

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E
SUSTENTABILIDADE 4**



Helenton Carlos da Silva

(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
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
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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.^a Dr.^a 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 4 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-668-3 DOI 10.22533/at.ed.683192709 1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 343.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 48 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. 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.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
QUALIDADE DA ÁGUA E PERCEPÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO	
Karina Ribeiro da Silva Maria Hortência Rodrigues Lima Thiago Herbert Santos Oliveira Wendel de Melo Massaranduba Weslei Almeida Santos Antenor de Oliveira Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.6831927091	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CULTIVARES DE CAMARÃO NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO	
Gustavo Andrade Araujo Oliveira Igor Santos Silva José Augusto Oliveira Junior Cristiane da Cunha Nascimento Marcos Vinicius Teles Gomes Carlos Alexandre Borges Garcia Silvânio Silvério Lopes da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.6831927092	
CAPÍTULO 3	18
ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA DA ÁGUA NO SOLO, PEDRINHAS-SE	
Thassio Monteiro Menezes da Silva Frankilin Santos Modesto Camila Conceição dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.6831927093	
CAPÍTULO 4	24
SALINIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO CARIRA: UMA AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA USANDO RAZÕES IÔNICAS	
Eveline Leal da Silva Adnivia Santos Costa Monteiro Lucas Cruz Fonseca Lúcia Calumby Barreto Macedo José do Patrocínio Hora Alves	
DOI 10.22533/at.ed.6831927094	
CAPÍTULO 5	31
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO AMORTECIMENTO DE ONDAS EM RESERVATÓRIO DE BARRAGENS	
Adriana Silveira Vieira Germano de Oliveira Mattosinho Geraldo de Freitas Maciel,	
DOI 10.22533/at.ed.6831927095	

CAPÍTULO 6	40
AValiação de Barragens Subterrâneas em Pernambuco	
Edmilton Queiroz de Sousa Júnior	
Eronildo Luiz da Silva Filho	
José Almir Cirilo	
Luciano Barbosa Lira	
Thaise Suanne Guimarães Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.6831927096	
CAPÍTULO 7	49
PANORAMA DE RISCOS DAS BARRAGENS NO ESTADO DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL	
Jean Henrique Menezes Nascimento	
Pedro Henrique Carvalho de Azevedo	
Allana Karla Costa Alves	
Lucivaldo de Jesus Teixeira	
Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6831927097	
CAPÍTULO 8	58
OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA: AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE	
Ronaldo Amâncio Meneses	
José Augusto de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6831927098	
CAPÍTULO 9	68
MONITORAMENTO DE SECAS NO NORDESTE DO BRASIL	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.6831927099	
CAPÍTULO 10	77
SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DE DIÂMETROS EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	
Andréa Monteiro Machado	
Leonardo Pereira Lapa	
Paulo Eduardo Silva Martins	
Nayára Bezerra Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.68319270910	
CAPÍTULO 11	84
DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELATIVOS À LMEO E À DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTES COM FUNÇÃO HÍDRICA À LUZ DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
Sandra Regina Afonso	
Márcio Antônio Sousa da Rocha Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.68319270911	

CAPÍTULO 12	94
DINÂMICA DA UMIDADE E SALINIDADE EM VALE ALUVIAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO	
Liliane da Cruz Pinheiro	
Abelardo Antônio Assunção Montenegro	
Adriana Guedes Magalhães	
Thayná Alice Brito Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.68319270912	
CAPÍTULO 13	104
URBANIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE PAISAGENS HÍDRICAS EM JUIZ DE FORA/ MG – 1883/1893	
Pedro José de Oliveira Machado	
Flávio Augusto Sousa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.68319270913	
CAPÍTULO 14	116
(IN)SUSTENTABILIDADE DA PESCA ARTESANAL DE ÁGUA DOCE NO BAIXO SÃO FRANCISCO EM SERGIPE/ALAGOAS/BRASIL	
Sergio Silva de Araujo	
Gregório Guirado Faccioli	
Antenor de Oliveira Aguiar Netto	
DOI 10.22533/at.ed.68319270914	
CAPÍTULO 15	133
IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DO COMPORTAMENTO DA CLOROFILA-A EM UM SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR A PARTIR DE IMAGENS MODIS	
Regina Camara Lins	
Jean-Michel Martinez	
David M. L. da Motta Marques	
José Almir Cirilo	
Carlos Ruberto Fragoso Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.68319270915	
CAPÍTULO 16	146
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO SUBMETIDO A USOS AGRÍCOLAS DISTINTOS	
Wallace Melo dos Santos	
Wendel de Melo Massaranduba	
Dayanara Mendonça Santos	
Thiago Herbert Santos Oliveira	
Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas	
Marcus Aurélio Soares Cruz	
Maria Isidória Silva Gonzaga	
DOI 10.22533/at.ed.68319270916	

CAPÍTULO 17	157
SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES FOTOCATALÍTICAS DE MICROCRISTAIS DE B-AG ₂ MOO ₄ PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS	
Giancarlo da Silva Sousa Francisco Xavier Nobre Edgar Alves Araújo Júnior Marcel Leiner de Sá Jairo dos Santos Trindade Maria Rita de Moraes Chaves Santos José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.68319270917	
CAPÍTULO 18	169
UTILIZAÇÃO DE JUNTA TRAVADA COMO ALTERNATIVA EM SUBSTITUIÇÃO A ANCORAGENS CONVENCIONAIS NA ADUTORA DE SERRO AZUL EM PERNAMBUCO, EM PROL DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
Nyadja Menezes Rodrigues Ramos Glécio Francisco Silva	
DOI 10.22533/at.ed.68319270918	
CAPÍTULO 19	179
COMPOSIÇÃO SAZONAL DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (PÉREZ-FARFANTE, 1967) CAPTURADO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO	
Thayanne Cristine Caetano de Carvalho Alex Ribeiro dos Reis Alvaro José Reis Ramos Antônio Sérgio Silva de Carvalho Glauber David Almeida Palheta Nuno Filipe Alves Correia de Melo	
DOI 10.22533/at.ed.68319270919	
CAPÍTULO 20	191
FOTODEGRADAÇÃO DO HERBICIDA ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) A PARTIR DE NANOESTRUTURAS DE TITÂNIO MODIFICADAS COM ESTANHO	
Ludyane Nascimento Costa José Milton Elias de Matos Aline Aparecida Carvalho França Marcel Leiner de Sá	
DOI 10.22533/at.ed.68319270920	
CAPÍTULO 21	202
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (<i>Capsicum annum</i> L.) COM ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO	
Elvis Pantaleão Ferreira Victorio Birchler Tonini Marcelino Krause Ianke Lillya Mattedi Adrielli Ramos Locatelli Rodrigo Junior Nandorf Pablo Becalli Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.68319270921	

CAPÍTULO 22	209
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR UM LIXÃO DESATIVADO EM CRUSTÁCEOS DA ESPÉCIE <i>Aegla jarai</i>	
<ul style="list-style-type: none"> Vitor Rodolfo Becegato Indianara Fernanda Barcarolli Valter Antonio Becegato Darluci Picolli Flávia Corrêa Ramos Alexandre Tadeu Paulino 	
DOI 10.22533/at.ed.68319270922	
CAPÍTULO 23	230
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM ÁREAS RURAIS COM INTENSA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC	
<ul style="list-style-type: none"> Daniely Neckel Rosini Valter Antonio Becegato Pâmela Becali Vilela Amanda Dalalibera Jordana dos Anjos Xavier 	
DOI 10.22533/at.ed.68319270923	
CAPÍTULO 24	244
DESSALINIZAÇÃO MARINHA E SUAS PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA	
<ul style="list-style-type: none"> Camila Santiago Martins Bernardini Carlos de Araújo Farrapeira Neto Fernando José Araújo da Silva Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar Raquel Jucá de Moraes Sales Luciana de Souza Toniolli Leonardo Schramm Feitosa 	
DOI 10.22533/at.ed.68319270924	
SOBRE O ORGANIZADOR	254
ÍNDICE REMISSIVO	255

AVALIAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS EM PERNAMBUCO

Edmilton Queiroz de Sousa Júnior

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco.

Eronildo Luiz da Silva Filho

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco.

José Almir Cirilo

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco.

Luciano Barbosa Lira

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco.

Thaise Suanne Guimarães Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco.

RESUMO: A construção de barragens subterrâneas em Pernambuco foi iniciada a partir de algumas experiências de organizações não-governamentais e de pesquisas da Universidade Federal de Pernambuco, desenvolvidas no município de Pesqueira a partir do final dos anos 90. Cerca de 20 anos após à construção está sendo retomado o monitoramento dessas barragens e avaliados os resultados da operação neste período. Em complemento estão sendo avaliadas aluviões em todo o semiárido de Pernambuco com potencial de implementação de novas barragens subterrâneas.

PALAVRAS-CHAVE: semiárido, barragem subterrânea, tecnologias apropriadas.

EVALUATION OF UNDERGROUND DAMS IN PERNAMBUCO

ABSTRACT: The construction of subsurface dams in Pernambuco was initiated by some experiments of non-governmental organizations and researches of the Federal University of Pernambuco, developed in the municipality of Pesqueira from the end of the 90s. About 20 years after the construction these dams are being monitored and the results of the operation in this period are being evaluated. In addition, alluvial deposits are being identified throughout the semi-arid region of Pernambuco, considering their potential for the implementation of new subsurface dams.

KEYWORDS: semi-arid, underground dam, subsurface dam, appropriate technologies

1 | INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro sofre continuamente com as estiagens, com graves consequências para a população desta região. Comumente se aplicam duas formas de armazenamento de água: em grandes reservatórios, com capacidade de regularização plurianual mas em quantidade e localização que os tornam insuficientes para

atender as demandas e em pequenos reservatórios, mais dispersos e com capacidade de regularização menor, espalhados aos milhares na região. Esses pequenos reservatórios também são conhecidos como barreiros. Por limitações técnicas e econômicas, devido à dificuldade de transporte de água, os grandes reservatórios não conseguem abastecer a população rural difusa, que se vale dos barreiros para suprir suas necessidades de abastecimento (CIRILO et al., 2008).

Entretanto, devido aos altos índices de evaporação, estes barreiros não resistem às secas prolongadas. É neste ponto que se fazem necessárias as tecnologias alternativas para armazenamento de água. Uma delas é a barragem subterrânea, um obra de baixo custo e simples de implantar e operar, adequada para as condições do semiárido desde que devidamente planejadas e operadas. A barragem subterrânea se destina a armazenar água nos vazios do solo aluvial. Sendo assim, se faz necessário conhecer os locais onde existem solos com características favoráveis a instalação desta tecnologia (CIRILO et al, 2003, COSTA, 2009). O geoprocessamento auxilia a localizar e avaliar os locais propícios para instalação de barragens subterrâneas, utilizando o cruzamento de informações de solos, dados hidrológicos, população a ser beneficiada, entre outros.

2 | OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o andamento da avaliação de unidades experimentais de barragens subterrâneas que estão sendo utilizadas em Pernambuco e a identificação de locais de ocorrência de aluviões propícios à instalação desse tipo de barragem em outras regiões do estado.

3 | CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

As barragens subterrâneas são estruturas que têm como objetivo impedir o fluxo subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado com a construção da barreira impermeável, ficando a água armazenada no perfil do solo, o que permite a acumulação da água nas aluviões. Sua construção consiste em escavar o depósito aluvial contido na calha do rio ou riacho, transversalmente à direção de escoamento do curso d'água até o embasamento cristalino, fazendo-se a impermeabilização da vala. Sem o barramento o solo permanece ainda saturado durante algum tempo, alimentado por águas que escoam do terreno saturado em níveis mais elevados do que a calha principal, porém este fluxo subterrâneo, em função dos gradientes hidráulicos, vai pouco a pouco percolando sub-superficialmente até o seu esgotamento. Se a água que percola pelo depósito aluvial for contida, haverá reservação da água na aluvião, elevando o nível freático, aumentando o armazenamento da água e estabelecendo condições favoráveis de captação a montante. Tais características impedem que a

água do aquífero aluvial acumulada continue a escoar durante o período de estiagem, enquanto que a jusante a acumulação de água vai baixando progressivamente. As barragens subterrâneas como alternativa para a convivência com a seca no semiárido são uma opção que apresenta potencial para a dessedentação animal e agricultura, tanto de subsistência familiar como para produção de culturas em escala de geração de renda para pequenos produtores rurais. A possibilidade de armazenamento de água livre de altas taxas de evaporação e sem perda de áreas produtivas são características importantes desse tipo de tecnologia. Nos períodos de estiagens prolongadas até mesmo para abastecimento humano a água acumulada tem sido utilizada, apesar de a qualidade ser inferior a de outras fontes como cisternas e dessalinizadores.

A tecnologia usada para a construção de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro é simples e de baixo custo (se comparado à construção de barragens superficiais), caracterizando-se como uma alternativa vantajosa por se tratar de reservas estáveis do subsolo, onde se reduz a atuação da evaporação e também a contaminação por fontes poluidoras (DUARTE, 1999). Sua construção deve estar condicionada às características físicas e hidrogeológicas favoráveis, inclusive no tocante ao controle da salinização.

Além do fornecimento da água para usos diversos, a implantação de barragens subterrâneas objetiva a utilização da área de acumulação a montante do barramento para o desenvolvimento de cultivos agrícolas. Em áreas cujas condições naturais permitam a formação de um reservatório de proporções significativas torna-se viável a realização de irrigação, sendo para isso imprescindível a utilização de técnicas agrícolas que racionalizem ao máximo a utilização da água.

Embora não existam muitos registros na literatura técnica sobre o assunto, foram identificadas algumas experiências em outros países. Segundo Kim (2017), 6 barragens subterrâneas são operadas na Coréia desde a década de 80, a maioria construída no início da mesma década. Experiências na região de Boda-Kalvsvik, na Suécia, buscaram através de ferramentas GIS e sensoriamento remoto localizar possíveis áreas para a construção desse tipo de barragem (JAMALI et al, 2013). O resultado mostrou que 20% da área total estudada tem potencial para barragens subterrâneas. No sul da Índia, na Bacia do Rio Palar, água subterrânea abastece uma estação nuclear nas proximidades, além de irrigação, indústria e usos domésticos. Estudos para implantação de uma barragem subterrânea na localidade concluíram que com a construção da barreira é possível aumentar o armazenamento e a exploração de forma significativa (SENTHILKUMAR e ELANGO, 2011).

A construção da barragem subterrânea compreende quatro etapas. A primeira é a análise do leito do curso d'água, avaliando as características do solo, sua profundidade e a geometria do curso. O barramento deve ser instalado de forma a propiciar o maior acúmulo de água possível a montante. A segunda etapa é a escavação do eixo onde será instalado o septo impermeável, que pode ser feita de forma mecânica ou manual e deve ter a profundidade máxima possível, até se encontrar o leito rochoso.

A terceira etapa é a instalação do septo impermeável, o qual pode ser várias origens, mas os materiais mais comuns são a lona plástica e a argila compactada. O quarto e último passo é o fechamento da vala, que deve ser feito com o devido cuidado para não danificar o septo impermeável. (COSTA, 2009)

Geralmente, antes do fechamento da vala, é adequada a instalação de um poço amazonas visando a captação da água para irrigação, dessedentação de animais e consumo humano quando a qualidade da água é apropriada. Esse poço deve possuir uma camada drenante na base para propiciar uma melhor infiltração da água.

A Figura 1 ilustra as partes constituintes de uma barragem subterrânea do modelo Costa & Melo, desenvolvido na UFPE (COSTA, 2001).

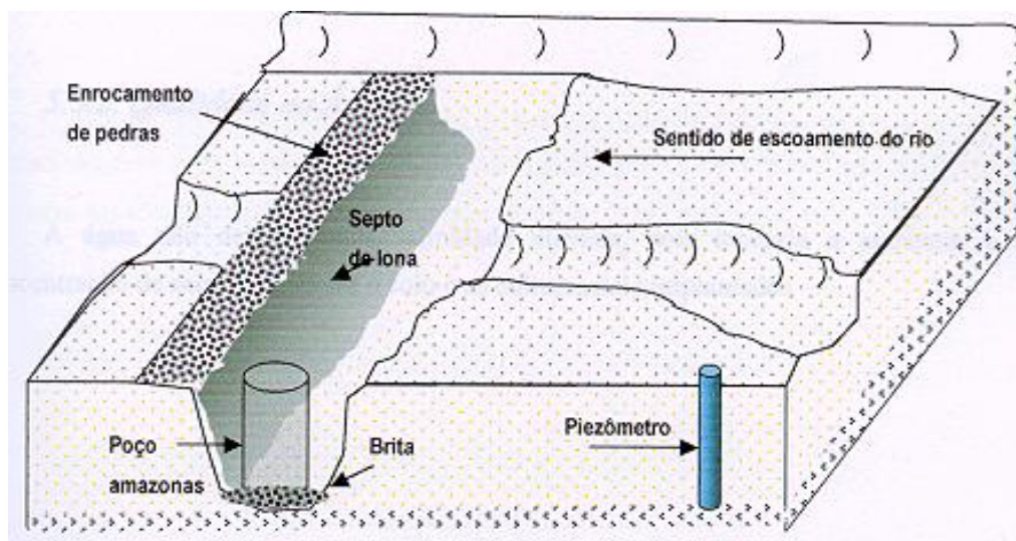


Figura 1 - Esquema de uma barragem subterrânea. (Costa, 2001)

Recomenda-se que sejam construídos dispositivos para melhorar a recarga e o fluxo da água no solo, como drenos horizontais e inclinados, inclusive na direção do poço amazonas. Outra medida recomendada é a limitação do septo impermeável, para evitar que o nível d'água permaneça sempre elevado na região onde a evapotranspiração é mais intensa, de modo a reduzir a concentração de sais.

As três barragens que fazem parte da avaliação atual se situam no vale do riacho Mimoso, integrante da bacia do Rio Capibaribe. Este riacho se localiza no município de Pesqueira, na zona semiárida do estado de Pernambuco. As barragens em estudo são conhecidas como Fundão II, Cafundó I e Cafundó II.

Numa primeira análise a respeito do estado em que se encontram, percebeu-se que a barragem Fundão II estava inativa no tocante a atividades agrícolas irrigadas, enquanto as outras duas apresentavam esse tipo de atividade, sendo utilizadas para a produção de coentro e posteriormente de milho, em Cafundó I, e de beterraba, couve e jerimum em Cafundó II. Foi decidido proceder a recuperação da barragem Fundão II, com reconstrução do septo impermeável e instalação de piezômetros na área a montante da barragem para monitoramento, assim como para Cafundó I.. Na

última barragem, Cafundó II, que dispõe de piezômetros, está sendo construída uma seção vertedora que possibilite a medição da vazão de cheia do riacho Mimoso, para auxiliar a quantificação da recarga.

4 | IDENTIFICAÇÃO DE ALUVIÕES PARA INSTALAÇÃO DE NOVAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS EM PERNAMBUCO

A condutividade hidráulica é um parâmetro que tem por objetivo quantificar a velocidade com que o fluido percola em um solo. Este parâmetro é de suma importância para estudos contemplando o transporte de água no solo. A condutividade hidráulica saturada (K_s) é determinada pela geometria, distribuição e continuidade dos poros (MESQUITA E MORAES, 2004). Isto implica que, entre outros fatores, solos com mais uniformidade de granulometria tem uma maior condutividade hidráulica que os de granulometria mais descontínua.

Aluviões são formações de solos cujos constituintes são transportados pelos cursos d'água e depositados em áreas nas quais o fluxo tem sua velocidade reduzida. Esses solos possuem granulometria variada, em função da velocidade do curso d'água e da sua origem. O transporte de sedimentos se inicia com a degradação das regiões mais altas e esse material é carregado por todo o percurso do rio.

Como os solos aluviais são constituídos em sua maioria por areia com granulometria média mais elevada que a maioria dos demais solos, possuem maior condutividade hidráulica (Tabela 1), o que permite bom potencial de infiltração, sendo então o melhor tipo de solo natural a ser utilizado para a implantação das barragens subterrâneas. Deve-se também atentar quanto à presença de solos com elevada salinidade nas redondezas, para reduzir a concentração de sais nos depósitos formados pelas barragens.

Constituição provável do solo	Coefficiente de infiltração (litros/m ² / dia ou mm/dia)
Rochas, argilas compactadas	<20
Argilas de cor amarela ou marrom, medianamente compactas	20 a 40
Argila arenosa	40 a 60
Areia ou silte argiloso	60 a 90
Areia bem selecionada	>90

Tabela 1 – Faixas para o coeficiente de infiltração em função do tipo de solo (NBR 7229/93)

Com base nessas características buscou-se identificar a rede de solos aluviais que tenham potencial para construção de barragens subterrâneas em Pernambuco. Para isso foi utilizada como principal fonte de dados o Zoneamento Agroecológico de Pernambuco, desenvolvido pela EMBRAPA (EMBRAPA, 2001).

Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para compor as informações do presente estudo. O cruzamento das informações com outras bases de dados, em andamento, busca quantificar a capacidade de acumulação nas aluviões e a qualidade da água do ponto de vista geoquímico.

A Figura 2 ilustra as localidades com solos aluviais identificados na rede de rios do estado de Pernambuco.

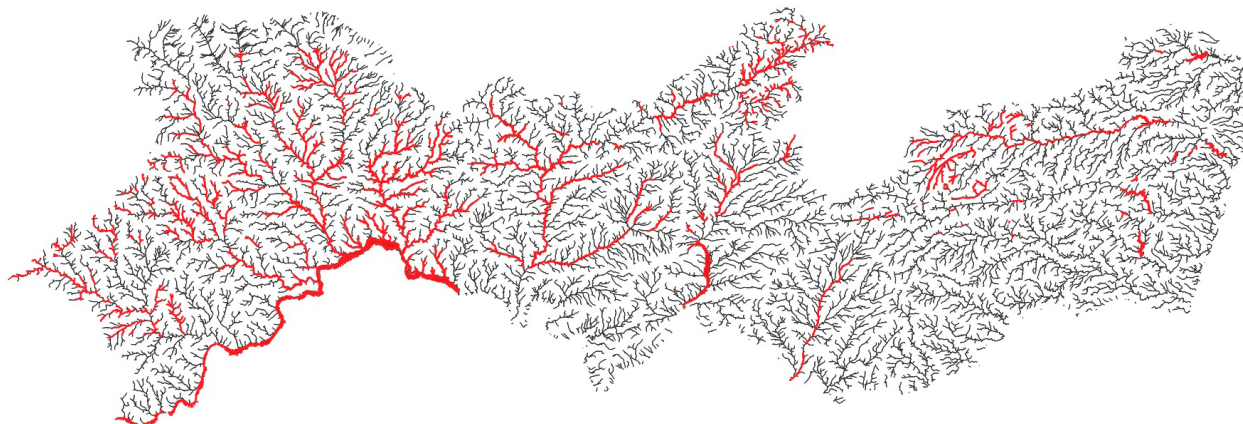


Figura 2 – Solos aluviais no estado de Pernambuco (em vermelho).

5 | AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Para ilustrar o benefício que pode ser gerado por barragens subterrâneas, foram recolhidos dados da situação de algumas famílias beneficiadas. Na primeira, Fundão II, situada mais a montante, o proprietário do local afirmou que, anteriormente à existência da barragem, a água necessária para a dessedentação dos animais nos períodos de seca era comprada em carroças, com custo em torno de R\$ 10,00 por cada carroça carregada com duas bombonas de água, cada uma possuindo volume de 200 litros, totalizando 400 litros por carroça. Em um ano de inverno normal, a barragem, apesar de não se encontrar em perfeitas condições de funcionamento, garante o abastecimento das criações de gado bovino de duas famílias, gerando a economia apresentada na Tabela 2:

Família	Animais	Consumo (Carroças/dia)	Economia diária (R\$)	Economia mensal (R\$)
1	12	3	30,00	900,00
2	20	5	50,00	1.500,00

Tabela 2 - Economia mensal devido a barragem Fundão II.

Na Figura 2 pode-se ver o poço situado na barragem Cafundó II e as carroças utilizadas para abastecimento local.

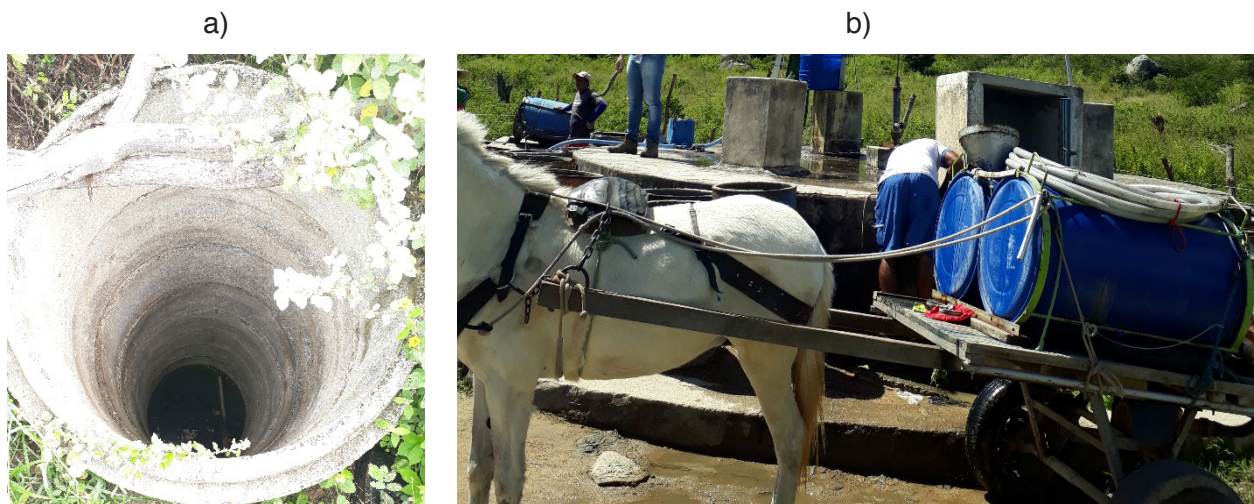


Figura 2 – a) Poço amazonas na barragem Cafundó II. b) Exemplo de carroça utilizada para abastecimento na região das barragens.

A água também é utilizada para o cultivo de diversas frutas para consumo próprio da família. Retirando o equivalente a uma carroça por dia, a família colhe mamão, caju, abacaxi, manga e coco.

Já a barragem Cafundó II, encontrada em 2018 com maior volume de água armazenada e em melhores condições, atende a várias famílias, chegando-se a ter cerca de 200 animais mantidos pela água retirada das barragens. Além disso, nas proximidades da barragem, uma família produz coentro e beterraba em escala para comercialização. Entre quatro e seis pessoas trabalham no cultivo em cada safra. A média de produção e os valores de renda obtida com a colheita são mostrados nas Tabelas 3 e 4, observando-se que esses valores podem variar em função do mercado.

Cultura	Valor de venda (R\$/m ²)	Tempo de colheita (dias)	Produção média (m ²)	Rendimento total (R\$)
Coentro	2,00 - 20,00	40	500	1000,00 – 10.000,00

Tabela 3 - Produção e colheita de coentro estimada pelo produtor na barragem Cafundó I.

Cultura	Valor de venda (R\$/kg)	Tempo de colheita (dias)	Produção média (kg)	Rendimento total (R\$)
Beterraba	0,30 - 1,00	60	8000	2.400,00 – 8.000,00

Tabela 4 - Produção e colheita de beterraba estimada pelo produtor na barragem Cafundó II.

Na Figura 3 pode-se observar a cultura de beterraba desenvolvida área desta barragem no primeiro semestre de 2018.



Figura 3 - Cultura de beterraba realizada na área de Cafundó II.

Considerando que somente as propriedades rurais que dispõem de barragens subterrâneas apresentaram água nas aluviões nos trechos represados que geraram os benefícios citados, observa-se sua importância para a geração de renda familiar.

O monitoramento ao longo do período de operação das barragens entre 2009 e 2018 foi interrompido. Tendo em vista o período de seca extrema ocorrida entre 2011 e 2017, quando não houve recarga, a água acumulada nas aluviões controladas pelas barragens subterrâneas foi naturalmente exaurida. Medições pontuais retomadas mostram níveis de sais da mesma ordem ou pouco superiores aos observados até 2009, não conclusivos porque as amostras foram coletadas já no final do período de produção de 2018, após utilização mais intensa da água. A continuidade do monitoramento deverá permitir conclusões mais seguras.

6 | CONCLUSÕES

De forma geral, a barragem subterrânea é uma alternativa que se mostra capaz de suprir a demanda de água no meio rural, principalmente quanto à produção agrícola e animal, criando a possibilidade de geração de renda durante todo o ano, porém faz-se necessário o controle e acompanhamento do uso da água, tanto nos aspectos qualitativos quanto quantitativamente.

O auxílio técnico após à construção da barragem é importante para que o agricultor não desperdice a água acumulada com horários e técnicas inadequadas de irrigação ou ainda com o plantio de culturas inadequadas. A locação adequada para o represamento e o manejo correto da barragem também pode evitar a salinização do solo, evitando a perda de produtividade.

Passados 20 anos após à construção das barragens no riacho Mimoso, distrito de Mutuca, município de Pesqueira, as intervenções feitas continuam a apresentar-se como relevantes e positivas para a região.

REFERÊNCIAS

- CIRILO, J. A. (2008). **Políticas Públicas de Recursos Hídricos para o Semiárido Brasileiro**. Estudos Avançados, v. 63, p. 61-82.
- CIRILO, J. A.; COSTA, M. R.; ABREU, G. H. F. G. BALTAR, A M.; AZEVEDO, L. G. (2003). **Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semiárido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n.4, p.5-24.
- COSTA, M.R. (2009). **Sustentabilidade Hídrica e Qualidade das Águas: Avaliação das Estratégias de Convivência com o Semiárido**. Tese de Doutorado, UFPE, Departamento de Eng. Civil, Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2009.
- COSTA, W. D. (2001). **Barragem subterrânea: uma obra de redenção no semi-árido**. Águas Subterrâneas.
- DUARTE, R. (1999). **A Seca Nordestina de 1998-1999: Da crise Econômica a Calamidade Social**. Recife, SUDENE (PE), 162p.
- EMBRAPA. ZAPE: **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco**. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape/>>. Recife, 2001. Acesso em: 08 de maio de 2018.
- MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. (2004). **A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo**. Ciência Rural, v.34, p.963-969, 2004.
- KIM, Jong-Tae; KIM, Man-II; CHOO, Chang-Oh; JOEONG, Gyo-Cheol. (2017). **Validity evaluation of a groundwater dam in Oshipcheon River, eastern Korea using a SWAT–MODFLOW model**. Environ Earth Sci, 76:769.
- JAMALI, I. A.; OLOFSSON, B. O.; MORTBERG, U. (2013). **Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS**. Environ Earth Sci, 70:2511–2525.
- SENTHILKUMAR; M; ELANGO, L. (2011). **Modelling the impact of a subsurface barrier on groundwater flow in the lower Palar River basin, southern India**. Hydrogeology Journal, 19: 917–928.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento-Público 1
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético 191, 193, 199
Água superficial 10, 135
Atenuação de energia 31
Atividade enzimática 210, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225
Atributos Físicos 48, 146

B

Bacia hidrográfica 25, 26, 53, 59, 60, 61, 67, 85, 90, 116, 117, 118, 119, 124, 130, 148, 241, 242
Band GAP 157, 158, 163, 164
Barragem subterrânea 40, 41, 42, 43, 47, 48

C

Camarão Peneídeo Estuarino 179
Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17
Catalase 209, 210, 212, 215, 227, 228, 229
Categoria de risco 49, 52, 55, 56
Concentração de Fe 230
Condutividade elétrica 1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 26, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 204, 205, 234, 236, 240
Condutividade hidráulica 18, 21, 44, 48, 146, 147, 149, 152, 154
Crescimento de Camarão-Rosa 179

D

Dano potencial associado 49, 52, 54, 55, 56
Dejetos de animais 230
Dessalinização 244, 245, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253
Diagrama de gibbs 24, 27
Dimensionamento 77, 78, 79, 81, 83, 178

E

Erodibilidade 18, 22
Estação elevatória 62, 77, 78, 79, 80, 83
Estanho 191, 192, 193, 195, 199
Estatística multivariada 133
Eutrofização 133
Evaporação 24, 25, 27, 28, 29, 41, 42, 245, 247

F

Forma de batata 158
Fotocatálise 164, 191, 192, 199
Fotodegradação 158, 160, 164, 191, 194

G

Geoestatística 94
Geografia histórica 104
Gestão ambiental 31, 203, 208
Glutathione S-transferase 209, 210, 215

H

Hidrogeoquímica 24, 29

I

Índice de sustentabilidade 116, 117, 119, 121, 122, 125, 126, 129, 131
Índices de secas 68, 70
Infiltração de água no solo 18, 19, 146, 147, 149, 152, 156

M

Metais tóxicos 209, 210, 231
Modelos bio-ópticos 133

N

Nordeste do Brasil 25, 29, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 68, 69, 70, 117, 135, 188

P

Paisagens hídricas 104, 105, 106, 109
Pescados 116, 119, 121, 123, 126, 127, 128, 129
Plano de ação de emergência 49, 55
Polígono antropogênico 116, 117, 123
Potabilidade 1, 4, 8
Potencial matricial 19, 146, 148
Python 77, 78

Q

Qualidade da água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 29, 43, 45, 90, 134, 230, 234, 235, 241, 242, 243

R

Rede de arrasto não motorizado 179
Rompimento 49, 50, 54, 57, 63, 195

S

Secas 41, 59, 60, 68, 69, 70, 71, 72, 142

Semiárido 29, 40, 41, 42, 48, 51, 69, 75, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 169, 208, 244, 245, 246, 251, 253

Software 77, 78, 79, 81, 82, 83, 97, 102, 106, 149, 150, 154, 156, 216

Sustentabilidade municipal 116, 130

Swan 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

T

Tecnologia ambiental 48, 244

Tecnologias apropriadas 40

U

Urbanização 85, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 170

V

Variabilidade 12, 13, 14, 15, 69, 75, 91, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 133, 134, 137, 138, 140, 141, 142, 155, 211

Vegetação 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 51, 86, 87, 90, 92, 93, 94, 95, 236

Velocidade de infiltração básica 18, 19, 20, 21, 22, 23, 146, 148, 152

VIB 18, 19, 20, 21, 146, 152

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-668-3

