



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	<p>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)</p> <p>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</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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

II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO

Evanildo Pereira de Lima

Engenheiro Agrônomo, especialista em Solos e Meio Ambiente e Analista Ambiental da Gerência de Mananciais e Segurança de Barragens da Empresa Baiana de Águas e Esgoto S.A. (Embasa).

evanildo.lima@embasa.ba.gov.br

Helder Guimarães Aragão

Cientista da Computação pela UNIT. Especialista em Componentes Distribuídos e Web pela Faculdade Ruy Barbosa. Mestre em Sistemas e Computação pela Unifacs. Professor Adjunto da Estácio FIB. Gerente da Divisão de Geoprocessamento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa).

RESUMO: Os crescentes problemas de escassez dos recursos hídricos, provocados pelo aumento da demanda devido ao crescimento populacional, a falta de gestão do uso e ao lançamento de esgotos que, mesmo tratados, têm levado ao comprometimento dos mananciais, levaram a que o reúso da água voltasse a ser considerado. Outro fator que contribuiu para o desenvolvimento das práticas de reúso foi o maior rigor das legislações ambientais em relação ao padrão de qualidade de lançamento dos efluentes e uma maior cobrança da sociedade para que as empresas do ramo do saneamento ambiental evoluam para o uso de técnicas menos impactantes.

O estado da Bahia tem cerca de 70% de sua área incluída na região semiárida, onde vive, aproximadamente, a metade da população do estado, sendo que desta, pouco mais da metade vivem em áreas urbanas. As condições climáticas e geológicas do semiárido fazem com que a maioria dos rios seja intermitente, os quais se caracterizam por não ter vazão nos períodos de estiagem, o que requer na maior parte dos meses do ano um nível alto de tratamento para que não haja poluição destes mananciais, tendo em vista que o lançamento do efluente tratado diretamente no talvegue e solos dos cursos de água é ilegal e ambientalmente inadequado. Quanto maior o nível do tratamento, maiores são os custos associados, o que inviabiliza a adoção em grande escala pelas empresas de saneamento ambiental, cujo maior esforço está hoje em dia na ampliação do acesso ao esgotamento sanitário. Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de reúso com fins agropecuários dos efluentes líquidos tratados pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) operadas pela Embasa. Para tanto, foram definidos atributos aos quais foram atribuídos pesos e notas para cada um, obtendo-se uma nota final classificatória do seu potencial de reúso para cada ETE estudada. Aos cinco atributos anteriormente definidos foi acrescido mais um: qualidade do efluente para irrigação, por entender que a qualidade da água de

irrigação pode se tornar um fator limitante e pode, inclusive, inviabilizar a prática do reúso de efluentes com fins agropecuários. Com a utilização da ferramenta GIS, associou-se a cada faixa de notas um padrão de cor, aplicado às áreas estudadas. Através da ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica), foram analisadas as relações espaciais entre as ETE's e os respectivos atributos. Entre as quatro estações de tratamento, a ETE de Itaberaba foi a que obteve maior pontuação e, portanto maior potencial de reúso agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento. Tratamento de Esgoto. Reúso Agrícola. Desenvolvimento sustentável. Semiárido. Poluição Hídrica.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de aplicação na agropecuária dos efluentes líquidos tratados pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) operadas pela Embasa. Para tanto, foram definidos seis atributos aos quais foram atribuídos pesos e notas para cada um, obtendo-se uma nota final para cada área estudada. Com a utilização da ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica), foram analisadas as relações espaciais entre as ETE's e os respectivos atributos e, no final, associou-se a cada faixa de notas um padrão de cor. Esta ferramenta é específica para tratar dados com componentes espaciais, ou seja, dados que possuem uma referência geográfica com coordenadas. As vantagens na utilização de um SIG em estudos diversos, incluindo a área ambiental, são a visualização espacial dos dados, suas relações de proximidade e distância; bem como a observação visual e gráfica de fenômenos perceptíveis apenas através de imagem.

Na Bahia, o semiárido ocupa uma área de 393.056Km², cerca de 70% da área do estado; sendo o local onde moram 6.453.283 pessoas, aproximadamente metade da população do estado, das quais 53% em áreas urbanas (BRASIL, 2005; IBGE, 2002). Nesta região, nos frequentes períodos de estiagem, há significativa redução de vazão nos poucos rios perenes e, nos muitos rios intermitentes, o fluxo cessa por completo. Nestas condições, o lançamento de efluentes domésticos urbanos nos corpos d'água representa uma certeza de poluição, pois, considerando a razão entre a carga poluente e o volume de água nesta região semiárida, o corpo receptor tem pouca ou nenhuma capacidade de diluição desses efluentes líquidos, mesmo que previamente tratados. Souza e Mota, 1994, estimam que para absorver a carga orgânica lançada nos rios, estes teriam que ter uma vazão correspondente a 40 vezes à vazão dos efluentes. Portanto, para evitar que ocorra poluição nestes rios, o nível do tratamento tem de ser de tal ordem, que os custos associados os inviabiliza enquanto prática de tratamento de esgotos domésticos (SOUZA; MOTA, 1994; SOUZA et al., 2003).

O reúso de águas residuárias na agricultura nestas regiões semiáridas, como técnica de pós-tratamento, possibilita a adoção de técnicas de tratamento de baixo

custo, a nível secundário, pois o efluente final, após percolar subsuperficialmente no solo, tem sua carga orgânica poluente reduzida. Isto se dá pelo fato do solo, dentro de sua capacidade e limite de absorção, atuar como meio filtrante [físico e químico], possibilitando que a adsorção do material orgânico em suspensão e dissolvido no efluente facilite pelas argilas eletricamente carregadas estimule a ação microrganismos decompositores que tratam o efluente.

Os microrganismos usam a matéria orgânica contida no efluente como alimento, convertendo-a em matéria mineralizada, nutriente, a qual fica à disposição para absorção radicular da vegetação.

A questão ainda a ser mais bem definida tanto técnica como legalmente, é até que ponto uma classe de solo específica, entre as treze atualmente catalogadas pela Embrapa, consegue absorver e tratar certo volume desse efluente das ETE sem, contudo, perder essa sua capacidade de meio filtrante.

Assim, a aplicação de águas residuárias na agricultura via irrigação, além de propiciar uma fonte permanente de água para a agricultura, possibilitando o desenvolvimento de atividades agrícolas de subsistência e comercial durante todo o ano em regiões onde o desenvolvimento sustentável e a geração de trabalho e renda tem a água como principal fator limitante.

Esse reúso agropecuário com efluentes tratados de ETE também pode permitir o enquadramento dos rios em classes de qualidade compatíveis com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuindo os custos de mitigação da poluição das águas.

Igualmente, além de estimular essa prática não só importante, mas necessária ao estágio atual desenvolvimento da sociedade, o presente trabalho também propõe principalmente o uso de uma metodologia, claramente estabelecida por meio de uma matriz avaliativa do potencial de reúso de ETE, que pode, eventualmente, ser ajustada e adequada às diversas realidades e condições edafoclimáticas.

METODOLOGIA

Foram escolhidos cinco atributos, aos quais foram dadas notas 1, 3 e 5, conforme apresentado no quadro 1.

Atributo	Critério		
	Baixo	Médio	Alto
Classe de Solo	Neossolo	Argissolo	Latossolo
	1	3	5
Relevo	Ondulado	Suave Ondulado	Plano
	8% a 20%	3% a 8%	0% a 3%
	1	3	5

Hidrografia	Muito Próxima			Próxima			Distante		
	Reúso até 500m do curso d'água			Reúso entre 500m e 1.000m do curso d'água			Reúso acima de 1.000m do curso d'água		
	1			3			5		
Aptidão Agrícola	CTC			Ph			Matéria Orgânica		
	0 a 100 mmol/Kg	101 a 250 mmol/Kg	> 250 mmol/Kg	1 a 3	3,1 a 5,5	5,6 a 6,5	< 15 g/Kg	15 a 30 g/Kg	> 30 g/Kg
	5	3	1	5	3	1	5	3	1
Volume de Efluente	Baixo			Médio			Alto		
	< 5 L/s			5 a 15 L/s			> 15 L/s		
	1			3			5		
Qualidade do efluente	Condutividade Elétrica			Razão Adsorção Sódio			Sais dissolvidos totais		
	> 2,3 Ds/m	0,81 a 2,3 Ds/m	0 a 0,8 Ds/m	> 30 (meq/L ou mmol _c /L)	13,1 – 30 (meq/L ou mmol _c /L)	< 13 (meq/L ou mmol _c /L)	500 – 1.500 (mg/L)	175 – 500 (mg/L)	0 – 175 (mg/L)
	1	3	5	1	3	5	1	3	5

Quadro 1- Atributos e Critérios para Escolha de Áreas Propícias ao Reúso

A estes seis atributos foram dados pesos, os quais ponderaram as notas obtidas, chegando-se a uma valor final através da fórmula 1, apresentada abaixo.

$$\text{Fórmula 1 : } NF = \underline{NCS \times 4 + NR \times 3 + NH \times 2 + NAG \times 1 + NVE \times 3 + NQE \times 3}$$

16

Para a definição dos pesos, foram adotados basicamente dois critérios, a saber:

- Riscos potenciais de contaminação, poluição e degradação do ambiente com o efluente tratado;
- Potencial em estimular o desenvolvimento local com práticas agrícolas sustentáveis.

Os atributos Classe de Solo, Relevo, Hidrografia e qualidade do efluente estão diretamente relacionados aos riscos de gerarem contaminação e degradação ambiental, seja potencializando ou limitando esses riscos. Já a aptidão agrícola, que leva em conta principalmente a questão da fertilidade natural dos solos, e o volume de efluente produzido estão, sobretudo, associados ao cenário de desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis.

Os pesos privilegiarem os atributos ligados aos riscos de contaminação e degradação, tendo em vista que apesar de serem efluentes tratados, ainda assim há risco de contaminação e de degradação do solo, sobretudo em relação à persistência de ovos de helmintos viáveis, à instalação de processos erosivos e à salinização.

Os atributos Classe de Solo, Relevo e Qualidade do efluente praticamente determinam a viabilidade da prática do reúso agrícola controlado no quesito ambiental. Lançar mão do reúso sobre uma classe de solo inapropriada e pior, quando associado a um relevo acidentado e um efluente fora dos padrões exigidos para a água de irrigação, é impor o insucesso à prática do reúso. O sistema brasileiro de classificação de solos, feito pela EMBRAPA para enquadramento de diferentes

solos em sua respectiva classe, reúne para tanto a grande maioria dos atributos diagnósticos (pH, textura, profundidade, pedregosidade, razão de adsorção do sódio, teores de cátions básicos, teores de matéria orgânica, CTC e etc.) utilizados para diferenciação e categorização dos mesmos e que influem diretamente na viabilidade da prática da fertirrigação. Por esse motivo, no presente estudo, a esse atributo da classe de solo foi dada grande relevância e maior peso.

Por seu turno, o Relevo, quando acidentado, além de potencializar o transporte, mistura e a contaminação dos cursos superficiais de água com os efluentes tratados, potencializa a degradação dos solos pela instalação de processos erosivos. Relevos mais acidentados propiciam, em tese, o aumento do escoamento superficial e menores taxas de infiltração, predispondo, portanto, o solo a processos erosivos. A esse atributo, também foi dado um peso ambiental relevante na nota final do potencial de reúso da ETE.

Todavia, cumpre registrar, sendo bem criterioso e observando esses dois atributos ambientais anteriormente referidos, que é o que se espera de uma prática feita de forma controlada e responsável de reúso agrícola, o terceiro atributo ambiental, hidrografia, terá sua relevância relativizada. Ou seja, ainda que a prática de reúso controlado ocorra nas proximidades de cursos de água superficiais a observância rigorosa da classe de solo e do relevo permitirá que a prática se desenvolva sem maiores problemas. Todavia, se a única área disponível para a prática do reúso agrícola estiver sobre um solo de classe inapropriada e relevo ondulado o atributo hidrográfico nesse caso deverá ser observado com maior rigor, pois a relevância desse atributo ambiental em relação aos riscos de contaminação serão maiores, tendo nessa condição um peso mais valorizado.

Por sua vez, o atributo Aptidão Agrícola entre os demais é o único que tem o sentido inversamente proporcional ao potencial de reúso, pois, à medida que a fertilidade natural do solo é elevada, menor será seu potencial para o reúso agrícola controlado. Se forem adicionados matéria orgânica e nutrientes, a partir da fertirrigação com reúso, a um solo já naturalmente fértil, menores serão as respostas em termos de produtividade agrícola e maiores serão os riscos de ocorrer um desbalanço químico-nutricional por excesso de nutrientes (cátions básicos e íons metálicos) presentes na solução e/ou adsorvido às argilas e matéria orgânica do solo. Esse atributo, calculado pela média da Capacidade de Troca de Cátions (CTC), do pH do solo e da Matéria Orgânica, recebeu um peso secundário porque, com raras exceções, a fertilidade natural da grande maioria dos solos brasileiros é limitada.

Por sua vez, o atributo Volume de Efluente Produzido pela ETE tem sua relevância associada principalmente à viabilidade econômico-financeira do empreendimento agrícola. Dadas as razoáveis inversões iniciais para aquisição dos equipamentos e materiais de irrigação e o capital de giro necessário para manter, principalmente, os custos com a energia para operação do sistema, supomos haver um volume mínimo de efluente que precise ser produzido pela ETE para que a prática agrícola

se justifique na recuperação a curto e médio prazo das inversões realizadas, principalmente quanto ao tamanho de área e a rentabilidade da cultura agrícola escolhida. Por exemplo, para o reúso agrícola de um hectare de banana (*Musa sp.*) com sistema de irrigação localizado por microaspersão operando dez horas diárias durante nove meses do ano (fora do período chuvoso) com energia elétrica para recalcar o efluente, monitoramento do solo e do efluente e o acompanhamento técnico durante três anos foi calculado com preços da Embasa de 2017 como tendo um custo médio de R\$ 99.272,40 (noventa e nove mil duzentos e setenta e dois reais e quarenta centavos).

Desse modo, uma ETE com baixo volume de efluente tratado (< 5 L/s) só poderá fertirrigar áreas de pequenas dimensões com no máximo um hectare que estejam situadas no entorno imediato ou no interior da própria ETE para não necessitar de bombeamento e transporte a maiores distâncias devido aos custos financeiros associados. Talvez, ETE's com vazões de tratamento de efluentes menores sejam mais adequadas à irrigação de cinturões verdes, de paisagismo e gramados implantados no interior da própria estação de tratamento ou no máximo em área de um hectare que seja contígua à ETE. Uma agricultura de subsistência, onde via de regra a finalidade principal do cultivo é o consumo na própria unidade familiar, portanto com fins não comerciais e onde os agricultores são em geral mais descapitalizados, nesse caso não seria recomendável a implantação de sistemas de reúso agrícola prevendo a recuperação do investimento inicial realizado.

Por fim, ressaltamos o atributo Qualidade do efluente, que para o reúso agrícola de efluentes tratados devem ser consideradas como parâmetros os padrões mínimos requeridos para a água de irrigação. A qualidade da água de irrigação costuma ser avaliada com base em três fatores principais: condutividade elétrica (**CE**), razão de adsorção de sódio (**RAS**) e teor de Sólidos Dissolvidos Totais (**SDT**). Os principais problemas que podem ocorrer com o uso inadequado da irrigação são a salinização e a redução da permeabilidade do solo; ambos decorrem do uso de águas com elevados teores de sais. Quanto maior a condutividade elétrica maior a quantidade de substâncias dissolvidas na água. Outro ponto a ser observado é o teor de sólidos totais (**SDT**), parâmetro que também deve ser monitorado nos projetos de reúso agrícola; a literatura aponta que valores entre **500 e 1000 mg/L de SDT** em águas residuárias para irrigação podem afetar plantas sensíveis como por exemplo a manga e a laranja. Valores elevados de SDT associado a pH elevados do efluente (>7), também podem causar entupimentos nos equipamentos de irrigação (aspersores, microaspersores e gotejadores). Em geral pH elevados propiciam a precipitação de carbonatos e de sais à base de ferro que podem causar esses entupimentos.

Considerando as vantagens da ferramenta SIG, já citadas, visando uma melhor interpretação dos critérios definidos no Quadro 1, neste trabalho, foi utilizada a ferramenta livre de SIG denominada QuantumGIS. Com esta ferramenta, foram separadas as áreas dentro de cada atributo, isoladamente, de modo a permitir a

pontuação dentro de cada atributo, nas proximidades das ETE das cidades de Itaberaba, Rui Barbosa, situadas na região do Piemonte do Paraguaçu; bem como Lençóis e Palmeiras, situadas na região da chapada diamantina, como mostram as figuras 1 e 2.

RESULTADO

Com as notas atribuídas, obteve-se uma nota final, como mostrado no quadro 2.

Cidade ETE	Classe de Solo	Relevo	Hidrografia	Aptidão Agrícola	Volume Efluente	Qualidade Efluente*	Nota Final
Itaberaba	5	2	5	5	4	3	4
Ruy Barbosa	3	3	3	3	4	3	3
Lençóis	5	1	3	4	1	4	3
Palmeiras	1	1	3	4	1	3	2

Quadro 2 – Avaliação do Potencial de Aplicação de Efluentes na Agricultura

****Nota:** Tendo em vista não ter sido possível a análise em laboratório do indicador Condutividade Elétrica, para atribuição da nota final de cada ETE do parâmetro “Qualidade do Efluente” só foram considerados os indicadores RAS e SDT.

A partir da nota final, foram criados mapas especiais denominados de mapas temáticos, os quais permitem a classificação espacial dos dados, dividindo-os em cores. O potencial de reúso, dado pela nota final, foi classificado em forte, representado pela cor vermelha; médio, representado pela cor amarela; e baixo representado pela cor verde.

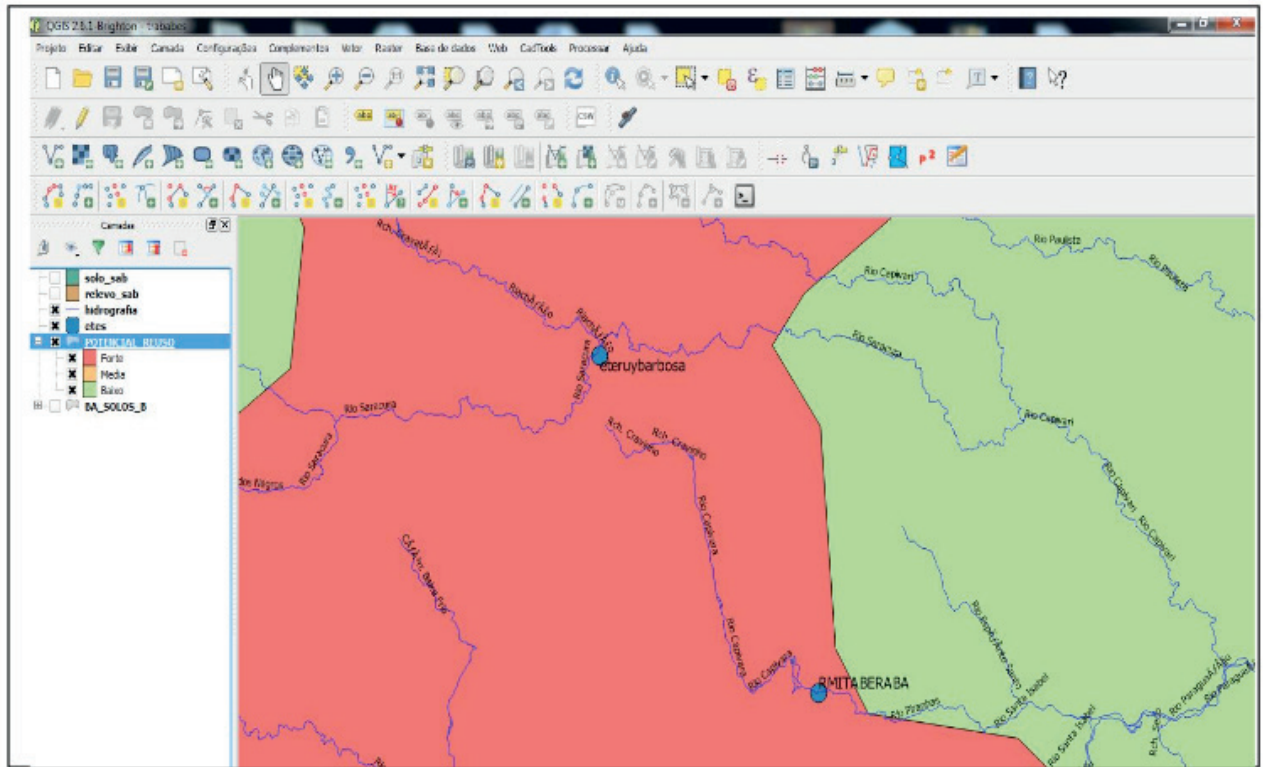
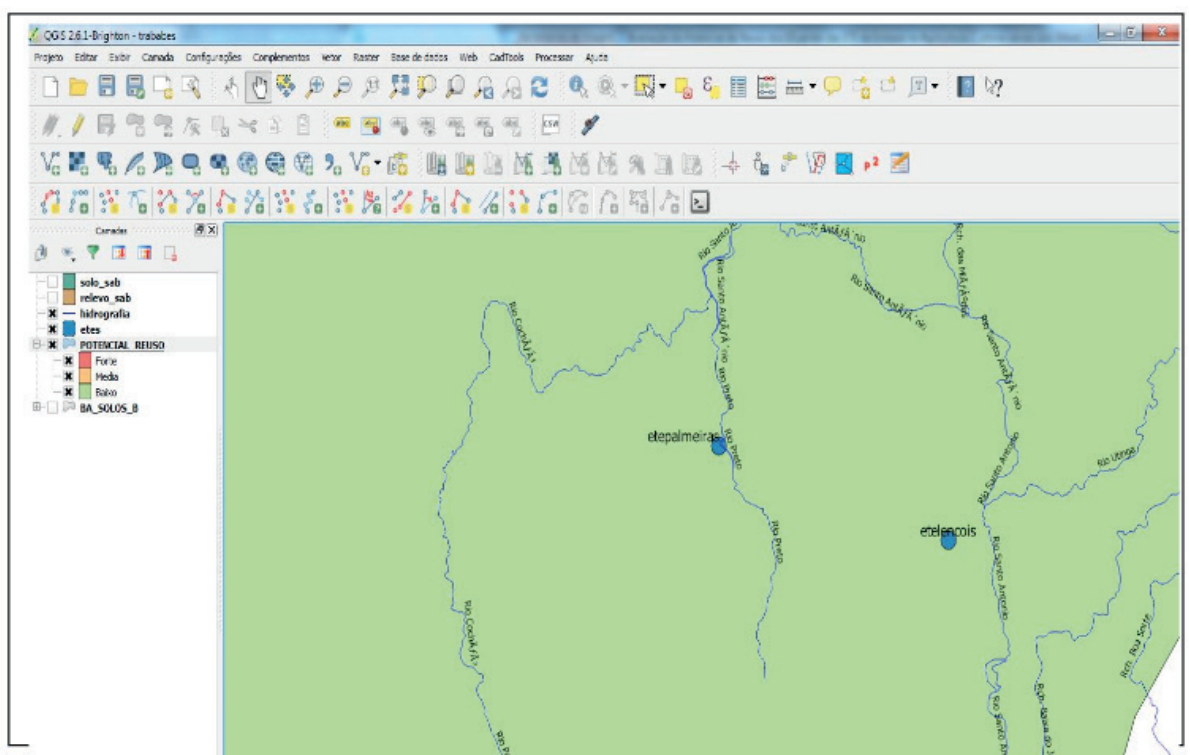


Figura 1- região das ETEs de Itaberaba e Rui Barbosa

Na Figura 1, pode-se perceber com a utilização da ferramenta SIG que as ETES estão contidas em um polígono destacado na cor vermelha, o que indica forte potencial de reuso. Em contrapartida, a Figura 2 mostra duas ETEs (ETE PALMEIRAS e ETE LENÇÓIS) contidas no polígono verde, o que indica baixo potencial de reuso.

Em contrapartida, a Figura 2 que segue, mostra duas ETE's, Palmeiras e Lençóis, contidas no polígono verde; o que indica baixo potencial de reúso.



REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro (cartilha). Brasília: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005a. 35f;
- FLORENCIO, Lourdinha, AISSE, Miguel Mansur et al (Coord.). Reúso das Águas de Esgoto Sanitário, inclusive tecnologias de tratamento para esse fim. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006, 427p;
- IBGE. Área territorial oficial, Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02) de 10 de outubro de 2002;
- RAIJ, B. Van. Avaliação da Fertilidade do Solo: Piracicaba/SP. Instituto Potassa & Fosfato, 1981, 142p;
- SOUZA, Francisco Gláucio Cavalcante de et al. Padrão de emissão para rios intermitentes – enfoque ao semiárido do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., Joinville, 2003. Anais... Joinville: ABES, 2003;
- SOUZA, Raimundo Oliveria de; MOTA, Francisco Suetônio. Qualidade e Conservação da Água com Vistas ao Desenvolvimento Sustentável no Semiárido Nordeste. Projeto Áridas. Brasília: SEPLAN/PR, 1994. 52p.

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