



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	
<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

ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ

Maurício Marchand Krüger

Geólogo - Consultor da Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos - Cobrape - e-mail: mauricio.kruger@gmail.com

Cláudio Marchand Krüger

Engenheiro Civil – Consultor na Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos - Cobrape - e-mail: claudiokruger@cobrape.com.br

Rodrigo Pinheiro Pacheco

Engenheiro Civil – Coordenador de Projetos na Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos - Cobrape - e-mail: rodrigopacheco@cobrape.com.br

Marcos Cesar Santos da Silva

Engenheiro Civil – Coordenador de Projetos da Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar - e-mail: mcesar@sanepar.com.br

RESUMO: O estudo tem por objetivo apresentar uma metodologia para o cálculo das reservas ativas subterrâneas – em especial para a parcela renovável – considerada como adequada à gestão dos recursos hídricos, com destaque para integração entre as suas componentes superficiais e subterrâneas – além de apresentar os resultados do cálculo da reserva ativa dos sistemas aquíferos da região Norte do Estado do Paraná, os quais foram comparados com aqueles apresentados pela ANA – Agência Nacional de Águas, mais especificamente na Avaliação da Disponibilidade Hídrica na Bacia

do Rio Paranapanema (ANA, 2014), já que uma parcela das áreas se sobrepõe e são compostas dos mesmos litotipos geológicos analisados. A seleção da metodologia apresentada se baseou na sua relativa facilidade de obtenção e interpretação, mas também por poder já considerar – senão em toda, mas em grande parte - a parcela da reserva ativa que é explotada de forma não conhecida, através de poços mais superficiais não outorgados, uma vez que se baseia em dados da descarga de base dos rios, fator este fundamental no seu correto dimensionamento. Também se destaca por permitir análises pormenorizadas das variações que determinados sistemas aquíferos apresentam em distintas bacias hidrográficas, o que pode ser mascarado pelas outras metodologias, que em geral apresentam médias mais regionais das reservas ativas. Tal avaliação permitiu concluir que os resultados obtidos por ambas as metodologias é próximo e coerente, sofrendo apenas variações mais significativas em aquíferos não tão relevantes, como nos aquíferos, ou em áreas mais complexas como o Sistema Aquífero Carste.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial Hídrico Subterrâneo, Reserva Ativa, Água Subterrânea, Disponibilidade Hídrica Subterrânea.

UNDERGROUND WATER POTENTIAL ESTIMATE IN THE NORTHERN REGION OF THE STATE OF PARANÁ

ABSTRACT: The study aims to present a methodology for the calculation of underground active reserves - especially for the renewable portion - considered as adequate for water resources management, with emphasis on the integration between its surface and underground components - besides presenting the results of the calculation of the active reserve of aquifer systems in the northern region of Paraná State, which were compared with those presented by ANA - National Water Agency, more specifically in the Water Availability Assessment in the Paranapanema River Basin (ANA, 2014), since a portion of the areas overlap and are composed of the same geological lithotypes analyzed. The selection of the methodology presented was based on its relative ease of obtaining and interpretation, but also because it may already consider - if not all but largely - the portion of the active reserve that is exploited in an unknown way through more shallow wells, since it is based on data of the base discharge of the rivers, a fundamental factor in its correct dimensioning. It also stands out for allowing detailed analyzes of the variations that certain aquifer systems present in different river basins, which can be masked by other methodologies, which generally present more regional averages of active reserves. This evaluation led to the conclusion that the results obtained by both methodologies are close and coherent, suffering only more significant variations in aquifers not as relevant, as in aquitards, or in more complex areas such as the Karst Aquifer System.

KEYWORDS: Underground Water Potential, Active Reserve, Underground Water, Underground Water Availability

1 | INTRODUÇÃO

O presente artigo tem por objetivo apresentar um método para o cálculo das reservas ativas subterrâneas - com destaque para a sua parcela renovável – e que pode ser considerada como a mais adequada para a gestão dos recursos hídricos, em especial no âmbito da integração entre as componentes superficiais e subterrâneas - bem como demonstrar os resultados da reserva ativa e, conseqüentemente, da disponibilidade hídrica de sistemas aquíferos da região Norte do Estado do Paraná. Os resultados foram comparados com aqueles apresentados pela ANA – Agência Nacional de Águas, mais especificamente na Avaliação da Disponibilidade Hídrica na Bacia do Rio Paranapanema (ANA, 2014), já que uma parcela das áreas se sobrepõe e são compostas dos mesmos litotipos geológicos analisados.

O estudo integra o Plano de Recursos Hídricos para a Região Norte do Estado do Paraná – PDRH, desenvolvido pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, com uma visão de longo prazo (até 2065) e, valendo-se de um amplo estudo que abrangeu mais de 250 municípios do norte do estado, permitiu prever as demandas atuais e futuras para o adequado abastecimento de água da população

da região.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A relativa imprecisão e heterogeneidade dos ambientes geológicos subterrâneos sempre dificultou a geração de resultados precisos no que diz respeito ao dimensionamento das reservas hídricas subterrâneas. Partindo dessa premissa, buscou-se o desenvolvimento de uma metodologia que propiciasse resultados confiáveis e que pudesse da mesma forma serem particularizados para as bacias hidrográficas de interesse, ou até mesmo parcelas menores destas.

Para tanto se utilizou de uma metodologia que partisse de dados hídricos superficiais, uma vez que é de conhecimento que o escoamento de base dos rios é mantido pela porção mais superficial dos aquíferos em épocas de estiagem.

Dessa forma, chamaremos a presente metodologia utilizada neste artigo como “Metodologia Cobrape”, em contraposição à chamada “Metodologia ANA”, desenvolvida pela Agência Nacional de Águas, e que se baseia em dados de precipitação e respectivos coeficientes de infiltração de diversos sistemas aquíferos existentes na área de estudo, a qual foi utilizada somente como fonte de comparação de resultados.

2.1 Metodologia Cobrape

Apesar de não ser proibida a utilização nos cálculos de disponibilidade hídrica subterrânea a utilização de uma parcela da reserva permanente ou secular - localizada geograficamente abaixo da reserva ativa – diversos estudos tem sugerido a utilização de apenas uma parcela da reserva ativa, de forma a se preservar o balanço hídrico local e garantir a sustentabilidade dos processos de outorga, tanto subterrânea, quanto superficial.

Neste caminho, a metodologia utilizada neste estudo para o cálculo da reserva ativa dos sistemas aquíferos presentes na área de projeto é lastreada nos hidrogramas dos rios existentes na região de interesse, e cuja respectiva área de ocorrência em superfície se encontra total ou parcialmente inserida nos domínios físicos dos aquíferos subjacentes em estudo; bem como também pode ser proveniente de métodos de regionalização, desde que se possa ter ao menos algum controle sobre a qualidade e coerência dos dados utilizados.

No presente estudo, optou-se pela utilização dos dados de vazões (com destaque para a vazão mínima de referência - $Q_{7,10}$ e vazão média de longo período - Q_{mlp}) provenientes do modelo de regionalização de vazões Regionaliza (contratado pela Sanepar junto ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - Lactec), já que eram poucas as estações fluviométricas que geograficamente estavam inseridas em bacias hidrográficas que de fato representassem apenas um sistema aquífero

em particular. Quanto às premissas para a utilização do modelo Regionaliza, vale destacar a sua capacidade de fornecer dados de vazão superficial diretamente nos pontos localizados nos exutórios de bacias hidrográficas que sejam representativas de um determinado sistema aquífero predominante.

Na metodologia “Cobrape”, a “reserva ativa” subterrânea, compreende então uma parcela da vazão total superficial, representada pelo escoamento de base dos rios (Q_b), do qual ainda é subtraída a vazão de referência chamada de $Q_{7,10}$, que é uma informação estatística, e que corresponde à menor média anual das vazões mínimas em 7 dias consecutivos, para um período de recorrência de 10 anos, como abaixo descrito.

$$Ra = Q_b - Q_{(7,10)} \quad (\text{Equação 1})$$

Pode-se ainda assegurar que esta forma de cálculo da reserva ativa pode ser considerada relativamente segura, ambientalmente falando, já que extrai da vazão de base a menor vazão de estiagem existente dentro deste período de recorrência de dez anos, não interferindo, portanto, nas outorgas superficiais, além de também já considerar, ao menos em parte, as vazões de exploração subterrâneas desconhecidas e não outorgadas, o que é de valia no correto dimensionamento das disponibilidades subterrâneas.

Um parêntese pode ser feito quanto ao cálculo da chamada vazão de base (Q_b) utilizada nos cálculos, já que a mesma pode ser obtida de diversas maneiras e pode ser sinteticamente descrita como sendo representativa do intervalo de recessão entre dois eventos pluviais distintos registrados no hidrograma.

Uma das formas para se obter a vazão de base (Q_b) é separar o escoamento de base, da vazão total observada ao longo da série de vazões diárias, para então se realizar o cálculo da média histórica de todas as vazões de base. Esta maneira de se calcular a vazão de base não deixa de ser coerente, já que isola de forma clara no hidrograma o escoamento de base do escoamento superficial - como pode ser observado no exemplo abaixo (Figura 1), obtido para uma estação fluviométrica na bacia do Rio Ivaí - PR - entretanto, resulta em geral em valores de Q_b elevados, bem como numa relação $Q_{b\text{média}}/Q_{\text{média}}$ da ordem de 80% ou mais, o que poderia levar a super estimativas da reserva ativa.

Pode-se observar no gráfico abaixo que a vazão de base média - representada pela linha vermelha e obtida através dessa forma de cálculo - se individualiza de forma clara da vazão diária observada - representada pela linha azul - entretanto, em séries compostas por um grande número de registros de vazão, a “vazão média” calculada pela média aritmética de todas as vazões (linha azul), acaba sendo de uma ordem de grandeza relativamente similar à da vazão de base média (linha vermelha), já que as cheias são eventos que possuem curta duração de pico em

relação à extensão da série de observações registradas.

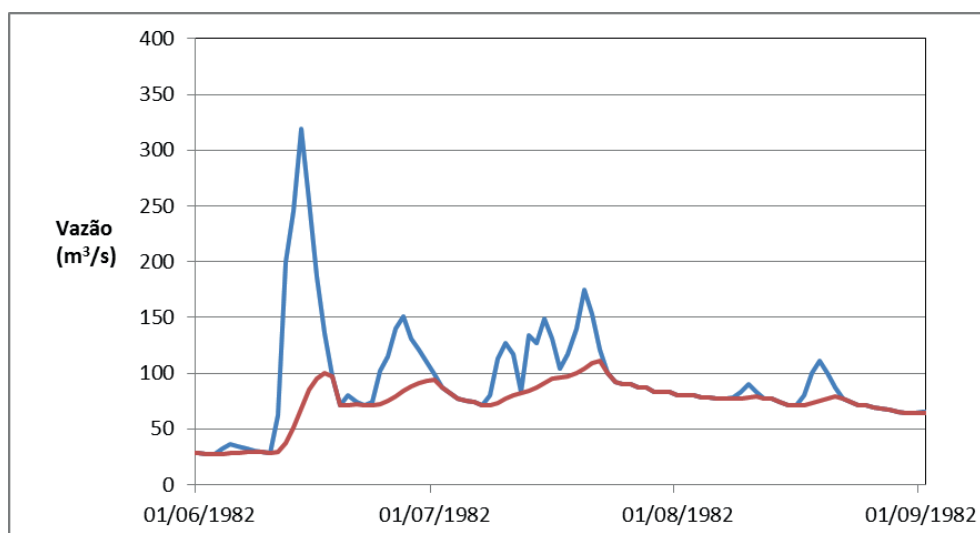


Figura 1 – Comparativo entre vazões observadas (azul) e vazões de base (vermelha)

Por este motivo em especial, optou-se pela busca de uma equação que resultasse em valores mais coerentes para a vazão de base (Q_b) - em especial do posto de vista do potencial explotável - do que aqueles calculados através da utilização da simples média aritmética dos registros de escoamento de base.

Numa premissa inicial, sabendo-se que haviam dados disponíveis das vazões de base para o Estado de São Paulo, descritos em Planos de Gerenciamento de Recursos Hídricos já realizados (2004/2007) e, partindo-se do fato de que as formações geológicas do Estado de São Paulo são muito similares àquelas encontradas na região de estudo no norte do Paraná - o que conseqüentemente permite concluir que os sistemas aquíferos sejam também em parte coincidentes e relativamente contínuos - partiu-se para a busca de uma solução que levasse todos estes dados em conta.

Tal prerrogativa permitiria que os resultados da Q_b advindos desta equação pudessem ser comparados com aqueles já calculados para o estado de São Paulo, bem como com os valores também já fornecidos pela ANA, para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (ANA, 2014), em estudo que se valeu de metodologia distinta, embasada em dados pluviométricos e em respectivos coeficientes de infiltração do solo, sobre os quais ainda se aplicou um coeficiente de sustentabilidade, que varia de 0,2 a 0,4 dependendo do tipo das curvas de recessão e geologia locais.

Para a geração desta nova equação, utilizou-se então de uma análise de regressão, que é uma válida ferramenta de avaliação, quando se pode estabelecer relações entre distintas variáveis diretamente correlacionáveis, como as diferentes vazões utilizadas nas equações do projeto.

Desta forma, o estudo iniciou-se com a organização dos dados disponíveis de vazões de base (Q_b); vazões médias de longo período (Q_{mlp}) e vazões mínimas de

sete dias, com dez anos de recorrência (Q_{7,10}), para todas as unidades de gestão de recursos hídricos (UGRHs) listadas para o Estado de São Paulo pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo (2004/2007), já que estes dados não se encontravam completamente disponíveis para o Paraná, especialmente tratando-se da vazão de base, como supracitado.

Inicialmente e para não se incorrer no erro de se correlacionar dados de ambientes hidrogeológicos diferentes daqueles existentes no projeto da Sanepar, optou-se pela exclusão dos dados de vazão das bacias litorâneas de São Paulo (03-Litoral Norte; 07-Baixada Santista; 11-Ribeira do Iguape).

Na sequência e visando a verificação dos dados utilizados, calcularam-se as vazões superficiais específicas para cada bacia, e devido ao fato da UGRHI 01-Mantiqueira (SP) também ter apresentado – assim como as bacias litorâneas excluídas - dados de vazão específica fora da média, optou-se também pela sua exclusão da análise de regressão (Tabela 1).

Num segundo momento, partindo-se dos dados restantes foram calculadas as relações Q_b/Q_{mlp} e $Q_{7,10}/Q_{mlp}$ (Tabela 2) que, ao serem dispostas sobre a forma de gráfico, permitiram o cálculo da regressão entre a Q_b e a $Q_{7,10}$ normalizadas pela Q_{mlp} , bem como da linha de tendência (Figura 2).

NºUGRHs - NOME	A (km ²)	VAZÕES DE REFERÊNCIA m ³ /s			VAZÕES ESPECÍFICAS m ³ /s		
		Q _{7,10}	Q _{mlp}	Q _b	q _{7,10}	q _{mlp}	q _b
1-Mantiqueira	675	7	22	10	10,4	32,6	14,8
2-Paraíba do Sul	14444	72	216	95	5,0	15,0	6,6
3-Litoral Norte	1948	27	107	37	13,9	54,9	19,0
4-Pardo	8993	30	139	44	3,3	15,5	4,9
5-Piracicaba/Capivari/Jundiaí	14178	43	172	64	3,0	12,1	4,5
6-Alto Tietê	5868	20	84	29	3,4	14,3	4,9
7-Baixada Santista	2818	38	155	54	13,5	55,0	19,2
8-Sapucaí/Grande	9125	28	146	46	3,1	16,0	5,0
9-Mogi-Guaçu	15004	48	199	70	3,2	13,3	4,7
10-Tietê/Sorocaba	11829	22	107	35	1,9	9,0	3,0
11-Ribeira do Iguape/Lit. Sul	17068	161	525	227	9,4	30,8	13,3
12-Baixo Pardo/Grande	7239	21	87	30	2,9	12,0	4,1
13-Tietê/Jacaré	11779	40	97	53	3,4	8,2	4,5
14-Alto Paranapanema	22688	84	255	118	3,7	11,2	5,2
15-Turvo/Grande	15925	26	121	43	1,6	7,6	2,7
16-Tietê/Batalha	13149	31	98	43	2,4	7,5	3,3
17-Médio Paranapanema	16748	65	155	90	3,9	9,3	5,4
18-São José dos Dourados	6783	12	51	18	1,8	7,5	2,7
19-Baixo Tietê	15588	27	113	40	1,7	7,2	2,6
20-Aguapeí	13196	28	97	43	2,1	7,4	3,3
21-Peixe	10769	29	82	45	2,7	7,6	4,2
22-Pontal do Paranapanema	12395	34	92	52	2,7	7,4	4,2

Tabela 1 – Dados de vazão das bacias do Estado de São Paulo

Fonte: COBRAPE, 2015.

NºUGRHIS - NOME	A (km2)	VAZÕES DE REFERÊNCIA m³/s			RELAÇÕES ENTRE VAZÕES m³/s	
		Q _{7,10}	Qmlp	Qb	Q _{7,10} /Qmlp	Qb/Qmlp
2-Paraíba do Sul	14444	72	216	95	0,33	0,44
4-Pardo	8993	30	139	44	0,22	0,32
5-Piracicaba/Capivari/Jundiaí	14178	43	172	64	0,25	0,37
6-Alto Tietê	5868	20	84	29	0,24	0,35
8-Sapucaí/Grande	9125	28	146	46	0,19	0,32
9-Mogi-Guaçu	15004	48	199	70	0,24	0,35
10-Tietê/Sorocaba	11829	22	107	35	0,21	0,33
12-Baixo Pardo/Grande	7239	21	87	30	0,24	0,34
13-Tietê/Jacaré	11779	40	97	53	0,41	0,55
14-Alto Paranapanema	22688	84	255	118	0,33	0,46
15-Turvo/Grande	15925	26	121	43	0,21	0,36
16-Tietê/Batalha	13149	31	98	43	0,32	0,44
17-Médio Paranapanema	16748	65	155	90	0,42	0,58
18-São José dos Dourados	6783	12	51	18	0,24	0,35
19-Baixo Tietê	15588	27	113	40	0,24	0,35
20-Aguapeí	13196	28	97	43	0,29	0,44
21-Peixe	10769	29	82	45	0,35	0,55
22-Pontal do Paranapanema	12395	34	92	52	0,37	0,57

Tabela 2 – Relações entre vazões das bacias hidrográficas selecionadas

Fonte: COBRAPE, 2015.

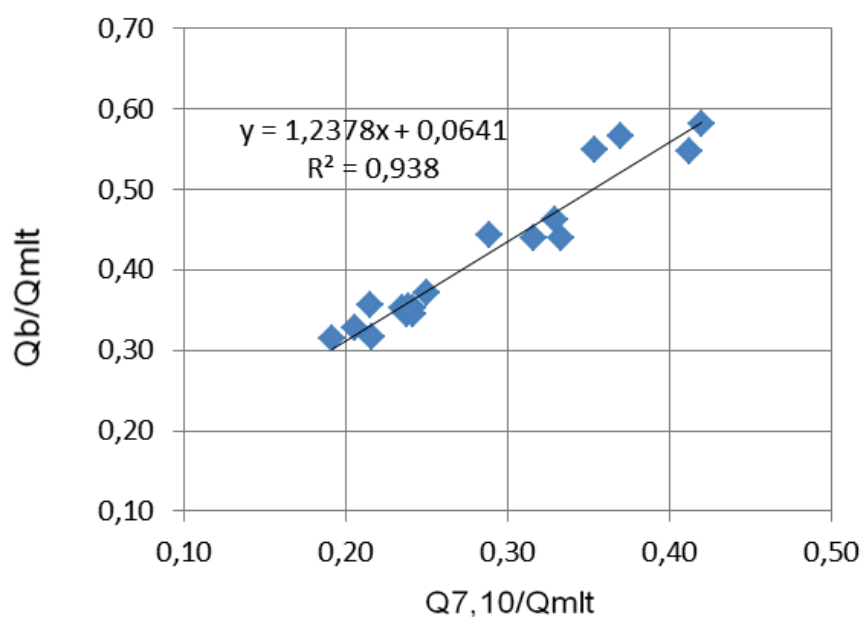


Figura 2 - Regressão entre a Qb e Q7,10 normalizadas pela Qmlp

A equação resultante - conforme pode ser observada abaixo - demonstrou um grau de correlação de cerca de $R^2=0,94$, o que pode ser considerado como resultante de um ajuste consistente.

$$Qb \text{ (m}^3\text{/s)} = Qmlp (1,2378 (Q7,10/Qmlp) + 0,064) \quad \text{(Equação 2)}$$

Cabe destacar que, por fim, esta equação, quando aplicada sobre os valores

de Q7,10 e Qmlp utilizados no presente projeto, resultaram em valores de Qb mais coerentes do ponto de vista do potencial explotável, do que aqueles calculados através da média aritmética de dados de vazão de base, resultando também em valores muito similares aos já calculados para o Estado de São Paulo (Liazi, et al, 2007), além de que, quando utilizados na equação utilizada para o cálculo da reserva ativa – melhor detalhada adiante - culminaram em valores de contribuição específica (CE) da Ra (reserva ativa) próximos daqueles apresentados pela ANA (lá denominados de RPE esp. = reserva potencial explotável específica) para os sistemas aquíferos existentes na área abrangida pela bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, e que faz divisa entre os estados de São Paulo e Paraná (ANA, 2014).

Como já anteriormente destacado, também é crucial que os dados de vazões superficiais sejam relativos a trechos de drenagens superficiais coincidentes - senão em todo, mas ao menos em grande parte – com os sistemas aquíferos subjacentes de interesse. Neste sentido, optou-se pela utilização das chamadas vazões incrementais, que representam os dados de vazão exclusivamente de um determinado trecho de um curso hídrico superficial que está por sobre a área de ocorrência de um sistema aquífero principal. Para tanto, mediante uma análise prévia da conformação dos rios existentes na área de estudo, bem como da localização espacial dos sistemas aquíferos aflorantes, selecionaram-se um total de trinta e quatro pontos para a obtenção dos dados de vazão superficial; e que se localizavam relativamente próximos ou por sobre as zonas de contato aflorante entre dois sistemas aquíferos distintos, conforme Figura 3.

Esta seleção também levou em conta que os pontos deveriam possuir zonas de contribuição superficial a montante com ao menos 83% de recobrimento de um sistema aquífero em particular, de forma que suas características de vazão fossem resultantes em sua grande maioria de apenas um litotipo geológico. A utilização do referencial de 83% se deveu pelo fato de ter sido já utilizado pela ANA nos estudos do Paranapanema (2014), visando sobretudo a padronização dos critérios de corte, com fins à melhor comparação dos resultados finais.

O cálculo das vazões incrementais nos pontos pertencentes ao estudo, localizados nos principais rios existentes na área do projeto, foi então realizado pela diferença das vazões de jusante para montante, como no exemplo abaixo:

$$\text{Incremental}_{98} \text{ (m}^3 \text{ / s)} = Q_{98} - Q_{99}$$

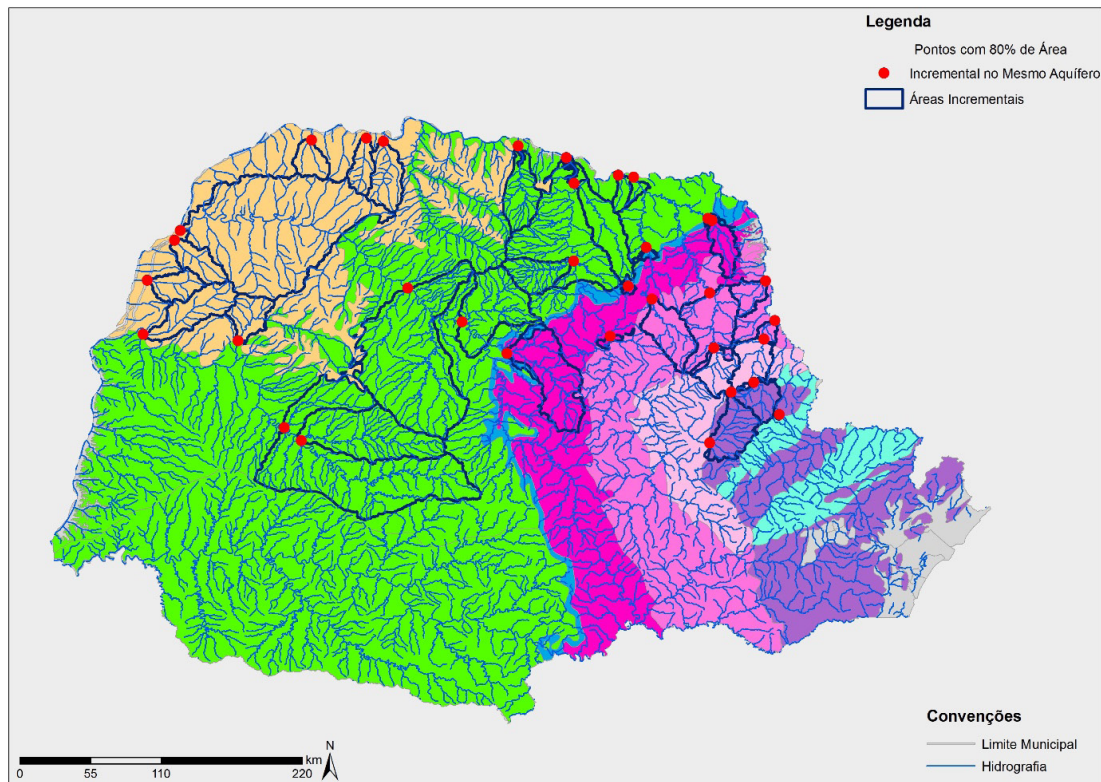


Figura 3 – Exemplo de uso de áreas incrementais de drenagem utilizadas

Portanto, a partir do embasamento da metodologia e das formas e equações utilizadas para a obtenção das vazões denominadas de Q_b e da $Q_{7,10}$, anteriormente descrito, pode-se, por fim, seguir para o cálculo da “reserva ativa” (R_a) propriamente dita, que é obtida por sua vez através da seguinte equação:

$$R_a = Q_b - Q_{(7,10)} \quad (\text{Equação 1})$$

R_a = reserva ativa (m^3/s)

Q_b = escoamento de base (m^3/s)

$Q_{7,10}$ = vazão mínima de 7 dias consecutivos e período de recorrência de 10 anos (m^3/s)

Para o cálculo da contribuição específica (CE) relativa à R_a , para cada sistema aquífero em particular, em $L/s.Km^2$, utilizou-se da equação abaixo:

$$CE = R_a/A_b \quad (\text{Equação 3})$$

R_a = reserva ativa (em L/s)

A_b = área da bacia de drenagem incremental em km^2 (a montante)

2.2 Metodologia ANA

A citada Metodologia ANA se baseia em sistemática utilizada pela Agência

Nacional de Águas para a avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea na Bacia do Rio Paranapanema, realizada em 2014.

A mesma foi efetivada para a parcela renovável da recarga e para todos os aquíferos que afloram na bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, sendo denominada pela ANA de RPE, que é análoga à CE (contribuição específica) citada na Metodologia Cobrape.

O cálculo da RPE – Reserva Potencial Explotável - é realizado através da seguinte equação:

$$RPE = RPD \times CS \quad (\text{Equação 4})$$

RPE = Reserva Potencial Explotável (m³/s)

RPD = Recarga Potencial Direta (m³/s)

CS = Coeficiente de Sustentabilidade

A RPE – Reserva Potencial Explotável é tida como a parcela da RPD - Recarga Potencial Direta da chuva, que pode ser utilizada, de forma a não interferir nas vazões mínimas ambientais superficiais e de referência para outorga.

A metodologia proposta pela ANA para a Bacia do Rio Paranapanema, parte portanto dos dados de precipitação e de qual parcela da chuva infiltra no solo e chega aos aquíferos livres, através da definição do chamado Coeficiente de Infiltração (CI), sendo o restante não contabilizado caracterizado como o escoamento superficial direto. Nesta metodologia, os valores de CI não são calculados pontualmente, sendo obtidos de dados disponibilizados na literatura.

Esta parcela da pluviosidade que de fato infiltra-se no subsolo, passa então a compor a chamada RPD, que conforme descrita no próprio texto do relatório da ANA, é composta então por quatro sub-parcelas, a saber: Q_b (escoamento de base); Q_p (extração dos poços); R_p (recarga profunda) e CL (contribuição lateral), sendo estas últimas não consideradas no cálculo, por exigirem avaliações hidrogeológicas específicas e fora do alcance do estudo, podendo então ser resumida conforme equação a seguir.

$$RPD = Q_b + Q_p \quad (\text{Equação 5})$$

RPD = Recarga Potencial Direta (m³/s)

Q_b = escoamento de base (m³/s)

Q_p = vazão extraída dos poços (m³/s)

O Coeficiente de Sustentabilidade (CS) por sua vez é quem define este percentual máximo da RPD que pode ser explotado sem efeitos adversos nos aquíferos e na redução significativa das vazões de base, de forma a não comprometer a disponibilidade hídrica superficial nos períodos de estiagem.

Nesta metodologia, os aquíferos com uma elevada contribuição no fluxo de base, demandam um CS inferior àqueles onde essa participação é menor. Por sua vez, a definição do CS (coeficiente de sustentabilidade) parte da relação Q90/Q50, sendo este considerado um bom parâmetro para o seu estabelecimento, já que mostra a participação do escoamento subterrâneo (Q90 = vazão que é excedida em 90% do tempo) no escoamento superficial (Q50 = vazão que é excedida em 50% do tempo). Desta forma a metodologia sugere adotar a seguinte relação:

Para $Q90/Q50 \geq 0,6 \rightarrow$ usar $CS = 0,2$;

Para $Q90/Q50 < 0,6 \rightarrow$ usar $CS = 0,4$;

Para aquíferos cársticos \rightarrow usar $CS = 0,3$

Salienta-se que no presente estudo, optou-se somente pelo cálculo da RPE específica, visando a sua comparação com a análoga CE (contribuição específica) gerada pela metodologia 1 da Cobrape, e para tanto, trabalhou-se sobre os dados disponíveis de chuva existentes no Estado do Paraná.

A tabela 3* a seguir apresenta o resumo comparativo para a reserva ativa, neste caso retratada como CE (contribuição específica) através da equação utilizada pela Cobrape, com os resultados da RPE (reserva potencial explotável), determinados pela ANA (2014).

UNIDADE AQUÍFERA ANA	UNIDADE AQUÍFERA COBRAPE	MÉDIA RPE ANA PARANAPANEMA (=CE) L/s/km ²	MÉDIA CE COBRAPE L/s/km ²	DIF (%) ENTRE ANA X COBRAPE
BAURU - CAIUÁ	CAIUÁ	2,25*	2,24	-0,44
GUARANI	GUARANI	1,54	1,14	-25,9
CARSTE	CARSTE	3,14	2,50	-20,4
FURNAS	PALEOZÓICA INFERIOR	1,86	1,71	-8,07
PONTA GROSSA				
ITARARÉ	PALEOZÓICA MÉDIA SUPERIOR	1,60	1,56	-2,50
RIO BONITO				
PALERMO				
PASSA DOIS	PALEOZÓICA SUPERIOR	0,74	1,42	+91,9
FRATURADO	PRÉ CAMBRIANO	2,24	1,88	-16,1
SERRA GERAL	SERRA GERAL	2,60	2,61	-0,39

Tabela 3* – Resultados Comparativos entre Metodologias

*Cabe destacar que unicamente para o sistema aquífero Caiuá – denominado de Bauru-Caiuá pela ANA – optou-se pela demonstração comparativa valendo-se da utilização de um CS de 0,3 (deferentemente do utilizado pela ANA, no trabalho do Paranapanema, que foi de 0,2) e que empiricamente se demonstrou ser mais aderente aos

3 | COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS

A Tabela 3 anteriormente descrita retrata todos os valores de disponibilidade hídrica subterrânea obtidos pelas duas metodologias citadas, de maneira a melhor facilitar a comparação entre ambas, bem como faz uma correlação entre as formas de classificação dos sistemas aquíferos utilizados nas metodologias da Cobrape e da ANA. Como se pode observar, as grandezas de valores são coerentes em ambas as metodologias, apesar das duas chegarem ao mesmo produto final por vias muito distintas.

Com relação ao Sistema Aquífero Caiuá, os valores de RPE só se mantiveram aderentes entre os apresentados pela ANA no Paranapanema e os calculados na área do presente projeto, utilizando-se um CS (coeficiente de sustentabilidade) de 0,3 ao invés de 0,2 como sugerido pela ANA.

Com relação ao Sistema Aquífero Guarani, observou-se uma pequena diminuição da CE calculada pela Cobrape, em comparação aos valores de RPE, calculados pela ANA, muito provavelmente decorrente da sua pequena área superficial de afloramento, o que poderia influenciar nos cálculos de vazões incrementais, bem como pela seu maior coeficiente de infiltração (CI) - em torno de 17% - que da mesma forma poderia sobrelevar os resultados via precipitação.

O mesmo poderia ser sinalizado para o Sistema Aquífero Carste, já que este compartimento também possui uma pequena área aflorante no projeto, bem como um coeficiente de infiltração de 23%.

Quanto aos sistemas aquíferos Paleozóicos Inferior e Médio Superior, os valores médios obtidos são coerentes e de mesma magnitude, sendo apenas individualizáveis quando analisados por sob a classificação de formações hidrogeológicas utilizadas pela ANA, que subdivide respectivamente as unidades Paleozóica Inferior e Paleozóica Média Superior utilizadas pela Cobrape, em unidades distintas (Furnas e Ponta Grossa / Itararé, Rio Bonito e Palermo), nitidamente possuidoras de coeficientes de infiltração diferenciados.

A única unidade que demonstra uma grande variação entre o RPE calculado pela ANA e o CE calculado pela metodologia Cobrape é o sistema aquífero Paleozóico Superior, denominado no relatório da ANA Paranapanema de Passa Dois. Por se tratar de um aquífero, possui um baixo coeficiente de infiltração (4%), o que resulta em baixos valores de RPE quando calculados pela metodologia da ANA, em comparação à metodologia Cobrape, que se vale dos dados de vazões observadas e que provavelmente são influenciadas por algum efeito fisiográfico que propicia tal acréscimo.

Quanto ao sistema aquífero Pré-Cambriano, os valores de CE diminuem cerca

de 16% em relação aos calculados para a RPE para a área do Paranapanema da ANA, o que pode estar relacionado às diferenças entre os ambientes geológicos presentes em ambos os estados, mais especificadamente no que diz respeito a sua estrutural e tectônica pretérita. Também é de se esperar que não seja relativamente precisa a utilização de um único valor para o coeficiente de infiltração, pelos mesmos motivos supracitados, o que faz com que os valores calculados pela metodologia Cobrape possam vir a ser mais confiáveis.

Por fim, com relação ao sistema aquífero Serra Geral, os valores calculados para o CE pela metodologia da Cobrape são iguais aos calculados para a RPE pela ANA para a região do Paranapanema, Entretanto também é importante frizar que o valor apresentado na tabela para o Serra Geral representa uma média entre os compartimentos norte e sul, sendo que a porção norte demonstra valores menores em relação ao bloco sul

4 | CONCLUSÕES

Pode-se constar que os valores sugeridos pela metodologia Cobrape podem ser considerados adequados e até conservativos, já que são inferiores em muitos aquíferos aos calculados pela metodologia da ANA, e se ancoram por sua vez na vazão de base (Q_b) dos cursos hídricos superficiais, o que representaria a possibilidade do não comprometimento das vazões ecológicas e de outorga superficial, uma vez que dela também se subtrai a vazão $Q_{7,10}$.

Este volume final hídrico poderá ser confrontado em áreas de estresse hídrico com as atuais vazões explotadas pelos poços registrados nos órgãos competentes, ou pelas vazões outorgadas totais de cada sistema aquífero, considerando que a metodologia utilizada pode até certo ponto contemplar um eventual volume que possa estar sendo retirado clandestinamente e sem o conhecimento das autoridades outorgantes, já que se baseia em dados reais da descarga subterrânea nos corpos hídricos superficiais, e por conseguinte, mais vinculado de fato à manutenção da perenidade dos rios.

Esta análise final também poderia ser realizada por unidades distintas de gestão hídrica - onde se perceba que os resultados calculados não se demonstrem adequados - visando facilitar a gestão de cada sub-bacia em particular, bem como a integração com os volumes calculados dos recursos hídricos superficiais, quando da realização do balanço hídrico final, por exemplo, em ambientes geológicos e sistemas aquíferos onde as velocidades de escoamento do aquífero superficial sejam muito grandes e onde a geologia hospedeira seja relativamente homogênea, refletindo nas chamadas curvas de recessão; ou onde os fatores pedológicos interfiram nas taxas de infiltração.

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