



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
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 Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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 Internazionele delle Figlie de 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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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 Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
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
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910 1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 628.362
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, 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 interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. 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.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909101	
CAPÍTULO 2	17
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
DOI 10.22533/at.ed.9421909102	
CAPÍTULO 3	29
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909103	
CAPÍTULO 4	37
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9421909104	
CAPÍTULO 5	51
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.9421909105	
CAPÍTULO 6	61
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
DOI 10.22533/at.ed.9421909106	

CAPÍTULO 7	74
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
Maria Cristina Scarpari Juliana Ninov Márcia Antonia Bartolomeu Agustini Fabio Orssatto	
DOI 10.22533/at.ed.9421909107	
CAPÍTULO 8	92
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
Isadora Alves Lovo Ismail Angela Di Bernardo Dantas Luiz Di Bernardo Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato Mateus Ancheschi Roveda Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.9421909108	
CAPÍTULO 9	105
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
Nathalia Oliveira dos Santos Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.9421909109	
CAPÍTULO 10	118
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Luciano Dias Xavier Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.94219091010	
CAPÍTULO 11	131
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
Rafael Diego Barbosa Soares Carlos Ernando da Silva Ronne Wesley Lopes da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.94219091011	
CAPÍTULO 12	141
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Herbert Torres Gilson Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.94219091012	

CAPÍTULO 13	156
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner	
Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.94219091013	
CAPÍTULO 14	168
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto	
Camila de Fátima Lustosa	
Gabriele Sabbadine	
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati	
Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena	
Luciane de Souza Oliveira Valentim	
DOI 10.22533/at.ed.94219091014	
CAPÍTULO 15	180
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto	
Luciano Senff	
Simone Malutta	
Rubia Lana Britenbach Meert	
Bruno Borges Gentil	
DOI 10.22533/at.ed.94219091015	
CAPÍTULO 16	194
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo	
Aline Doria de Santi	
Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques	
Tadeu Fabrício Malheiros	
Natália Molina Cetrulo	
DOI 10.22533/at.ed.94219091016	
CAPÍTULO 17	203
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo	
Alexandre Saron	
DOI 10.22533/at.ed.94219091017	
CAPÍTULO 18	218
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão	
Ênio Pontes de Deus	
Antônio Eduardo Bezerra Cabral	
Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva	
Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091018	

CAPÍTULO 19	231
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.94219091019	
CAPÍTULO 20	244
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris	
DOI 10.22533/at.ed.94219091020	
CAPÍTULO 21	254
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane	
DOI 10.22533/at.ed.94219091021	
CAPÍTULO 22	267
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.94219091022	
CAPÍTULO 23	276
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091023	

CAPÍTULO 24	287
ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS	
<p>Viviane Nascimento da Silva e Sá Fabiana Valéria da Fonseca Leila Yone Reznik Tito Lívio Moitinho Alves</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091024	
CAPÍTULO 25	300
ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA	
<p>Ajadir Fazolo Alisson Luiz Boeing Kátia Valéria Marques Cardoso Prates Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann Rafael Coelho Ciciliato Rafaella Oliveira Baracho</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091025	
CAPÍTULO 26	311
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
<p>Demian da Silveira Barcellos Harry Alberto Bollmann</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091026	
CAPÍTULO 27	330
II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO	
<p>Evanildo Pereira de Lima Helder Guimarães Aragão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091027	
CAPÍTULO 28	339
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
<p>Juliana Guasti Lozer Victor Correia Faustini Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis Nadja Lima Gorza Renata Maia das Flores</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091028	
CAPÍTULO 29	351
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
<p>Sâmia Rafaela Maracaípe Lima Eduardo Ueslei de Souza Siqueira Layse de Oliveira Portéglio Mainara Generoso Faustino</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091029	

CAPÍTULO 30	363
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra Viktor Oswaldo Cárdenas Concha Reinaldo Gaspar Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.94219091030	
CAPÍTULO 31	379
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira Yldeney Silva Domingos Luara Musse de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.94219091031	
SOBRE O ORGANIZADOR	391
ÍNDICE REMISSIVO	392

PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS

Luciano Dias Xavier

Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ.

Rio de Janeiro – RJ.

Lídia Yokoyama

Professor Associado II do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Doutorado em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro – RJ.

Vanessa Reich de Oliveira

Engenheira Química pela ENEVA. Mestre em Energy Systems and Environment – University of Strathclyde.

Rio de Janeiro – RJ.

Gabriel Travagini Ribeiro

Engenheiro nas áreas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no setor elétrico pela empresa EDP Energias do Brasil. Engenharia de Energia, Engenharia Ambiental e Urbana e Bacharelado em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do ABC.

São Paulo - SP.

RESUMO: Usinas termelétricas requerem uma quantidade significativa de água. Além disso, há uma necessidade de condicionar a qualidade da água para cada uso específico. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o processo de dessalinização da água do mar através

de uma combinação de processos físicos e químicos, como coagulação-floculação, filtração de areia e microfiltração como pré-tratamento à osmose inversa. Testes de coagulação e floculação com PACI (cloreto de polialumínio) e polímeros floculantes foram testados. A combinação de dosagens de PACI de 30 mg/L e 0,3 mg/L de polímero aniônico Nalclear 8173 permitiu a redução dos valores de turbidez para abaixo de 1 NTU. O permeado da microfiltração apresentou melhor qualidade como água de alimentação para a osmose inversa, sendo indicativo de substituição aos atuais projetos de usinas com filtro cartucho.

PALAVRAS-CHAVE: Osmose inversa; Coagulação; Floculação; Microfiltração; Água salina.

PRETREATMENT OF SEAWATER TO REVERSE OSMOSIS SYSTEM IN THERMAL POWER PLANTS

ABSTRACT: Thermal power plants require a significant amount of water. In addition, there is a need to condition water quality for each specific use. The main objective of this work is to evaluate the seawater desalination process through a combination of physical and chemical processes, such as coagulation-flocculation, sand filtration and microfiltration as reverse

osmosis pretreatment. Coagulation and flocculation tests with PACl (polyaluminium chloride) and flocculant polymers were tested. The combination of PACl dosages of 30 mg/L and 0.3 mg/L Nalclear 8173 anionic polymer allowed turbidity to be reduced below 1 NTU. The microfiltration permeate showed better quality as feed water for reverse osmosis, being indicative of replacement to the current projects of cartridge filter plants.

KEYWORDS: Reverse osmosis; Coagulation; Flocculation; Microfiltration; Saline water.

1 | INTRODUÇÃO

A usina termelétrica Itaqui é o primeiro empreendimento da Eneva no Maranhão. Localizada no Distrito Industrial de São Luís e movida a carvão mineral, a usina está em operação comercial desde fevereiro de 2013, com capacidade para gerar 360 MW de energia.

Itaqui capta água salina do mar para utilização em sistemas de caldeira para geração de energia. Esta água passa por etapas de coagulação-floculação, filtro multimídia, filtro cartucho e osmose inversa. No entanto, o sistema de filtro cartucho é repostado várias vezes ao longo do ano, gerando custo para o processo, além do fato das membranas de osmose inversa possuírem tempo de vida útil operacional menor do que o projetado, em decorrência da presença de alumino silicatos, agredindo sua estrutura.

A osmose inversa é de longe o mais difundido tipo de processo de dessalinização. É capaz de rejeitar quase toda a matéria coloidal ou dissolvida a partir de uma solução aquosa, produzindo uma corrente de salmoura concentrada e uma corrente de permeado que consiste de água quase pura. Embora seja usada para concentrar substâncias, o seu uso mais frequente reside nas aplicações de dessalinização (BAKER, 2004; FRITZMANN et al., 2007; HABERT et al., 2006).

Para assegurar desempenho estável, em longo prazo, o pré-tratamento deve fornecer água de alimentação de alta qualidade, independentemente da flutuação da qualidade da água bruta, sendo essencial para a operação da usina. O pré-tratamento serve para reduzir o potencial de incrustação, aumentar a vida da membrana da osmose inversa, manter a eficiência do processo e minimizar o fouling na superfície da membrana (AL-MALEK et al., 2005).

O pré-tratamento é um passo de processo cuidadoso para evitar danos às membranas. A coagulação-floculação é um processo usado para agregar colóides e partículas dissolvidas em flocos maiores, que podem ser removidos por processos de sedimentação ou flotação, dependendo das características dos flocos serem coesivos ou grumosos, respectivamente (JINMING et al., 2002; DI BERNARDO & DANTAS, 2005).

Pré-tratamento convencional geralmente usa coagulação-floculação,

sedimentação, filtro de areia e filtro cartucho. Com o declínio da qualidade da água e diminuição dos custos, surgiram projetos de utilização de pré-tratamento por membrana antes do estágio de osmose inversa como uma alternativa ao pré-tratamento convencional. Membranas de micro e ultrafiltração são opções alternativas consideráveis e estima-se que o pré-tratamento por membrana cresça rapidamente nos próximos anos (VIAL et al., 2003).

O objetivo deste trabalho é simular em escala laboratorial etapas de pré-tratamento que conduzam ao maior tempo de vida útil das membranas de osmose inversa, através de uma combinação de processos físicos e químicos, como coagulação-floculação, filtração de areia e microfiltração, gerando como produto final, um permeado com maior qualidade para alimentação de sistemas de osmose inversa.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram recebidas amostras oriundas da Usina Termelétrica Itaquí no Laboratório de Tratamento de Águas e Reuso de Efluentes (LabTare) da UFRJ. Os volumes recebidos foram 150L da água de captação em maré baixa e alta do dia 28 de Outubro de 2015.

O parâmetro sólidos foi determinado através de análise gravimétrica. A turbidez foi avaliada com o auxílio de um turbidímetro. Os parâmetros condutividade e pH foram determinados através de método potenciométrico, enquanto a análise de alcalinidade foi realizada através de método titulométrico. Os parâmetros cloro residual livre e total, cor, sílica reativa, DQO e alumínio foram obtidos com o auxílio de um espectrofotômetro modelo HACH DR 2800. A determinação de carbono orgânico dissolvido foi realizada utilizando-se um analisador de carbono modelo TOC-Vwp acoplado a um amostrador automático modelo ASI-V, ambos da marca Shimadzu® e controlados por software TOC Control-V Shimadzu®. Análises de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e dureza total foram realizadas através de cromatografia líquida (930 Compact IC Flex 1). O parâmetro Óleos & Graxas foi determinado pela técnica de espectrometria na região de Infravermelho. O equipamento utilizado foi o Infracal TOG/TPH, modelo HATR-T, marca Wilks Enterprise.

A. Coagulação-floculação

Os testes de coagulação foram realizados com o coagulante Cloreto de polialumínio (PACl) por ser o utilizado na Unidade Industrial e por trazer a grande vantagem de não consumir alcalinidade do meio quando adicionado na água e conseqüentemente, provoca pouca variação no pH. Para avaliar as condições de coagulação / floculação / sedimentação, testes foram conduzidos em equipamento de Jar Test.

Os ensaios de Jar test foram realizados a partir dos dados de projeto fornecidos

pela ENEVA, com reprodução das condições operacionais do clarificador em relação os tempos de agitação rápida e lenta e as velocidades de agitação rápida e lenta. A partir de testes preliminares, procurou-se trabalhar com concentrações de coagulante de 20, 30, 40, 50, 60 e 70 mg/L, assim como variando as concentrações de polímero floculante de 0,1, 0,2 e 0,3 mg/L. Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- ü Influência do pH para coagulação, com varredura de diferentes faixas de pH;
- ü Diferentes concentrações de coagulante PACI (Al_2O_3 – 18% m/m);
- ü Clarificação com polímeros auxiliares de floculação.

A.1. Influência do pH para a coagulação

Inicialmente foram realizadas as medidas de pH e turbidez das amostras brutas (antes do ensaio de clarificação). Após a adição de PACI na concentração de 60 mg/L, o pH das amostras foram corrigidos para os valores na faixa de 5,0 a 10,0, utilizando ácido sulfúrico e hidróxido de sódio 10%. Os ensaios foram realizados nas seguintes condições de operação do Jar Test (Tabela 1).

Volume de água bruta	500 mL
Velocidade de mistura rápida	100 rpm
Tempo de mistura rápido	1 min
Velocidade de mistura lenta	40 rpm
Tempo de mistura lenta	15 min
Tempo de sedimentação	20 min

Tabela 1 – Dados do Jar Test.

A.2. Definição da concentração de PACI

Foram testadas dosagens de PACI varrendo-se faixas de concentração de 20 a 70 mg/L a fim de obter menores valores de turbidez, atentando ao fato de que concentrações de turbidez abaixo de 5 mg/L são requeridas para a planta.

A.3. Clarificação com polímeros auxiliares de floculação

Considerando a influência das características da água a ser tratada na dosagem de coagulante a ser aplicada, estudos adicionais foram conduzidos para determinar a aplicação ótima de auxiliares de coagulação / floculação, juntamente com o coagulante primário. A utilização de polímeros auxiliares de floculação pode ser sugerida para aumentar a eficiência do processo, avaliando a sua turbidez no final do Jar test. Assim, realizaram-se testes preliminares com os polímeros descritos na Tabela 2, variando a sua concentração de 0,1 a 0,3 mg/L.

Polímeros	
Aniônico	Nalclear 8173
	Magnafloc LT27
Catiônico	Nalco 8110 pulv

Tabela 2 – Polímeros floculantes utilizados.

B. Ensaio com filtro de areia

As amostras foram filtradas em coluna de areia com granulometria média no valor de 1,00 mm, utilizando bomba peristáltica com vazão de operação de 0,1 L/min, diâmetro do leito de 2,8 cm e altura de 57 cm. Estas condições foram reduzidas em escala a partir do projeto original.

A tendência de bloqueio das membranas pode ser avaliada em testes específicos como o Índice de elementos siltosos (SDI). O equipamento básico, consiste de um sistema de filtração pressurizada equipado com filtros de 0,45 μm de porosidade e diâmetro de 47mm. A amostra é filtrada a uma pressão de 30 psig (TAYLOR & JACOBS, 1996). O SDI é calculado a partir de três intervalos de tempo: o primeiro intervalo (t_i) é o tempo necessário para a coleta dos primeiros 500 mL de permeado, o segundo intervalo de tempo (t_t) varia de 5, 10 ou 15 minutos, o qual é intervalo de tempo entre o término da coleta dos primeiros 500 mL de permeado e o início da coleta dos segundos 500 mL de permeado. O terceiro intervalo (t_f) é o tempo necessário para a coleta dos últimos 500 mL de permeado. O tempo padrão para o t_t é 15 minutos. O SDI é determinado através da Equação (1): $\text{SDI} = 100 \cdot [1 - (t_i/t_f)]/t_t$

C. Ensaio com microfiltração

Realizou-se microfiltração com a membrana MFKTM-618 (Koch) com porosidade de 0,1 μm a 1 bar. O sistema de microfiltração utilizado nos ensaios de permeação consistia de um tanque de alimentação com a capacidade de 5 L, retificador de corrente, rotâmetro, manômetro, termômetro, indicador de vazão e bomba de engrenagem.

D. Ensaio com osmose inversa

Realizou-se o ensaio de osmose inversa com a membrana BW30-4040 (Dow) a 35 bar. Realizou-se o ensaio com amostras após passarem pelo filtro de areia e amostras após passarem por processo de microfiltração. O sistema de osmose inversa utilizado nos ensaios de permeação consistia de um tanque de alimentação com a capacidade de 10 L, com capacidade de operação até 40 bar.

3 | RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta a caracterização das amostras recebidas, seguindo as metodologias de APHA (2012). Observou-se pouca variabilidade na grande maioria dos parâmetros analisados independente do dia e maré. Parâmetros mais influenciados pelo dia e maré são turbidez e sólidos, que exibem uma relação próxima entre eles. Observa-se que não há grandes variações no Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) que está relacionado com a presença de sais dissolvidos. Entretanto, verificam-se variações significativas nos parâmetros Sólidos Suspensos Totais (SST) e na Turbidez que estão relacionados com a presença de particulado suspenso na amostra, sendo um fator determinante para a eficiência de separação no processo

de membranas.

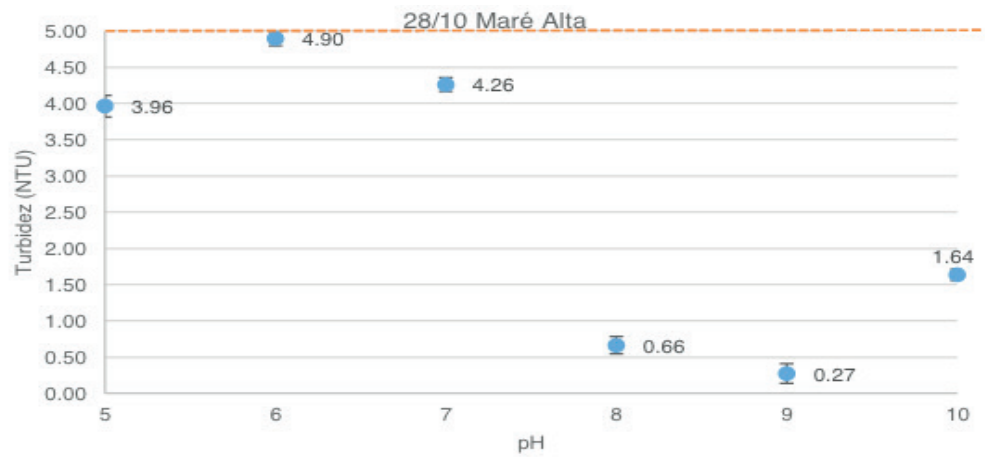
Parâmetros	Água do mar			
	Maré Alta		Maré Baixa	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Condutividade (mS/cm)	45,72	0,13	46,04	0,10
Turbidez (NTU)	124	2	135	1
Sílica Reativa (mg/L)	3,47	0,16	3,54	0,04
Silício (mg/L)	3,7	0,1	4,7	0,1
Cor aparente (UC)	288	6	235	3
Cor real (UC)	24	2	60	10
Salinidade (%)	35,1	0,6	31,2	0,9
Cloro Livre (mg/L)	0,12	0	0,13	0,04
Cloro Total (mg/L)	0,13	0,03	0,26	0,03
DQO (mg/L)	28	2	24	2
Alcalinidade (mg/L)	116,3	1,2	119,3	1,2
ST (mg/L)	43008	1163	45556	1251
SST (mg/L)	317	28	328	38
SDT (mg/L)	42691	1626	45228	1551
pH	7,42	0,03	7,32	0,02
COD (mg/L)	6,1	0,3	4,3	0,2
Alumínio (mg/L)	0,023	0,001	0,020	0,002
Sódio (mg/L)	10929	180	10803,5	198
Potássio (mg/L)	441	32	418	25
Cálcio (mg/L)	368,4	28,3	369,1	38,0
Magnésio (mg/L)	1253,7	47,0	1264,0	14,7
Cloreto (mg/L)	19430	314	19297	498
Sulfato (mg/L)	1883,2	40	2402,1	20
Dureza (mg/L)	6073,6	100,4	6117,8	144,8
O & G (mg/L)	0,65	0,05	0,6	0,05

Tabela 3 – Caracterização da água do mar.

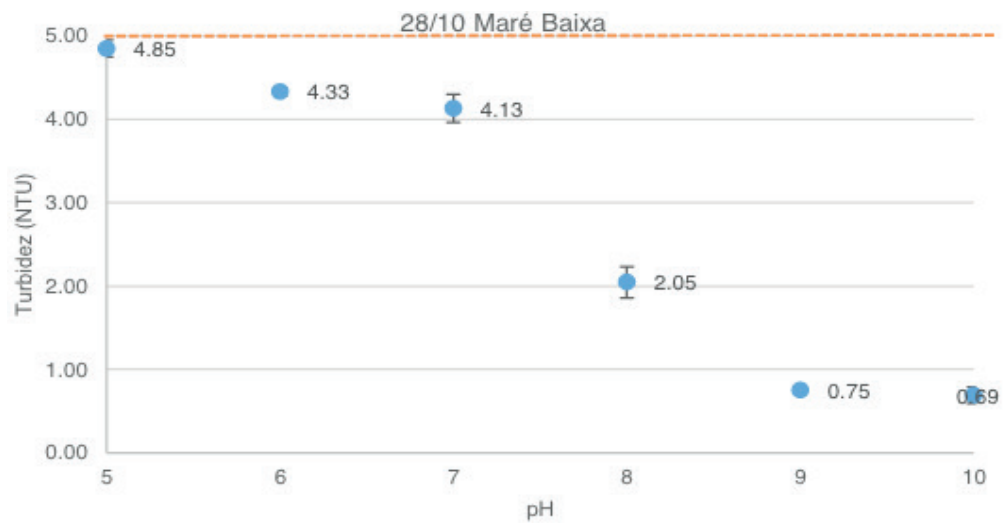
A. Coagulação-floculação

A.1. Influência do pH para a coagulação

A coagulação foi avaliada através das medidas de turbidez da amostra clarificada de acordo com a Figura 1 onde a linha tracejada indica a meta desejada de turbidez abaixo de 5 NTU. Optou-se por não efetuar o ajuste do pH nos próximos Jar Test devido a resultados satisfatórios com o pH da amostra bruta, além do uso de um dispersante em estágios posteriores da osmose inversa cujo desempenho está comprometido acima de pH 7,80. Observa-se que não pode estabelecer uma relação direta entre o nível das marés e as melhores concentrações de PACI, bem como diretamente relacionado ao valor inicial da turbidez.



(a)



(b)

Figura 1 – Avaliação da influência do pH em Jar test realizado com a amostra do dia 28/10/2015 – Maré Alta (a) e Maré Baixa (b).

A.2. Definição da concentração de PACI

A Figura 2 ilustra graficamente os resultados encontrados. As amostras independentemente da maré já atendem a expectativa de turbidez abaixo de 5 NTU.

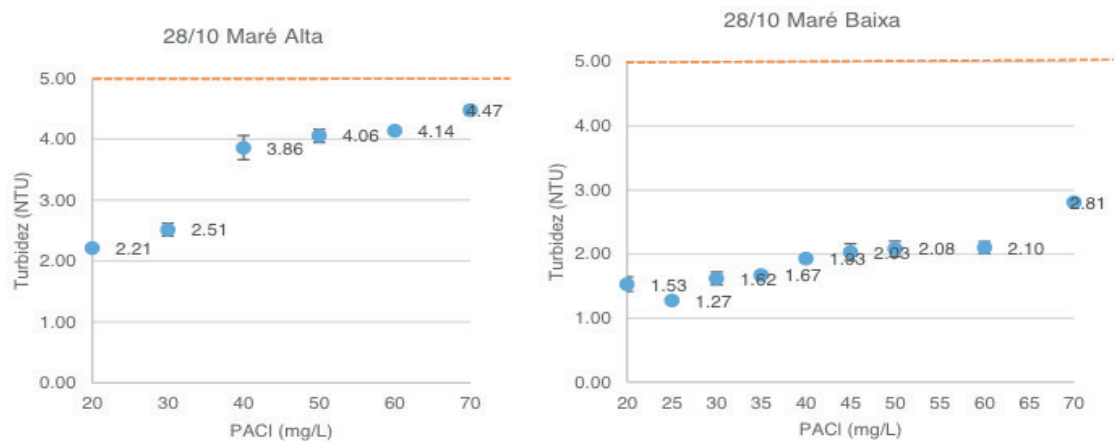
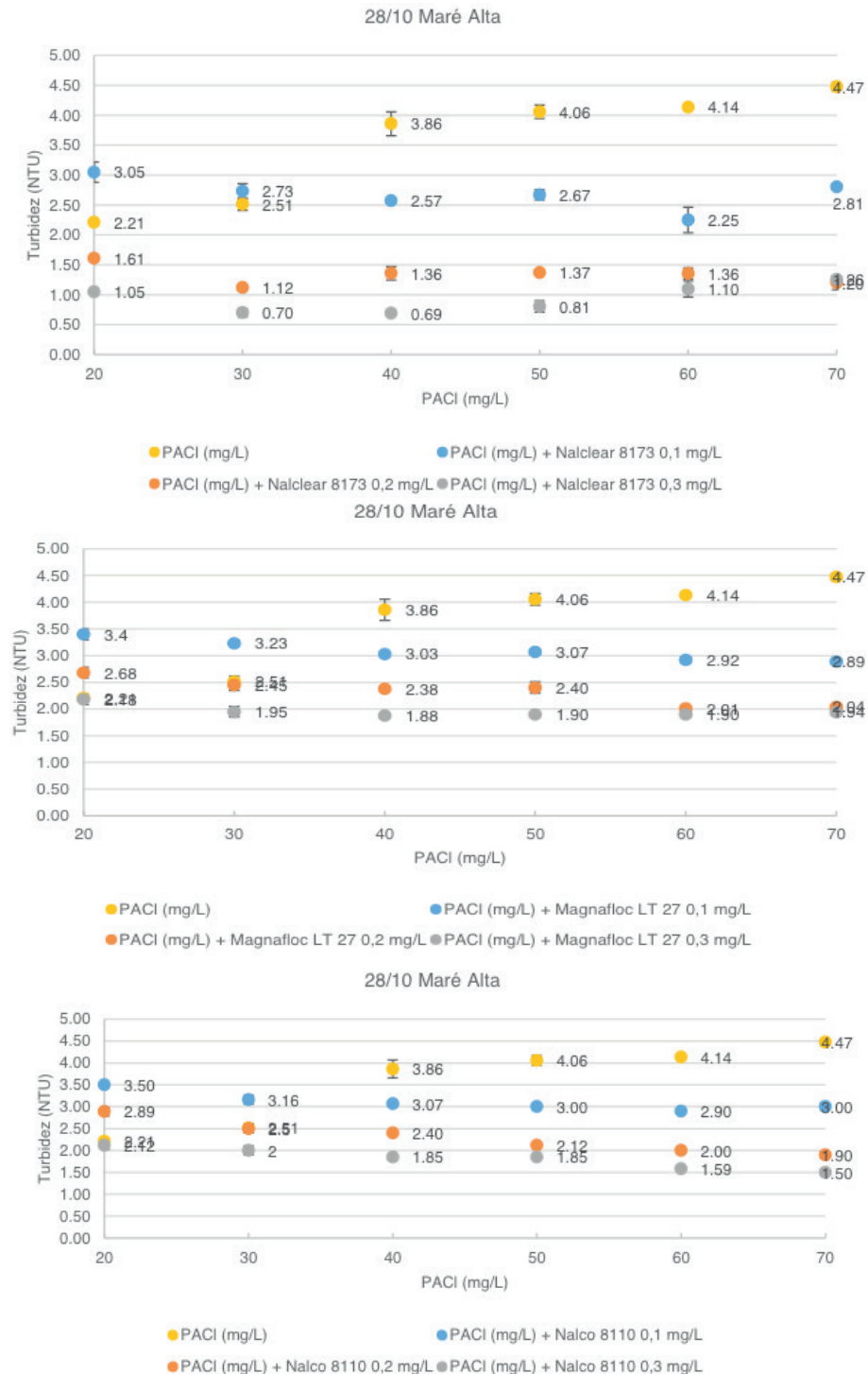


Figura 2 – Avaliação da concentração de PACI (mg/L) em Jar test realizado com a amostra do dia 28/10/2015 – Maré Alta e Maré Baixa.

A.3. Clarificação com polímeros auxiliares de floculação

A partir dos resultados apresentados, pode-se sugerir a utilização de polímeros auxiliares para floculação, a fim de aumentar a eficiência do processo, avaliando-se sua turbidez ao fim do Jar test. Assim, realizaram-se testes preliminares com os polímeros da Tabela 2, variando sua concentração de 0,1 a 0,3 mg/L. Os resultados são apresentados na Figura 3, para todas as amostras, onde observa-se o melhor desempenho para o polímero Nalclear 8173.



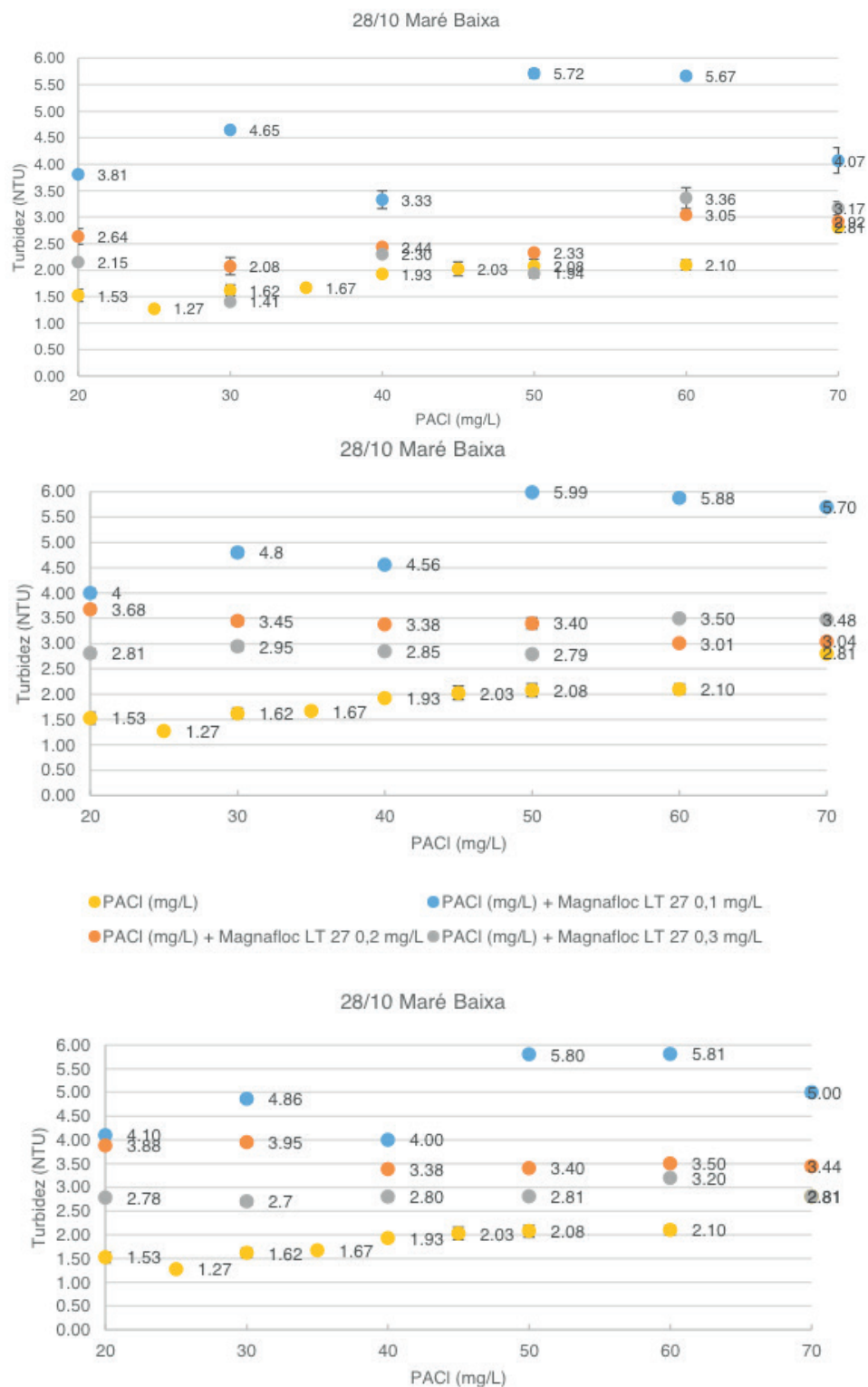


Figura 3 – Resultados com as dosagens de PACI (mg/L) + polímero floculante (mg/L).

Após escolha das melhores condições de dosagem de PACI e polímero, reportadas na Tabela 4, observou-se valores finais de turbidez abaixo de 2 NTU.

Condição	Maré	PACI (mg/L)	Nalclear 8173 (mg/L)	Turbidez (NTU)
1	Baixa	30	0,3	1,41
2	Alta	30	0,3	0,70

Tabela 4 – Melhores condições experimentais.

B. Ensaios com filtro de areia

Após a clarificação das amostras das condições experimentais apresentadas na Tabela 4, foram realizados ensaios de caracterização, incluindo os ensaios de SDI e alumínio (Kit Hach 8326). Para esta etapa, analisou-se as condições 1 e 2 da Tabela 4, pois representam o maior e menor valor de turbidez alcançado. Os resultados da caracterização das amostras clarificadas e posteriormente filtradas são apresentados na Tabela 5.

Maré Alta								Maré Baixa					
Parâmetros	Unidade	Água Bruta	D.P.	Coagulação	D.P.	Filtro	D.P.	Água Bruta	D.P.	Coagulação	D.P.	Filtro	D.P.
Turbidez	NTU	123,7	2	0,7	0,07	0,4	0,4	135	1	1,41	0,02	0,82	0,02
Alumínio	mg/L	0,023	0,001	0,027	0	0,027	0	0,02	0,002	0,028	0	0,028	0
Cloro Livre	mg/L	0,12	0	0	0	0	0	0,13	0,04	0	0	0	0
Cloro Total	mg/L	0,13	0,03	0,1	0	0,1	0	0,26	0,03	0,1	0	0,1	0
Condutividade	mS/cm	45,72	0,13	43,68	0,05	43,65	0	46,04	0,1	43	0	43	0
Cloreto	mg/L	19430	314	18916	80	18346	39	19297	498	18980	20	18500	12
Sulfato	mg/L	1883,2	40	1863	20	1800	10	2402,1	20	2300	18	2258	20
pH	-	7,42	0,03	7,12	0,02	7	0,1	7,32	0,02	7,2	0,01	7,09	0,05
Cálcio	mg/L	368,4	18,3	201,6	8	200,9	1	369,1	18	204,2	1,8	201	1
Magnésio	mg/L	1253,7	17	136,3	1	135,8	1	1264	14,7	137,0	1	136	1
Dureza Total	mg/L	6073,6	10,4	1064,1	6	1050,3	2	6117,8	14,8	1063,4	3	1051,4	2
ST	mg/L	43008	1163	41695	321	41670	230	45556	1251	42698	300	42680	290
SST	mg/L	317	28	6	0	2	0	328	38	4	0	2	0
SDI	---	---	---	5	0,1	4,8	0,07	---	---	4,58	0,05	4,27	0,03
COD	mg/L	6,1	0,3	2,4	0	2,38	0	4,3	0,2	2,1	0,1	2,1	0

Tabela 5 - Caracterização comparativa entre as amostras de água de captação, água clarificada e água após filtro de areia. D.P. = Desvio Padrão.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que para ambas as concentrações de PACI na clarificação das amostras, o valor de alumínio total nas amostras filtradas encontra-se abaixo do estabelecido em projeto (valor máximo de 0,05 mg/L).

Em relação ao valor de SDI, os valores obtidos após clarificação e filtração em leito de areia, se encontram acima de 3 unidades (valor máximo estabelecido em projeto para entrada da água clarificada nos módulos de osmose inversa – O.I.). Assim, optou-se pela substituição do processo de filtração em areia por uma microfiltração, a fim de tentar garantir uma maior qualidade de permeado e redução do SDI.

C. Ensaios com microfiltração

Realizou-se o ensaio com amostras após processo de coagulação-floculação (Tabela 4). A Tabela 6 mostra os resultados encontrados, onde percebe-se claramente uma redução maior dos parâmetros analisados quando comparados ao processo de filtração em areia ilustrado na Tabela 5.

Maré Alta								Maré Baixa					
Parâmetros	Unidade	Água Bruta	D.P.	Coagulação	D.P.	MF	D.P.	Água Bruta	D.P.	Coagulação	D.P.	MF	D.P.
Turbidez	NTU	123,67	2	0,7	0,07	0,33	0	135	1	1,41	0,02	0,44	0
Alumínio	mg/L	0,023	0,001	0,027	0	0,025	0	0,02	0,002	0,028	0	0,027	0
Cloro Livre	mg/L	0,12	0	0	0	0	0	0,13	0,04	0	0	0	0
Cloro Total	mg/L	0,13	0,03	0,1	0	0,1	0	0,26	0,03	0,1	0	0,1	0
Condutividade	mS/cm	45,72	0,13	43,68	0,05	41,98	0	46,04	0,1	43	0	41	0
Cloreto	mg/L	19430	314	18916,2	80	17056,2	19	19297	498	18980	20	17100	32
Sulfato	mg/L	1883,2	40	1863	20	1612	10	2402,1	20	2300	18	2009,1	20
pH	-	7,42	0,03	7,12	0,02	6,8	0,1	7,32	0,02	7,2	0,01	6,88	0,05
Cálcio	mg/L	368,4	28,3	201,6	8	180,3	2,1	369,1	38	204,2	1,8	181,5	1
Magnésio	mg/L	1253,7	47	136,3	1	130,5	2	1264	14,7	137,0	1	129	1
Dureza Total	mg/L	6073,6	100,4	1064,1	6	978,1	2	6117,8	144,8	1063,4	3	974,9	2
ST	mg/L	43008	1163	41695	321	36580	200	45556	1251	42698	300	35200	140
SST	mg/L	317	28	6	0	0	0	328	38	4	0	1	0
SDI	---	---	---	5	0,1	3,1	0,1	---	---	4,58	0,05	2,98	0
COD	mg/L	6,1	0,3	2,4	0	2,1	0,1	4,3	0,2	2,1	0,1	1,98	0

Tabela 6 - Caracterização comparativa entre as amostras de água de captação, água clarificada e água após microfiltração. MF = Microfiltração. D.P. = Desvio Padrão.

D. Ensaios com osmose inversa

Realizou-se o ensaio com amostras após processo de coagulação-floculação (Tabela 4) e filtração em areia (Tabela 6). A Tabela 7 mostra os resultados encontrados, onde percebe-se claramente uma redução maior dos parâmetros analisados quando comparados ao processo de filtração em areia ilustrado na Tabela 5.

Maré Alta								Maré Baixa					
Parâmetros	Unidade	Água Bruta	D. P.	Filtro	D. P.	O. I.	D. P.	Água Bruta	D. P.	Filtro	D. P.	O. I.	D. P.
Turbidez	NTU	0,7	0,07	0,4	0,4	<0,1	0	1,41	0,02	0,82	0,02	<0,1	0
Alumínio	mg/L	0,027	0	0,027	0	0	0	0,028	0	0,028	0	0	0
Cloro Livre	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloro Total	mg/L	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0
Condutividade	mS/cm	43,68	0,05	43,65	0	13,91	0,1	43	0	43	0	13,98	0,1
Cloreto	mg/L	18916,2	80	18345,9	39	5513,3	10	18980	20	18500	12	5590	4
Sulfato	mg/L	1863	20	1800	10	300,44	3	2300	18	2258	20	326,6	5
pH	-	7,12	0,02	7	0,1	3	0,1	7,2	0,01	7,09	0,05	2,8	0,02
Cálcio	mg/L	201,6	8	200,9	1	77,2	2,3	204,2	1,8	201	1	76,4	3
Magnésio	mg/L	136,3	1	135,8	1	27,8	2,1	137,0	1	136	1	28	1,2
Dureza	mg/L	1064,1	6	1050,3	2	303,4	2	1063,4	3	1051,4	2	302,3	2
COD	mg/L	2,4	0	2,38	0	1,01	0	2,1	0,1	2,1	0	0,99	0

Tabela 7 - Caracterização comparativa entre as amostras de água clarificada, após filtro de areia e após osmose inversa (O.I.). D.P. = Desvio Padrão.

Realizou-se o ensaio com amostras após processo de coagulação-floculação (Tabela 4) e microfiltração (Tabela 6). A Tabela 8 mostra os resultados encontrados, onde percebe-se claramente a maior qualidade deste permeado frente aos outros processos.

Maré Alta								Maré Baixa					
Parâmetros	Unidade	Água Bruta	D. P.	MF	D. P.	O. I.	D. P.	Água Bruta	D. P.	MF	D. P.	O. I.	D. P.
Turbidez	NTU	0,7	0,07	0,33	0,4	<0,1	0	1,41	0,02	0,44	0,02	<0,1	0
Alumínio	mg/L	0,027	0	0,025	0	0	0	0,028	0	0,027	0	0	0
Cloro Livre	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloro Total	mg/L	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0
Condutividade	mS/cm	43,68	0,05	41,98	0	12,88	0,1	43	0	41	0	12,7	0,02
Cloreto	mg/L	18916,2	80	17056,2	19	2097,4	8,1	18980	20	17100	32	2087,5	3
Sulfato	mg/L	1863	20	1612	10	179,7	1	2300	18	2009,1	20	170,8	2
pH	-	7,12	0,02	6,8	0,1	2,78	0,1	7,2	0,01	6,88	0,05	2,7	0
Cálcio	mg/L	201,6	8	180,3	2,1	0,55	0,1	204,2	1,8	181,5	1	0,49	0,1
Magnésio	mg/L	136,3	1	130,5	2	0,66	0,3	137,0	1	129	1	0,61	0,2
Dureza	mg/L	1064,1	6	978,1	2	4,1	0,1	1063,4	3	974,9	2	3,71	0,1
COD	mg/L	2,4	0	2,1	0,1	0,88	0	2,1	0,1	1,98	0	0,8	0

Tabela 8 - Caracterização comparativa entre as amostras de água clarificada, após microfiltração (MF) e após osmose inversa (O.I.). D.P. = Desvio Padrão.

4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, conclui-se que a utilização de 30 mg/L de PACl e 0,3 mg/L de polímero Nalclear 8173, a fim de aumentar a eficiência do processo, diminuindo a turbidez da amostra para abaixo de 1 NTU.

Conclui-se que após o sistema coagulação-floculação, a combinação microfiltração e osmose inversa apresentou a maior redução de todos os parâmetros físico-químicos analisados, principalmente SDI próximo a 3, no entanto, não é possível ainda adequar esta água permeada ao uso em caldeiras de termelétricas, sendo necessário um segundo passe no sistema de osmose inversa, a fim de garantir o polimento final desta água e conseqüentemente, o atendimento a qualidade para uso em caldeiras.

O projeto ITAQUI contempla etapa de clarificação quimicamente assistida e necessária devido a grande quantidade de SST e Turbidez decorrente da grande variação da maré na costa do Maranhão. Neste caso não se justifica a substituição da primeira etapa de clarificação unicamente por membranas.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos a ENEVA pelo apoio técnico e científico, com questionamentos que fomentaram a pesquisas.

REFERÊNCIAS

1. AL-MALEK, S.; AGASHICHEV, S. P.; ABDULKARIM, M. **Techno-economic aspects of conventional pretreatment before reverse osmosis (Al-Fujairah Hybrid Desalination Plant)**, in IDA World Congress, Singapura, 2005.

2. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2012.
3. BAKER, R. W. **Membrane Technology and Applications**, 2ª edição, John Wiley & Sons, 2004.
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. Ed. São Carlos: RiMA, 2005.
5. FRITZMANN, C.; LÖWENBERG, J.; WINTGENS, T.; MELIN, T. **State-of-the-art of reverse osmosis desalination**. *Desalination*, v. 216, p. 1–76, 2007.
6. HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de Separação por Membranas**. E-papers Serviços Editoriais Ltda. Rio de Janeiro, pp. 180, 2006.
7. JINMING, D.; JIANHUI, W.; NIGEL, G.; FRANCIS, W. **Coagulation of humic acid by aluminium sulphate in saline water conditions**. *Desalination*, v. 150, p. 1-14, 2002.
8. TAYLOR, J. S.; JACOBS, E. P. **Reverse osmosis and nanofiltration**. In: Joel Mallevalle et al (eds), *Water Treatment Membrane Processes*, pp. 9.1-9.70. McGraw Hill, New York, 1996.
9. VIAL, D.; DOUSSAU, G.; GALINDO, R. **Comparison of three pilot studies using Microza® membranes for Mediterranean seawater pre-treatment**, *Desalination*, 156, pp. 43–50, 2003.
10. WOLF, P. H.; SIVERNS, S. **The new generation for reliable RO pre-treatment**, In *International Conference on Desalination Costing*, Limassol, 2004.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182
Água pluvial 168, 172, 176, 247
Água salina 118, 119
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390
Água subterrânea 37, 383, 384, 390
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179
Análise ambiental 141
Análise envoltória de dados 194, 196

B

Belém do Pará 29, 30, 31
Benchmarking métrico 194, 196
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

E

Eficiência de operadoras 194
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129

G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

L

Lodo de ETA 180, 192, 193

M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942