



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^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 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
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

CAPÍTULO 1	1
A UTOPIA DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL	
Marcelo Motta Veiga	
DOI 10.22533/at.ed.4792021011	
CAPÍTULO 2	13
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	
DOI 10.22533/at.ed.4792021012	
CAPÍTULO 3	23
APLICABILIDADE DOS INDICADORES DO DIAGNÓSTICO NO PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DE BELÉM	
Arthur Julio Arrais Barros	
Marise Teles Condurú	
José Almir Rodrigues Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.4792021013	
CAPÍTULO 4	41
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	
DOI 10.22533/at.ed.4792021014	
CAPÍTULO 5	51
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	
DOI 10.22533/at.ed.4792021015	
CAPÍTULO 6	64
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	
DOI 10.22533/at.ed.4792021016	

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

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

CAPÍTULO 18	185
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	
DOI 10.22533/at.ed.47920210118	
CAPÍTULO 19	196
ESTUDO DA GERAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) EM EFLUENTE TRATADO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENTE	
Vanessa Farias Feio Neyson Martins Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.47920210119	
CAPÍTULO 20	205
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	
DOI 10.22533/at.ed.47920210120	
CAPÍTULO 21	214
FITORREMEDIÇÃO 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	
DOI 10.22533/at.ed.47920210121	
CAPÍTULO 22	225
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	
DOI 10.22533/at.ed.47920210122	

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 28286

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 REMISSIVO296

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA

Data de aceite: 06/01/2020

Mara Yoshino de Castro

30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES
Natal, Rio Grande do Norte

RESUMO: À medida que a população mundial aumenta, paralelamente cresce o consumo dos recursos naturais a fim de suprir a crescente demanda por bens e serviços. O aumento dos diversos tipos de poluentes que têm surgido a cada dia os quais são lançados nos corpos hídricos e a má distribuição de água no planeta, tanto pela sua distribuição geográfica como pela falta de infraestrutura adequada, aliados a leis mais rigorosas quanto à qualidade da água para consumo humano, foram alguns dos principais fatores para o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de água que fossem mais eficazes.

O presente estudo tem como objetivo fazer a avaliação do sistema de membranas ultrafiltrantes na ETA Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva, localizada na capital do Estado de São Paulo, abastecida pela represa Guarapiranga a fim de serem avaliados os custos e o consumo de energia, os quais se mostraram mais elevados do que o sistema de ciclo completo, bem como a qualidade da

água produzida deste sistema comparado a este último na mesma ETA, cujos resultados mostraram melhores reduções dos parâmetros analisados e comparados. Além disso, ocupa uma área relativamente menor e não há uso de produtos químicos para o tratamento.

Sua construção foi devido à crise hídrica nos anos de 2014 e 2016 a fim de aumentar a disponibilidade de água na RMSP. As medidas emergenciais tomadas por causa da escassez de chuvas no Sistema Cantareira, fez com que o Sistema Guarapiranga se tornasse o principal sistema de abastecimento de São Paulo no ano de 2015.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, membranas ultrafiltrantes, ETA Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva.

EVALUATION OF MEMBRANE
ULTRAFILTRATION SYSTEM FOR WATER
TREATMENT: CASE STUDY ON WTS
ENGINEER RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA

ABSTRACT: While the world's population grows, the same things happens the consumption of natural resources to supply the growing demand for consumer goods and services. The increase in the various types of pollutants that are emerging every day that are released into water bodies and the poor distribution of

water on the planet, both due to their geographical distribution and lack of adequate infrastructure, allied to stricter laws regarding the quality of drinking water, were some of the main factors in the development of new water treatment technologies that were more effective. The aim of the present study is to evaluate the ultrafiltration membrane system at WTS Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva, located in the state capital of São Paulo, supplied by Guarapiranga dam in order to evaluate costs and energy consumption, which were higher than the full cycle system, as well as the quality of water produced from this system compared to the latter in the same WTS. These results showed better reductions of the parameters analyzed and compared. Moreover, it occupies a relatively smaller area and there is no use of chemicals for treatment. Its construction was due to the water crisis in 2014 and 2016 in order to increase water availability in the RMSP. The emergency measures taken because of the shortage of rainfall in the Cantareira System, made the Guarapiranga System become the main supply system of São Paulo in 2015.

PALAVRAS-CHAVE: Water treatment, ultrafiltrants membranes, WTS Engineer Rodolfo José Costa e Silva.

INTRODUÇÃO

A distribuição desigualitária de água doce em várias regiões do mundo, o que ocasiona sérios problemas de escassez como no Oriente Médio, fez com que novas tecnologias emergissem como soluções alternativas para o tratamento da água. Dentre elas, é importante citar a incorporação em escala quase industrial de processos de destilação e a utilização de membranas, esta última no início da década de 1970. Apesar de não terem sido inicialmente desenvolvidas para o tratamento de água de abastecimento, as membranas se adaptaram a esse posteriormente.

As membranas sintéticas surgiram como uma tentativa de se assemelhar as membranas naturais, em particular quanto as suas características únicas de seletividade e permeabilidade. A filtração por membrana envolve a separação de compostos dissolvidos, coloidais e partículas constituintes a partir de um fluido pressurizado usando materiais microporosos. Em geral, os processos de separação por membranas são classificados em termos do tamanho dos poros ou do peso molecular de corte e da pressão aplicada. Com base no tamanho dos poros, as membranas são classificadas em quatro grupos principais: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa.

Atualmente há uma enorme variedade de membranas, cujas diferenças básicas são os materiais e, como já mencionado, o tamanho dos poros. As principais vantagens da implementação desse material no processo de tratamento de água são: ganhos operacionais – devido à maior automação –, diminuição da quantidade de resíduos (lodo) gerados, ganho em qualidade da água tratada, algo de extrema

importância considerando a situação de diversificação de poluentes. As principais desvantagens são: o preço das membranas, que ainda é elevado, e o aumento do consumo de energia. Além disso, a adaptação da mão de obra a uma nova tecnologia já é um obstáculo à implementação. Diante desse problema e às adequações da legislação, cuja tendência é aumentar as exigências de qualidade da água tratada, a modernização do sistema de tratamento se faz necessária.

O presente estudo tem como objetivo a avaliação do tratamento de água por membranas ultrafiltrantes na ETA RJCS que utiliza as águas do Sistema Produtor Guarapiranga, cuja implantação foi devida à crise hídrica ocorrida entre os anos de 2014 e 2016. O sistema Guarapiranga é composto pelas represas Guarapiranga, Capivari e Billings (Braço Taquacetuba). A represa Guarapiranga, principal manancial, é de propriedade da Empresa Metropolitana de Águas e Energia – EMAE, e possui uma capacidade de armazenamento de 171 bilhões de litros de água, formando o segundo maior Sistema Produtor da Região Metropolitana de São Paulo. Seus principais afluentes são os Rios Embu Guaçu, Embu Mirim e Rio Parelheiros, bem como as águas transferidas das represas Billings e do rio Capivari através de estações elevatórias. A água captada na represa é encaminhada para a Estação de Tratamento de Água Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva responsável pelo abastecimento público de grande parte da zona sul e sudoeste da Grande São Paulo. Atualmente a produção alcança até 15 m³/s de água, para o sistema de ciclo completo. Devido à crise hídrica ocorrida entre os anos de 2014 a 2016, o governo do Estado de São Paulo decidiu aumentar a disponibilidade hídrica e iniciou, através de contratos por licitação, o projeto de tratamento de água por sistemas de membranas. A ampliação da ETA conta com um sistema de ultrafiltração por membranas e foi dividida em duas fases. A primeira fase, inaugurada em dezembro de 2014, produz 1m³/s e a segunda fase inaugurada em julho de 2015 produz mais 1m³/s.

Devido ao aumento da demanda de água potável na cidade de São Paulo e a grande necessidade de compensar a crise hídrica naquele momento, a Sabesp buscou, então, uma tecnologia que pudesse acrescentar 2 m³/s de produção de água em um período relativamente curto de projeto e que produzisse água de boa qualidade. Isto possibilitou que o novo aumento de produção de água tratada ajudasse a reduzir a retirada do Sistema Cantareira, permitindo ao Guarapiranga avançar em novas áreas, principalmente na região da Avenida Paulista.

A implantação das membranas fez parte do pacote de medidas que foram efetuadas para o enfrentamento da crise hídrica ocorrida entre os anos de 2014 e 2016 a fim de aumentar a disponibilidade hídrica na RMSP. Com as medidas emergenciais tomadas por causa da escassez de chuvas no Cantareira, o Sistema Guarapiranga tornou-se, em 2015, o principal sistema de abastecimento de São

Paulo. Além disso, foram levados em consideração a qualidade superior da água tratada, além da economia de espaço físico e da velocidade de implantação.

OBJETIVOS

Avaliar o sistema de ultrafiltração por membranas para tratamento de água quanto ao consumo e custo energético e a qualidade da água em relação ao sistema de ciclo completo, a partir do estudo de caso na ETA ERJCS.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho foi realizada em quatro etapas por um período total de dois meses. Na primeira etapa, foi feita uma pesquisa através de dados secundários referenciados neste trabalho a respeito das características da ETA ERJCS e do sistema de membranas da mesma. Na segunda etapa, foram executadas as etapas de operação do sistema de membranas, através de comando executado por programa específico, *KOCH membrane systems*, salvo nos casos em que houve necessidade de operação em local, e feitas as observações pertinentes a cada etapa do processo de funcionamento. Na terceira etapa, foram coletadas as informações referentes ao consumo e gasto de energia por meio de entrevista com pessoal especializado que atua na parte elétrica e instrumental, além de consulta de manuais técnicos e coleta de dados em campo tanto do sistema de membranas como de ciclo completo. Na quarta etapa, tratou-se da execução e avaliação dos resultados de análises laboratoriais para a verificação da qualidade da água a qual foi realizada no âmbito do Laboratório de operação da ETA ERJCS, responsável monitoramento do tratamento conforme os padrões de qualidade de água tratada para consumo humano referente à Portaria Revogada de Consolidação 5, anexo XX, (PRC5, anexo XX) aos limites internos de qualidade da ETA ERJCS e as metodologias de ensaios de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Foram feitas análises físico-químicas para efeitos de comparação em relação ao sistema de ciclo completo, portanto não foram realizados todos os parâmetros constantes na Portaria PRC5, anexo XX.

CARACTERIZAÇÃO DA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA

A ETA ERJCS é abastecida pelo Sistema produtor Guarapiranga o qual é o segundo maior produtor de água da RMSP, responsável por atender aproximadamente 4,9 milhões desta região. Está localizada em um bairro residencial próximo a vias de grande circulação na zona sul da capital paulista. Utiliza-se da água da represa

Guarapiranga por bombeamento 24 horas. Inicialmente, foi projetada para tratar 14,0 m³/s. A produção média é de 14,5 m³/s para o sistema de ciclo completo e de 1,0 m³/s no tratamento por membranas ultrafiltrantes, o que totaliza 15,5 m³/s. A área do tratamento é de, aproximadamente, 39.123 m². A água bruta é captada na estação elevatória por um conjunto de seis grupos moto - bombas e chega à estação por uma adutora de diâmetro 2.500 mm e 7,2 km de extensão. Possui basicamente uma câmara de chegada de água bruta onde ocorrem a mistura com coagulante, dois medidores de vazão nas duas adutoras de água coagulada, oito floculadores, oito decantadores de fluxo horizontal, 32 filtros rápidos por gravidade formados por carvão antracito e areia sobre camada suporte de pedregulho, instalações para estocagem de produtos químicos, quatro extintores de cal, seis cloradores, cinco evaporadores de cloro, dois reservatórios subterrâneos com capacidade total de 45.000 m³, dois reservatórios metálicos do tipo apoiado com 40.000 m³ de capacidade total e tanques de armazenamento de produtos químicos.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE MEMBRANAS DA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA

A implementação do Sistema de membranas ultrafiltrantes ocorreu devido à crise hídrica nos anos de 2014 e 2016 a fim de aumentar a disponibilidade hídrica na RMSP. Com as medidas emergenciais tomadas por causa da escassez de chuvas na região do Cantareira, o Sistema Guarapiranga se tornou o principal sistema de abastecimento de São Paulo em 2015. A utilização dessas membranas permite a redução no tempo de tratamento da água. O processo que demoraria duas horas, em média, passou a ser concluído entre 20 e 30 minutos. O funcionamento é automatizado e utiliza uma quantidade menor de produtos químicos. As membranas foram importadas da Alemanha.

A primeira fase do projeto foi concluída no final de 2014 sendo entregues seis módulos de unidades de ultrafiltração e a segunda fase foi concluída em agosto de 2015 sendo entregues mais seis módulos. Estes doze módulos totalizam um acréscimo de 2 m³/s de vazão para o tratamento.

A área total ocupada pelos doze *Skids* é cerca de 800,0 m². A área de todo o sistema é de, aproximadamente, 2.489 m².

A recuperação da água que entra no sistema é de 94%. Destes, 90% vai para o sistema de ciclo completo para ser tratada e 6% é descartado como efluente de acordo com os parâmetros de lançamento de efluentes líquidos do Decreto 8468/76. O gasto com produtos químicos é de, aproximadamente, R\$ 0,020/m³ para o sistema de membranas e de R\$ 0,057/ m³ para o de ciclo completo. (CAMELO, A.C.R.; COUTINHO, M., 2016)

O produto, denominado PURON® HF, é composto por módulos de membranas submersas com fibra oca reforçada fabricada em PVDF (fluoreto de polivinilideno) com poros de 0,03 μm , possui a maior densidade de empacotamento do mercado (2650 m^2) e uma tolerância a concentrações de sólidos suspensos superior a 1000 mg/L .

O sistema possui processos de retrolavagem, com auxílio de aeração, limpezas químicas de manutenção e recuperação, com ácido cítrico e hipoclorito de sódio, cujo objetivo é retirar as incrustações que se aderem aos poros da membrana.



Fotografia 1-Fileira de membranas para o módulo

Fonte: O autor, 2018.



Fotografia 2- Skid com membranas submersas em água decantada

Fonte: O autor, 2018.

OBTENÇÃO DE DADOS QUANTO AO CONSUMO E CUSTO ENERGÉTICO

Para o objetivo de avaliar consumo e o gasto de energia entre os dois sistemas, foram feitas pesquisas por meio de entrevistas com perguntas específicas para

dois profissionais especializados. Um profissional, cujo cargo é de encarregado responsável pelo setor de elétrica e instrumentação e formação na área de engenharia elétrica e outro cujo cargo é de instrumentista responsável pela manutenção de equipamentos e formação na área técnica de eletricidade. As medições de energia foram feitas através de aparelhos digitais medidores de grandezas elétricas de forma direta, medidores multiparâmetros, colocados em pontos específicos de medição onde ocorria a entrada de energia nas subestações para cada sistema de tratamento.

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PERMEADA

A fim de avaliar a qualidade da água que sai do sistema de membranas, foram realizados ensaios no laboratório de operação da ETA ERJCS, para os parâmetros de alumínio, cloro residual livre, cor, ferro, flúor, manganês, pH, turbidez. O laboratório atende às normas de qualidade para execução dos ensaios e à PRC 5, anexo XX, para os limites de cada parâmetro. Os dados coletados referem-se à média mensal de cada parâmetro obtida no ano de 2017 e estão apresentados nas Tabelas 2 e 3 no Capítulo Resultados e Discussões, mais adiante. Para a execução dos ensaios foram utilizados os métodos referenciados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do sistema de membranas teve como base a necessidade da escolha de pré-tratamento a qual estava atrelada às características da água bruta para que as membranas pudessem operar com os parâmetros requeridos pelo fabricante, a área requerida, a qualidade da água tratada e os custos de implantação, operação e manutenção. Através de informações técnicas, foi determinada a área requerida pelo sistema de membranas e o número de *skids* necessários para a vazão de produção da ETA. O tipo de membrana e o fabricante são de suma importância para implementação do sistema que está atrelado a cada tipo de tratamento, no caso, água para consumo. As informações técnicas geralmente especificam um ou mais parâmetros para a filtração direta. Tais parâmetros são importantes, pois definem a capacidade de filtração e a eficiência das membranas.

Segundo Tian et. Al (2013), em seu estudo sobre a correlação entre importante deteriorante de membranas ultrafiltrantes e a resistência dessas membranas, o principal indicador de deterioração das membranas, que também será um indicador de custos operacionais e eficiência do sistema, são os biopolímeros, macromoléculas como polissacarídeos e proteínas, apresentando uma correlação considerada muito forte entre concentração dessas substâncias e a deterioração das membranas. Outro

fator a ser considerado é a matéria particulada, representada tanto pelos sólidos suspensos quanto pela turbidez, podendo ser utilizada como indicador principal de deterioração, o que indica a necessidade do pré-tratamento ou não dependendo dos valores. Estes fatores foram verificados quando houve bastante alarmes de alerta no sistema de membranas devido à presença destas partículas.

O pré-tratamento tem como objetivo obstruir substâncias causadoras de deterioração da membrana. Essas substâncias causam diminuição gradativa do fluxo de água, o que é operacional e economicamente ruim. Arhin et al (2016) faz uma revisão das principais técnicas de pré-tratamento e sua relação com o controle da deterioração das membranas. Dentre elas, coagulação, adsorção em carvão ativado e resinas de troca iônica. Segundo Kabsch-Korbutowics, Bilyc e Molczan (2006) e Bing-zhi et al (2007) as matérias orgânicas naturais na água a ser tratada são consideradas as principais substâncias responsáveis pela deterioração do fluxo. Na ETA ERJCS, por conta destes e outros interferentes que afetariam o processo de tratamento com membranas, a água utilizada para tratamento passou a ser da água bruta para a água decantada a fim de evitar rápida deterioração das membranas. Foi observado que durante a aplicação de carvão ativado na água bruta para remoção de gosto e odor, mesmo utilizando-se água decantada, as partículas de carvão causam um entupimento progressivo no sistema de membranas que causam deterioração do fluxo. Por isto, ao ser aplicado carvão ativado na água bruta, para remoção de gosto de odor na represa Guarapiranga, e esta estiver sendo utilizado diretamente no sistema de membranas ou utilizando-se água decantada cujo número de partículas de carvão é bem menor, foi necessário parar o sistema de membranas para não promover o entupimento dos poros. Caso contrário, deveria ser feito um pré-tratamento para remoção das partículas de carvão ativado.

Quanto à área requerida, foi determinado pelo projeto proposto levando-se em consideração o volume de água a ser tratado para avaliar a quantidade de *skids*, bombas, pré filtros, sopradores, compressores, área de armazenamento e dosagem de produtos químicos e sala de painéis elétricos e de comandos. Os *skids* reúnem um conjunto de membranas e tubulações já pré-alocados que necessitam somente a interligação ao sistema principal de tubulações e bombas para entrar em funcionamento. Assim como as membranas individuais, possuem vazão de produção estimada, já considerando as perdas com retrolavagem. Além disso, requerem uma área pré-calculada, que é exposta nas informações do produto. A área necessária para o sistema de ciclo completo é cerca de seis vezes mais do que o sistema de membranas para atender a uma mesma vazão. Para este cálculo foi levado em consideração a área do sistema de ciclo completo que envolveram os floculadores, decantadores e filtros cuja relação área/volume foi de 2.239,9 m²/m³. Para o sistema de membranas foi levado em consideração a área dos *Skids*

cuja relação área/volume foi de $400,0 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Logo, $2.239,9 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3} / 400,0 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3} = 5,6$. Quanto à demanda de energia e aos custos energéticos, foram obtidos os valores conforme Tabela 1 a seguir.

Dados	ETA Membranas	ETA Ciclo Completo
Consumo Kwh/ m^3	0,090	0,017
*Custo R\$/ 1000 m^3	24,300	4,590

Tabela 1-Comparação do consumo e gasto de energia entre os sistemas de Membranas de Ultrafiltração e de Ciclo Completo no ano de 2017.

*Valor médio de R\$ 0,27 do kwh para região sudeste do Brasil, para serviço de saneamento, ano de 2017.

Fonte: O autor, 2018.

De acordo com os dados da Tabela 1, o consumo e o custo de energia para o sistema de membranas são cerca de cinco vezes a mais do que o de ciclo completo.

No quesito custos de implantação, o custo inicial é o mais elevado pois está relacionado ao investimento, principalmente, na aquisição dos materiais. Segundo Mierzwa et al (2008), o custo de aquisição de membranas pode ser de quase 50% do investimento inicial total. O custo torna-se competitivo em relação ao sistema de ciclo completo com carvão ativado em termos de qualidade, ou seja, para que este alcance a mesma qualidade do sistema de membranas seu custo seria aumentado. Segundo dados da Sabesp, o custo inicial do sistema de membranas ultrafiltrantes é 25% maior do que o sistema de ciclo completo (SABESP, 2016).

Quanto à qualidade da água, a filtração por membranas é uma técnica promissora por remover pesticidas e outros micropoluentes orgânicos da água. A retenção dos compostos depende de sua natureza, sendo fortemente influenciada pelo material aplicado na membrana, dependendo, também, da composição da água bruta e das condições de processo. Segundo Snyder et al (2007) mostra que membranas ultrafiltrantes podem ser eficientes para bloquear o triclosan (rejeição de 87,5%), embora sejam pouco eficientes para bloquear cafeína (rejeição de 7%), ibuprofeno (rejeição de 8,3%) e carbamapexina (rejeição de 15, 7%). A remoção de *Giárdia* e *Cryptosporidium* é de 99,9 %, há ausência de coliformes fecais para uma amostra de 100 ml e eliminação acima de 95,0% para partículas de tamanho até $20,0 \mu\text{m}$ (CENTROPROJEKT, 2016). Conforme já citado, as membranas utilizadas possuem poros de $0,03 \mu\text{m}$ o que promove a remoção de partículas, substâncias, vírus e bactérias nesta faixa. A Figura 6 exemplifica a grande vantagem na remoção de compostos cujos tamanhos são maiores do que o tamanho dos poros na ultrafiltração.

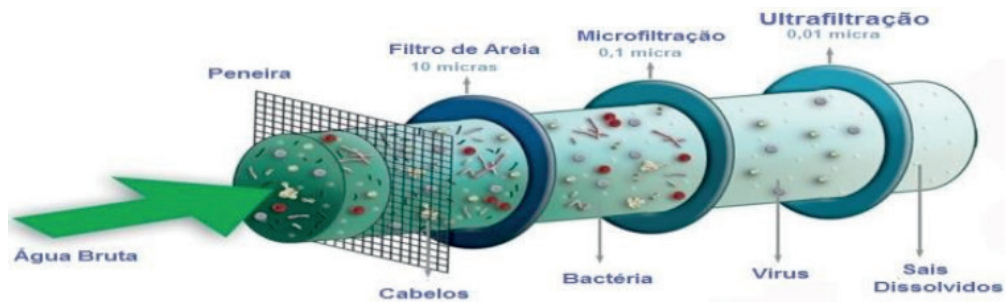


Figura 6-Representação da retenção de compostos de acordo com o tamanho do poro da membrana

Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/ultrafiltracao> (2018).

A fim de verificar a eficiência na remoção de alguns compostos presentes na água, foram realizados ensaios no laboratório de operação da ETA ERJCS cujos resultados encontram-se nas Tabelas 2 e 3 a seguir.

	Cor (UC)	pH	Turbidez (NTU)*	Cloro residual livre (mg/L)	Fluoreto (mg/L)
PRC 5 /2017***		Entre	5,000 uT	5,000	1,500
VMP	15 uH**	6,0 e 9,500			
Janeiro	2,900	6,320	0,100	0,980	0,080
Fevereiro	3,100	6,320	0,090	0,720	0,100
Março	2,500	6,560	0,090	1,200	0,008
Abril	3,000	6,500	0,090	1,120	0,008
Maio	2,600	6,290	0,120	1,150	0,007
Junho	2,500	6,330	0,080	0,820	0,009
Julho	2,000	6,410	0,080	0,950	0,008
Agosto	2,300	6,390	0,110	1,200	0,006
Setembro	2,900	6,190	0,100	0,850	0,007
Outubro	2,100	6,270	0,090	0,770	0,009
Novembro	2,200	6,420	0,090	1,200	0,007
Dezembro	2,500	6,790	0,100	0,850	0,009

Tabela 2-Valores dos Parâmetros monitorados da água tratada pelo Sistema de Membranas por Ultrafiltração da ETA Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva no ano de 2017.

Média	2,550	6,339	0,095	0,984	0,021
	Alumínio	Ferro	Manganês		
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)		
PRC 5 /2017 ***	0,200	0,300	0,100		
VMP					
Janeiro	0,020	0,005	0,012		
Fevereiro	0,010	0,019	0,015		
Março	0,025	0,008	0,025		
Abril	0,023	0,017	0,008		
Maiο	0,029	0,001	0,014		
Junho	0,023	0,005	0,006		
Julho	0,010	0,005	0,005		
Agosto	0,024	0,003	0,028		
Setembro	0,018	0,004	0,012		
Outubro	0,026	0,006	0,010		
Novembro	0,014	0,005	0,008		
Dezembro	0,013	0,006	0,006		
Média	0,020	0,007	0,012		

Tabela 2-Valores dos Parâmetros monitorados da água tratada pelo Sistema de Membranas por Ultrafiltração da ETA Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva no ano de 2017.

*1NTU equivale a 1uT.

**1uH equivale a 1UC.

*** VMP-Valor máximo permissível para água final da Portaria Revogada Consolidação nº 5, anexo XX.

Fonte: O autor,2018

Cor (UC)	pH	Turbidez	Cloro	Fluoreto
		(NTU)*	residual livre	(mg/L)
			(mg/L)	
Tabela 3-Valores dos Parâmetros monitorados da água tratada pelo Sistema de Ciclo Completo da ETA Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva no ano de 2017.				
(Continua)				

PRC 5		Entre 6,0	5,000 UC	5,000	1,500
/2017***	15 uH**	e 9,5			
VMP					
Janeiro	3,200	6,089	0,320	1,750	0,109
Fevereiro	3,500	6,112	0,260	1,365	0,098
Março	2,900	5,962	0,310	1,552	0,122
Abril	3,200	5,996	0,390	1,856	0,129
Maiο	3,100	6,002	0,410	1,645	0,102
Junho	2,800	6,125	0,260	1,335	0,089
Julho	3,300	6,254	0,270	1,023	0,139
Agosto	3,400	5,986	0,290	1,556	0,144
Setembro	2,900	5,965	0,330	1,340	0,109
Outubro	3,000	6,105	0,280	1,268	0,124
Novembro	3,100	5,992	0,350	1,026	0,119
Dezembro	3,300	6,002	0,350	1,754	0,123
Média	3,142	6,049	0,318	1,456	0,117

PRC 5	Alumínio	Ferro	Manganês
/2017***	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
VMP	0,200	0,300	0,100
Janeiro	0,063	0,010	0,018
Fevereiro	0,055	0,010	0,022
Março	0,066	0,018	0,015
Abril	0,075	0,023	0,017
Maiο	0,069	0,020	0,024
Junho	0,082	0,025	0,033
Julho	0,063	0,009	0,014
Agosto	0,070	0,018	0,023
Setembro	0,056	0,009	0,018
Novembro	0,062	0,010	0,025
Dezembro	0,059	0,011	0,015
Média	0,065	0,014	0,020

Tabela 3-Valores dos Parâmetros monitorados da água tratada pelo Sistema de Ciclo Completo da ETA Engenheiro Rodolfo José Costa e Silva no ano de 2017.

*1NTU equivale a 1uT.

**1uH equivale a 1UC.

*** VMP-Valor máximo permissível para água final da Portaria Revogada Consolidação nº 5, anexo XX.

Fonte: O autor,2018

A partir dos resultados obtidos foi verificado que os valores dos dois tipos de sistemas estiveram bem abaixo do limite máximo permissível pela Portaria PRC5/2017 para a água final. A referência foi da água final, pois esta é a distribuída para o consumo. A Portaria não possui valores dos parâmetros de potabilidade para água filtrada, somente para a turbidez cujo valor máximo permissível é de 0,500 NTU. De acordo com os dados das tabelas 2 e 3, ao comparar o sistema de membranas em relação ao de ciclo completo, houve remoção, a mais, de 18,79% de cor, 31,80% de turbidez, 32,42% de cloro livre, 82,05% de flúor, 69,23% de alumínio, 64,28% de ferro, e 40,00% de manganês. Os compostos causadores de gosto e odor, Metilisoborneol e Geosmina, não puderam ser executados devido a restrições internas naquele período. Somente foram obtidos os valores para a água final. Foram encontradas as médias anuais de 45,0 ng/L para o MIB e valores abaixo de 4,0 ng/L para a GEO apenas para tratamento no sistema de ciclo completo associado à aplicação de carvão ativado. Estes parâmetros foram realizados pelo método da AWWA ,1987 realizados no laboratório da ETA Guaraú, através de cromatografia gasosa com espectrometria de massa. É importante ressaltar que quando ocorrem florações de algas responsáveis pela formação destes compostos é feita a aplicação de carvão ativado antes da entrada de água bruta na ETA, pois somente o sistema de ciclo completo não é capaz de fazer sua adequada remoção. Devido à ausência de dados para a remoção de tais compostos, uma vez que estes parâmetros não são analisados para a água que sai do sistema de membranas já que ela se mistura com água do tratamento de ciclo completo na etapa final do tratamento, foi necessário recorrer a pesquisas referenciadas. Segundo Reiss et al (2006), em estudos no rio Hillsborough, Flórida, no processo de tratamento químico associado à coagulação/floculação /sedimentação houve remoção de 71% de MIB enquanto que, para os processos de microfiltração e ultrafiltração associado à baixa dosagem de coagulante, houve remoção de 5% a 14% deste composto. Para o composto GEO, no processo de tratamento químico associado à coagulação/floculação /sedimentação houve remoção de 78% e para os processos de microfiltração e ultrafiltração houve remoção de 28% a 42% deste composto. Para águas superficiais de um manancial com alta carga orgânica, os processos de microfiltração e ultrafiltração por membranas teve a remoção de 5% a 40% para estes compostos.

CONCLUSÕES

Através dos dados apresentados, fica evidente que o tratamento de água por membranas ultrafiltrantes representa uma alternativa tecnológica para tratamento de água com alta qualidade, uma vez que a membrana retém compostos de até 0,03 µm. Devido às características da água bruta proveniente da represa Guarapiranga

possuir turbidez considerada alta para os parâmetros da membrana e considerável quantidade de substâncias poluentes oriundas de efluentes industrial e doméstico, foi necessário realizar um pré-tratamento na água ao invés de ocorrer a filtração direta nas mesmas. Caso contrário, a operação poderia ficar inviável devido a problemas constantes de deterioração do fluxo e reposição de membranas. A ETA ERJCS possui o tratamento de ciclo completo, assim empregou-se a água da etapa de decantação para posterior tratamento na ultrafiltração. O problema da presença de poluentes emergentes nas águas utilizadas para tratamento é uma constante preocupação, pois muitos deles não podem ser totalmente removidos pelo tratamento de ciclo completo, o que potencialmente significaria a presença desses poluentes na água consumida. Com a utilização das membranas ultrafiltrantes muitos destes são eliminados devido à sua maior seletividade pelo tamanho dos poros. Tal processo pode ser otimizado com a associação deste tratamento a outros como o método CRISTAL, associação de carvão ativado e ultrafiltração. Quanto aos custos de implantação do sistema de membranas, os mais expressivos foram os custos de aquisição das membranas, cerca de 25% do custo inicial. Os custos de operação e manutenção necessitam de maiores reservas de capital devido, respectivamente, ao aumento da demanda de energia e da reposição dos componentes do sistema, como bombas e válvulas, que tem custos elevados.

As membranas necessitam operar dentro dos limites especificados pelo fabricante para que não haja o desgaste e ou obstrução das mesmas. O monitoramento dos valores das variáveis do processo, como pressão, temperatura ou consumo de produtos químicos é de suma importância, pois valores anormais indicam alguma anomalia no processo. Como exemplo, valores de pressão altos no processo de retrolavagem indicam uma grande quantidade de partículas de sujeiras acumuladas na superfície da membrana.

Devido às leis mais rigorosas e diminuição da disponibilidade de fontes adequadas de águas brutas, tanto em qualidade como em quantidade, faz com que mais pesquisas se façam necessárias sobre o uso de processos de filtração por membranas para a produção de água potável tornando uma alternativa ao tratamento ciclo completo. O tipo de membrana, a escolha de um tratamento específico, combinado ou associado (coagulação, CAP, oxidação, Cristal) interferem na qualidade da água desejada.

Os principais custos do sistema de ciclo completo são mão de obra, produtos químicos e disposição de lodo, e os do sistema de membranas ultrafiltrantes são energia e manutenção. O custo com energia deve ser destacado, podendo representar aproximadamente 50% dos custos operacionais do sistema de membrana (MIERZWA, 2008). Na ETA ERJCS o gasto e custo energético para o sistema de membranas ultrafiltrantes foi cerca de quatro vezes maior devido a maior quantidade

e diversidade de componentes como bombas, compressores e sopradores de ar, válvulas elétricas entre outros. Entretanto, este último necessita de uma área cerca de duas vezes menor para uma mesma vazão. Não houve produção de lodo e os custos com produtos químicos foram ,aproximadamente, três vezes menor para o sistema de membranas por metro cúbico de água tratada (CAMELO, A.C.R.; COUTINHO, M.,2016).Os benefícios observados, desde o início de operação do sistema foram o não acúmulo de produtos dentro da membrana, uma vez feitos os processos de limpeza indicados, o que viabiliza a operação contínua, não há necessidade de produtos químicos no tratamento de água bruta, uma vez que foi utilizada água do processo de decantação (pré-tratamento), a planta é compacta e automatizada, a área requerida é menor do que para uma estação de tratamento ciclo completo, há a obtenção de água tratada de melhor qualidade devido ao tamanho dos poros da membrana (0,03 μm) o que promove a remoção de partículas, substâncias, vírus e bactérias nesta faixa. Como já foi citado, o sistema de ultrafiltração possui a capacidade de produzir água de qualidade e atende à portaria PRC5 anexo XX a qual, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Dos valores constantes nas tabelas 2 e 3, foram constatados que, do sistema ciclo completo para o sistema de membranas de ultrafiltração, houve melhor remoção dos parâmetros analisados. No sistema de membranas por ultrafiltração, segundo estudos realizados por Reiss et al (2006), a remoção destes compostos não chega a ser maior do que 40% para um manancial de água superficial de alta carga orgânica como a da represa Guarapiranga. O que significa que seria necessária uma associação de técnica para melhorar a eficiência da remoção.

Os inconvenientes no sistema são o aumento da demanda de energia, a possível necessidade de pré-tratamento da água bruta a fim de não obstruir muito rapidamente a membrana, as reposições de peças podem ser mais demoradas e caras por serem de origem estrangeira e por representar uma tecnologia relativamente mais nova.

Pode-se concluir que os custos elevados podem ser compensados quando se pretende obter uma água de igual qualidade através do tratamento de ciclo completo associado a outras técnicas de pré tratamento e representa uma tecnologia que não utiliza produtos químicos no tratamento, somente nos processos de limpeza com uso do hipoclorito de sódio e do ácido cítrico, não há geração de lodos e opera automaticamente. Devido à seletividade dos poros da membrana utilizada serem de 0,03 μm , houve uma maior remoção de substâncias, vírus e bactérias nesta faixa o que representa uma melhoria na qualidade da água para abastecimento público.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington: APHA, 2017.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Identification and treatment of taste and odors in drinking water**. Denver, AWWARF, December, 1292p.
- ARHIN,S.G.; BANADDA,N.;KOMAKECK,A.J.;KABENGE,I.;WANYAMA,J. **Membrane fouling control in low pressure membranes: A review on pretreatment techniques for fouling abatement**. Department of Agricultural and Bio-Systems Engineering, Makerere University, P.O. Box 7062, Kampala, Uganda, 2016. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/304794446_Membrane_fouling_control_in_low_pressure_membranes_A_review_on_pretreatment_techniques_for_fouling_abatement>. Acesso em 27 de set. de 2018.
- AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Microfiltration and Ultrafiltration Membranes for Drinking Water**. Journal-American Water Works Association, v. 100, n. 12, p. 84-97, 2008.
- BING-ZHI, D.; HUA-QIANG, C.LIN, W.et el.**The removal of bisphenol A by follow fiber microfiltration membrane**. Desalination, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde.Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017.Disponível em: < http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-de-consolidacao-5-2017_356387.html >. Acesso em 05 de dez.de 2018.
- CAMELO, A.C.R.; COUTINHO, M. ETA – **Sabesp-Alto da Boa Vista: Implantação da maior ultrafiltração para água potável do Brasil**. São Paulo, CentroProjekt do Brasil, 2016.Disponível em :< <https://docplayer.com.br/14906571-Eta-sabesp-alto-da-bos-vista-implantacao-da-maior-ultrafiltracao-para-agua-potavel-do-brasil-anna-carolina-raposo-camelomauro-coutinho.html>>. Acesso em 31 jul.2018.
- CENTROPROJEKT BRASIL. Disponível em http://www.centroprojekt-brasil.com.br/07_obras.htm. Acesso em 01 set.2018.
- KABISCH-KORBUTOWICZ,M.;BILYK,A.;MOLCZAN,M.**The Effect of Feed Water Pretreatment on Ultrafiltration Membrane Performance** .Polish journal of environmental studies ,v.15,n.15,2006.
- KOCH Membrane Systems Inc. **Manual de Operação e Manutenção – Módulo PURON® HF**, 124,2015.
- MIEZERWA, J.C. SILVA, M.C.C. DA; RODRIGUES, L.D.B. HESPANOL, I. **Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas ciclo completo e ciclo completo com carvão ativado**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13,2008.
- REISS C.R.; ROBERT, C.; OWEN, C.; et al. (2006). **Control of MIB, Geosmin and TON by membrane systems**. *Journal of Water Supply Research and Technology - AQUA*, v. 55, n. 2, p. 95-108.
- ROSEN, G. **Uma história da Saúde Pública**. São Paulo; Hucitec: Universidade Estadual Paulista; Rio de Janeiro: associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, 1994.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo- **ETAs ALTO DA BOA VISTA e RIO GRANDE: Implantação de Tratamento de Água por Membranas de Ultrafiltração**. Caminhos da Engenharia- Capítulo X – Crise Hídrica em São Paulo, 2016. Disponível em < <https://ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot10314.pdf>> Acesso em 31 de jul. de 2018.

SÃO PAULO. Decreto Estadual n. 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 09 set. 1976. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-846808.09.1976.html>>. Acesso em: 05 de dez. de 2018.

SNYDER, S.A. et al. **Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals**. *Desalination*, v.202, 2007.

TIAN, J.; ERNST, M.; CUI, F.; JEKEL, M. **Correlations of relevant membrane foulants with UF membrane fouling in different waters**. *Water research*, v. 47, n. 3, p. 1218-1228, 2013.

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