonstrando como é de vital importância a gestão adequada do insumo energia elétrica. Cerca de 95% desse consumo refere-se a unidades operacionais (estações de bombeamento e de tratamento) sendo, na sua maioria, referentes às estações elevatórias de captação de água, em virtude da morfologia dos sistemas (NETO, 2018). O sistema de maior consumo da companhia é justamente o objeto deste trabalho, o sistema Pirapama.

Esse sistema entrou em funcionamento a partir do segundo semestre de 2010. Considerada uma das maiores obras hídricas do país, o sistema Pirapama aumentou em cerca de 50% a oferta de água nos municípios pertencentes à região metropolitana de Recife, livrando-os de um racionamento que perdurou por mais de 20 anos. É composto por uma barragem de concreto, uma Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB, cerca de 4 km de adutora de água bruta, uma Estação de Tratamento de Água – ETA e aproximadamente 20 km de adutora de água tratada. No final do processo, tem-se mais de 5.000 l/s de água tratada para a população (SILVA, 2015). O sistema é composto por 5 motores com potência de 1.600 cv, em que 4 operam de maneira intermitente e 1 fica de reserva, são alimentados por uma subestação elétrica abaixadora de 69kV para 4,16kV. Em situações especiais pode ter a necessidade de acionar a reserva e a unidade operar com 5 motores. O consumo médio no período de 2014 a 2018 foi em torno de 3.067MWh. Quando houve a necessidade de acionar mais um motor o contrato de demanda foi reajustado, com isso não ocorreu penalização de multa por ultrapassagem de demanda.

A figura 01 mostra a curva de carga do sistema no dia que houve aumento de carga. A princípio os 4 motores estavam acionados em que foi registrada a demanda de 4500kW, após a partida do quinto motor passou a registrar uma demanda de 5400kW. No ano de 2018 o fator de carga médio teve o valor de 0,90 para ponta e 0,88 fora ponta, o fator de carga próximo a 1 indica que o sistema está sendo utilizado de forma racional.



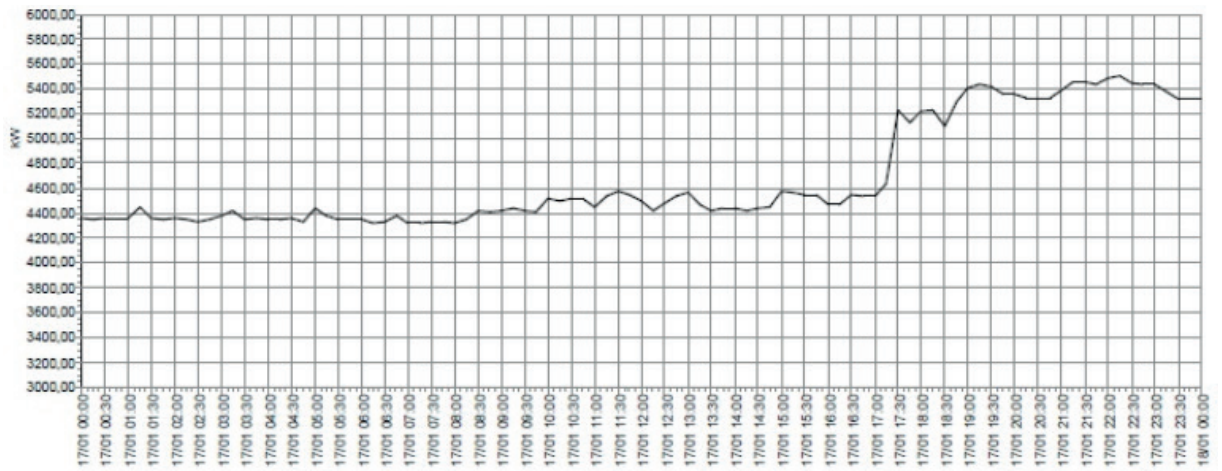


Figura 01: Curva de carga diária

Atualmente, o sistema analisado é um consumidor cativo em que são permitidos apenas comprar energia da distribuidora detentora da concessão ou permissão na área onde se localizam as instalações. A COMPESA tem os contratos de uso da distribuição (CUSD) e o de compra de energia regulada (CCER) junto à CELPE. As tarifas são reajustadas anualmente, no mês de abril, e são cobrados os impostos de PIS e COFINS, além disso, a ANEEL divulga no final de cada mês a situação da bandeira tarifária do mês seguinte.

No Ambiente Contratação Livre (ACL) preços, prazos de concessão e montantes de energia podem ser livremente negociados entre os agentes envolvidos (agentes geradores, comercializadores e os consumidores ditos “livres”), sendo os contratos e transações obrigados a serem registrados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (RIZKALLA, 2018). O papel dos comercializadores de energia é fundamental no ambiente, eles são os responsáveis por intermediar as negociações de compra e venda de energia entre os geradores e os consumidores livres. A compra da energia por parte da comercializadora se dá por contratos bilaterais de curto, médio ou longo prazo ou no mercado *spot*. (CLÍMACO, 2010).

Para se tornar um cliente no mercado livre é necessário seguir os requisitos básicos. A demanda contratada de, entre 500kW e 3MW para se tornar consumidor especial e a partir de 3 MW para se tornar livre (ABRACEEL, 2016). O consumidor especial pode contratar energia proveniente apenas de usinas eólicas, solares, a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) ou hidráulica de empreendimentos com potência inferior ou igual a 50.000 kW, as chamadas fontes especiais (ou incentivadas) de energia, enquanto os consumidores livres podem contratar energia proveniente de qualquer fonte de geração. Para os consumidores especiais tem o incentivo de redução, não inferior a 50%, nas tarifas de uso do sistema de transmissão e distribuição.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A tarifa de energia ambiente contratação regulada (ACR), de forma simplificada, é dividida em duas parcelas: a Tarifa de Energia (TE) e a Tarifa de Utilização de Serviços de Distribuição (TUSD). A primeira parcela, a qual há o interesse de valorar, é composta pelos custos de aquisição da energia e pelos percentuais de perdas na rede básica do SIN. Já a segunda parcela, como o próprio nome diz, cobre os custos operacionais e de investimento da distribuidora local, e é paga por qualquer consumidor, seja este cativo ou livre, ou seja, é a parcela em comum aos dois ambientes. (RIZKALLA, 2018).

NOTA FISCAL   FATURA   CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA			
<b>DADOS DO CLIENTE</b> COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO EEAB BARRAGEM PIRAPAMA  CNPJ: Inscrição Estadual: <b>ENDEREÇO</b> RUA BARRAGEM PIRAPAMA 1 s/n -PR EEAB Barragem de Pirapama  ENGENHO NOVO/CABO 54500-001 CABO DE SANTO AGOSTINHO PE		<b>DATA DE VENCIMENTO</b> <b>10/12/2018</b>  <b>TOTAL A PAGAR (R\$)</b> <b>1.018.001,43</b>	<b>DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL</b> <b>30/10/2018</b>  <b>DATA DA APRESENTAÇÃO</b> <b>05/11/2018</b>  <b>NÚMERO DA NOTA FISCAL</b> <b>037569768</b>
		<b>CONTA CONTRATO</b>  Nº DO CLIENTE  Nº DA INSTALAÇÃO	
<b>CLASSIFICAÇÃO</b> A3 Horo-sazonal Azul <b>SERVIÇO PÚBLICO - AGUA, ESGOTO E SANEAMENTO</b>			
<b>RESERVADO AO FISCO</b> <b>3C17.E94A.7E1C.7CCF.B036.08C3.03E3.15D8</b>			
DESCRIÇÃO DA NOTA FISCAL E INFORMAÇÕES IMPORTANTES			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)
Demanda Ativa Na Ponta(kW)	4.600,0000000	11,77370823	54.159,05
Demanda Ativa Fora de Ponta(kW)	4.622,4000000	6,75555094	31.226,85
Demanda Reativa Exc. Na Ponta(kVAR)	0,0000000	7,94770699	0,00
Demanda Reativa Exc. Fora de Ponta(kVAR)	0,0000000	7,94770699	0,00
<b>BANDEIRA VERMELHA</b>			
Consumo Ativo Na Ponta(kWh)	257.641,2000000	0,41456992	106.810,29
Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)	2.916.360,0000000	0,28316300	825.805,24
Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)	0,0000000	0,25548869	0,00
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)	0,0000000	0,25548869	0,00

Figura 2: Imagem da fatura no ciclo 10/2018

A figura 02 retrata a cobrança da CELPE no mês de outubro/2018, período de leitura 21/09/2018 a 23/10/2018. Os custos provenientes da demanda ativa na ponta e fora ponta são referentes a TUSD, enquanto que os custos do consumo ativo na ponta e fora ponta são destinados a TE.

Como o nível de tensão da subestação que alimenta a unidade é 69kV, pela legislação da ANEEL, compulsoriamente, a modalidade contratada é a horária-azul (THA A3) o que consiste em duas tarifas de demanda contratadas horo sazonal, referente à infraestrutura de distribuição, e duas tarifas de consumo, concernente a energia. Portanto, o custo com energia elétrica é dividido em quatro parcelas sem considerar as multas técnicas que podem ocorrer (multas por ultrapassagem de demanda e por baixo fator de potência).

A partir do momento que as empresas migram para o mercado de energia, os custos relacionados com a disponibilidade de energia, que são os custos de demanda de energia, permanecem iguais, pois a concessionária continua responsável pela entrega de energia. Assim como as multas técnicas que podem ocorrer no ciclo. Portanto, a análise será feita baseado nos custos referentes ao consumo de energia

elétrica.

Como a unidade tem a demanda contratada de 4600kW, tem a possibilidade de migrar para o mercado livre. No ACL para realizar o contrato de compra e venda de energia são necessárias informações para iniciar as tratativas: valor da energia (R\$/MWh), duração do contrato, quantidade de energia a ser comercializada em MWh, potência associada (MWmédio) disponível em um ponto de entrega representativo, geralmente no centro de gravidade do submercado e condição de flexibilidade, sazonalidade e modulação. O valor da energia na negociação com uma comercializadora depende justamente da característica da carga, o tempo de contrato e da flexibilidade exigida do consumidor, além disso as tarifas de energia são reajustadas anualmente pelo índice da inflação (IGPM ou IPCA).

O consumidor livre deverá informar o seu consumo e será responsável pela contratação total da energia, a compra dessa energia é feita por estimativa, por isso, é comum o montante de energia adquirido ser diferente da energia consumida. No caso de não atingir ou ultrapassar a quantidade de energia contratada, é necessário que seja vendida ou comprada essa diferença. Para essa comercialização, há uma tarifa diferenciada chamada Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). (RIZKALLA, 2018). No caso de a energia contratada ser inferior ao consumo registrado, o consumidor ficará sujeito a penalidades e irá adquirir o restante da energia no mercado de curto prazo, ficando exposto ao preço do PLD. Por isso, é muito importante o controle no consumo, e tem a necessidade de respeitar o contrato e a sua flexibilidade para não aumentar o custo com energia.

Para ser possível realizar o comparativo entre a energia consumida e contratada é necessário a adequação do sistema de medição para faturamento (SMF). Os custos da implantação da medição e aquisição dos equipamentos é integralmente do consumidor. Porém, o responsável pelo registro da medição na CCEE é o agente de medição que, no caso dos consumidores livres, fica a cargo da concessionária local (CLÍMACO, 2010). A medição física consiste no processo de coleta e tratamento dos dados de energia dos medidores, em que calcula a diferença entre as energias. Para cada período de comercialização, o sistema apura as diferenças entre a energia verificada e a energia contratada e valora essas diferenças ao PLD no mercado de curto prazo ou *spot* (RIBEIRO, 2015). A coleta de dados nos pontos de medição ocorre a cada 5 minutos em kWh e repassa os dados para o Sistema de Coleta de Dados de Energia (SCDE) que verifica as informações e os integraliza para cada hora. As perdas técnicas, decorrentes do efeito Joule na rede básica, existentes na transmissão entre os pontos de consumo e os pontos de geração são rateadas pelos agentes consumidores e geradores. A tal processo denomina-se ajuste ao centro de gravidade do submercado. O centro de gravidade é um ponto virtual para cada submercado, onde os valores de geração e consumo daquele submercado são

iguais (CLÍMACO, 2010). As considerações pelas perdas técnicas são fundamentais no momento da contratação para não haver um equívoco e contratar um valor menor. Com as informações entre o consumo contratado e o registrado ocorrem os processos de contabilização e liquidação financeira. A contabilização é responsável pela liquidação no mercado *spot*, enquanto a liquidação financeira é responsável pelas garantias financeiras. Na contabilização tem-se custo adicional às transações, pago pelos consumidores. Trata-se dos Encargos de Serviços do Sistema – ESS, correspondente aos serviços realizados pelos agentes de geração para preservar a estabilidade e a segurança do Sistema Interligado Nacional (CLÍMACO, 2010).

### 3 | RESULTADOS OBTIDOS

Para a obtenção dos resultados, foi necessária a realização de simulações em planilhas, do conhecimento das regras do mercado livre de energia e da estrutura tarifária existente pela concessionária local para comparar com os dois custos. A partir dos custos do ano de 2018 foi dividido o custo mensal da unidade representado pela TE e pela TUSD. Como a TUSD é comum nos dois ambientes, foi analisado os custos na TE e calculado o valor médio da tarifa (R\$/MWh) no ACR no ano de 2018, para encontrar um valor limite da tarifa no ACL. Além disso, a partir do histórico de consumo no período de 2014 a 2018 calculou qual seria o montante de energia a ser contratada no ACL em cada mês a partir da média do consumo e com uma flexibilidade de 10% e como seria o custo final no ano de 2018.

A tabela 01 demonstra os valores de consumo (MWh) em cada ciclo, a parcela que foi paga referente ao TUSD (R\$), o montante pago em função ao TE (R\$), o custo total (R\$) e a relação entre o TE e o consumo (R\$/MWh). O preço médio mensal pago pelo consumo faturado no período estudado foi de 263,34 R\$/MWh.

Ciclo	Consumo (MWh)	TUSD (R\$)	TE (R\$)	Custo Total(R\$)	TE/MWh (R\$/MWh)
Janeiro	3.060,05	65.441,39	711.009,00	776.450,39	232,35
Fevereiro	3.133,55	72.236,09	698.487,96	770.724,05	222,91
Março	2.933,61	71.068,30	664.873,81	735.942,11	226,64
Abril	3.500,16	73.340,14	775.634,04	848.974,18	221,60
Mai	3.039,82	85.544,72	776.524,41	862.069,13	255,45
Junho	3.006,37	86.127,62	856.893,76	943.021,38	285,03
Julho	3.095,25	86.710,10	927.759,34	1.014.469,44	299,74
Agosto	2.674,64	89.273,16	823.816,65	913.089,81	308,01
Setembro	2.872,68	87.133,11	865.489,99	952.623,10	301,28
Outubro	3.174,00	85.385,90	932.615,53	1.018.001,43	293,83
Novembro	2.977,75	85.732,71	791.781,61	877.514,32	265,90
Dezembro	3.342,83	90.773,09	826.841,24	917.614,33	247,35
<b>Média</b>	<b>3.067,56</b>	<b>81.563,86</b>	<b>804.310,61</b>	<b>885.874,47</b>	<b>263,34</b>

Figura 3: Consumo e custo mensal do ano de 2018

A tabela 02 demonstra os dados de consumo da unidade entre os anos de 2014 a 2018. Com posse desses dados simula como seria a contratação pelo ACL por sazonalidade, cada valor sendo contratado por mês, e com flexibilidade de 10%. O valor a ser contratado seria a média do consumo em cada ciclo.

Ciclo	2014 (MWh)	2015 (MWh)	2016 (MWh)	2017 (MWh)	2018 (MWh)	MWh Contratado	Flexibilidade Mínima (MWh)	Flexibilidade Máxima (MWh)
Janeiro	3.140,20	3.068,34	2.948,95	3.212,16	3.060,05	3.085,94	2.777,35	3.394,53
Fevereiro	2.652,64	3.015,99	2.934,45	3.446,29	3.133,55	3.036,58	2.732,93	3.340,24
Março	2.895,80	3.013,85	2.641,16	3.489,51	2.933,61	2.994,79	2.695,31	3.294,26
Abril	2.873,61	2.962,67	2.526,25	2.956,15	3.500,16	2.963,77	2.667,39	3.260,15
Mai	3.096,32	2.842,14	2.820,50	3.124,13	3.039,82	2.984,58	2.686,12	3.283,04
Junho	2.900,25	2.679,73	2.446,47	2.365,23	3.006,37	2.679,61	2.411,65	2.947,57
Julho	2.918,18	2.452,51	2.539,48	3.193,61	3.095,25	2.839,81	2.555,83	3.123,79
Agosto	2.871,78	2.547,16	2.830,33	3.123,46	2.674,64	2.809,48	2.528,53	3.090,42
Setembro	3.109,24	2.409,97	2.554,86	2.913,17	2.872,68	2.771,98	2.494,79	3.049,18
Outubro	2.801,57	2.885,28	2.819,93	3.076,33	3.174,00	2.951,42	2.656,28	3.246,56
Novembro	2.913,71	2.576,52	2.537,59	2.871,16	2.977,75	2.775,35	2.497,81	3.052,88
Dezembro	2.597,89	2.475,24	2.698,69	2.952,96	3.342,83	2.813,52	2.532,17	3.094,87

Figura 4: Histórico de consumo de 2014 a 2018 com a média por mês e flexibilidade de 10%.

Analisando a tabela, verifica que os meses 02/2014, 07/2015, 09/2015, 12/2015, 03/2016, 04/2016, 07/2016 e 06/2017 ficaram na exposição negativa (marcados em amarelo). Enquanto os meses 09/2014, 02/2017, 03/2017, 07/2017, 08/2017, 04/2018, 06/2018, 12/2018 (marcados em verde) ficaram na exposição positiva. Com isso, nesses meses seria passível de penalidades pelo CCEE e nos meses de exposição positiva seria necessário adquirir o excedente pelo PLD.

A partir dos dados de 2018, faz a simulação de quanto seria pago em energia, caso a unidade já estivesse no mercado livre de energia. Nesse caso calculou uma TE de 150 R\$/MWh e com o PLD máximo de 505,18 R\$/MWh nos ciclos 04/2018, 06/2018, 12/2018 em que houve exposição negativa. A tabela 03 mostra essa análise demonstrando os valores da TE que foi pago no ACR com a simulação no ACL, assim como os custos representado pela TE em cada ambiente.

Ciclo	2018 (MWh)	MWh Contratado	ACL (R\$)	ACR (R\$)	TE ACL (R\$/MWh)	TE ACR (R\$/MWh)
Janeiro	3.060,05	3.085,94	462.891,13	711.009,00	151,27	232,35
Fevereiro	3.133,55	3.036,58	470.032,74	698.487,96	150,00	222,91
Março	2.933,61	2.994,79	449.217,90	664.873,81	153,13	226,64
Abril	3.500,16	2.963,77	715.539,66	775.634,04	204,43	221,60
Maio	3.039,82	2.984,58	455.972,76	776.524,41	150,00	255,45
Junho	3.006,37	2.679,61	567.012,59	856.893,76	188,60	285,03
Julho	3.095,25	2.839,81	464.287,14	927.759,34	150,00	299,74
Agosto	2.674,64	2.809,48	421.421,40	823.816,65	157,56	308,01
Setembro	2.872,68	2.771,98	430.902,72	865.489,99	150,00	301,28
Outubro	3.174,00	2.951,42	476.100,18	932.615,53	150,00	293,83
Novembro	2.977,75	2.775,35	446.662,62	791.781,61	150,00	265,90
Dezembro	3.342,83	2.813,52	689.422,87	826.841,24	206,24	247,35

Figura 5: Simulação no ACL com os valores de consumo e custo de 2018

#### 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelos dados de 2018, foi demonstrado que preço médio mensal pago pelo consumo faturado para a concessionária foi de 263,34 R\$/MWh. O que significa que para migrar ao mercado livre de energia é vantajoso desde se obtenha uma tarifa menor que esse valor, lembrando que ainda tem os custos de adequação ao SMF obrigatório, de adesão ao CCEE e dos encargos. Esse valor é importante para comparar com os valores oferecidos pelas comercializadoras

#### 5 | CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Fica evidente que a redução nos custos com energia elétrica pode ajudar as empresas de saneamento, que podem ter sistemas mais eficientes. Até nos meses em que houve exposição ao PLD, o valor da TE foi menor no ACL, a partir da tarifa de 150 R\$/MWh. No entanto, a inserção da unidade no mercado livre requer um cuidado maior por parte dos gestores de energia da companhia que precisa estar bem alinhado com o setor de operação. As regras precisam ser respeitadas e em nenhuma hipótese pode haver aumento de carga fora do previsto, visto que iria

expor ao PLD, que é flutuante e acarretaria num aumento do custo indesejável e que seria atuado pelos órgãos de controle.

A simulação foi realizada baseado no histórico, porém no mercado livre de energia é necessário que a contratação seja realizada antes do consumo. No momento da contratação todos os cenários precisam ser avaliados, inclusive uma flexibilidade maior, nesse caso 10%, aumentando essa flexibilidade para 19% não deixaria a unidade exposta ao PLD. Além disso, requer um cuidado maior com o controle do consumo necessitando de aumento na equipe da companhia para controlar os contratos junto à CCEE. Outro fato a ser destacado é que no momento em que a unidade não ser mais um consumidor cativo não terá o apoio da concessionária para possível reparo ou manutenção na sua subestação em 69kV. O estudo que foi realizado para a unidade em questão é algo que pode ser facilmente replicado em outras unidades com as características que atendam ao mercado livre

## REFERÊNCIAS

ABRACEEL. Cartilha - **Mercado Livre de Energia Elétrica: Um guia básico para consumidores potencialmente livres e especiais**. Disponível em [http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel\\_Cartilha\\_MercadoLivre\\_V9.pdf](http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf). Relatório técnico. 2016.

CLÍMACO, F. G. **Gestão de consumidores livres de energia elétrica**. São Paulo – SP. USP, 2010

DECRETO Nº 38788/2012. **Introduz alterações na Consolidação da Legislação Tributária do Estado, relativamente a benefício fiscal concedido por Convênio ICMS**. DOE – PE em 1 novembro de 2012

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

NETO, A. J. S. **Consultoria de Apoio Técnico à Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA para Elaboração de um Programa de Investimentos e Intervenções**. Brasília, dezembro de 2018

RIBEIRO, L.H.M, **Risco de mercado na comercialização de energia elétrica: uma análise estruturada com foco no ambiente de contratação livre – ACL**. São Paulo, 2015. USP

RIZKALLA, F. F. **Migração para o mercado livre de energia: estudo de caso do centro de tecnologia da universidade federal do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro – RJ. UFRJ. 2018.

SILVA, L. H. P. **Eficiência Energética no Saneamento Ambiental – Um Caso de Sucesso no Nordeste do Brasil**. Recife-PE. 2015

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 1ª edição. 376 p.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 4, 5, 6, 14, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 36, 38, 53, 148, 149, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 234, 235, 236, 237, 238

Águas residuárias 63, 136, 161, 188, 193, 194, 197, 215, 216, 224, 262, 275, 277, 279, 285, 288, 289, 290, 294, 295

Aplicabilidade 23, 26, 30, 33, 37, 41, 265

### B

Balanço de massa 185, 187, 190, 191, 194

Biofiltro 110, 111, 112, 113

Biomassa 16, 111, 130, 131, 133, 134, 135, 171, 189, 216, 223, 226, 227, 231, 232, 233, 256, 257, 258, 289, 290, 294, 295

### C

Controle 18, 22, 37, 38, 44, 70, 71, 75, 79, 100, 107, 109, 111, 114, 125, 128, 130, 131, 133, 135, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 149, 157, 159, 168, 169, 173, 175, 176, 186, 197, 208, 209, 210, 236, 258, 289

### D

Desinfecção 47, 75, 79, 82, 86, 90, 91, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 196, 198, 199, 204

Diagnóstico 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 49, 52, 63, 72, 130, 131, 136

Dragagem de lodo 65, 67, 68, 69, 72

### E

Eficiência energética 13, 14, 22, 225

Efluentes não domésticos 138, 139, 140, 145, 146, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 175, 176

Efluente têxtil 205, 209, 211, 212

Efluente tratado 64, 66, 69, 70, 71, 196, 199, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 214, 274

Esgotamento sanitário 2, 4, 5, 9, 14, 24, 26, 27, 31, 32, 34, 36, 38, 51, 84, 139, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 235, 236, 237, 238, 243, 246, 247, 266, 267

Estações de tratamento de esgotos 41, 44, 49, 51, 52, 54, 62, 83, 84, 92, 138, 139, 169, 186, 197, 257

### F

Filtro biológico percolador 55, 59, 158, 160, 161, 163, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286

Flotação 177, 178, 179, 180, 183, 184

### I

Indicadores 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 47, 73, 80, 81, 86, 87, 92, 115, 116, 123, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 243, 244, 245, 274

Indústria de calçados 75, 77, 78, 81, 82



## L

Lagoa de estabilização 64  
Lagoas de polimento 158, 159, 160, 165, 166  
Lodo biológico 64, 73, 133, 257, 266, 268, 271  
Lodo de esgoto 226, 227, 232, 256, 258, 259, 262, 264, 265  
Lodos ativados 62, 65, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 176, 198, 218, 276, 279, 287, 289, 295

## M

Máquina anfíbia 266, 267, 270, 271, 272, 273  
Material orgânico 203, 276, 277, 278, 294  
Maus odores 125, 126, 127, 128, 130, 131, 133, 134, 135  
Membranas ultrafiltrantes 93, 95, 97, 99, 101, 105, 106  
Mercado livre de energia 13, 19, 21, 22  
Metano dissolvido 185, 189, 190, 191, 192  
Modelagem hidráulica 149, 157  
Monitoramento 4, 29, 38, 47, 67, 79, 80, 81, 96, 99, 106, 111, 116, 117, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 167, 168, 171, 173, 174, 175, 176, 196, 199, 203, 204, 220, 236, 267, 282, 287, 289, 290, 291, 292

## N

Nutrientes 90, 122, 123, 158, 159, 160, 185, 186, 215, 216, 217, 218, 223, 276, 278, 279, 287, 288, 289, 295

## P

Plano municipal de saneamento básico 23, 24, 25, 37, 38, 140, 168, 169  
Poluentes 52, 65, 93, 95, 106, 140, 158, 160, 169, 197, 206, 215, 216, 258, 262, 287, 288, 289  
Poluição industrial 139, 171  
Pré-dimensionamento 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63  
Problemas ambientais 216, 227, 287, 288

## Q

Qualidade da água 44, 47, 63, 65, 80, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 106, 107, 115, 123, 138, 140, 197, 204, 244, 270, 289

## R

Reator UASB 55, 59, 70, 79, 83, 112, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 163, 164, 185, 187, 188, 190, 191, 194, 228, 259, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285  
Recursos hídricos 34, 41, 42, 43, 49, 62, 65, 76, 116, 141, 147, 148, 149, 176, 185, 188, 197, 215, 278  
Rede coletora de esgoto 32, 242, 246, 249  
Redução de custos 13, 14  
Remoção de lodo 64, 66, 67, 71, 72, 73, 266, 267, 268, 270, 272  
Remoção de nutrientes 158, 160, 215, 216, 217

Reúso não potável 42, 48, 49, 75, 77, 83  
Reúso urbano 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 81

## S

Saneamento ambiental 12, 22, 63, 266, 267, 286  
Saneamento básico 1, 4, 9, 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 51, 53, 61, 62, 63, 108, 110, 116, 140, 147, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 238, 239, 244, 245, 275  
Sistema de gestão ambiental 84, 85, 91  
Sustentabilidade 1, 2, 8, 11, 35, 36, 37, 39, 111, 160, 169, 226, 263, 296

## T

Taxa de recirculação 162, 177, 180, 181, 182, 183  
Toxicidade 174, 184, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212  
Tratamento de água 10, 15, 57, 62, 93, 94, 95, 96, 105, 107, 108, 177, 178, 179, 183, 264  
Tratamento de efluente doméstico 64  
Tratamento de lodo 266

## U

Ultrafiltração 41, 42, 44, 49, 93, 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108  
Universalização 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 27, 38, 51, 53, 62

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**