



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 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. 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

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO

André Schramm Brandão

Companhia de água e esgoto do Ceará e
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

Ênio Pontes de Deus

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

Antônio Eduardo Bezerra Cabral

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

RESUMO: Em decorrência do elevado crescimento populacional e da constante escassez de recursos hídricos, principalmente no Nordeste brasileiro, o uso de água para fins diferentes do abastecimento humano vem sendo investigado. Este trabalho avalia a viabilidade técnica da água do efluente secundário de esgoto para produção de concreto com o propósito de oferecer um destino sustentável para as águas da indústria do saneamento. A água em análise foi coletada na disposição final da Estação de Tratamento de Esgoto

Marechal Rondon na região metropolitana de Fortaleza, para a qual foi observada completa adequação aos parâmetros da NBR 15.900 de água para amassamento de concreto. Foram produzidos corpos de prova cilíndricos de concreto com a utilização da água de efluente e com água destilada, sendo realizados ensaios de resistência a compressão axial aos 3, 7, 28 e 56 dias, bem como ensaios de massa específica, índice de vazios e absorção. Através de uma análise estatística de variância (teste ANOVA) observou-se que não houve diferença significativa entre os dois tipos de concreto para as propriedades estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Viabilidade, Sustentabilidade hídrica, água residuária, reúso, concreto.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL FEASIBILITY SECONDARY SEWAGE EFFLUENT AS WATER FOR STRUCTURAL CONCRETE

ABSTRACT: Due to the high population growth and the constant scarcity of water resources, mainly in the Brazilian Northeast, the use of water for purposes other than human supply has been investigated. This work evaluates the technical feasibility of secondary sewage effluent water for concrete production in order to provide a sustainable destination for the

sanitation industry waters. The water in analysis was collected in the final disposal of the Marechal Rondon Sewage Treatment Station in the metropolitan region of Fortaleza, for which it was observed complete adaptation to the parameters of NBR 15,900 of water for concrete kneading. Cylindrical concrete specimens were produced with the use of effluent water and distilled water, and tests of resistance to axial compression were performed at 3, 7, 28 and 56 days, as well as tests of specific mass, voids index and absorption. Through a statistical analysis of variance (ANOVA test) it was observed that there was no significant difference between the two types of concrete for the properties studied.

KEYWORDS: Feasibility, Water sustainability, wastewater, reuse, concrete.

1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, além de possuir valor econômico e social. Tal recurso, porém, é mal distribuído temporal e espacialmente. No Brasil, cerca de 80% da reserva hídrica do país se encontra na Região Amazônica, que abriga cerca de 5% da população, enquanto que os 20% restantes devem atender ao restante do país (MANCUSO e SANTOS, 2003).

A Região Nordeste do país sofre com escassez hídrica constante. Segundo dados da Agência Nacional de Águas, entre 2003 e 2016 cerca de 80% dos municípios nordestinos declararam Estado de Calamidade Pública ou Situação de Emergência devido a problemas com a seca. Os reduzidos valores de disponibilidade hídrica podem ser explicados pelos baixos índices pluviométricos, irregularidade no regime de chuvas, altas taxas de insolação e evapotranspiração, além de a região apresentar temperaturas elevadas ao longo de todo o ano (BRASIL, 2017).

Nesse cenário, o reúso da água se apresenta como uma maneira viável para atenuar o problema da falta de água. Com a prática, as águas de melhor qualidade podem ser preservadas para fins mais nobres, diminuindo o conflito pelos usos da água (CAIXETA, 2010). Segundo HESPANHOL (2003), a indústria da construção civil é um dos setores onde o reúso pode ser viabilizado, incluindo para as atividades de produção e cura de concreto. De acordo com MEYER em estudo publicado em 2004, a indústria do concreto consome cerca de 3,79 trilhões de litros de água por ano, sem incluir a quantidade utilizada para lavagem de equipamentos e agregados.

Na produção do concreto a água é utilizada em quatro etapas, sendo elas: lavagem dos agregados, amassamento do concreto, limpeza dos equipamentos e cura, cujos requisitos são similares, porém não idênticos (NEVILLE, 2000). Para cada litro de água utilizada para produzir concreto e materiais similares, como argamassas, é necessário 2,5 vezes mais litros de água para as atividades periféricas (HANNAD et al, 2013).

As regiões semiáridas, como o Nordeste do Brasil, não são as únicas a sofrer com a falta de água, apesar de o problema ser mais contundente. O reúso vem

sendo avaliado também por locais onde os recursos existentes não são suficientes para atender a elevada demanda. Tem-se, portanto, um ambiente favorável para avaliar a prática do reúso na construção civil.

SILVA e NAIK (2010) afirmam que mais pesquisas são necessárias sobre o reúso da água na indústria do concreto – no Brasil, são poucos os trabalhos publicados sobre o tema. Assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica da utilização de águas residuárias para produção de concreto, à luz da NBR 15.900, sendo a água escolhida o efluente secundário da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Marechal Rondon.

2 | MATERIAIS E METODOLOGIA UTILIZADA

Foram utilizadas duas águas para a realização desta pesquisa. A primeira é a água destilada e a principal é a água proveniente da ETE Marechal Rondon, localizada no município de Caucaia, na Região Metropolitana de Fortaleza. A estação é de grande porte, composta por grade, caixa de areia, calha Parshall, uma lagoa anaeróbia, duas lagoas facultativas em paralelo e duas lagoas de maturação em série, sendo o Riacho Urucutuba o corpo receptor. A Figura 01 abaixo apresenta o fluxograma do tratamento de esgoto na estação.

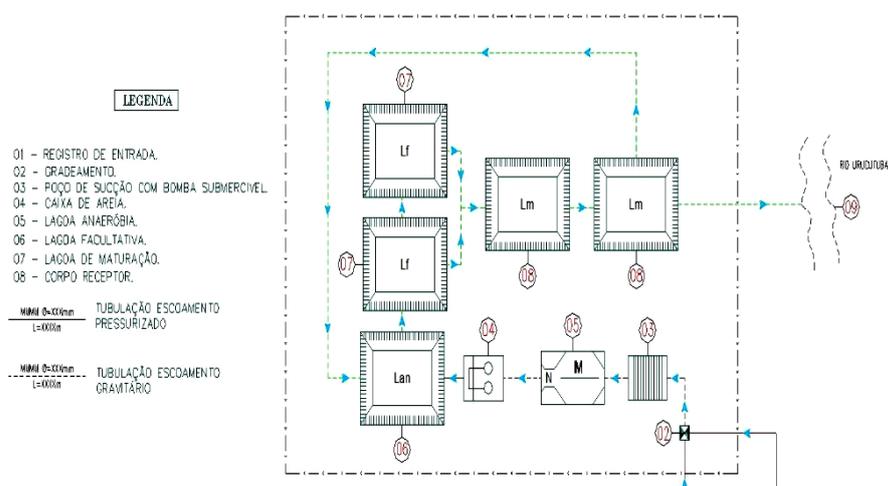


Figura 01 – Fluxograma do processo de tratamento de esgoto na ETE Marechal Rondon.

A amostra foi coletada na saída da última lagoa de maturação, antes de ser depositada no corpo hídrico. Tal efluente vêm atendendo aos parâmetros de lançamento regulamentados pela Portaria 154/02 da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE).

Foram realizados ensaios de análise físico-química da água de efluente, segundo os parâmetros estabelecidos na NBR 15.900, sendo eles: óleos e gorduras, detergentes, cor, material sólido, odor, matéria orgânica, cloretos, sulfatos, álcalis, açúcares, fosfatos, nitratos, zinco, chumbo e pH. Para que seja aceita como água de

amassamento, ela deve atender a todos os requisitos. Segundo a referida norma, a água destilada é considerada adequada, não necessitando ser ensaiada. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Saneamento (LABOSAN) da Universidade Federal do Ceará (UFC) e no Laboratório Central da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), para maior controle dos dados.

Conforme as diretrizes da norma de água para amassamento, a fim de verificar possíveis alterações devidas a substituição da água, foi realizado o ensaio de determinação dos tempos de início e fim de pega para as duas pastas de cimento, uma executada com a água de efluente e a segunda com a água destilada, cujo resultado foi admitido como valor de referência. O ensaio foi executado conforme o procedimento descrito na norma NBR 16.607:2017 no Laboratório de Materiais e Construção Civil (LMCC) da UFC.

O cimento utilizado na pesquisa foi o Cimento Portland tipo composto com pozolana de classe 32 MPa (CP II Z 32) da fabricante Poty. As Tabelas 01 e 02 a seguir apresentam os valores dos requisitos químicos, físicos e mecânicos do aglomerante exigidos pela NBR 11.578:1997 de acordo com o relatório técnico fornecido pela Poty.

	Resíduos insolúveis (%)	Perda ao fogo (%)	Óxido de magnésio (%)	Trióxido sulfúrico (%)	Dióxido de carbono (%)
Valores normalizados	≤ 16	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4	≤ 5
Valores experimentais	11,82	5,62	2,57	3,59	-

Tabela 01 – Requisitos químicos para o aglomerante tipo CP II Z 32, segundo a NBR 11.578:1997

	Finura		Tempo de pega (h)		Expansibilidade (mm)		Resistência à compressão (MPa)		
	R.P.(%)	Área esp. (m ² /kg)	Início	Fim	A frio	A quente	3 dias	7 dias	28 dias
Valores normalizados	≤ 12	≥ 260	≥ 1	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≥ 10	≥ 20	≥ 32
Valores experimentais	1,33	491,1	2,47	3,47	-	0,39	25,46	29,67	35,30

Tabela 02 – Requisitos físicos e mecânicos para o aglomerante tipo CP II Z 32, segundo a NBR 11.578:1997

Legenda: R.P. é o resíduo sólido retido na peneira de abertura 75mm e Área esp. é a área específica do material.

Os agregados utilizados para a execução dos concretos possuem as características apresentadas nas Tabelas 03 e 04 a seguir. Para obtenção dos parâmetros, foram realizados os ensaios de granulometria e determinação da massa específica.

Massa específica (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)	Módulo de finura	Dimensão máxima característica (mm)
2,57	1,51	2,60	4,80

Tabela 03 – Características do agregado miúdo utilizado.

Massa unitária (g/cm ³)	Massa específica seca (g/cm ³)	Massa específica saturada de superfície seca (g/cm ³)	Dimensão máxima característica (mm)
1,50	2,61	2,67	9,50

Tabela 04 – Características do agregado graúdo utilizado.

Foi efetuada uma dosagem experimental para um concreto com resistência à compressão característica (fck) de 20 MPa e abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm de acordo com o método proposto pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). O traço definido foi o apresentado na Tabela 05 abaixo:

	Cimento	Areia	Brita	Água
Traço unitário	1	1,85	2,02	0,56
Consumo por m ³	420	777	848	235

Tabela 05 – Traço de concreto utilizado na pesquisa

Foram executados dois tipos de concreto, partindo do mesmo traço piloto e utilizando os mesmos materiais, à exceção da água de amassamento. Um deles foi realizado com a água de efluente e o segundo foi realizado com a água destilada, cujos resultados foram admitidos como os valores de referência para a análise dos dados.

No estado fresco, foi executado o ensaio de abatimento de tronco de cone, de acordo com o procedimento descrito na NBR NM 67:1998, a fim de avaliar a trabalhabilidade do concreto no estado plástico e avaliar se os dois concretos obtiveram abatimento dentro do intervalo dimensionado.

Foram moldados corpos de prova cilíndricos de dimensões (10 x 20) cm, segundo o procedimento contido na NBR 5.738, para possibilitar a avaliação das propriedades do concreto no estado endurecido e a influência do tipo de água sobre elas. Após 24h, os corpos de prova foram retirados dos moldes e colocados em cura úmida até a data dos ensaios.

Aos 28 dias, foi realizado o ensaio de determinação das propriedades físicas do concreto, sendo elas a massa específica, o índice de vazios e a absorção por imersão, de acordo com as diretrizes da NBR 9.778. O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado aos 3, 7, 28 e 56 dias, como prescrito na NBR 5.739. Cada ensaio foi realizado para três amostras, no Laboratório de Materiais e Construção Civil da UFC.

Foi realizada uma análise estatística de variância (ANOVA) com os resultados obtidos para verificar se as diferenças encontradas foram significativas através da comparação dos valores calculados e tabelados por meio do teste de Fisher (MONTGOMERY, 1997). O fator controlável selecionado foi o tipo de água de amassamento.

3 | APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com a norma NBR 15.900 a água destilada é adequada para produção de concreto, não necessitando ser avaliada, e deve ser usada como referência para o estudo de viabilidade de outro tipo de água de amassamento.

A Tabela 06 a seguir apresenta os resultados da análise físico-química realizada para a água de efluente, bem como os limites de tolerância aceitos pela NBR 15.900, que preconiza que para a água ser aceita ela deve atender a todos os requisitos.

Com o objetivo de comparação, também são apresentados os valores limites estabelecidos pela norma europeia BS EN 1.008, publicada em 2002 pelo British Standards Institution (BSI). Para ela, a água pode ser utilizada para amassamento nas quantidades que garantem que os limites sejam obedecidos.

Analisando a Tabela 05 observa-se total observância da água residuária aos parâmetros de ambas as normas, exceto pelo valor de pH e da cor. que superou o limite imposto pela NBR 15.900. Entretanto, segundo MOHAMMAD et al (2011), essa pequena diferença não interfere negativamente nas propriedades do concreto, o que foi reiterado pelos resultados dos ensaios que serão apresentados na próxima seção.

O teor de sulfatos presentes na água foi inferior ao limite estabelecido pela norma. Essa é uma característica fundamental, uma vez que a presença de sulfatos, quando em grande quantidade, pode resultar na formação de etringita, normalmente acompanhada por um acréscimo no volume do concreto que provoca fissuração da peça e compromete a durabilidade (YILMAZ et al, 1997). EL-NAWAWY e AHMAD (2001) sugerem que, para não afete negativamente a resistência do concreto, o teor de sulfatos não deve ultrapassar 3.788 mg/L, limite atendido para a água residuária em análise.

Vale ressaltar que a norma brasileira carece de uma atualização, visto que a portaria do Ministério da Saúde que versa sobre os procedimentos de controle e vigilância sanitária e seu padrão de potabilidade já não é a MS 518/2014, e sim a Portaria 2.914/2011.

Parâmetro	Água de efluente	Limite de tolerância (NBR 15.900)	Limite de tolerância (EN 1.008)
Óleos e gorduras	Ausência	Não mais do que traços visíveis	Apenas traços (quantidades quase imperceptíveis)
Detergentes	Ausência	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos	A espuma deve desaparecer no máximo em 2 minutos
Cor	Verde claro	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser: amarelo claro a incolor	Sem cor, até um amarelo-claro (Exceção: Água recuperada)
Material sólido (mg/L)	716	50.000	≤1% do total de agregado
Odor	Inodoro	Não deve apresentar cheiro, exceto um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido clorídrico.	Apenas odor de água potável de beber e leve odor de cimento ou de odor de enxofre no caso de Cinzas Volantes (Fly-ash) na água.
pH	9,11	Entre 6 e 9	≥4
Matéria Orgânica	Mais claro	A cor da água deve ser mais clara ou igual à da solução-padrão, após a adição de NaOH	N.O.
Cloretos (mg/L)	137,43	Concreto protendido (< 500); Concreto armado (< 1.000); Concreto simples (sem armadura < 500)	≤ 4.500
Sulfatos (mg/L)	31,73	< 2.000	≤ 2.000
Álcalis (mg/L)	458,92	< 1.500	< 1.500
Açúcares (mg/L)	< L.D	< 100	< 100
Fosfatos (mg/L)	Ausência	< 100	< 100
Nitratos (mg/L)	1,18	< 500	< 500
Chumbo (mg/L)	< L.D	< 100	< 100
Zinco (mg/L)	< L.D	< 100	< 100

Tabela 06 – Análise físico-química da água de efluente.

Legenda: L.D. é o limite de detecção e N.O. significa não observado na referência (norma).

Assim como prescrito na NBR 15.900, foi realizado o ensaio de determinação dos tempos de início e fim de pega a fim de verificar possíveis alterações. Como as amostras não diferiram por mais de 30min, os ensaios foram considerados válidos, de acordo com o procedimento de ensaio prescrito na NBR 16.607. Os resultados estão apresentados na Tabela 07 abaixo.

Tipo de água	Início de pega (min)	Diferença no início de pega (min)	Fim de pega (min)	Diferença no fim de pega (min)
Destilada	115	-	170	-
Efluente	112	-3	179	+9

Tabela 07 – Tempos de início e fim de pega.

A NBR 15.900 diz que os tempos de início e fim de pega da pasta preparada com a água residuária não deve diferir mais que 25% do valor encontrado para a água destilada para que possa ser aceita. Os resultados obtidos diferiram apenas 2,60% e 5,3% para o início e fim de pega, respectivamente, atendendo a exigência da norma.

Com relação ao concreto foram executados dois tipos, utilizando o mesmo traço padrão e os mesmos materiais, a exceção da água. Um foi executado com a água residuária e o segundo foi executado com a destilada, cujos resultados foram tidos como valores de referência.

O primeiro ensaio realizado foi o abatimento de tronco de cone, também conhecido por slump test, no concreto fresco para avaliar a trabalhabilidade. Os valores estão apresentados na Tabela 08 a seguir.

Tipo de água	Abatimento (mm)	f_e/f_d
Destilada	80	-
Efluente	103	1,29

Tabela 08 – Abatimento de tronco de cone.

Observou-se que ambos os concretos apresentaram abatimento dentro do intervalo dimensionado, de 100 ± 20 mm. Nota-se que o concreto produzido com a água de efluente apresentou abatimento 29% superior ao concreto com água destilada. Os abatimentos ocorreram sem cisalhamento ou desagregação dos materiais, apresentando coesão da mistura.

As propriedades físicas dos concretos foram determinadas aos 28 dias, sendo elas a massa específica, o índice de vazios e a absorção, cujo ensaio é regulamentado pela NBR 9.778. O ensaio foi realizado para três amostras de cada concreto. A média dos resultados está disposta na Tabela 09 abaixo.

Tipo de água	Massa específica real (g/cm ³)	Índice de vazios (%)	Absorção (%)
Destilada	2,44	10,23	4,67
Efluente	2,43	10,00	4,57

Tabela 09 – Propriedades físicas do concreto.

Para verificar se as diferenças encontradas foram significativas, foi realizada

uma análise estatística de variância, ANOVA, com os resultados obtidos para cada propriedade. Os resultados do teste ANOVA estão apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12 a seguir. Observou-se que para as três propriedades analisadas, não houve diferença significativa em decorrência do tipo de água de amassamento, o fator controlável escolhido para a análise, uma vez que o valor calculado para o Teste de Fisher foi menor que o valor de referência.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	0,0001	1	0,0001	0,6782	7,71
Dentro grupo	0,0004	4	0,0001	-	-
Total	0,0004	5	-	-	-

Tabela 10 – Teste ANOVA para massa específica real.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	0,0000	1	0,0000	0,3606	7,71
Dentro grupo	0,0001	4	0,0000	-	-
Total	0,0001	5	-	-	-

Tabela 11 – Teste ANOVA para o índice de vazios.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	0,0000	1	0,0000	0,3196	7,71
Dentro grupo	0,0000	4	0,0000	-	-
Total	0,0000	5	-	-	-

Tabela 12 – Teste ANOVA para a absorção.

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado aos 3, 7, 28 e 56 dias, de acordo com a NBR 5.739. A NBR 15.900 exige que a resistência média à compressão do concreto com água em análise deve ser pelo menos 90% da resistência obtida para o concreto com água destilada aos 7 e aos 28 dias. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 13 abaixo, bem como a relação encontrada entre as resistências.

Tipo de água	Resistência à compressão axial (MPa)			
	3 dias	7 dias	28 dias	56 dias
Destilada	18,85	21,87	22,98	31,80
Efluente	18,44	22,02	23,31	30,08
f_e/f_d	0,97	1,01	1,01	0,95

Tabela 13 – Resistência à compressão do concreto.

Observou-se que para todas as idades a resistência média do concreto com água residuária foi superior a 90% da resistência do concreto com água destilada, atendendo, portanto, ao requisito da norma. Nota-se, também, que aos 3 dias o

concreto com água de efluente já apresentava 92% da resistência característica de 20 MPa, valor ultrapassado para as demais idades, chegando a 30 MPa aos 56 dias.

A fim de avaliar se as diferenças encontradas são significativas, apesar de o requisito da norma já ter sido atendido, foi realizado o teste ANOVA para as diferentes idades, tendo como fator controlável o tipo de água de amassamento. O teste é apresentado nas Tabelas 14, 15, 16 e 17 a seguir.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	0,2496	1	0,2496	2,3986	7,71
Dentro grupo	0,4162	4	0,1040	-	-
Total	0,6658	5	-	-	-

Tabela 14 – Teste ANOVA para a resistência aos 3 dias.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	0,0318	1	0,0318	0,4579	7,71
Dentro grupo	0,2780	4	0,0695	-	-
Total	0,3099	5	-	-	-

Tabela 15 – Teste ANOVA para a resistência aos 7 dias.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	0,1663	1	0,1663	0,3022	7,71
Dentro grupo	2,2010	4	0,5502	-	-
Total	2.3673	5	-	-	-

Tabela 16 – Teste ANOVA para a resistência aos 28 dias.

	SQ	GDL	MQ	Teste F	Referência
Entre grupo	1,2378	1	1,2378	6,1284	18,51
Dentro grupo	0,4039	4	0,2020	-	-
Total	1,6417	5	-	-	-

Tabela 17 – Teste ANOVA para a resistência aos 56 dias.

Pela análise estatística, não foram observadas diferenças significativas na resistência em decorrência do tipo de água de amassamento utilizado. A Figura 02 apresenta uma evolução da resistência dos concretos ao longo do tempo, onde se pode ver nitidamente que o crescimento acontece de maneira equivalente para os dois concretos.

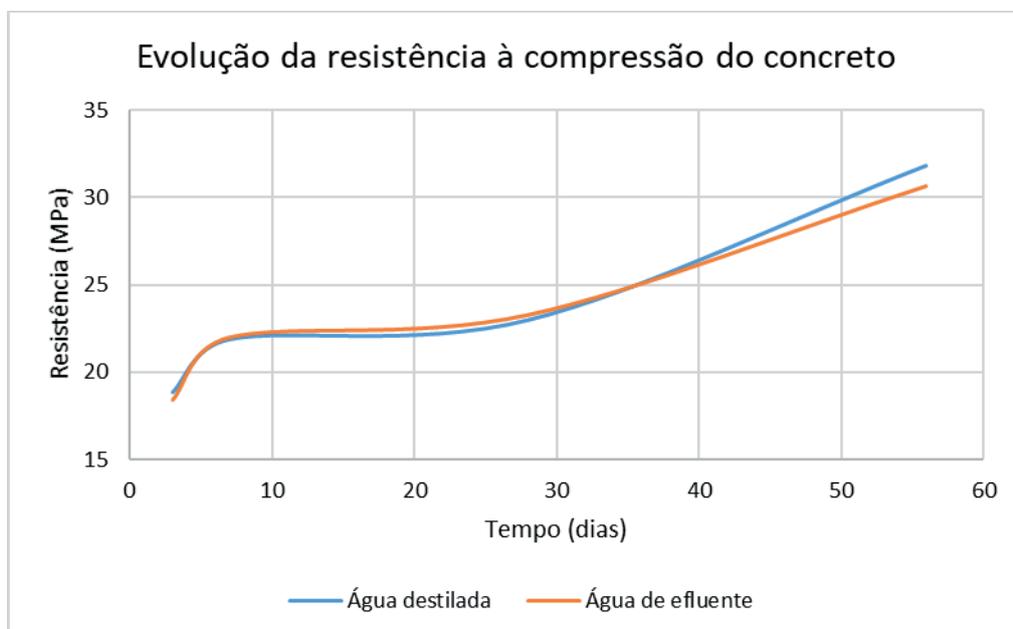


Figura 02 – Evolução da resistência à compressão do concreto.

4 | CONCLUSÃO

Diante da situação de estresse hídrico presente especialmente nas regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, o reúso da água se torna uma realidade necessária, sendo a indústria da construção civil um dos setores onde a prática pode ser viabilizada. Entretanto, necessárias maiores investigações sobre a utilização da água residuária como água de amassamento, tema do presente trabalho.

Foi avaliada a água residuária coletada no efluente secundário da ETE Marechal Rondon, que funciona com um sistema de lagoas de estabilização, e mostrou conformidade aos parâmetros da NBR 15.900 e da norma europeia BS EN 1.008, exceto pelo pH e pela cor, que ultrapassaram os limites estabelecidos.

Entretanto, tal diferença não acarretou em variações significativas nos tempos de início e fim de pega, que diferiram apenas 2,60% e 5,3%, respectivamente, em relação aos valores obtidos para a água destilada.

Os resultados obtidos para as propriedades físicas do concreto executado com a água residuária – massa específica, índice de vazios e absorção – não apresentaram diferença significativa em relação aos resultados obtidos para o concreto com água destilada, como verificado pela análise estatística de variância realizada.

O emprego da água residuária também não afetou negativamente a resistência à compressão axial do concreto. Após o teste ANOVA, observou-se que a resistência média do concreto com água residuária foi estatisticamente equivalente a resistência encontrada para o concreto com água destilada.

Desse modo, conclui-se que não houve alteração significativa nas propriedades analisadas em decorrência da substituição do tipo de água de amassamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.738:2015**: Concreto – Procedimento para moldagem de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 09p.

_____. **NBR 5.739:2007**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 09p.

_____. **NBR 9.778: 2009**: Argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 07p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.578:1997**: Cimento Portland composto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 05p.

_____. **NBR 15.900:2009**: Água para amassamento do concreto – Partes de 1 a 11: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 54p.

_____. **NBR 16.607:2017**: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 04p.

_____. **NBR NM 45:2006**: Agregado – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 18p.

_____. **NBR NM 52:2009**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 13p.

_____. **NBR NM 53:2003**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 15p.

_____. **NBR NM 248:2003**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 13p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil 2017**. Brasília: ANA, 2017.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS EN 1008:2002**: Mixing water for concrete. Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete. Londres: BSI, 2002. 22 p.

CAIXETA, Cláudia Elizângela Tolentino. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 323 p. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

EL-NAWAWY, Omar. A.; AHMAD, Shamim. **Use of treated effluent in concrete mixing in an arid climate**. Cement and Concrete Composites. Volume 13. [S.l.], p. 137-141. 1991.

HANNAD, Ben *et al.* **Water Usage Optimization During Concrete Operations**. *In*: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 2013, Cincinnati, Estados Unidos da América. **Proceedings...** . Cincinnati: ASCE, 2013. p. 3114 - 3121.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquífero**. *In*: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reúso da água. Barueri: Manole, 2003. Cap. 3, p. 37-95.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felicio dos. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial.** In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felicio dos. Reúso da Água. Barueri: Manole, 2003. p. 4-19.

MEYER, Christian. **Sustainable Development and the Concrete Industry.** [S.l.]: CIB Bulletin, 2004. Disponível em: <http://www.columbia.edu/cu/civileng/meyer/publications/publications/80_sustainable_development.pdf>. Acesso em: 13 set. 2017.

MONTGOMERY, Douglas. C. **Design and Analysis of Experiments.** Nova York: John Wiley and Sons, Inc: 1997.

NEVILLE, A. **Water – Cinderella ingredient of concrete.** Concrete International Journal, Volume 22, p. 66-77. 2000.

SILVA, Marcia; NAIK, Tarun R.. **Sustainable use of resource – Recycling of sewage treatment plant water in concrete.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES, II, 2010, Ancona, Itália. **Proceedings...** . Ancona, Itália: SCMT, 2010. p. 1731 - 1740.

YILMAZ, A.B.; YAZICI, B.; ERBIL, M. **The effects of sulfate ion on concrete and reinforced concrete.** Cement and Concrete Research Journal, Volume 27. [S.l.], p. 1271-1279. 1997.

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