



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	<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	
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	
Viviane Nascimento da Silva e Sá Fabiana Valéria da Fonseca Leila Yone Reznik Tito Lívio Moitinho Alves	
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	
Ajadir Fazolo Alisson Luiz Boeing Kátia Valéria Marques Cardoso Prates Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann Rafael Coelho Ciciliato Rafaella Oliveira Baracho	
DOI 10.22533/at.ed.94219091025	
CAPÍTULO 26	311
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
Demian da Silveira Barcellos Harry Alberto Bollmann	
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	
Evanildo Pereira de Lima Helder Guimarães Aragão	
DOI 10.22533/at.ed.94219091027	
CAPÍTULO 28	339
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Juliana Guasti Lozer Victor Correia Faustini Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis Nadja Lima Gorza Renata Maia das Flores	
DOI 10.22533/at.ed.94219091028	
CAPÍTULO 29	351
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
Sâmia Rafaela Maracaípe Lima Eduardo Ueslei de Souza Siqueira Layse de Oliveira Portéglio Mainara Generoso Faustino	
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

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

RESUMO: O benchmarking é uma das ferramentas mais importantes para analisar os desempenhos, gerar bases de aferição e promover a comparação entre prestadoras de serviço. Dessa forma o presente trabalho apresenta um estudo de benchmarking para analisar o desempenho entre as operadoras de água e esgoto das Bacias PCJ. Optou-se pela utilização de benchmarking métrico total não paramétrico, mais especificamente a Análise Envoltória de Dados – DEA. Em essência, a DEA é uma técnica de programação linear matemática que converte múltiplos *inputs* e *outputs* em uma única medida de eficiência para cada operadora. Os resultados apontam que, das 57 operadoras estudadas, somente 1 está operando de forma eficiente, com base na eficiência global, DEA-CRS. Avaliando somente a eficiência técnica pura, DEA-VRS, se percebe que 5 operadoras estão operando de forma eficiente. 63% das operadoras estão operando em alta eficiência de escala. A estrutura de *benchmarking* aqui apresentada pode ser utilizada pelas operadoras para identificação de

seu *benchmark* e de suas folgas em relação às operadoras que estão na fronteira de eficiência. A estrutura também pode ser utilizada pelas entidades reguladoras para calcular o Fator-X que determina o *Price Cap*.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de operadoras, Benchmarking métrico, Análise envoltória de dados.

INTRODUÇÃO

A ferramenta benchmarking está bem estabelecida como um tema de pesquisa científica. Para o setor de abastecimento de água, várias pesquisas o apontam como uma ferramenta com alto potencial para incrementar desempenho e eficiência das operadoras, como os de Cubbin e Tzanidakis (1998), Berg (2003), Corton (2003), Tupper e Resende (2004), Lin (2005), Seroa Da Motta e Moreira (2006), Kun, Talib e Redzwan (2007), Mugisha (2007); Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández e Gonzáles-Gómez (2008), Corton e Berg (2009), Singh, Upadhyay e Mittal (2010), Romano e Guerrini (2011), Singh, Mittal e Upadhyay (2011), Carvalho, Marques e Berg (2012), Marques, Berg e Yane (2014), Storto (2014) e Wibowo e Alfen (2015).

O início do benchmarking acontece com os japoneses fazendo engenharia reversa de

produtos americanos, mas somente ganha visibilidade e essa nomenclatura quando, em 1970, a Xerox publica os resultados dessa prática ao assimilar processos de sua concorrente, a Fuji (PARENA; SMEETS, 2001).

Essa ferramenta teve grande aceitação mundial, porque pode auxiliar qualquer tipo de instituição, sendo um instrumento útil na tomada de decisão, uma vez que permite encontrar e, posteriormente, implantar melhores práticas que conduzirão a um desempenho superior ao atual (CARPINETTI; MELO, 2002).

O fundamental objetivo do Benchmarking é o de promover a mudança na gestão e encontrar o melhor desempenho para produtos, serviços ou processos de qualquer tipo de instituição e, assim, promover a melhor satisfação do cliente. O foco está em implantar as melhores práticas, que se traduzem no desempenho superior, sendo que às instituições com melhores práticas de desempenho dá-se o nome de “melhores práticas” e a seu respectivo desempenho “nível de desempenho superior” (FONG; CHENG; HO, 1998).

Helgason (1997) sugere que o benchmarking pode ser utilizado para comparar e avaliar objetivamente o desempenho das organizações; para criar uma pressão contínua de melhoria; para revelar áreas ou processo específicos que necessitam ser melhorados; identificar as melhores práticas e adotá-las; verificação de andamento de planos de melhoria.

Especificamente para os serviços de água, Water and Sanitation Program (2010) identifica que o benchmarking pode ser utilizado para promover a eficiência no contexto de monopólio, para apoiar o planejamento e a avaliação do setor e para identificar e partilhar as melhores práticas.

Nesse mesmo sentido, no setor de água o benchmarking permite simular ambientes de concorrência, comparando aspectos de gestão, identificando e medindo ineficiências, observando o impacto das decisões nas melhorias, dimensionando os incentivos para a melhora, além de assegurar o bom desempenho (ROMERO; FERRO, 2008; SEPPÄLÄ, 2015).

O benchmarking é uma das ferramentas mais importantes para analisar os desempenhos, gerar bases de aferição e promover a comparação entre as prestadoras de serviços (BERG, 2003), dessa forma o presente trabalho apresenta um estudo de benchmarking para analisar o desempenho entre as operadoras de água e esgoto das Bacias PCJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Benchmarking é um processo contínuo e sistemático, onde comparações de eficiência são realizadas para relacionar as organizações, em termos de produtividade, qualidade e processos com aquela que tem as melhores práticas (The Tilde Partners, 2005). Existe uma variedade bastante grande de métodos de benchmarking, nesse

trabalho as análises realizadas são resultados de um benchmarking métrico total não paramétrico, mais especificamente uma Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*).

Em essência, a DEA é uma técnica de programação linear matemática que converte múltiplos *inputs* e *outputs* em uma única medida de eficiência para cada DMU (Decision Making Units) de um conjunto homogêneo de operadoras (SINGH; MITTAL; UPADHYAY, 2011; MARQUES; BERG; YANE, 2014). A DEA constrói uma fronteira não paramétrica de produção eficiente unindo um grupo de segmentos lineares que inclui os produtores mais eficientes e avalia as outras DMUs com base na distância em que elas se encontram da fronteira (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007; CORTON; BERG, 2009; ROMANO; GUERRINI, 2011; SINGH; MITTAL; UPADHYAY, 2011).

Dessa forma, as DMUs que estão sobre a fronteira são as mais eficientes em comparação ao grupo de benchmarking, recebendo um índice de eficiência técnica (TE) 1 (melhores práticas). As outras DMUs receberão índices de eficiência técnica (TE) entre 0 e 1, sendo que quanto mais perto de 0 menos eficiente ela é (ROMANO; GUERRINI, 2011; SINGH; MITTAL; UPADHYAY, 2011; STORTO, 2014).

A fronteira de produção é gerada ao resolver essa sequência de problemas de programação linear, uma para cada DMU incluída na amostra (SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010). A eficiência relativa de uma unidade é medida pela distância entre a observação real e sua respectiva operadora virtual, que está localizada na fronteira obtida a partir de todas as unidades em análise (CAMP, 1998). O modelo ainda determina para cada unidade o melhor conjunto de pesos de entrada e de saída que maximizam seu escore de eficiência, ou seja, calcula metas de entrada e saída que tornariam uma unidade ineficiente em eficiente (CAMP, 1998; SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; STORTO, 2014). DEA é, portanto, uma medida de eficiência, relativa às melhores práticas dentro do grupo de amostra, sendo considerada como um método de ponto extremo (CAMP, 1998; CORTON; BERG, 2009; ROMANO; GUERRINI, 2011).

Segundo Singh, Upadhyay e Mittal (2010), Charnes, Cooper e Rhodes, originalmente, propuseram o DEA considerando retornos constantes de escala (CRS), esse modelo também é conhecido pela sigla de seus autores Charnes, Cooper e Rhodes (CCR). O modelo linearizado está representado pelas equações:

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \sum_j \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{0i} \end{aligned}$$

$$\sum_j \lambda_j y_{jr} \geq y_{0r}$$

Equação (1)

$$\lambda_j, \theta \geq 0$$

Onde: θ = eficiência da DMU; j = n-ésima DMU; i = m-ésimo input; r = s-ésimo output.

Nessa abordagem considera-se indiferente o tamanho da DMU, ou seja, para a produção de uma pequena ou grande quantidade de produtos as eficiências são calculadas considerando uma função linear entre *inputs* e *outputs* (SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; ROMANO; GUERRINI, 2011; STORTO, 2014). Porém, quando não ocorrem relações lineares entre os *inputs* e *outputs* é necessário adotar o modelo com retornos variáveis de escala (VRS) (SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; ROMANO; GUERRINI, 2011; BERG, 2013; MARQUES; BERG; YANE, 2014). Nesse modelo, obriga-se que a fronteira de eficiência seja convexa, adicionando uma restrição na equação 1, $\sum_j \lambda_j = 1$.

Cooper, Seiford e Tone (2007) recomendam para setores formados de empresas com portes bastante distintos aplicar a técnica VRS para desassociar os efeitos de escala da “eficiência técnica pura”. Portanto, o resultado de um modelo CRS apresenta a eficiência global de uma DMU, sendo que o resultado do modelo VRS exclui da eficiência global os efeitos de escala (ROMANO; GUERRINI, 2011). Da razão entre os modelos se obtém somente o impacto do efeito de escala (CORTON; BERG, 2009).

Ambos os modelos DEA (CRS e VRS) podem ser orientados para o input ou para o output. Orientado pelo input, o modelo de programação linear destina-se a determinar o quanto uma DMU pode eficientemente restringir os *inputs* a fim de alcançar o mesmo nível de output. Orientada para os *outputs*, o modelo de programação linear tem por objetivo determinar a máxima produção de *outputs* restringindo os *inputs* (STORTO, 2014). A escolha vai depender do objetivo das operadoras que estão participando do exercício de benchmarking em minimizar os recursos ou maximizar os resultados (CORTON; BERG, 2009). Para os serviços públicos de água, quase sempre o foco é na minimização dos recursos, ou seja, orientação para *inputs*. A equação 1 está orientada para os *inputs*, minimização (PICAZO-TADEO; SÁEZ-FERNÁNDEZ; GONZÁLES-GÓMEZ, 2008; SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; BERG; MARQUES, 2011).

Wibowo e Alfen (2015) explicitam a importância de se selecionar indicadores de benchmarking para que sejam representativos daquilo que se pretende evidenciar. Se o benchmarking foca verificar eficiência de um serviço, os indicadores têm que representar bem os *inputs* e *outputs* desse serviço. Para Mosse e Sontheimer (1996),

os indicadores de input medem a quantidade de recursos necessários para uma atividade ou projeto, podem ser relacionados à: financiamento, recursos humanos, treinamento, equipamentos, materiais, suplementos, capital e custos em geral. Os de output medem a quantidade de produtos ou serviços criados através dos *inputs*. Os *inputs* e *outputs* utilizados nesse trabalho estão na Tabela 1, sendo que todos os dados foram coletados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS). Dados do ano 2014, para operadoras que trabalham com abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios do Estado de São Paulo, que pertencem às Bacias Piracicaba, Jundiá e Capivarí.

<i>INPUTS</i>	
Custo de capital	Extensão de rede de água e esgoto
Custo com pessoal	Despesas com pessoal próprio e terceiros
Outras despesas operacionais	Despesas com energia e produtos químicos
<i>OUTPUTS</i>	
Volume de água faturado	1000 m ³ /ano
Volume de esgoto faturado	1000 m ³ /ano
Ligações ativas de esgoto	Quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública
Ligações ativas de água	Quantidade de ligações ativas de água à rede pública

Tabela 1: *Inputs* e *outputs* utilizados.

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta uma descrição estatística das variáveis utilizadas.

	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
<i>Inputs</i>				
Extensão das redes de água e esgoto (km)	20,23	8808,75	687,36	1253,92
Despesa com pessoal próprio e terceiros (1000 R\$/ano)	104,19	383565,4	17916,61	50056,05
Despesas com energia e produtos químicos (1000 R\$/ano)	34,16	57906,6	4586,5	8864,29
<i>Outputs</i>				
Volume de água faturado (1.000 m ³ /ano)	0	88243,8	6866,84	12908,6
Volume de esgotos faturado (1.000 m ³ /ano)	0	75056,8	5803,8	11260,8
Quantidade de ligações ativas de água	664	349726	30774	51196,3
Quantidade de ligações ativas de esgotos	521	289268	26596,8	44171,2

Tabela 2: Estatística descritiva para os *inputs* e *outputs*.

	<i>Input 1</i>	<i>Input 2</i>	<i>Input 3</i>	<i>Output 1</i>	<i>Output 2</i>	<i>Output 3</i>	<i>Output 4</i>
<i>Input 1</i>	1	0,96	0,96	0,99	0,98	0,99	0,98
<i>Input 2</i>		1	0,93	0,95	0,94	0,94	0,92
<i>Input 3</i>			1	0,97	0,97	0,97	0,97
<i>Output 1</i>				1	0,99	0,99	0,99
<i>Output 2</i>					1	0,99	0,99
<i>Output 3</i>						1	1
<i>Output 4</i>							1

Tabela 3: Matriz de correlação entre os *inputs* e *outputs*.

Realizou-se uma agregação para se obter ao final somente um input e um output. Isso foi realizado devido ao alto grau de associação entre as variáveis, ver Tabela 3. Para tanto realizou-se um *Principal Component Analysis*, as variáveis resultantes explicam 99,57% e 99,65% das variáveis de *input* e *output*, respectivamente.

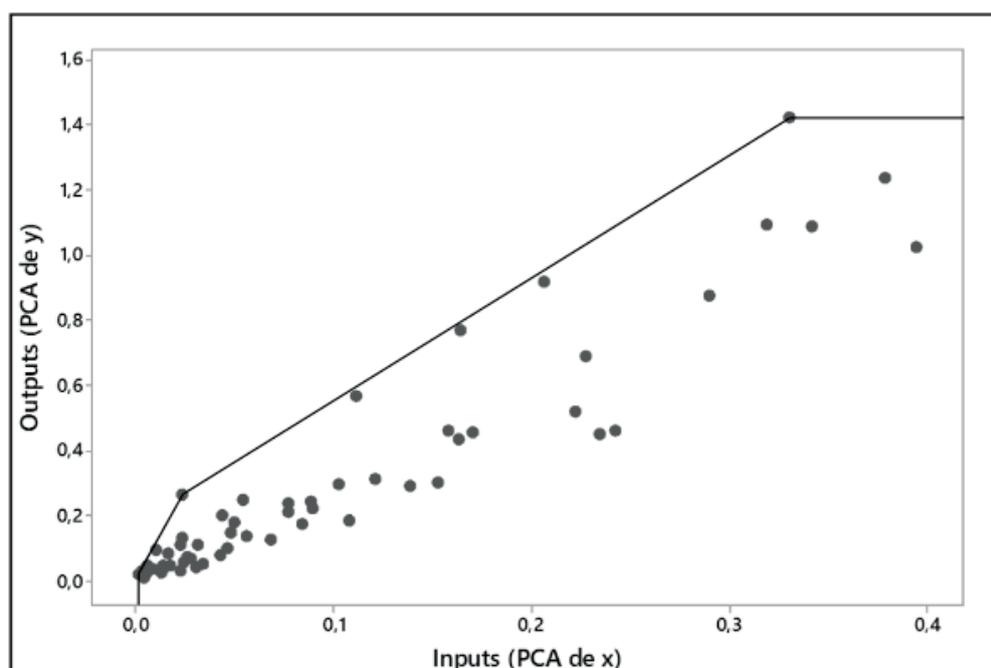


Figura 1: Fronteira de eficiência, considerando as DMUs estudadas.

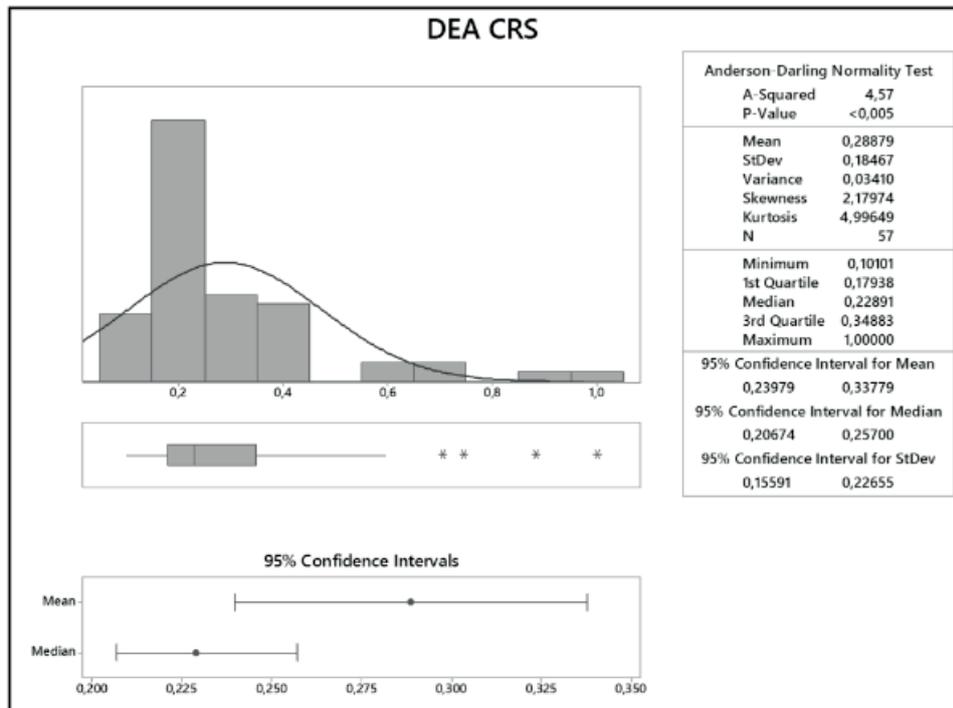


Figura 2: Estatística descritiva das eficiências calculadas, modelo DEA CRS.

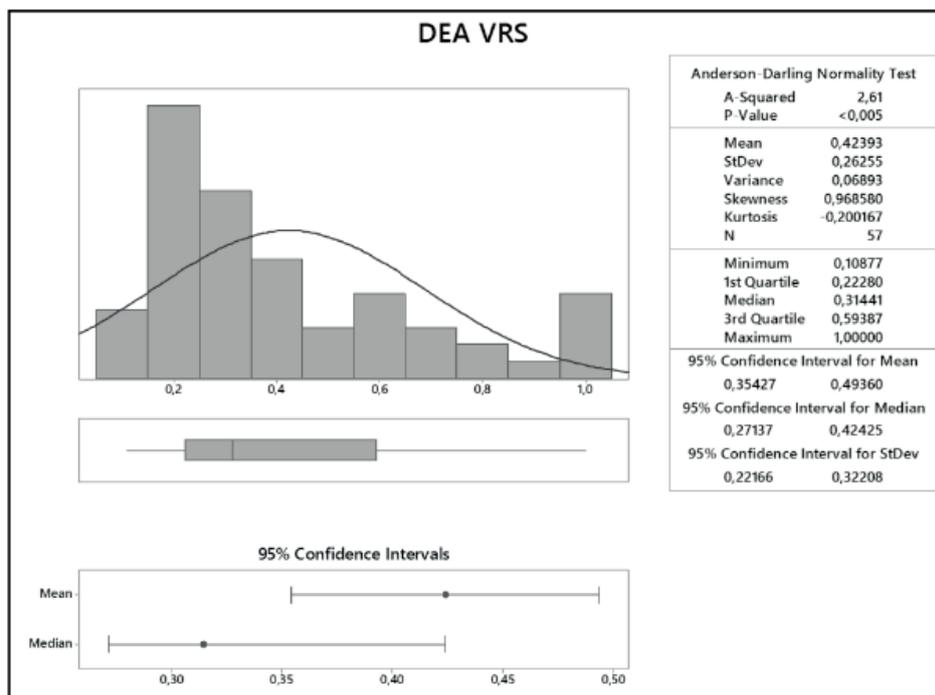


Figura 3: Estatística descritiva das eficiências calculadas, modelo DEA VRS.

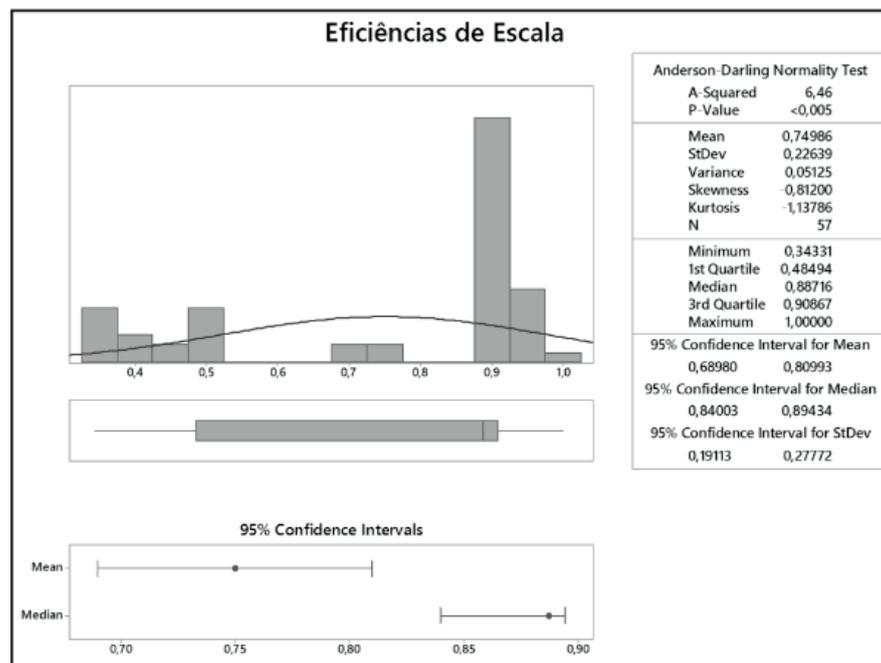


Figura 4: Estatística descritiva das eficiências de escala.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas para todas as sete variáveis utilizadas das 57 operadoras estudadas (DMU's). A partir dos resultados dessa estatística é possível verificar a variabilidade de porte, custos operacionais e níveis de atendimento, no contexto das Bacias Piracicaba, Capivarí e Jundiaí.

Já a Tabela 3 apresenta uma matriz de correlação entres as sete variáveis selecionadas para o estudo com a finalidade de explicar as escolhas das variáveis para a modelagem do DEA. A correlação positiva entre as variáveis de input e de output confirmam a confiabilidade do modelo estruturado, sendo possível agregar as variáveis com alto grau de confiança. Outra qualidade do modelo estruturado é proveniente do número de DMU's ser maior que o produto entre o número de *inputs* e *outputs* e maior que três a soma do número de *inputs* e *outputs*.

A Figura 1 apresenta as operadoras, seus *inputs* (PCA dos *inputs* originais) e *outputs* (PCA dos *outputs* originais e a fronteira de eficiência, na qual somente 3 operadoras se encontram. A Figura 2 mostra os scores de eficiência relativa, utilizando os métodos com retorno constante e variável de escala para as operadoras de água e esgoto do Estado de São Paulo que fazem parte das Bacias PCJ, no ano de 2014. Das 57 operadoras estudadas, somente 1 está operando de forma eficiente (>95% de eficiência), quando os dados são analisados com base em sua eficiência global, DEA-CRS. Nesse mesmo método é possível verificar que 89% das operadoras estão com um score de eficiência abaixo de 0,45.

Avaliando somente a eficiência técnica pura, DEA-VRS, se percebe que 5 operadoras estão operando de forma eficiente (>95% de eficiência) e 66% estão operando abaixo de 45% de eficiência, Figura 3.

Aproximadamente 63% das operadoras estão operando em alta eficiência de escala (>87,5%), Figura 4. Porém, quase 30% estão operando em baixa eficiência de escala (<52,5%). Pode se inferir que a maior parte da ineficiência global das operadoras é devida à dificuldade de empregar os fatores de produção de forma eficiente, mas que para uma parte dela a escala é o principal problema.

CONCLUSÕES

A estrutura de *benchmarking* aqui apresentada pode ser utilizada pelas operadoras, para identificar o *benchmark* e melhorar seu desempenho através de um processo de aprendizagem, *benchmarking* de processos. Também pelas operadoras, pode ser utilizado para identificar suas folgas em relação às operadoras que estão na fronteira de eficiência e suas metas, para cada input e output, de forma a se torna eficiente. A estrutura também pode ser utilizada pelas entidades reguladoras da área, ARSESP e ARES, para ranquear a operadoras e desenvolver mecanismos de incentivos adequados ou uma regulação econômica. Na regulação econômica o DEA serve para calcular o Fator-X que determinará o *Price Cap*. A ideia central é sinalizar às operadoras que melhorando sua eficiência ela irá apropriar-se dos ganhos futuros resultantes desse esforço.

AGRADECIMENTOS

FAPESP. Projeto de pesquisa regular coordenado pelo Prof. Tadeu Fabrício Malheiros. Nº Processo: 2015/23382-1.

REFERÊNCIAS

BERG, S. V. The art and science of Benchmarking: what will we take home. Conference on Global Developments in Water Industry Performance Benchmarking. Perth, Australia: Public Utilities Research Center. 2003.

CAMP, R. C. Benchmarking: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas que levam à maximização da performance empresarial: o caminho da qualidade total. 3ª. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

CARPINETTI, L. C. R.; MELO, A. M. D. What to benchmark? A systematic approach and cases.. Benchmarking: An International Journal, v. 9, n. 3, p. 244-255, 2002.

CARVALHO, P.; MARQUES, R. C.; BERG, S. V. A meta-regression analysis of benchmarking studies on water utilities market structure. Utilities Policy, v. 21, n. 1, p. 40-49, December 2012.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. 2ª. ed. New York, USA: Springer Science and Business Media, LLC, 2007.

CORTON, M. L. Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru. Utilities Policy, v. 11, n. 1, p. 133-142, 2003.

- CORTON, M. L.; BERG, S. V. Benchmarking Central American water utilities. *Utilities Policy*, v. 17, n. 1, p. 267-275, 2009.
- CUBBIN, J.; TZANIDAKIS, G. Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. *Utilities Policy*, v. 7, n. 1, p. 75-85, 1998.
- FONG, S. W.; CHENG, E. W. L.; HO, D. C. K. Benchmarking a general reading for management practioners. *Management Decision*, Hong Kong, v. 36, n. 6, p. 407-418, 1998.
- HELGASON, S. International Benchmarking experiences from OECD countries [OECD/PUMA Working Paper]. Paris: OECD, 1997. 1-8 p.
- KUN, O. B.; TALIB, S. A.; REDZWAN, G. Establishment of performance indicators for water supply services industry in Malaysia. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, v. 19, n. 1, p. 73-83, 2007.
- LIN, C. Service quality and prospects for benchmarking: Evidence from the Peru water sector. *Utilities Policy*, v. 13, n. 1, p. 230-239, 2005.
- MARQUES, R. C.; BERG, S.; YANE, S. Nonparametric Benchmarking of Japanese water utilities: institutional and environmental factors affecting efficiency. *Journal Of Water Resources Planning And Management*, v. 140, n. 5, p. 562-571, MAY 2014.
- MOSSE, R.; SONTHEIMER, L. E. Performance Monitoring Indicators Handbook [World Bank Technical Paper nº 334]. Washington, D.C.: The World Bank, 1996.
- MUGISHA, S. Performance assessment and monitoring of water infrastructure: an empirical case study of Benchmarking in Uganda. *Water Policy*, v. 9, n. 5, p. 475-491, 2007.
- PARENA, R.; SMEETS, E. Benchmarking initiatives in the water industry. *Water Science and Technology*, v. 44, n. 2-3, p. 103-110, 2001.
- PICAZO-TADEO, A. J.; SÁEZ-FERNÁNDEZ, F. J.; GONZÁLES-GÓMEZ, F. Does service quality matter in measuring the performance of water utilities? *Utilities Policy*, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2008.
- ROMANO, G.; GUERRINI, A. Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: A data envelopment analysis approach. *Utilities Policy*, v. 19, n. 1, p. 202-209, 2011.
- ROMERO, C. A.; FERRO, G. A Benchmarking exercise on Latin American water Utilities [Working Paper]. Buenos Aires: UADE - Universidad Argentina de la Empresa, v. 1, 2008.
- SEPPÄLÄ, O. T. Performance Benchmarking in Nordic water utilities. *Procedia Economics and Finance*, v. 21, n. 1, p. 399-405, 2015.
- SEROA DA MOTTA, R.; MOREIRA, A. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. *Utilities Policy*, v. 14, n. 1, p. 185-195, 2006.
- SINGH, M. R.; MITTAL, A. K.; UPADHYAY, V. Benchmarking of North Indian urban water utilities. *Benchmarking: An International Journal*, v. 18, n. 1, p. 86-106, 2011.
- SINGH, M. R.; UPADHYAY, V.; MITTAL, A. K. Addressing sustainability in benchmarking framework for Indian urban water utilities. *Journal of Infrastructure Systems*, v. 16, n. 1, p. 81-92, March 2010.
- STORTO, C. L. Benchmarking operational efficiency in the integrated water service provision: Does contract type matter? *Benchmarking: An International Journal*, v. 21, n. 6, p. 917-943, 2014.

THE TILDE PARTNERS. D20 - Benchmarking tools. Trondheim: European Commission, 2005.

TUPPER, H. C.; RESENDE, M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utilities Policy*, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.

WATER AND SANITATION PROGRAM. A review in Bangladesh, India, and Pakistan: Benchmarking for performance improvement in urban utilities. The World Bank. Dhaka, Bangladesh, p. 52. 2010.

WIBOWO, A.; ALFEN, H. W. Benchmarking the efficiencies of Indonesia's municipal water utilities using Stackelberg data envelopment analysis. *Benchmarking: An International Journal*, v. 22, n. 4, p. 588-609, 2015.

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