

**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	
<p>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</p>	
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	
<p>Nyadja Menezes Rodrigues Ramos Glécio Francisco Silva</p>	
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	
<p>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</p>	
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	
<p>Ludyane Nascimento Costa José Milton Elias de Matos Aline Aparecida Carvalho França Marcel Leiner de Sá</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270920	
CAPÍTULO 21	202
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (<i>Capsicum annuum</i> L.) COM ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO	
<p>Elvis Pantaleão Ferreira Victorio Birchler Tonini Marcelino Krause Ianke Lillya Mattedi Adrielli Ramos Locatelli Rodrigo Junior Nandorf Pablo Becalli Pacheco</p>	
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>	
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	
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	
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

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO AMORTECIMENTO DE ONDAS EM RESERVATÓRIO DE BARRAGENS

Adriana Silveira Vieira

UEMS- Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Coxim, MS. Departamento de Ciências Biológicas e Gestão Ambiental.

Germano de Oliveira Mattosinho

IFMG – Campus Avançado Piumhi/SP – Piumhi-MG,
Departamento de Engenharia Civil

Geraldo de Freitas Maciel,

UNESP- Universidade Estadual Paulista,
Departamento de Engenharia Civil, PPGEM-
Programa de Pós Graduação em Engenharia
Mecânica, ProfÁgua (Mestrado Profissional) - Ilha
Solteira – S.P.

RESUMO: Este trabalho descreve a aplicação do modelo SWAN (Simulating WAves Nearshore) com o módulo vegetação (SWAN-VEG) para local localizado no lago da barragem de Ilha Solteira - São Paulo, Brasil. O reservatório da barragem de Ilha Solteira é um dos trechos da rota comercial da Hidrovia Tietê-Paraná. Com o intuito de analisar a influência da vegetação sobre a redução da energia das ondas (produzidas por vento) perto das margens do lago, o modelo numérico foi aplicado, considerando a batimetria real do lago, atentando-se para os fatores de atenuação devido à vegetação junto à margem esquerda do lago, mais próxima à barragem. Neste caso,

foram testados distintos valores de velocidade e direção do vento, bem como diferentes arranjos da área vegetada e batimetrias. Em um segundo momento, foram estudados casos sem a influência da vegetação de modo a obter uma comparação da atenuação destas ondas com a vegetação. O artigo traz à discussão a necessidade premente de se disponibilizar de batimetria refinada junto às margens para se estimar as boas faixas de atenuação de ondas. **PALAVRAS-CHAVE:** Atenuação de energia, Swan, Vegetação.

NUMERICAL SIMULATION OF WAVES ATTENUATION IN RESERVOIRS OF DAMS

ABSTRACT: This article describes the application of SWAN model (Simulating Waves Nearshore) with vegetation module (SWAN-VEG) in the lake of Ilha Solteira dam - São Paulo, Brazil. The Ilha Solteira dam reservoir is one of the segments of Tietê-Paraná waterway. In order to analyze the influence of vegetation on the reduction of wave energy (produced by wind) near the banks of the lake, the numerical model was applied considering the bathymetry of the lake, paying attention to the energy attenuation factors due to the vegetation along the left bank of the lake, closer to the dam. In this case, we tested some values of velocity and wind direction as well as different arrangements of the vegetated area bathymetry. In a second,

some cases without the influence of the vegetation were studied in order to obtain a comparison for the cases with vegetation. The article brings to the discussion the need to provide refined bathymetry along the banks for calculating correctly the wave energy dissipation ranges due to the vegetation.

KEYWORDS: Energy attenuation, Swan, Vegetation.

1 | INTRODUÇÃO

A Hidrovia Tietê-Paraná é uma rota de navegação que atravessa as regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Permite a navegação do transporte de cargas e passageiros ao longo dos rios Paraná e Tietê, sendo de extrema importância para o escoamento da produção agrícola dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e para uma parcela de Rondônia, Tocantins e Minas Gerais. A Figura 1 mostra o segmento da Hidrovia Tietê-Paraná, no lago da barragem de Ilha Solteira.

Em certas áreas do lago, as ondas geradas pelos ventos, além de poderem trazer dificuldades à navegação, são responsáveis pela erosão das margens e desbarrancamentos. Para mitigar tais efeitos, as vegetações naturais ou ali inseridas podem vir a atenuar as ondas e seus efeitos, o que vem constituir opção de bioengenharia interessante, pois dissipa energia, sem prejuízos ambientais e econômicos. Portanto, é fundamental analisar a influência da vegetação sobre a redução da energia das ondas perto das margens do lago.

Em Vieira, A.S *et al.* (2013), o modelo SWAN, Booij *et al.* (1996), foi aplicado para caracterizar as ondas geradas pelo vento sobre o lago da barragem (sem vegetação). É importante salientar que para o lago de Ilha Solteira há um extenso plano de monitoramento. No entanto, essas medições foram feitas apenas em quatro locais distribuídos no lago, o que impossibilita uma visão geral de todo o lago como o modelo numérico é capaz de fornecer.

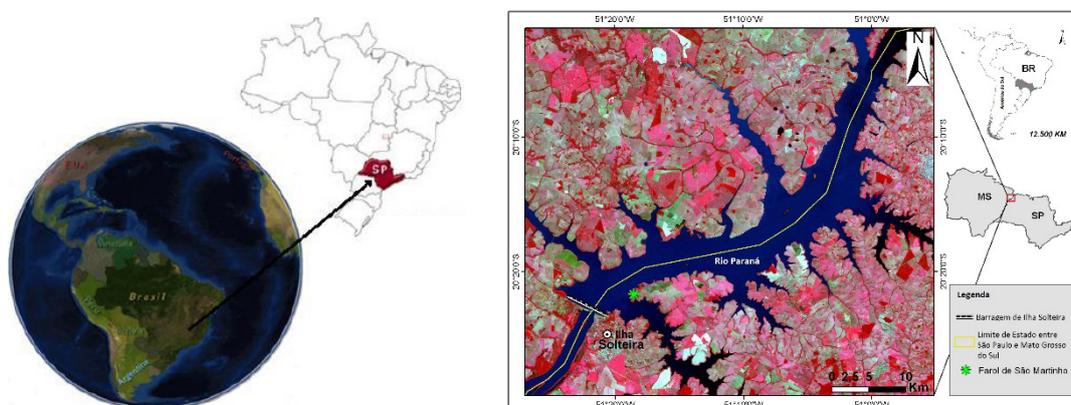


Figura 1: Barragem do reservatório de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

Representação do segmento / rota da Hidrovia Tietê-Paraná. Vistas gerais.

Para analisar a influência da vegetação na redução da altura das ondas junto às

margens, a intenção deste trabalho foi aplicar a versão do modelo numérico SWAN (versão 41.01, SWAN Team, 2014), que inclui a dissipação de energia devido à vegetação, SWAN-VEG, Suzuki *et al.* (2011), na área do lago da barragem de Ilha Solteira.

2 | MODELO NUMÉRICO SWAN-VEG

2.1 Conceitos Básicos

O modelo numérico SWAN (*Simulating WAVes Nearshore*) modela a geração, propagação e dissipação de ondas do mar com base na equação de balanço da ação das ondas, Booij *et al.*(1999). Este modelo, de domínio público, é continuamente atualizado pela *Delft University of Technology* (Holanda).

O modelo SWAN é capaz de simular a propagação de ondas do mar a partir de alto mar até à costa e considera os principais processos físicos de refração, difração e empolamento, devido à variação da profundidade do fundo e à presença de correntes e ondas. Inclui também o crescimento de onda induzida pelo vento, quebras de onda devido à variação do fundo e à declividade, dissipação de energia por atrito no fundo, bloqueio de onda e reflexão, bem como a transmissão de ondas.

2.2 SWAN-VEG

Neste artigo, utilizou-se o modelo SWAN-VEG, Suzuki *et al.* (2011), original com a adição do módulo de vegetação, que contém um termo de dissipação de energia das ondas de entrada. Isso resulta em uma altura de onda inferior, uma vez que a energia da onda é menor na área com vegetação e na área posterior a mesma.

Assim, para ondas com propagação numa certa direção x , o fluxo de energia $F = E \cdot c_g$ de onda permanece constante se nenhuma energia E for perdida ou adquirida. Isto é indicado pela equação 1.

$$\frac{\partial F}{\partial x} = 0 \rightarrow \frac{\partial}{\partial x} [E \cdot c_g] = 0, \text{ com } c_g: \text{ celeridade de grupo} \quad (1)$$

Contudo, a vegetação provoca uma perda de energia que resulta em uma diminuição do fluxo de energia e em novas condições de onda. Aqui o módulo de vegetação determina uma dissipação de energia de longo prazo, ε_v [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$], que é subtraída do fluxo de energia das ondas (Dalrymple *et al.* (1984), e Kobayashi *et al.* (1993), Mendez e Losada (2004)). O próprio modelo SWAN original não muda, apenas um termo de dissipação extra é adicionado ao mesmo, conforme indicado pela equação 2:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = -\varepsilon_v \rightarrow \frac{\partial}{\partial x} [E \cdot c_g] = -\varepsilon_v, \text{ com } \varepsilon_v: \text{ dissipação de energia} \quad (2)$$

O termo de dissipação é sempre negativo, uma vez que provoca uma perda de energia. A equação 3 mostra que a expressão de dissipação é uma função das seguintes condições de onda e de vegetação.

$$\varepsilon_v = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \rho C_D b_v N \left(\frac{kg}{2\sigma}\right)^3 \frac{\sinh^3(kah) + 3\sinh(kah)}{3k \cosh^3(kh)} H_{rms}^3 \quad (3)$$

Sendo: ρ a densidade da água, H_{rms} o erro médio quadrático, k o número de onda e σ é a frequência da onda.

A vegetação é modelada como obstáculos cilíndricos causando força de arrasto e definida por quatro características (altura - ah [m]; diâmetro - b_v [m]; densidade - N [planta/m²] e coeficiente de arrasto - C_D [-]). Há também um parâmetro usado para quantificar a vegetação, denominado fator de vegetação (V_f [planta/m]), dado pela equação 4.

$$V_f = b_v \times N \times C_D \quad (4)$$

3 | CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Malhas

O domínio de cálculo do modelo SWAN foi discretizado em 3 malhas (Figura 2). A maior malha é de 54 km por 33 km, o espaçamento entre nós é de 1000 m, a qual abrange toda área do reservatório. A Malha 2 tem uma extensão de 26,6km por 28,4 km com 500m de distância entre os nós. A Malha 3 tem uma extensão de 14,8 km por 14,3 km e tem 250 m entre os nós.

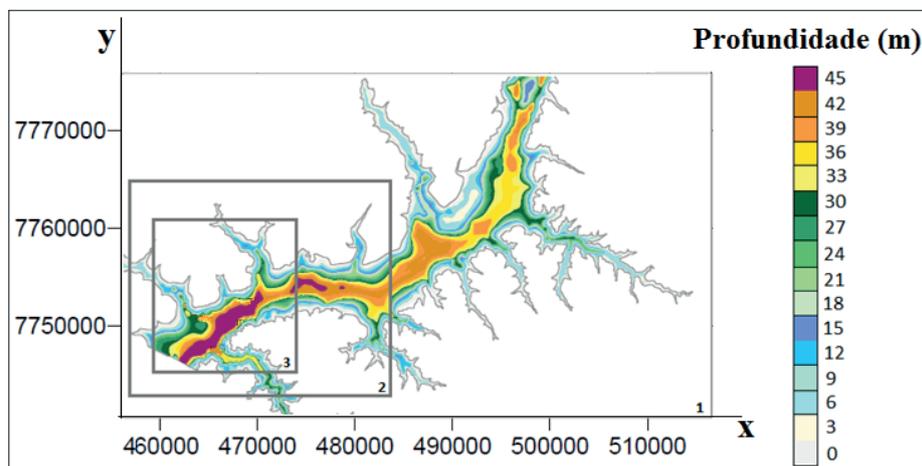


Figura 2: Características da Batimetria e malhas (escala em UTM).

Fonte: Próprio autor.

Malha	X Inicial	Y Inicial	Nº. DX	Nº. DY	DX (m)	DY (m)
1	456680	7741700	58	33	1000	1000
2	457220	7744520	53	34	500	500
3	459329	7745690	58	57	250	250

Tabela 1: Características das malhas utilizadas no modelo SWAN.

Para os cálculos do SWAN, o espectro direcional foi definido a partir da discretização de um espectro em frequência contendo 21 intervalos, de 0,070 a 2,0 Hz, com distribuição logarítmica, e de uma discretização em direção cobrindo os 360°, dividida em 144 intervalos ($\Delta\theta = 2,5^\circ$). Todas as execuções foram realizadas com a versão 41.01 do SWAN e os fenômenos físicos incluídos: refração, o empolamento e a rebentação por influência do fundo e do excesso de declividade (*whitecapping*), interações entre tríades de ondas (*triad wave-wave interactions*) e a geração de harmônicas (*frequency shifting*). Todos estes parâmetros foram introduzidos no SOPRO-SWAN (FORTES *et al*, 2006).

A Figura 3 ilustra a área de estudo com a batimetria do Lago e malha de vegetação.

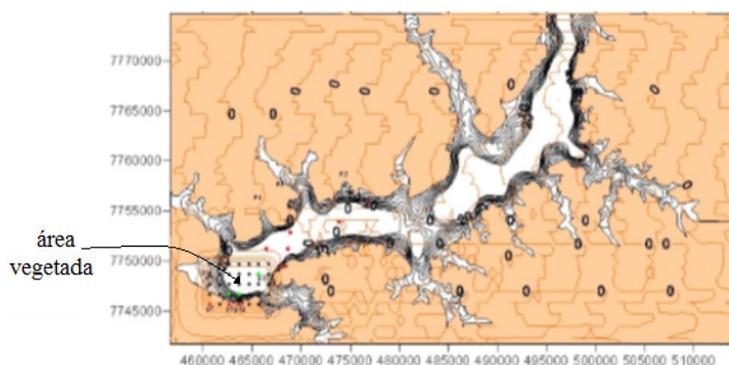


Figura 3: Visão geral do lago com as características da vegetação e batimetria.

Fonte: Próprio autor.

A Figura 4 indica os pontos analisados na área de estudo.

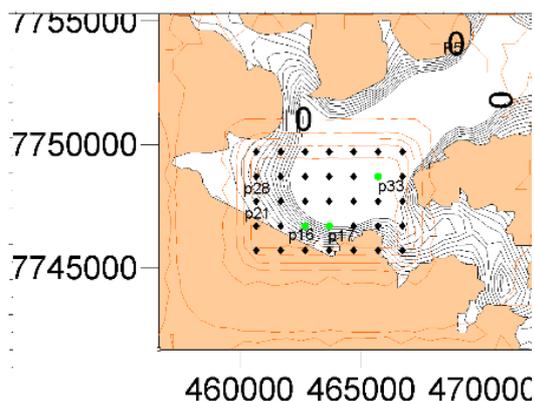


Figura 4: Características detalhadas da área com vegetação e pontos analisados.

Fonte: Próprio Autor.

3.2 Características dos Ventos

a) Teste1	Direção do vento (graus)	232.029
	Intensidade (m/s)	7.055
b) Teste2	Direção do vento (graus)	227.371
	Intensidade (m/s)	6.729

3.3 Características da Vegetação

A Tabela 2 apresenta as características da vegetação separadas em 3 casos. Para essas análises utilizou-se de uma planta com altura fixa de 0.3 m. O Parâmetro V_f (parâmetro de vegetação) é a combinação entre o diâmetro, a densidade e o coeficiente de arrasto, ele varia de 0 a 20 como mostra a Tabela 3 (Oude, 2010).

	Caso1	Caso2	Caso3
Diâmetro (m)	0.2	0.2	0.015
Densidade (N/m ²)	1	4.3	258
Coeficiente de Arraste (-)	1	1	1
Parâmetro V_f (m ⁻¹)	0.2	0.86	3.87

Tabela 2: Características da vegetação utilizadas no cálculo.

V_f (m ⁻¹)	Descrição da planta
0	Sem vegetação
2	Baixa densidade e pequeno diâmetro para as plantas flexíveis
6	Baixa densidade e pequeno diâmetro para as plantas rígidas
10	Alta densidade ou de grande diâmetro para as plantas rígidas
20	Valor máximo do parâmetro vegetação para plantas rígidas

Tabela 3: Características do Parâmetro V_f (Oude, 2010).

4 | ESTUDO DE CASOS

A Tabela 4 apresenta as características de cada ponto, em coordenadas UTM, analisado nestes estudos de casos, bem como suas respectivas profundidades.

	x	y	z (Profundidade (m))
P16	422680	7746700	14.74
P17	463680	7746700	26
P21	460680	7747700	4
P28	460680	7748700	9.3
P33	465680	7748700	44.3

Tabela 4: Características dos pontos.

5 | RESULTADOS

A Tabela 5 traz os resultados obtidos utilizando-se as características descritas na Tabela 4. Tem-se, neste item, a comparação dos resultados obtidos **sem vegetação** e os casos 1-3 **com vegetação**, nos respectivos pontos.

Pontos		Vento		Altura Significativa sem vegetação	Altura Significativa com vegetação			% de amortização		
x	y	Intensidade (m/s)	Direção (graus)	Hs (m)	Caso 1 Hs(m)	Caso 2 Hs(m)	Caso 3 Hs(m)	1	2	3
P16										
462680	7746700	7.055	232.029	0.21828	0.218	0.21756	0.21842	-0,2	0,33	-0,06
462680	7746700	6.729	227.371	0.20182	0.2042	0.20373	0.20347	-1,21	-0,95	-0,82
P17										
463680	7746700	7.055	232.029	0.23467	0.2347	0.23368	0.23505	-0,02	0,42	-0,16
463680	7746700	6.729	227.371	0.21623	0.2161	0.21556	0.21622	0,05	0,31	0,00
P21										
460680	7747700	7.055	232.029	0.18949	0.1880	0.18945	0.18792	0,75	0,02	0,83
460680	7747700	6.729	227.371	0.18163	0.1817	0.18079	0.18074	-0,06	0,46	0,49
P28										
460680	7748700	7.055	232.029	0.21604	0.2158	0.21699	0.21633	0,09	-0,44	-0,13
460680	7748700	6.729	227.371	0.20765	0.2085	0.20665	0.20685	-0,43	0,48	0,39
P33										
465680	7748700	7.055	232.029	0.32217	0.3237	0.32135	0.32072	-0,48	0,25	0,45
465680	7748700	6.729	227.371	0.30124	0.3006	0.29978	0.29857	0,20	0,48	0,89

Tabela 5: Resultados das alturas significativas de ondas obtidas com e sem vegetação.

Observa-se que devido à baixa altura das plantas (0.3 m) com relação às profundidades (relação de submergência), neste caso variando de 4 a 44.3 m, a amortização das ondas foi insignificante, como era esperado, uma vez que a submergência da ordem de um traz a maior dissipação de energia, segundo a literatura.

Assim exposto, vale chamar à atenção para outro estudo do Grupo de Pesquisa que, utilizando-se dos mesmos parâmetros, foi recentemente realizado; desta vez com uma batimetria e malhagem mais refinadas junto às margens (MATTOSINHO, 2016), em condições de águas intermediárias a rasas. A partir deste estudo obteve-se uma resposta mais plausível no tocante aos percentuais de amortecimento, e de larga faixa de variação. Tais resultados são ilustrados pela Figura 5, com parâmetro de vegetação (V_f) variando de 0.04 a 12.8 e plantas com 0.5 m de altura. O vento teste foi o característico reinante de NE de 5 m/s (MATTOSINHO, 2018).

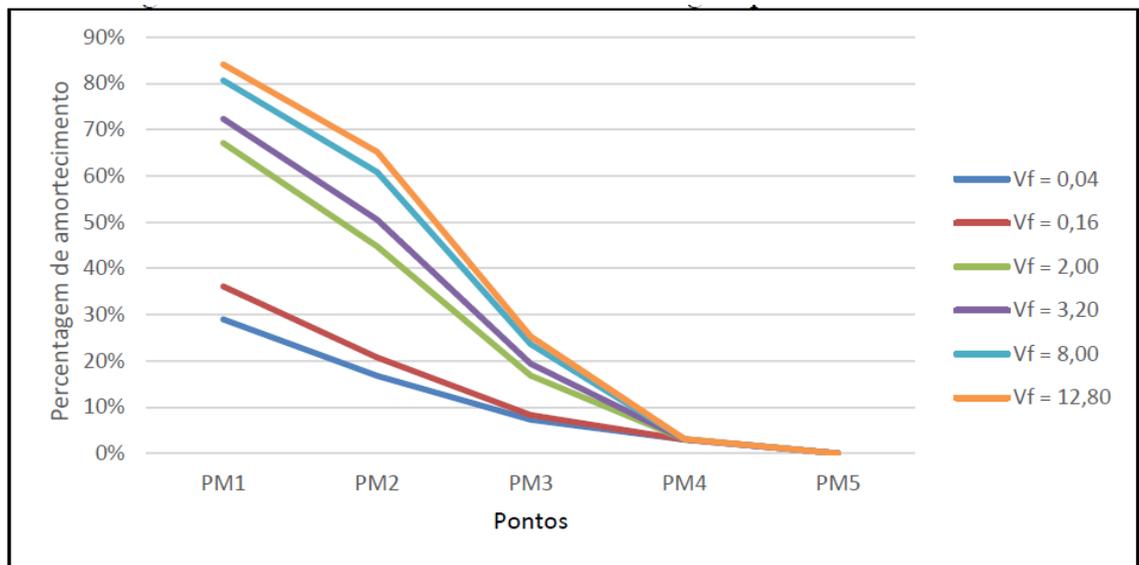


Figura 5: Amortecimento de ondas nas margens para uma velocidade do vento de 5 m/s. PM1 a PM5 variando, respectivamente, de 0.57 m a 2.98 m de profundidade. (MATTOSINHO, 2018).

6 | CONCLUSÃO

O código SWAN-VEG se mostrou operacional, produzindo resultados coerentes em termos de fatores ou percentuais de atenuação. De plano, os resultados corroboram o peso do fator de submergência (altura da planta/profundidade local) que, associado ao parâmetro V_f , são decisivos nos valores de percentuais de atenuação de alturas de onda pela vegetação marginal. Por fim, analisando as tabelas 4 e 5 observa-se que com o aumento da profundidade ocorre também um aumento na altura significativa das ondas tanto sem vegetação como com vegetação.

REFERÊNCIAS

- BOOIJ, N., RIS, R.C., HOLTHUIJSEN, L.H.. 1999. **A Third-generation Wave Model for Coastal Regions**, Part I, Model Description and Validation. *Journal Geophysical Research*, 104 (C4), pp. 7649-7666.
- FORTES, C.J.E.M., PINHEIRO, L.V., SANTOS, J.A., NEVES, M.G., CAPITÃO, R., 2006. **SOPRO – Pacote integrado de modelos de avaliação dos efeitos das ondas em portos**. *Tecnologias da Água*, Edição I, March, pp. 51-61.
- MACIEL, G.F. et al. 2009. **Alerta de ventos e ondas para a segurança da navegação**. Proc. 6º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro, 21 and 22 October. *Revista de Engenharia e Tecnologia* ISSN 2176-7270 V. 7 N° 2, Edição Especial Jun/2015 pag. 167
- MATTOSINHO, G.O. **Dissipação de Energia de Ondas Geradas por Ventos em Reservatórios de Barragens, devido à presença de Vegetação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016. 85p.
- MATTOSINHO, G.O.; VIEIRA, A.S.; MACIEL, G.F.; ROCHA, G.E.; TARDIVEL, J.L.C. **Dissipação de energia de ondas pela vegetação em recintos fechados**. Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2018.

OUDE, R. **Modelling wave attenuation by vegetation with SWAN-VEG. 2010. Dissertation (Master Thesis: Water Engineering & Management)** – University of Twente, Delft, 2010.

SUZUKI, T., ZIJLEMA, M., BURGER, B., MEIJER, M.C., NARAYAN, S., 2011. **Wave dissipation by vegetation with layer schematization in SWAN.** Coastal Engineering 59, 64–71. SWAN Team, 2014. SWAN scientific and technical documentation. SWAN Cycle III version 41.01. Report. Delft University of Technology.

VIEIRA, A.S., MACIEL, G.F; MATTOSINHO, G.O. 2015. **Atenuação De Ondas Pela Vegetação Estudo De Sensibilidade De Malhas No Swan Para O Lago Da Barragem De Ilha Solteira.** APRH. VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Aveiro-Portugal.

VIEIRA, A.S., 2013. **Análises, Aplicações e Validações – Numérico/Experimentais do Modelo SWAN em Áreas Restritas e ao Largo.** 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira – SP – Brasil.

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

