

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

Atena
Editora
Ano 2020

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima

Luiza Batista 2020 by Atena Editora

Maria Alice Pinheiro Copyright © Atena Editora

Edição de Arte Copyright do Texto © 2020 Os autores

Luiza Batista Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Revisão Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora

Os Autores pelos 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, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional

Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais

Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo

Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas

Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia

Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil

Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita

Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí

Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé

Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina

Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro

Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College

Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social

Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay

Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA

Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará

Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe

Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná

Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário: Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M514 Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-222-7

DOI 10.22533/at.ed.227202207

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva, Maria Elanny Damasceno.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br


Ano 2020

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor (a), a obra Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Básico da série 2 e 3, englobam a temática das ciências ambientais no contexto teórico e prático de pesquisas voltadas para a discussão da preservação e recuperação dos recursos naturais, bem como a criação de métodos e tecnologias que contribuem para a redução dos impactos ambientais oriundos dos desequilíbrios das ações humanas.

O volume 2 contém capítulos que tratam da educação ambiental por meio de projetos interdisciplinares em ambientes educacionais e comunitário. Além disso, as pesquisas apresentadas apontam tecnologias diversas que auxiliam no monitoramento de áreas protegidas, risco de queimadas em florestas e simuladores de erosão em solo para formulação de dados sedimentológicos.

Em relação as tecnologias sustentáveis são divulgados estudos sobre os benefícios dos telhados verdes para captação de águas pluviais e o uso de biodigestores em propriedades rurais e zonas urbanas para o tratamento de matérias orgânicas utilizadas na geração de energia, gás e biofertilizantes. Sobre efluentes industriais e domésticos é indicado método de depuração aplicado em Estações de Tratamentos de Esgotos, assim como *Wetlands* construídas para eliminar a deterioração das bacias hídricas.

Diante do crescimento populacional em zonas urbanas é mostrado a necessidade de redimensionamento de área urbana próxima às áreas de inundações, complementando com o estudo sobre a atualização de Plano de Saneamento Básico municipal para controle de enchentes. E por fim, acerca de inundações em locais impermeáveis é evidenciado um sistema de infiltração de águas de chuvas que facilita o escoamento no solo.

No volume 3 é tratado da parceria entre gestores nacionais e internacionais de recursos hídricos a fim de fomentar a Rede Hidrometeorológica do país. As questões jurídicas ganham destaque na gestão ambiental quando se refere ao acesso à água potável na sociedade. E como acréscimo é exposto um modelo hidro econômico de alocação e otimização de água. As águas fluviais compõem uma gama de estudos contidos neste exemplar. Os assuntos que discutem sobre rios e praias vão desde abordagens metodológicas para restaurar rios, análises das características das praias de águas doces sobre o desenvolvimento do zooplâncton e composição granulométrica dos sedimentos dos corpos hídricos.

É destaque para a importância e conservação das Bacias de Detenção de águas de chuvas em zona urbana, como também os sistemas de controle da vazão das águas pluviais na prevenção de enchentes, assoreamento e erosões nas margens de rios. Os modelos matemáticos, hidrogramas e suas correlações são fatores que estimam volume das vazões nas áreas atingidas e servem como instrumentos eficazes preventivos contra inundações inesperadas. Similarmente, a modelagem pode ser bem inserida em um estudo que trata dos componentes aquáticos na qualidade das águas de rios.

A respeito da qualidade da água são mencionados ensaios físico-químicos e microbiológicos coletados em um rio e averiguados com base nos parâmetros das portarias e resoluções nacionais. No quesito potabilidade da água é exibido uma pesquisa com foco nas águas pluviais captadas e armazenadas em cisternas de placas.

Por último, salienta-se os estudos que substituem aparelhos hidrosanitários por modelos que reduzem a quantidade de água descartada, da mesma forma tem-se a substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo geradores a fim de verificar a viabilidade financeira e energética em uma Companhia de Abastecimento metropolitano.

Portanto, os conhecimentos abordados e discutidos sem dúvidas servirão como inspiração para trabalhos futuros, replicação em outras regiões como também favorecerá para a minimização dos impactos ambientais provocados a longo prazo, além de ser modelos norteadores de consciência ecológica na sociedade.

Excelente leitura!

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CONTRIBUIÇÃO DOS USUÁRIOS DE DADOS (<i>STAKEHOLDERS</i>) PARA O PROJETO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL DE REFERÊNCIA – RHNR	
Ana Carolina Zoppas Costi Fabrício Vieira Alves Diana Wahrendorff Engel Marcio de Oliveira Candido	
DOI 10.22533/at.ed.2272022071	
CAPÍTULO 2	13
GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: MODELO HIDRO ECONÔMICO DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA	
William Dantas Vichete Arisvaldo Vieira Mélo Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.2272022072	
CAPÍTULO 3	26
ASPECTOS JURÍDICOS E ORGANIZACIONAIS DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DA PARAÍBA	
Maria Helena Carvalho Costa Josevi de Sousa Carvalho Maria da Penha Medeiros Noemia Climentino Leite Carla Rocha Pordeus	
DOI 10.22533/at.ed.2272022073	
CAPÍTULO 4	35
ABORDAGENS METODOLÓGICAS PARA A RESTAURAÇÃO DE RIOS	
Jucimara Andreza Rigotti Lucia Helena Ribeiro Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.2272022074	
CAPÍTULO 5	47
A INFLUÊNCIA DA DINÂMICA DAS MARÉS SOBRE O ZOOPLÂNCTON EM TRÊS PRAIAS DE CAMETÁ, PARÁ	
Elidineia Lima de Oliveira Mata Vitor Barbosa da Costa Kelli Garboza da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2272022075	
CAPÍTULO 6	61
ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DO RIO PARAGUAI NA ÁREA COMPREENDIDA ENTRE A MONTANTE DA PRAIA DO JULIÃO E A JUSANTE DO BARRANCO DO TOURO - MUNICÍPIO DE CÁCERES	
Bruno Ramos Brum Michelle do Espírito Santo Bertolino Fernando Guilert Pinheiro Borges Mauri Queiroz de Menezes Junior Carolina da Costa Tavares Célia Alves de Souza Ernandes Sobreira Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.2272022076	

CAPÍTULO 7	71
DESAFIOS DA INSERÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA, SP	
Carolina Sulzbach Lima Peroni Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.2272022077	
CAPÍTULO 8	81
METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE CONTROLE DE VAZÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NUMA BACIA HIDROGRÁFICA, EM ESPECIAL OS COM RESERVAÇÃO E INFILTRAÇÃO	
Vinicios Hyczy do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.2272022078	
CAPÍTULO 9	91
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS: YPANÉ Y JEJUÍ, UTILIZANDO HEC-HMS CON FINES DE PRONÓSTICOS HIDROLÓGICOS EN EL RÍO PARAGUAY	
Rosa del Rocío Aseretto Roger Monte Domecq Serrati Roberto Hiroshi Takahashi	
DOI 10.22533/at.ed.2272022079	
CAPÍTULO 10	106
CORRELAÇÃO ENTRE DOIS AVALIADORES DE DECLIVIDADE MÉDIA DO TALVEGUE PRINCIPAL DE 31 BACIAS NA REGIÃO DO MÉDIO TIETÊ	
André Luiz de Lima Reda Raul Victor Martins Julião de Oliveira Paulo Takashi Nakayama	
DOI 10.22533/at.ed.22720220710	
CAPÍTULO 11	118
MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RIOS UTILIZANDO O HEC-RAS. ESTUDO DE CASO NO RIO IPANEMA	
Ariel Ali Bento Magalhães José Rodolfo Scarati Martins	
DOI 10.22533/at.ed.22720220711	
CAPÍTULO 12	129
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO SÃO MIGUEL, BARÃO DE COCAIS - MG	
Vivian Aparecida de Oliveira Alicy Madeira de Souza Jeane de Fátima Cunha Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.22720220712	
CAPÍTULO 13	142
QUALIDADE DA ÁGUA E CIDADANIA DA COMUNIDADE DE TOCOS 2 –GOVERNADOR MANGABEIRA, BAHIA	
Viviane Brandão Silva Leite	
DOI 10.22533/at.ed.22720220713	
CAPÍTULO 14	154
ESTUDO DE CASO DA RECUPERAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA INERENTE A OPERAÇÃO DA MACRO DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA	
André Schramm Brandão	

Paulo Henrique Holanda Pascoal
Ênio Pontes de Deus
Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.22720220714

CAPÍTULO 15 160

ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL E FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Antônio José Cruz de Araújo
Êmele Rádna Rodrigues do Vale
Lívia Maria Pinheiro da Cunha
Maria Josicleide Felipe Guedes

DOI 10.22533/at.ed.22720220715

SOBRE A ORGANIZADORA..... 180

ÍNDICE REMISSIVO 181

CORRELAÇÃO ENTRE DOIS AVALIADORES DE DECLIVIDADE MÉDIA DO TALVEGUE PRINCIPAL DE 31 BACIAS NA REGIÃO DO MÉDIO TIETÊ

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 17/04/2020

André Luiz de Lima Reda

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia Mackenzie

São Paulo – SP

Instituto Mauá de Tecnologia, Escola de Engenharia Mauá

São Caetano do Sul – SP

<http://lattes.cnpq.br/5299326878413283>

Raul Victor Martins Julião de Oliveira

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia Mackenzie

São Paulo – SP

<http://lattes.cnpq.br/9517653349210036>

Paulo Takashi Nakayama

Departamento de Águas e Energia Elétrica, Centro Tecnológico de Hidráulica

Faculdade de Engenharia São Paulo

São Paulo – SP

<http://lattes.cnpq.br/6446798912596918>

todo um hidrograma de cheia ou uma vazão máxima de projeto). Exemplos deles são área de drenagem, comprimento do talvegue principal, índice de compacidade e fator de forma (fatores planimétricos); além de vários tipos de declividade média, tais como vários avaliadores dela para o talvegue principal ou a média superficial para a bacia toda. Aqui são publicados resultados preliminares de uma pesquisa mais ampla que visa, ao final, correlacionar diversos desses fatores entre si para 31 bacias com áreas entre 38 e 113 km² na bacia do Médio Tietê (estado de São Paulo). A principal conclusão aqui foi validar a tradicional crença de que a declividade média harmônica e a das áreas equivalentes são próximas, sendo isto mais notado em bacias com certos fatores de forma dentro de determinadas faixas de valores. Recomendam-se estudos similares em outras regiões.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica; correlação; regressão; declividade; rio Tietê.

RESUMO: A morfologia de uma bacia hidrográfica pode ser descrita combinando fatores numéricos que podem alimentar modelos matemáticos para estimar vazões de resposta da bacia a uma tormenta (exemplos:

CORRELATION BETWEEN TWO EVALUATORS OF MAIN TALWEG AVERAGE SLOPE FOR 31 DRAINAGE BASINS IN THE MEDIUM TIETÊ REGION - BRAZIL

ABSTRACT: Hydrographic basin morphology may be described by numerical factors, usually input together into mathematical models meant to estimate basin response to storms (e.g., a design peak flow or a flood hydrograph). Examples of these factors are catchment area, main thalweg length, compacity index and shape factor (all planimetric); or different types of average slopes, such as some for the main thalweg and that for the whole basin surface. The article publishes partial results from a broader research project that aims, at its end, at correlating some of such factors to each other for 31 basins sized from 38 to 113 km², all in the Mid-Tietê river basin (São Paulo state, Brazil). The main conclusion was that the traditional belief that the equivalent-area, and the harmonic average thalweg slopes result similar values – being it most noticeable for basins if certain shape factors are restricted to specific ranges of values. Similar studies are recommended for different geographic regions.

KEYWORDS: Drainage basin; correlation; regression; slope; Tietê river.

1 | INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica e o escoamento superficial

A água pluvial pode escoar sobre a superfície da Terra por gravidade, o que se conhece por “escoamento superficial”; evaporar durante a queda; ser interceptada por folhas de árvores, telhados ou outros obstáculos; infiltrar no solo (saturando certa parte dele) ou ser retida temporariamente no meio poroso sob sua superfície (gerando o “escoamento subterrâneo”, relativamente mais lento). A parcela da água pluvial dirigida ao escoamento superficial se chama “precipitação efetiva” e o fluxo oriundo diretamente dela é o “escoamento superficial direto”. Define-se bacia hidrográfica como “parte da superfície terrestre que, por ação da gravidade, leva todo o escoamento superficial direto nela originado a convergir a um único local de saída via superficial, denominado exutório” (GARCEZ e ALVAREZ, 1988).

Hidrograma de enchente e o hidrograma unitário

O gráfico vazão x tempo numa seção transversal de rio, que é o “exutório” da bacia hidrográfica que por ela deságua, denomina-se “hidrograma”. O “hidrograma de uma enchente” mostra essa variação da vazão quando a bacia é sujeita a precipitação relevante e intensa. Sua forma é função das características da chuva e da morfologia da bacia. Um modo simplificado de mostrar o resultado típico do escoamento superficial direto na bacia após uma tormenta isolada e curta é o “hidrograma unitário”, HU – operador matemático que representa o escoamento superficial devido a uma chuva efetiva imaginária de altura unitária (1,0 mm), uniforme sobre a bacia e de curta duração (a “precipitação unitária”). O

HU é função da bacia e da duração da “chuva unitária”, geralmente escolhida como uma fração conveniente do “tempo de concentração” da bacia (REDA, 1985).

Sherman definiu HU de forma pioneira na “Teoria Linear do Hidrograma Unitário” (1932, apud REDA, 1985), sob hipóteses simplificadoras visando versatilidade no uso prático para estimar hidrogramas de enchente de projeto para obras de drenagem. Propõe que hidrogramas parciais, cada um refletindo o resultado de uma parcela consecutiva da “chuva efetiva de projeto”, discretizada em intervalos – ou “ Δt ” – curtos, sejam combinados para gerar um “hidrograma de cheia de projeto”. Essa combinação usa a operação matricial de “convolução” e o valor recomendado de Δt é função da bacia. O HU a usar na operação deve ser aquele para uma “precipitação efetiva unitária”, de duração igual à do Δt escolhido para discretizar a chuva efetiva de projeto.

Tempos que estimam a demora na resposta da bacia a uma tormenta

O tempo do início ao fim do escoamento superficial direto no exutório da bacia costuma ser bem maior que a duração da chuva efetiva que o causa, dada a resistência oferecida ao escoamento pela superfície da bacia – representada pelos parâmetros da bacia chamados “tempos de resposta”. Bacias com mais resistência ao escoamento têm maiores tempos de resposta e picos de vazão mais abatidos – isto é, suas cheias são mais amortecidas. Reda (1985) mostra que parâmetros da forma do hidrograma podem ser relacionados a tempos de resposta de bacia; dentre eles, tempo de base, t_b ; tempo de pico, t_p ; tempo de retardo (ou “lag time”), t_L ; tempo de retardo do pico, t_{pL} , e tempo de concentração, t_c . Para definir esses tempos de resposta (exceto t_c), considera-se o hidrograma de enchente e o ietograma efetivo que o causou – e não o transporte de determinada partícula de água pela superfície. Por exemplo, tempo de pico, t_p , é a demora desde o início até o pico do hidrograma.

Vários métodos para estimar o t_p específico para um HU de projeto se apoiam no valor de t_c , uma característica da bacia. Portanto, é importante definir t_c , o “tempo decorrido entre o início da chuva efetiva e o primeiro instante em que cada ponto da superfície da bacia já esteja enviando ao exutório, via superfície, partículas daquela água pluvial” – definição que simplifica o comportamento do escoamento. Informalmente, t_c é citado como “tempo necessário para, numa chuva efetiva longa, constante no tempo e uniforme na bacia, a vazão de origem superficial no exutório atingir regime permanente”. Enfatiza-se que tais definições só consideram o escoamento originado pela chuva efetiva (SILVEIRA, 2005).

Hidrogramas unitários sintéticos

O ideal para estimar vazão de cheia de projeto numa bacia é existir série histórica de vazões máximas, a ser tratada estatisticamente. No entanto, só bacias importantes, de rios de maior porte, têm tais registros. As de porte médio, que requerem estudos de drenagem, não costumam contar com estes, sendo nelas comum o emprego do “hidrograma unitário

sintético”, estimado a partir de características morfológicas da bacia (MARCELLINI *et al.*, 1999). Têm-se pesquisado conjuntos de relações matemáticas – ou modelos – para estimar HU sintético em função de características morfológicas da bacia. Tais modelos são desenvolvidos sobre uma base de dados de grupos de bacias com bons registros de hidrogramas de cheia e chuvas intensas. Para o modelo ser aplicável à bacia, os valores dos parâmetros que descrevem sua forma devem estar incluídos nas respectivas faixas de valores dos parâmetros das bacias que o geraram.

Características de bacias dentro de um contexto geológico e climático podem permitir que tais modelos sejam validados por região. Reda (1985) propôs o primeiro método de HU sintético para bacias rurais no estado de São Paulo, depois atualizado por Pio (1999) com uma base de dados históricos mais longa.

Formulações empíricas que estimam tempo de concentração

Pela importância de t_c para estimar outros tempos de resposta ou o próprio HU sintético, é comum o uso de fórmulas empíricas para calculá-lo em função de parâmetros de forma da bacia. Silveira (2005) investiga as origens de 23 delas para bacias rurais e urbanas distribuídas pelo mundo, algumas usadas no Brasil para projetos de drenagem. Nelas, t_c é geralmente estimado com base em fatores numéricos representando características de tamanho, declividade e resistência ao escoamento da bacia (SILVEIRA, 2005). Nota-se nas 23 fórmulas a presença de fatores representando tamanho e declividade. A característica de tamanho mais usada é o comprimento do talvegue principal, L (entra em 21 dessas equações). Depois vem A , área de drenagem da bacia (em 6 delas). A dificuldade em encontrar publicações originais de várias dessas fórmulas sujeita seu uso a incertezas sobre como determinar parâmetros – por exemplo, aqueles representando alguma declividade ou algum comprimento.

A notação do parâmetro de declividade geralmente é S (do Inglês *slope*) ou I (de inclinação). Bacias com maior declividade geralmente têm escoamento superficial mais veloz, resultando t_c menor – logo, maior altura de pico de cheia. Porém, declividade é um parâmetro sem modo de determinação (ou definição) único(a), estimado na prática pelas várias formas alternativas discutidas a seguir. É mais comum projetistas empregarem algum método que use um valor de declividade “média” do talvegue principal da bacia sem maior especificação quanto ao tipo (ou forma de cálculo) dessa média, gerando dúvidas.

Fatores numéricos que representam declividades médias do talvegue principal e de bacia

Os fatores de declividade mais usados são três, com significados físicos e modo de estimar específicos a partir do perfil longitudinal do talvegue principal da bacia (LINSLEY *et al.*, 1982; VILLELA e MATTOS, 1975). O primeiro é sua “declividade média aritmética”, \bar{I}_1 , adimensional estimado com base nas posições dos extremos desse talvegue.

Simplificadamente, é obtido dividindo o desnível entre a nascente e o exutório (ΔH_{tot}) pela extensão total do curso d'água, L , resultando a equação (1).

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_1 = \frac{\Delta H_{tot}}{L} \quad (1)$$

O segundo tipo, “declividade média das áreas equivalentes” ou “declividade média ponderada do álveo” (CARVALHO e SILVA, 2006), \bar{I}_2 , pode ser obtido de modo gráfico, traçando no perfil do talvegue principal uma reta que parte do exutório e segue para montante de modo que a área abaixo dela e acima do perfil seja igual à área acima dela e abaixo do perfil (“reta de compensação de áreas”). Assim, a área sob o perfil e acima da cota do exutório e a área abaixo da reta e acima da cota do exutório coincidem, originando sua denominação. Pode ser estimada tanto graficamente, pela inclinação da reta, quanto numericamente, pela equação (2),

$$\bar{I}_2 = \frac{2\sum A_i}{L^2} \quad (2)$$

em que L é o comprimento do talvegue principal em planta e $\sum A_i$ é a área total, no gráfico do perfil, entre este e a cota do exutório. Calcula-se $\sum A_i$ dividindo L em n trechos de mesmo comprimento ΔL_i e somando as áreas A_i dos vários trapézios aproximados entre H_o e cada trecho da linha do perfil.

O terceiro estimador, \bar{I}_3 , “declividade equivalente constante”, é também a “média harmônica” dos valores das declividades dos trechos do perfil longitudinal quando L , extensão total do álveo em planta, for dividida em n ΔL_i iguais. É considerada a mais representativa das três hidraulicamente, admitindo que um canal reto com tal declividade e comprimento L teria tempo de percurso próximo ao real. Sua formulação advém da proporcionalidade entre perda de carga unitária (para Chézy, próxima à sua declividade, no regime uniforme) e o quadrado da velocidade em cada trecho (SILVEIRA, 1993; VILLELA e MATTOS, 1975) – vide equação (3),

$$I_3 = \left(\frac{L}{\sum \left(\frac{\Delta L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right)^2 \quad (3)$$

generalizada para valer de modo geral, considerando os subtrechos do comprimento L não necessariamente de iguais tamanhos, I_i como declividade de cada trecho e ΔL_i , seu comprimento.

Esses três estimadores não consideram a superfície completa da bacia – só a configuração altimétrica do perfil do talvegue principal. Mais representativa seria a “declividade média superficial” da bacia, $S_{\text{sup,méd}}$, obtida com base num conjunto de dados orográficos distribuído por toda a sua superfície. Para obtê-la, Villela e Mattos (1975) propõem o método das quadrículas: sobre põe-se à carta planialtimétrica uma folha transparente reticulada e, em cada vértice, faz-se um vetor ortogonal à curva de nível que ali passa, de sentido igual ao do escoamento superficial natural e tamanho proporcional ao quociente do desnível entre as curvas de nível adjacentes envolvendo esse vértice pela distância em planta entre elas. Como o desnível entre curvas consecutivas num mapa é constante, o tamanho do vetor é inversamente proporcional à distância entre elas. Após traçados os vetores mostrando a declividade superficial em cada vértice do reticulado, faz-se uma tabela de valores de declividade por vértice e nela se calcula a média simples destas, $S_{\text{sup,méd}}$.

Parâmetros da forma da bacia em termos planimétricos

Representa-se a forma da bacia em planta por parâmetros (ou coeficientes numéricos) que, quando inseridos em certas fórmulas empíricas, possibilitam estimar tempos de resposta e a forma do hidrograma unitário (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013). Deles, o mais importante é a “área de drenagem” da bacia, A , medida por planimetria. Os parâmetros “perímetro” da bacia, P (mede seu contorno), e “comprimento do seu talvegue principal”, L (o mais longo da rede hidrográfica, medido do exutório para montante), são avaliados por métodos curvimétricos, em planta. O “coeficiente de compactidade”, K_c , ($\geq 1,0$), indica se a bacia é menos ou mais compacta. É definido pela equação (4),

$$K_c = \frac{P}{C} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (4)$$

na qual C é a circunferência do círculo com área A igual à da bacia. Para bacias de perímetro mais sinuoso, K_c resulta mais alto. O parâmetro I_c , “índice de conformação”, indica se a bacia é longa (estreita) ou curta (larga), sendo definido pela equação (5),

$$I_c = \frac{\bar{L}}{L} = \frac{A}{L^2} \quad (5)$$

em que $L = A/L$ é a largura média da bacia. I_c baixo (mais próximo de zero) indica bacia longa; I_c alto (bem superior a 0,3, raramente acima de 0,6) indica bacia curta.

2 | JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Métodos empíricos para estimar tempos de resposta a tormentas por bacias de tamanho médio ou até hidrogramas de projeto para elas empregam ao menos um

estimador de declividade média. Declividades médias do talvegue principal são de determinação mais simples, mas não refletem as condições do fluxo da água por toda a superfície da bacia. A declividade média superficial, $S_{sup,méd}$, por outro lado, associa-se a estas condições mas tem determinação mais trabalhosa – sendo, daí, pouco usada. Nesta pesquisa, não se encontrou trabalho relevante relatando correlação forte entre tipos diferentes de declividade média de bacia que sugerisse usar um para estimar outro. Isto ensejou um estágio acadêmico do segundo autor no Centro Tecnológico de Hidráulica do DAEE-SP, supervisionado pelo terceiro, e viabilizou um Projeto de Iniciação Científica do segundo autor, orientado pelo primeiro na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Aqui se relatam alguns resultados desses trabalhos.

3 | OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral do trabalho é, inicialmente, levantar valores de quatro tipos de declividades médias representativas e principais fatores planimétricos de forma de 31 bacias hidrográficas de porte médio na região do Médio Tietê para, com base neles, identificar correlações relevantes entre pares de declividades dentro de faixas de valores desses fatores de forma. Esta fase da pesquisa também visou preparar a base de dados e resultados parciais que geraram o Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil do segundo autor, com escopo mais amplo. O objetivo específico é investigar se a usualmente perceptível relação entre declividade média das áreas equivalentes e declividade média harmônica é identificável nas bacias aqui estudadas.

4 | O CASO ESTUDADO

Estudaram-se 31 sub-bacias contribuintes do trecho médio do rio Tietê – ver Figura 1. Esse rio fica todo no estado de São Paulo e o trecho médio da sua bacia tem cerca de 125 km de largura e 400 km de comprimento, partindo, a montante, de Pirapora do Bom Jesus e seguindo daí até a barragem de Promissão, a jusante. O Médio Tietê cobre cerca de 50.000 km² de área. Com base na divisão do Estado em Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, DAEE-SP, estudam-se aqui bacias nas Unidades de números 5,10, 13 e 16.

5 | DADOS E METODOLOGIA

A base planialtimétrica para estudar as 31 bacias foram cópias da Carta do Brasil do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) na escala 1:50.000, restituída por sobrevoos das décadas de 1960 e 1970. Nelas, a maioria dessas 31 bacias exhibe

urbanização bem menor que hoje (cerca de cinco décadas depois) – o que permitiu tratá-las como predominantemente rurais. A escolha das bacias foi aleatória, buscando uma distribuição homogênea na região, com áreas de 38 a 113 km² – o que as classifica como de médio porte. Após escolher o exutório de cada bacia no mapa, traçou-se, com base nas informações planialtimétricas, seu divisor (ou contorno) topográfico. Daí, transferiu-se cada divisor para papel vegetal, para estimar áreas de bacia por aproximação por polígonos de áreas equivalentes e determinar o perímetro e o comprimento do talvegue principal da bacia usando régua flexível na mesma escala da cópia do mapa. Com base nestes dois parâmetros e na área, calcularam-se o índice de conformação (I_c) e o coeficiente de compacidade (K_c) da bacia.

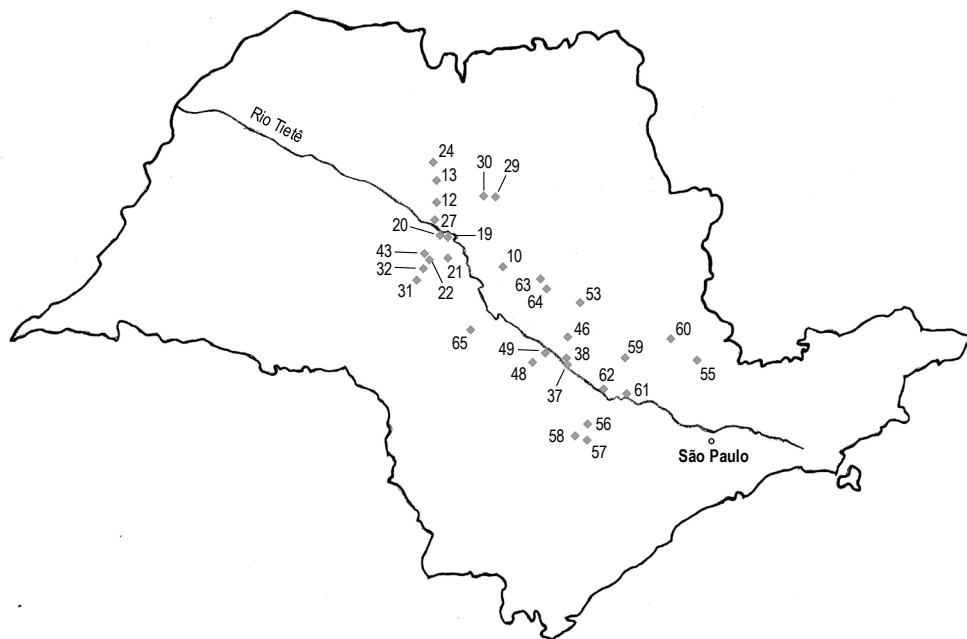


Figura 1: Mapa do estado de São Paulo mostrando os exutórios das 31 bacias estudadas.

Desenhou-se, também, o perfil longitudinal do talvegue principal de cada bacia, dividindo-se seu comprimento L em trechos de comprimentos iguais em planta, ΔL . Calcularam-se então, numa planilha Excel com informações obtidas do perfil, os três estimadores de declividade média do talvegue, \bar{I}_1 , \bar{I}_2 e \bar{I}_3 .

O método para determinar a declividade média superficial de cada bacia seguiu de perto aquele mostrado na sua definição. Para cada faixa de valores de área de bacia, escolheu-se uma medida adequada para o lado da quadrícula padrão do reticulado, em folha transparente de acetato, a ser superposto ao mapa para nele marcar os vértices onde se estimou declividade superficial pontual. Usaram-se quadrículas de 1,5 cm de lado (equivalente a 750 m reais) para bacias com área até 60 km², de 2 cm (ou 1 km) para bacias com área de 60 a 99 km² e de 2,5 cm (ou 1,25 km) para bacias a partir de 100 km². Assim, garantiu-se para cada bacia um número de vértices de 70 a 110. Cada conjunto constituído por mapa e folha de acetato a ele superposta foi fotocopiado e, na

cópia, fez-se um traço com seta, tamanho e sentido adequados cruzando cada vértice da malha dentro da bacia e ligando as curvas de nível adjacentes que o envolvem. Calculou-se, então, o quociente do desnível altimétrico entre as extremidades de cada traço pela distância entre elas, o que forneceu a declividade máxima da superfície em cada ponto. Tais operações, feitas numa planilha eletrônica, permitiram o rápido cálculo da média aritmética de todas essas declividades pontuais, ou seja, a declividade média superficial de cada bacia, $S_{sup,méd}$.

6 | RESULTADOS E ANÁLISE

Obtiveram-se resultados numéricos para os índices de forma planimétricos e declividades médias acima descritas nas 31 bacias numa planilha Excel, que gerou vários gráficos de regressão entre as declividades \bar{I}_2 e \bar{I}_3 . Em cada um se traçou a reta de regressão com melhor ajuste aos pontos, com opção de passar exatamente ou aproximadamente pela origem comum dos eixos, além do coeficiente de determinação, R^2 . Vê-se na Tabela 1 o R^2 resultante para a correlação de \bar{I}_2 com \bar{I}_3 , para toda a amostra, 31 bacias. Algumas correlações adicionais foram feitas para faixas específicas de valores de I_c , K_c e $S_{sup,méd}$ – de valores altos e de valores baixos – investigando valores limites que viessem a reforçar a correlação. A presença de 'x' numa célula indica que o tipo de declividade média daquela coluna entra na regressão considerada naquela linha. Buscou-se correlacionar \bar{I}_1 com os outros tipos de declividades, mas não há 'x' na sua coluna devido ao insucesso de tais tentativas.

Os coeficientes R^2 variam de 0,68 a 0,89 (faixa de variação: 14,7% do maior). Analisando os casos com melhor correlação, $\bar{I}_2 \times \bar{I}_3$ para toda a amostra de bacias resultou $R^2 = 0,84$ (Figura 2 - esq.). Mas, refazendo a análise para as bacias de K_c alto (menos compactas), R^2 cresce para 0,88 (Figura 2 - dir.) e, para as de I_c baixo (mais longas), para 0,86 (Figura 3 - esq.). Em termos gerais, isto confirma a tradicional crença em que \bar{I}_2 seja um bom estimador de \bar{I}_3 ; ainda, recomenda pesquisar correlações entre eles por faixas de tamanho de bacia. Analisando $\bar{I}_2 \times \bar{I}_3$, agora, para as bacias mais íngremes ($S_{sup,méd}$ mais alto), R^2 resulta relativamente mais alto: 0,89 (Figura 3 - dir.). Para reforçar tais conclusões, repetiu-se a análise para K_c mais altos e I_c e $S_{sup,méd}$ mais baixos. Resultaram R^2 muito baixos, o que incentiva a continuar a pesquisa incorporando um terceiro elemento (não só \bar{I}_2 e \bar{I}_3) a qualquer regressão entre declividades médias

Declividades			$S_{sup,méd}$		K_c		I_c		Global
\bar{I}_1	\bar{I}_2	\bar{I}_3	baixa (0,035 a 0,084)	alta (0,084 a 0,201)	baixo (1,120 a 1,322)	alto (1,322 a 1,768)	baixo (0,106 a 0,310)	alto (0,310 a 0,630)	
	x	x							0,84
	x	x	0,68						
	x	x		0,89					
	x	x			0,82				
	x	x				0,88			
	x	x					0,86		
	x	x						0,84	

Tabela 1: Coeficientes de determinação das correlações investigadas

Na análise de $\bar{I}_1 \times \bar{I}_3$, resulta R^2 apenas 0,29 para toda a amostra de bacias, não havendo melhora ao repeti-la para faixas específicas de valores de K_c , I_c e $S_{sup,méd}$ – e o caso de $S_{sup,méd}$ foi o de menor R^2 , novamente. A Tabela 1 não mostra esses resultados menos significativos de análise de regressão.

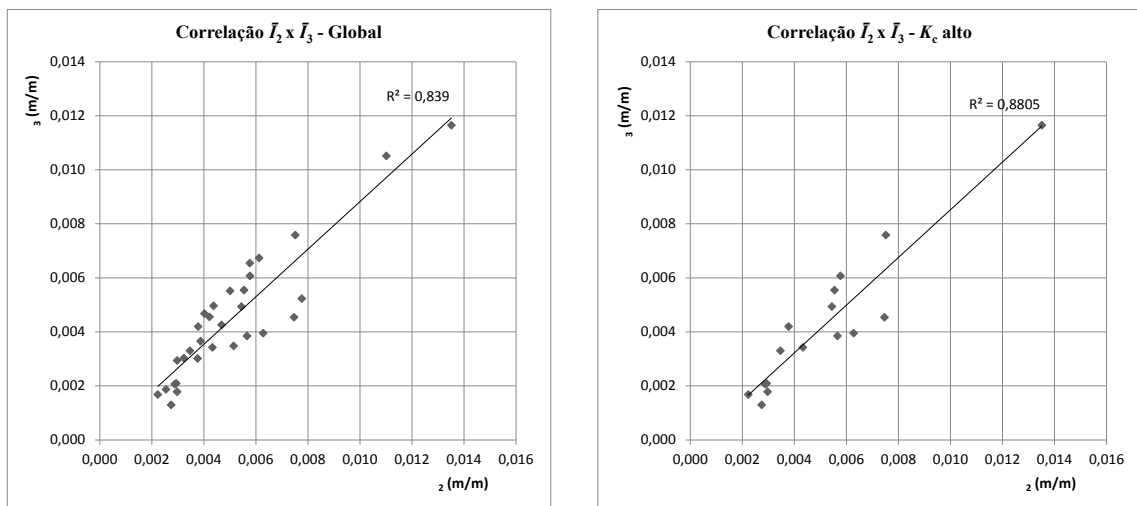


Figura 2: Correlações $\bar{I}_2 \times \bar{I}_3$ para todas bacias (esq.) e as de K_c mais alto (1,322 a 1,768, dir.).

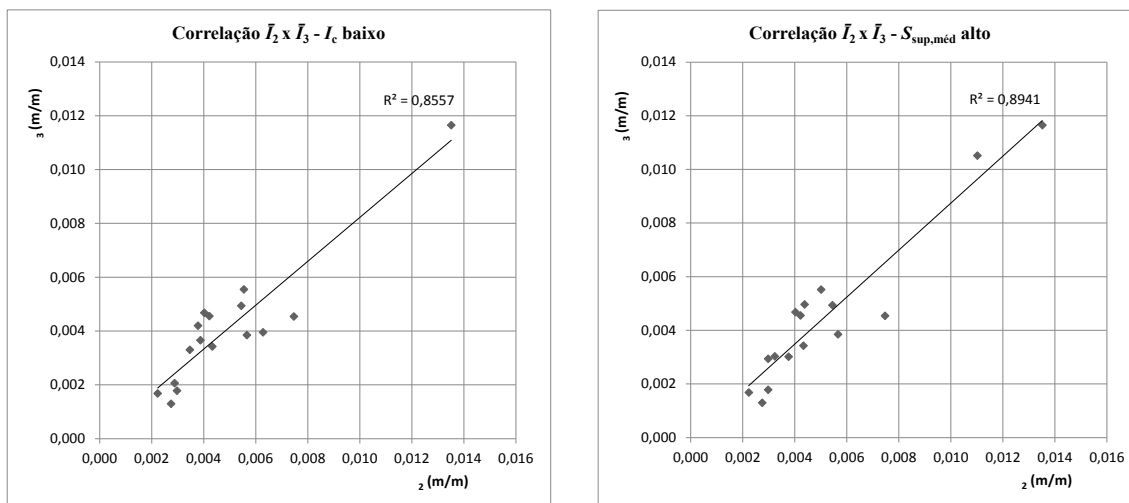


Figura 3: Correlação $\bar{I}_2 \times \bar{I}_3$ para as bacias de I_c baixo (0,106 a 0,310, esq.) e as de $S_{sup,méd}$ alta (0,084 a 0,201, dir.).

7 | CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A conclusão mais relevante deste estudo é a forte correlação entre as declividades média das áreas equivalentes e média harmônica, que constitui uma constatação tradicional entre hidrólogos no Brasil. Isto recomendou a continuidade do trabalho na forma de uma pesquisa mais ampla, por parte do segundo autor, vindo a constituir um projeto de iniciação científica, a ser reportado em publicação posterior. Recomenda-se, ainda, este tipo de pesquisa para outras regiões geográficas.

Outra conclusão importante é que é possível resultarem correlações melhores dentro de certas faixas de valores de determinado índice de forma da bacia do que com todo o conjunto de dados. Isto sugere tentar, na sequência desta linha de pesquisa, incorporar esses coeficientes de forma a análises de regressão múltipla (isto é, considerar mais de duas características da bacia na análise) – por exemplo, incluindo dois avaliadores de declividade média do talvegue e, como um terceiro elemento, um índice de forma planimétrico ou a declividade média superficial. Pesquisas deste tipo não se mostraram evidentes nos estudos de revisão bibliográfica deste trabalho, recomendando-se sua realização em outras regiões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Centro Tecnológico de Hidráulica do DAEE-SP, que permitiu a consulta à sua mapoteca com cartas do IBGE e o uso de instalações para desenvolver parte do trabalho.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. **Bacia hidrográfica**. 2007. Dispon. em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>> Acesso: 3 abr. 2016.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABRH, 2013.
- GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo: E. Blücher, 1988.
- LINSLEY, R. K.; KOHLER, M. A.; PAULHUS, J. L. H. (1982). **Hydrology for Engineers**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1982.
- MARCELLINI, S. S.; PORTO, R. L. L.; ZAHED FILHO, K. **Escoamento superficial**. 1999. Dispon. em: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=7813> Acesso em: 2 mar. 2016.
- PIO, E. D. **Regionalização do hidrograma unitário sintético e dos coeficientes do hidrograma unitário sintético de Snyder para pequenas bacias rurais do Estado de São Paulo**. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 1999. Dispon. em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000417023>> Acesso em: 29 jun. 2017.
- REDA, A. L. de L. **Regionalização do hidrograma unitário para bacias rurais do Estado de São Paulo**. 269 p.; xxvii p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo. 1985.
- SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: "Hidrologia: ciência e aplicação", org. Carlos Eduardo Morelli Tucci, 1993. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH - EDUSP.
- SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais**. Rev. Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH. Porto Alegre, v.10, n.1, p.5-23, jan./mar. 2005. Dispon. em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/9065c5e8a3333d5348b9babd06aaa510_7aad3403a5602667b67dfbb7c3cbd16a.pdf> Acesso em: 3 abr. 2016.
- TOMAZ, P. **Método de Snyder**. 2014. Dispon. em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo114.pdf> Acesso em: 7 mar. 2016.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1975.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agência Nacional de Águas 1, 2, 33, 133, 134, 139, 178
Água Potável 26, 32, 143, 148
Águas Continentais e Estuarinas 47
Águas Subterrâneas 81, 144, 145, 146, 149, 151
Amortecimento da Vazão 89
Aparelhos Hidrossanitários 159, 160, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 170, 172, 174, 175, 176, 177
Aquíferos 144, 145, 151
Áreas de Planalto 62, 68

B

Bacia do Ribeirão das Cruzes 74
Bacia Hidrográfica 10, 13, 31, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 61, 62, 66, 67, 68, 70, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 105, 106, 116, 124, 127, 135
Bacias Urbanas 82, 116

C

Calhas dos Rios 35, 37, 41, 43
Clorofila-a 122
Coliformes Totais 141, 147, 148, 151
Composição Granulométrica 61, 63, 64, 66, 67, 69
Contaminação da Água 141, 145, 150, 151
Curva de Demanda 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23

D

Disco de Secchi 47, 52
Draga de “Van Veen” 65

E

Ecossistemas Lênticos 48
Eficiência Energética 155, 158
Escassez de Água 117, 143
Escherichia Coli 141, 142, 148
Espaços Públicos 72
Estaciones Meteorológicas 94, 103

Estiagem 20, 27, 28, 30, 67, 81, 84, 88, 154

Estudo de Potencial Hidro Energético 155

F

Fatores Planimétricos 105, 111

G

Gestão da Demanda de Água 159, 164, 167, 168

H

Hidrograma 83, 97, 98, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 116

Hidrometeorológico 11

Humedad Del Suelo 91

I

Incertezas Hidrológicas 14

L

Levantamento On-line 159

M

Medidas Interventivas 128

Método de Pipetagem 61, 65

Modelos Matemáticos 105, 118

Monitoramento 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 118, 121, 135, 136, 138

P

Planejamento 1, 3, 4, 11, 12, 13, 15, 23, 26, 29, 31, 32, 34, 58, 63, 68, 72, 126, 154

Poços 42, 141, 143, 145, 146, 150

Potabilidade 130, 136, 141, 143, 148

Praias de Água Doce 47

R

Recursos Hídricos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 43, 44, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 70, 92, 111, 116, 118, 124, 126, 129, 131, 140, 144, 160, 178

Renaturalização 38, 43

Resíduos Sólidos 71, 76, 78, 79, 145

S

Série Histórica 11, 107
Software 24, 25, 96, 119
Soil Water Characteristics 96
SSD AcquaNet 16

T

Torneiras e Mictórios 162, 168
Turbo-Geradores 153, 155, 157

U

Usinas Hidroelétrica 14

V

Visitas Técnicas 71, 73

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 