

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. Eivaldo 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 Mélllo 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 Climintino 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

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS: YPANÉ Y JEJUI, UTILIZANDO HEC-HMS CON FINES DE PRONÓSTICOS HIDROLÓGICOS EN EL RÍO PARAGUAY

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissao: 17/04/2020

Rosa del Rocío Aseretto

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Facultad de Ciencias y Tecnología,
roaseretto@gmail.com
Asunción – Paraguay.

Roger Monte Domecq Serrati

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Facultad de Ciencias y Tecnología,
roger.montedomecq@gmail.com
Asunción – Paraguay.

Roberto Hiroshi Takahashi

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Facultad de Ciencias y Tecnología,
rhtaka@gmail.com
Asunción – Paraguay.

RESUMEN: Este trabajo forma parte del Proyecto CONACYT-UCA “DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE PRONOSTICO DE NIVELES Y CAUDALES DEL RIO PARAGUAY” (14-INV-280), ejecutada por el Centro de Tecnología Apropiada (CTA) de la Universidad Católica de Asunción, cuyo objetivo es; establecer un sistema de pronóstico de niveles y caudales del Río Paraguay mediante la

implementación de modelos: hidrológico en las cuencas interiores e hidráulico en el cauce del río Paraguay, calibrados y validados para el tramo de la cuenca media del Río Paraguay, en territorio Paraguayo. Se utilizó el Modelo Hidrológico HEC-HMS y se trabajó con un modelo continuo, el SMA, modelo de contabilidad de la humedad del suelo, que simula el comportamiento de los ríos tanto en climas húmedo como en seco; para generar hidrogramas aportantes al río Paraguay, con fines de una ulterior modelación hidrodinámica del río con fines de previsión de niveles y caudales para diferentes pronósticos de tiempo. Se realizó la calibración teniendo mejores resultados en épocas de crecida, la misma se ejecutó para la cuenca del Río Ypané desde el año 1974 hasta 1987 y para la cuenca del Río Jejuí se calibró desde el año 1978 hasta 1991.

PALABRAS CLAVES: Modelo hidrológico HEC-HMS, SMA.

AND JEJUI RIVER BASINS, USING HEC-HMS FOR HYDROLOGICAL FORECASTING PURPOSES IN THE PARAGUAY RIVER

ABSTRACT: This work is part of the CONACYT-UCA Project “DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A PRONOSTICO SYSTEM OF LEVELS AND FLOWS OF THE PARAGUAY RIVER”, executed by the Appropriate Technology Center (CTA) of the Catholic University of Asunción , whose objective is; establish a system for forecasting the levels and flows of the Paraguay River through the implementation of hydrological models in the interior and hydraulic basins of the Paraguay River, calibrated and validated for the section of the middle basin of the Paraguay River, in Paraguayan territory. The Hydrological Model HEC-HMS, was used and a continuous model, SMA (soil moisture accounting model), which simulates the behavior of rivers in both humid climates, was used. as in dry; to generate contributing hydrographs to the Paraguay River, for the purpose of a further hydrodynamic modeling of the river for the purpose of forecasting levels and flows for different weather forecasts. Calibration was performed with better results in times of flood, it was performed for the Ypané River basin from 1974 to 1987 and for the Jejuí River basin it was calibrated from 1978 to 1991.

KEYWORDS: Hydrological model, HEC-HMS, SMA

1 | INTRODUCCIÓN

En el área de los recursos hídricos, se puede notar la falta de información actualizada, sobre los niveles y caudales de los principales afluentes del Río Paraguay, que a su vez podran utilizarse para generar pronósticos de crecidas e inundaciones que eventualmente puedan ocurrir, como también un sistema de alerta temprana en base a los datos obtenidos. En este caso se seleccionaron dos de los principales cauces afluentes al Río Paraguay en su margen izquierda: los ríos Ypané y Jejuí localizados al norte de la región oriental y en la zona media de la cuenca del Río Paraguay.

De acuerdo a varios estudios realizados en el Río Paraguay, las lluvias que ocurren en su cuenca media generan caudales por encima de los niveles normales en la zona al sur de Asunción y por tanto es necesario caracterizar la respuesta de las sub cuencas que drenan al mismo en su tramo medio, los cuales contribuyen al régimen generado por las lluvias estacionales del Pantanal.

1.1 Objetivo

Implementación del modelo hidrológico en las cuencas, para la obtención de hidrogramas a ser utilizados en un modelo hidrodinámico del Río Paraguay, de forma semioperativa para la realización de pronósticos hidrológicos.

2 | ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Cuenca del Río Ypané

Se extiende de este a oeste en la Región Oriental, lindando al este con la República Federativa del Brasil (la cordillera de Amambay como límite natural), al oeste con el Río Paraguay, al norte con la cuenca del Río Aquidabán y al sur con la cuenca del Río Jejuí Guazú. La superficie de su cuenca es de 10.266 Km². aproximadamente, desemboca en la margen izquierda del río Paraguay a la altura del km. 692 contando desde la confluencia de los ríos Paraguay - Paraná.

Para este estudio se considera una superficie de 9.950 Km² aproximadamente.



Figura: 1. Cuenca del Río Ypané.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Cuenca del Río Jejuí

Se extiende de este a oeste de la Región Oriental, lindando al este con la República Federativa del Brasil, al oeste con el Río Paraguay, al norte con la cuenca del Río Ypané y al sur con la cuenca del Río Manduvirá. El Río Jejuí Guazú desemboca en el río Paraguay hacia su margen izquierda en el km. 571 contando a partir de la confluencia de los ríos Paraguay-Paraná. La superficie de la cuenca del Río Jejuí Guazú es de aproximadamente 22.719 km².

Para este estudio se consideró una superficie de 20.098,513 Km²

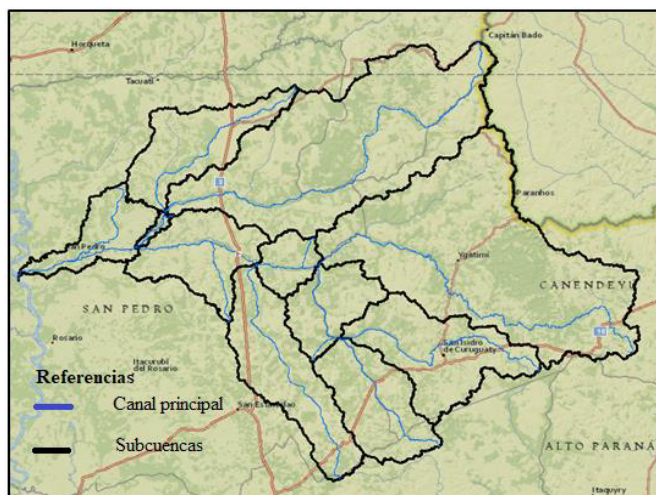


Figura: 2. Cuenca del Río Jejuí.

Fuente: Elaboración propia.

3 | MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Datos de series de tiempo.

3.1.1 Datos diarios de precipitación

Se dispone de datos de cinco estaciones meteorológicas e hidrométricas distribuidas en las dos cuencas de estudio. Los datos utilizados para la preparación de las series de lluvias diarias provienen de la Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC.

CODIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
86134	Concepción	Concepción	23°26' 29,51	57°25' 48,67
86185	San Pedro	San Pedro	24° 5' 6,85	57°5' 15,17
86097	PJC	Amambay	22°38' 25,00	55°49' 57,81
86192	San Estanislao	San Pedro	24°40' 1,00	56°26' 53,29
86210	Salto del Guaira	Canindeyú	24°1' 57,27	54°21' 13,81

Tabla: 1. Estaciones Meteorológicas utilizadas.

Fuente: Dirección de Meteorología e Hidrología.

3.1.2 Datos históricos de niveles.

Se obtuvieron los datos hidrométricos históricos de niveles en los ríos Ypané y Jejuí respectivamente, de las estaciones: de Belén y del Cruce ruta 3 del Anuario Hidrográfico, que fueron utilizados para la estimación de sus respectivas curvas de descarga altura-caudal (H-Q). El anuario hidrográfico dispone un registro de lecturas, desde el 01/01/1974 hasta el 31/12/1991, que corresponden a la ANNP (Administración Nacional de Aduanas

y Puertos).

Para la cuenca del Río Ypané que corresponde a la Estación Belén; fueron seleccionados los años con menos errores de lectura o transcripción y se tomó desde el 01/01/1974 hasta el 31/05/1987.

Para la cuenca del Río Jejuí se utilizaron los datos correspondientes a la Estación Cruce Ruta 3, solo se utilizaron los años que disponían de registros completos, y se seleccionó desde el 19/08/1982 al 31/12/1991.

3.3 Datos de estudio de suelo.

Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra (PRUT): Es un estudio de reconocimiento de suelos y determinación de su capacidad de uso en la Región Oriental del Paraguay, a efectos de sentar las bases para la planificación racional del uso y manejo sustentable de este recurso y la promoción de su ordenamiento territorial. (PRUT, 1995).

3.4 Descripción de los métodos utilizados para los componentes del ciclo hidrológico en el HEC-HMS.

El método utilizado modelo continuo es el SMA. Tiene en cuenta cinco niveles distintos en los que la precipitación puede ser retenida o almacenada: vegetación, retenciones superficiales, suelo, acuífero 1 (superficial) y acuífero 2 (más profundo).

Para lo que se generó el modelo conceptual determinando las características fisiográficas esenciales de los sistemas, área de las subcuencas y longitud de los tramos de los cauces de ríos.

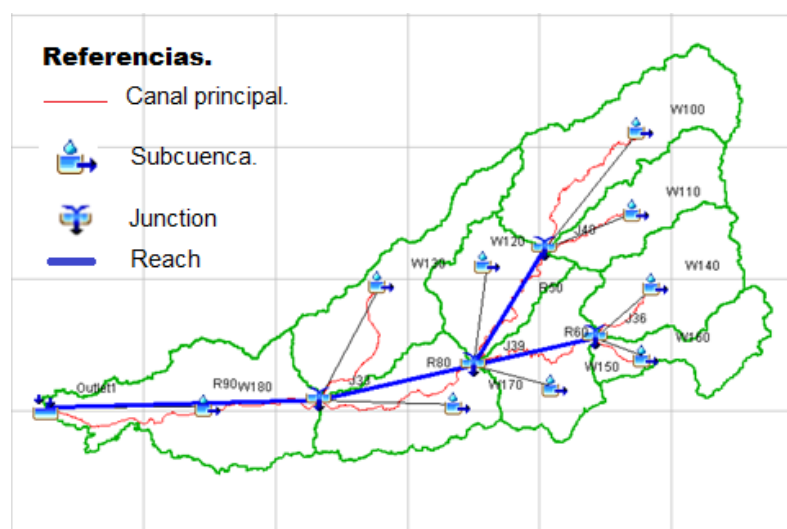


Figura: 3. Modelo conceptual de la Cuenca del río Ypané

Fuente: Elaboración propia.

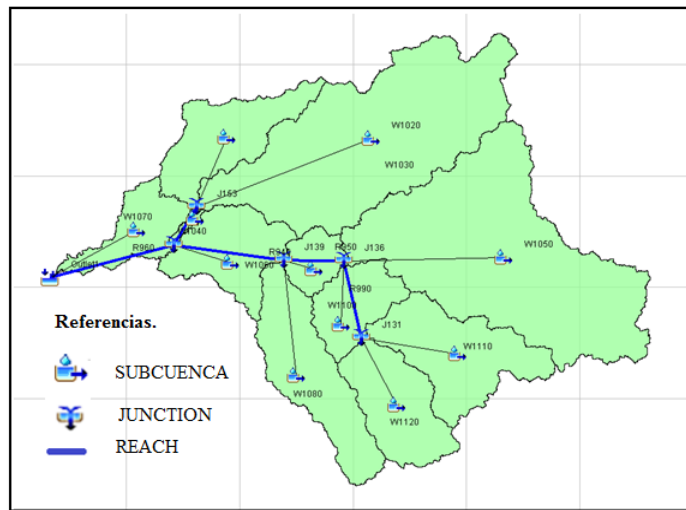


Figura: 4. Modelo conceptual de la Cuenca del río Jejuí en HEC-HMS.

Fuente: Elaboración propia.

a) Interceptación en la cubierta vegetal (Interception Canopy): Representa la parte de la precipitación que no alcanza el suelo porque es retenida en las plantas. Mediante inspección visual de las imágenes satelitales disponibles a través de Google Earth, se obtuvo el porcentaje de superficie ocupada por la vegetación (Zonas boscosas) y el uso del suelo (Zonas agrícolas) en el conjunto de cada subcuenca; posteriormente se utilizaron los valores propuestos por Vélez et al.,(2009), para obtener un valor ponderado en cada subcuenca. Para este trabajo se optó solo por tener en cuenta; la retención en zonas agrícolas (3 mm) y zonas boscosas (9 mm).

b) Almacenamiento en depresiones superficiales (Surface depression storage): Es el volumen de agua retenido en las irregularidades de la superficie del terreno. Se utilizó el criterio de Gaete y Vergara, especificado en el “Manual de diseño de Sistemas de Riego Tecnificado” (2001), porque permite estimar la Capacidad de Infiltración en función a la textura del suelo, y posteriormente aplicar un factor de corrección en función a la pendiente de la superficie. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la tasa máxima de infiltración también depende de otros factores que son ignorados, como el uso de suelo, que en este caso es predominantemente agrícola.

Dentro de la clasificación “agrícola”, la capacidad de infiltración también puede variar en función al tipo de cultivo y a la cantidad de materia orgánica presente en los campos.

c) Almacenamiento en el suelo (Soil profile storage): La entrada es la infiltración desde la superficie. Las salidas son la ET y la percolación hacia el acuífero subyacente. Los parámetros solicitados por el método SMA (Soil Moisture Accounting) fueron posibles estimar; con los datos de espesor y textura de suelo; materia orgánica (datos del PRUT y SoilGrids), y la utilización del software Soil Water Characteristics (SWC).

Con el SWC se estima la conductividad hidráulica del suelo, la capacidad de campo y la saturación del suelo, mediante el porcentaje de arcilla, arena y la materia orgánica de

cada tipo de suelo. En ausencia de mejor información, la “Máxima Tasa de Percolación del Suelo (mm/hr)” solicitada por el SMA, es asumida como igual a la Conductividad Hidráulica vertical de la superficie del suelo. Por otra parte, los parámetros “almacenamiento del suelo (mm)” y “zona de tensión (mm)” son asumidos como la saturación y la capacidad de campo (proporcionados por el SWC), respectivamente.

d) Almacenamiento en los acuíferos (Ground wáter storage): El modelo distingue dos niveles: almacenamiento subterráneo 1 y almacenamiento subterráneo 2.

Las capas subterráneas del subsuelo requieren 6 (seis) parámetros. Los parámetros estimados son la Capacidad de Almacenamiento (mm) y el Coeficiente (hr) de respuesta de los dos acuíferos. Estos valores se estiman a partir del uso del Soil Grids que nos da los porcentajes de arena y arcilla, para espesores de 1 metro (1000 mm.) para el almacenamiento subterráneo 1 (GW1) y 2 metros (2000 mm.) para el almacenamiento subterráneo (GW2), luego con el SWC se estima la conductividad hidráulica, capacidad de campo, punto de marchitamiento y saturación.

3.4.1 Cálculo del Caudal Base

Se utilizó el método Reservoirio Lineal que supone el tránsito a través de una serie de depósitos lineales. El método simula el almacenamiento y el movimiento del flujo subsuperficial a través de reservorios.

- **Contenido inicial de agua subterránea (GW Initial):** Es el caudal inicial, en el momento que el modelo comienza a trabajar.

- **Coeficiente de agua subterránea (GW Coefficient):** Es el coeficiente de almacenamiento de agua subterránea. El acuífero actúa como un lago o embalse, que recibe y suelta agua, también el acuífero atenúa el caudal y lo retrasa, como en cualquier procedimiento de tránsito de caudales.

- **Reservorios de agua subterránea (GW Reservoirs):** Simula cada acuífero como un número de depósitos en cadena que provocan la atenuación del caudal que se comenta más arriba. Se toma dos reservorios. Teniendo en cuenta la ausencia de datos, los coeficientes de los acuíferos solicitados en este método serán asumidos como iguales a los coeficientes determinados para el método de pérdidas.

3.4.2 Modelo de Transformación: Hidrograma Unitario de Clark.

El Hidrograma Unitario de Clark, es estimado con fórmulas que incluyen parámetros físicos de las cuencas de estudio como; el área, longitud del cauce principal, pendiente media, etc.

Para el TC se optó por la Fórmula de Kirpich (1940), que fue recogida en el libro “Hidrología Aplicada”, de V.T. Chow, fue calibrada con base en los datos registrados en 7

cuencas rurales de Tennessee, en E.E.U.U. Las cuencas consideradas presentaban una superficie inferior a 50 hectáreas y cauces bien definidos, con pendientes que oscilaban entre 3 % y 10 %. Para su utilización en cuencas con características diferentes a las utilizadas en el proceso de calibrado, se puede tener en cuenta lo indicado al respecto por D.A. Chin en su libro “Water Resources Engineering”, en el que se incluyen algunos coeficientes correctores, que se encuentran en la siguiente tabla.

Campo de aplicación	Coefficiente corrector
Superficies pavimentadas	0,4
Canales de hormigón	0,2
Cuencas naturales	2,0

Tabla: 2 .Coeficiente corrector de la fórmula de Kirpich.

Teniendo en cuenta la información de la tabla anterior, la expresión final de la fórmula de Kirpich, aplicada a cuencas naturales es;

$$T_c = 0,13252 \times \frac{J^{0,77}}{L^{0,385}} \quad (1)$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas.

L: Longitud del curso de agua principal, expresada en km.

J: Pendiente media del curso de agua principal.

Para el coeficiente de almacenamiento, se ha investigado para obtener una ecuación práctica de R. En estudios realizados en cuencas aforadas por el Cuerpo de Ingenieros HEC (1982) se establece la siguiente ecuación:

$$\frac{R}{R+T_c} = K \quad (2)$$

Siendo:

T_c: Tiempo de concentración, en horas.

R: Coeficiente de almacenamiento, en horas.

K: Parámetro, cuyo valor se sitúa en un rango de variación comprendido entre 0,1 y 0,9, correspondiendo este último valor a zonas con poca pendiente y con uso agrícola.

3.4.3 Cálculo de Tránsito de Hidrograma.

Se optó por el modelo Muskingum – Cunge, que es una técnica de coeficientes no lineales que tiene en cuenta la difusión y amortiguación del hidrograma basado en propiedades físicas del canal y el hidrograma de entrada al tramo.

- Configuración de la Sección Transversal del canal dado por 8 puntos: con esta configuración mostrada en la figura 4, los puntos 3 y 6 representan las orillas izquierda y derecha del canal, respectivamente. Los puntos 4 y 5 se encuentran entre el canal. Los puntos 1 y 2 representan los puntos finales de la planicie de inundación del lado izquierdo,

mientras que los puntos 7 y 8 representan los puntos finales de la planicie de inundación del lado derecho.

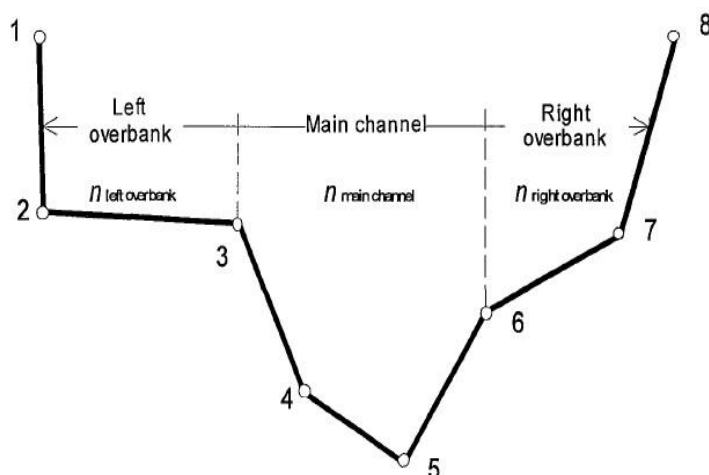


Figura: 5. Sección transversal de 8 puntos.

Fuente: Manual de Referencias Técnicas del HEC-HMS.

3.4.4 Distribución de la Precipitación

Se disponen de varios métodos para realizar el cálculo de la distribución de la precipitación en cuencas, para este trabajo se utilizó el inverso de la distancia; es un método local, que usa la información procedente de los pluviómetros más cercanos, por el cual el valor estimado se calcula a partir de los valores de las estaciones más cercanas, dando distintos peso a cada una de ellas según la distancia a la que se encuentren del punto estimado, de forma que a mayor distancia de una estación al punto de interpolación menor será su peso. Esta metodología es la recomendada por el HEC cuando las simulaciones se realizan para procesos operativos de predicción. Se utilizaron las estaciones de la tabla 1.

En general, la expresión que se utiliza para emplear este método es la siguiente:

$$Z_s = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^\alpha}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^\alpha}} \quad (\alpha > 0) \quad (3)$$

Donde;

d: Distancia del centroide de la cuenca a la estación más cercana.

Z_i: Es el valor de precipitación observado en la estación meteorológica.

3.4.5 Estimación de caudales sintéticos

La realización de mediciones de velocidad para determinar los caudales de descarga no siempre se puede realizar, por lo mismo se opta por utilizar el Método Área Pendiente,

que para el caso en el que ocurren grandes eventos de crecidas, puede estimar el flujo a través de métodos indirectos, tomando mediciones; de los niveles después de los eventos, áreas de las secciones transversales, la pendiente de los canales. Luego introducir estos parámetros en la ecuación de Manning para estimar el flujo.

La ecuación de Manning es;

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (4)$$

Donde;

Q: Caudal en m³/s.

R: Radio Hidráulico.

S: Pendiente del canal en condiciones de flujo uniforme.

n: Coeficiente de Rugosidad de Manning.

A: Área de la sección transversal en m².

3.4.6 Evapotranspiración.

Se utilizó el método de Thornthwaite, los datos necesarios son; temperatura (provenientes de la DMH) y la latitud de la tabla se obtiene el n° teórico de horas de sol.

4 | RESULTADOS

Después de realizar los ajustes manuales y automáticos a los parámetros del modelo, teniendo en cuenta los análisis hechos, a continuación se presentan los resultados de las simulaciones y calibraciones. Los años utilizados para la calibración en la cuenca del Río Ypané fueron desde el año 1976 a 1984 y para la cuenca del Río Jejuí desde el año 1982 a 1989, los datos utilizados para generar la curva H-Q fueron del Anuario Histórico de la ANNP, por la falta de datos actualizados.

Para la cuenca del Río Ypané en la Figura: 6 se observa la simulación de los caudales calibrados con un pico máximo de 300 m³/s; el volumen total escurrido de 2554,04 mm y para el sintético simulado se tiene un pico máximo de 548,5 m³/s, y el volumen total escurrido de 2338,37 mm, se tiene una diferencia porcentual de 9,22 % (se sobre estima el volumen).

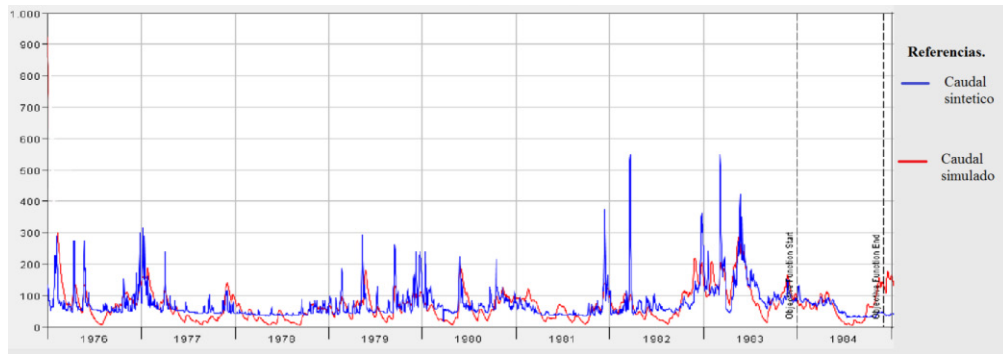


Figura: 6. Simulación de la cuenca del Río Ypané, luego de calibrar.

Fuente: Elaboración propia.

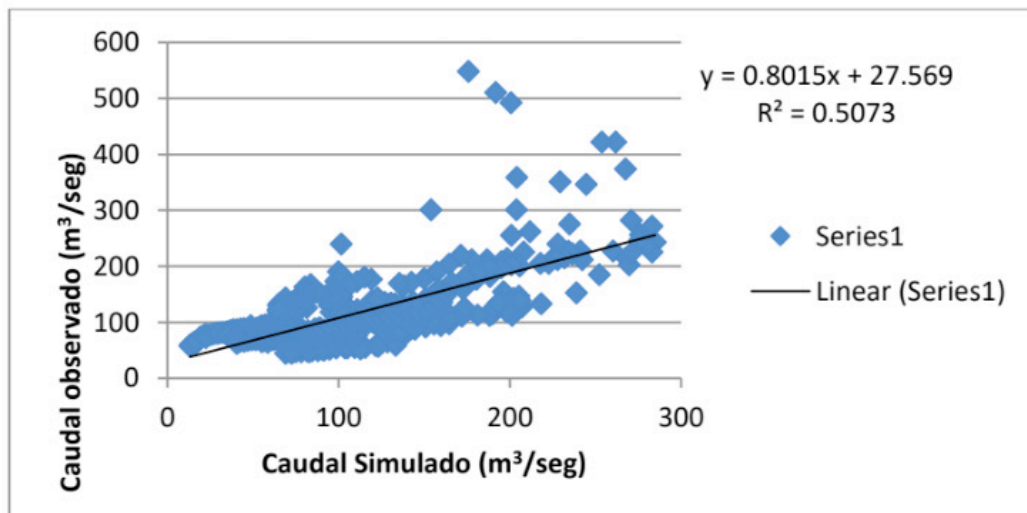


Figura: 7. Coeficiente de determinación para los caudales observados- simulados del Río Ypané.

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 6 que en años de crecida replica mejor el modelo, pero en los picos se tiene sub estimación ya que no acompaña al hidrograma sintético, teniendo en cuenta la Figura: 7, se puede decir que la calibración es positiva alta, según el Coeficiente de Correlación de Pearson; pero, hay que tener en cuenta que se utilizó un método empírico, el método área pendiente que tiene sus limitaciones. Algunas son;

- La sección transversal estimada no es la correcta.
- La cota cero del nivel es estimada.
- Al igualar la ecuación de Manning con la pendiente de la superficie del agua con la pendiente del lecho del río se asume una condición de flujo permanente diario, lo cual no representa apropiadamente los eventos de crecidas.

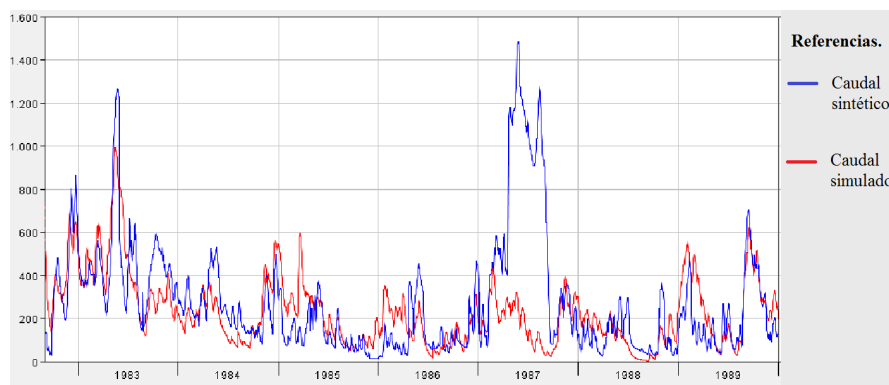


Figura: 8. Simulación río Jejuí luego de calibrar el modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la cuenca del Río Jejuí se observa en la Figura: 8 la simulación de los caudales calibrados con un Pico Máximo de 993,5 m³/s, y un Volumen Total Escurrido de 2689,32 mm. En otras palabras, el modelo sub-estima el Pico Máximo en un -33% y sub-estima el Volumen Total Escurrido en un 16,15%. Observando la figura 9 se puede decir que la calibración tiene una correlación positiva alta, según el coeficiente de correlación.

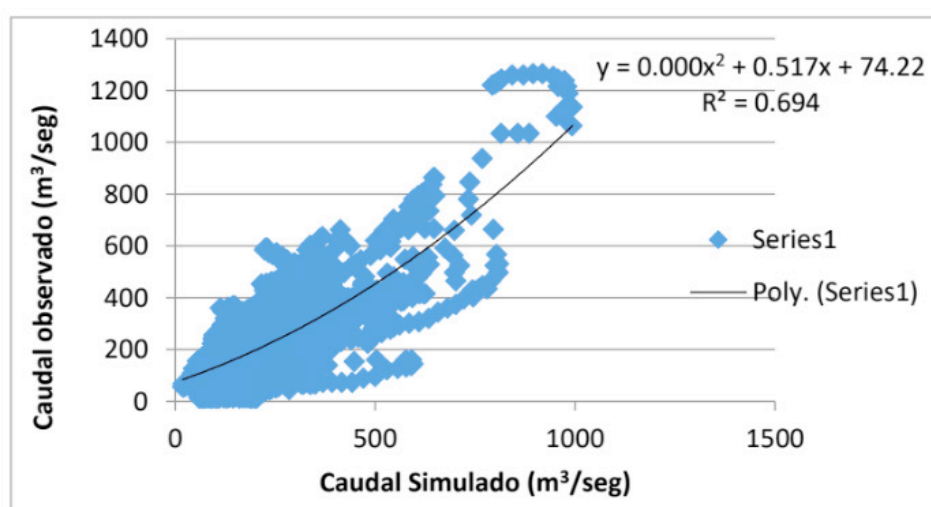


Figura: 9. Coeficiente de determinación para los caudales observados- simulados del Río Jejuí.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Comparación de los resultados obtenidos: Proyecto-Tesis

Como se mencionó, este trabajo forma parte del Proyecto UCA-CONACYT, INV 280 por lo que se realizó una comparación de los hidrogramas de las cuencas del río Ypané y del Río Jejuí.

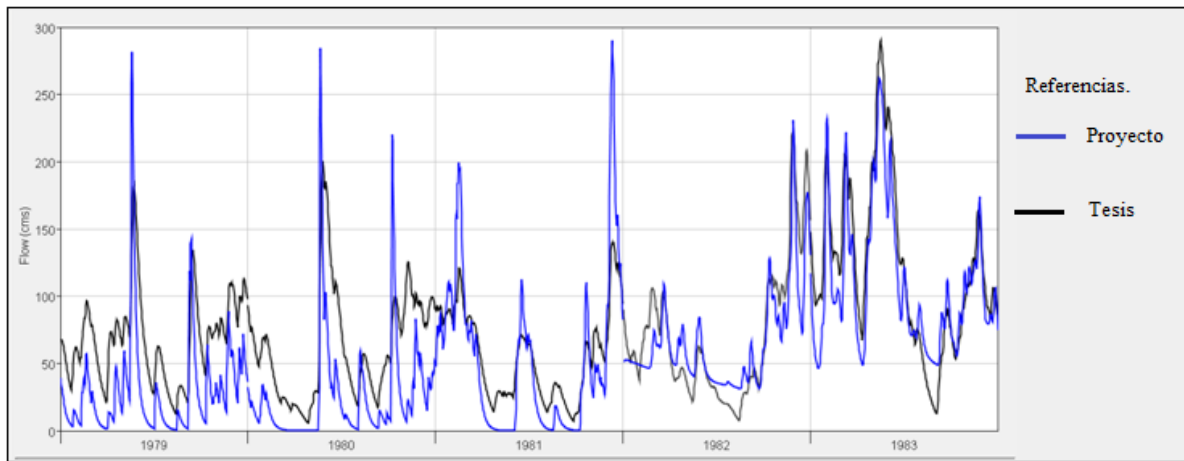


Figura: 10. Comparación de los hidrogramas en DSS obtenidos en la cuenca del Río Ypané.

Fuente: Elaboración propia.

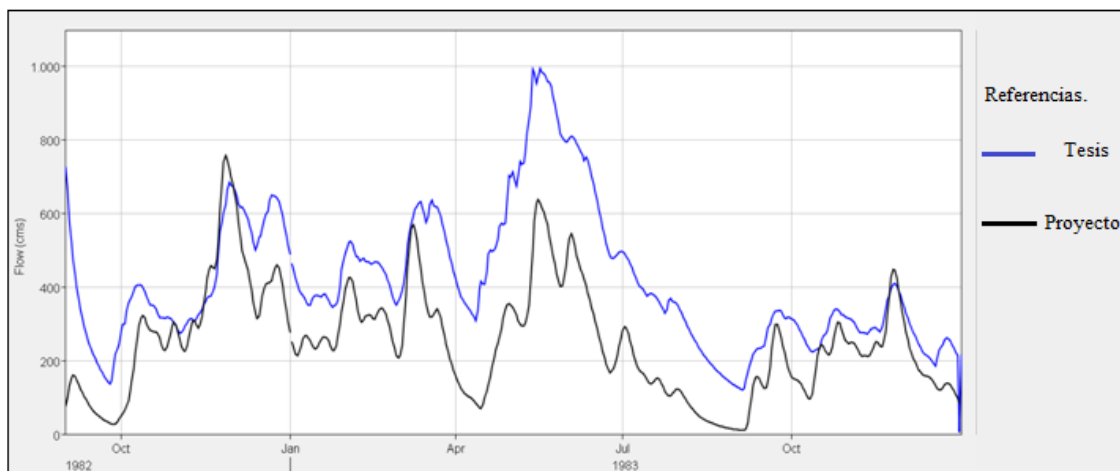


Figura: 11. Comparación de los hidrogramas en DSS obtenidos en la cuenca del Río Jejuí.

Fuente: Elaboración propia.

Observando las Figuras: 10 y 11, ambos hidrogramas tienen la misma forma, el de la tesis esta sobre estimado, comparando con el hidrograma del proyecto, se debe a las estaciones utilizadas, ya que en el proyecto se tuvieron cuatro estaciones y para la tesis cinco estaciones; la distribución de la precipitación fue hietograma especificado y el método de distribución fue por polígonos de Tiessen en el proyecto; en la tesis el método de distribución de la precipitación fue inverso de las distancias. La subdivisión en subcuencas en el proyecto fue de siete subcuencas y en la tesis se subdividió en once subcuencas.

Por lo que se concluye que las diferencias son en función a las estaciones meteorológicas utilizadas, como a los métodos de distribución de la precipitación y a la sub división de las cuencas.

5 | CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación e implementación del modelo hidrológico HEC-HMS se tuvo un resultado aceptable, a pesar de las limitaciones de datos, por lo que se realizó la selección de los datos de niveles históricos, ya que en algunos años en la serie de tiempo se encuentran incompletos y/o los datos presentan valores incoherentes (valores negativos), para obtener una curva Altura- Caudal con el menor error posible.

Como se puede observar el modelo replica en épocas de crecidas; y en estiaje acompaña, la forma del hidrograma simulado, se puede decir que se tuvo un resultado aceptable con una bondad de ajuste para el Río Ypané de $R^2= 6,05$ y para el Río Jejuí $R^2= 0,694$, según el coeficiente. Lo que significaría que el modelo puede ser utilizado para predicciones de eventuales crecidas, mediante la simulación del cambio de estado del régimen hidrológico y que está sujeto a una posterior calibración teniendo en cuenta que los caudales deben ser medidos.

Además, la investigación contribuyó al proyecto UCA-CONACYT “DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE PRONOSTICO DE NIVELES Y CAUDALES DEL RIO PARAGUAY”, con las metodologías empíricas utilizadas que fueron aplicadas al proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado como Tesis Final de Grado para obtener el título de Ingeniera Ambiental, por lo que corresponde agradecer especialmente al Ing. Roger Monte Domecq y al M.S. Ing. Roberto Takahashi, por la disponibilidad de tiempo, predisposición y orientación en todo momento durante la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- APARICIO, F.J. *Fundamentos de Hidrología de Superficie* – 1ra Edición. México, Editorial LIMUSA, 1992. ISBN 968-18-3014-8.
- BANCO MUNDIAL & MAG. (1995). *Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra*. Asunción - Paraguay.
- CHOW, V. T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill Interamericana.
- COLLISCHONN, W., & TASSI, R. (2008). *Introduciendo Hidrología* (5ta. ed.). Porto Alegre - Brasil: Instituto de Pesquisas Hidráulicas IPH-UFRGS.
- FATTORELLI, S., & FERNÁNDEZ, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico*. Edición digital publicada en la biblioteca virtual de la WASA-GN. ISBN: 978-987-05-2738-2.
- FRANCÉS, F., & MÚNERA, J. (2008). “*Modelación hidrológica distribuida de la cuenca de los ríos saja-besaya con el modelo tetis v.7.2, para estimación probabilística de avenidas en los períodos de estiaje*”. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias - Colombia.

ITAIPU-FPTI (2011). “**Proyecto: Inventario de los Recursos Hidroenergéticos de las cuencas Hidrográficas de los ríos afluentes del Paraná y Paraguay en la Región Oriental del Paraguay (RHPY)**”. Atlas Potencial Hidroenergético del Paraguay, Vol. 1 y Vol. 2

KIRPICH, JUN (1940). **Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds.**

PONCE, V.M. (1989). **Engineering Hydrology.** Prentice Hall.

SAXTON, K.E, RAWES W.J. (2006). “**Soil Water Characteristics Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions**”.

VISSMAN, W. J. & LEWIS, G. L. (2003) 5ta. Edición, *Introduction to Hydrology.*

USACE - U.S. Army Corps of Engineers. (2016). **Hydrologic Modeling System HEC-HMS User’s Manual.** Version 4.2.

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 