



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

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. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
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 – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
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
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
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
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
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 Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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 do Paraná
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. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
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. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
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. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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 Alborno – 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. Lillian 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. Dr. 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

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

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

Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E93 Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-477-1

DOI 10.22533/at.ed.771202610

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “*Evolução do Conhecimento Científico na Engenharia Ambiental e Sanitária*” tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

É de suma importância perceber que o constante crescimento populacional vem pressionando os recursos hídricos pela elevada demanda por água e poluição de corpos hídricos. Consequentemente, observa-se uma piora na qualidade da água e uma pressão nos sistemas de produção e distribuição de água potável.

Com isso em mente, os primeiros capítulos deste livro apresentam diferentes estudos que apresentam soluções capazes de otimizar os sistemas urbanos de abastecimento de água potável. Em seguida, os capítulos subsequentes abordam temas relacionados a modelagem e análise da qualidade de água de diferentes sistemas hídricos, indicando a necessidade de se investir em ações, projetos e políticas públicas voltadas a preservação ambiental e de recursos hídricos.

Políticas públicas e programas governamentais são instrumentos essenciais para preservação do meio ambiente, conservação de água e garantir saúde e bem-estar à sociedade. Como exemplo, os Planos de Preservação e Recuperação de Nascentes das Bacias Hidrográficas da Codevasf, apresentado no Capítulo 9.

Com o novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020), não há como não demonstrar preocupação com o novo modelo de operação do setor de saneamento básico através de empresas públicas de capital aberto e de prestação direta por empresas privadas (Capítulo 10).

Com isso, torna-se crucial neste momento, o estabelecimento de parâmetros e indicadores para fiscalização do cumprimento das metas da universalização do saneamento básico. O Capítulo 11 apresenta proposições de mudança do SNIS para aumentar a qualidade e a confiabilidade dos dados registrados no novo sistema, o SINISA, uma ferramenta que poderá auxiliar nesta nova gestão do saneamento básico no Brasil.

Realmente, ainda há muito trabalho pela frente no que se diz respeito a universalização do saneamento básico no Brasil (Capítulo 12). Mesmo assim, podemos observar nos últimos capítulos que diferentes soluções para o tratamento de esgoto e de manejo de resíduos sólidos e do solo vêm sendo estudadas com o intuito de preservar o meio ambiente.

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país e da Espanha, trazendo, de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à qualidade de água e preservação de recursos hídricos, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos e do solo. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS EN BANCO DE ENSAYOS. APLICACIÓN EN SIMULACIÓN DE LLENADO-VACIADO DE CONDUCCIONES

Paloma Arrué Burillo

Antonio Manuel Romero Sedó

Jorge García-Serra García

Vicent B. Espert Alemany

Román Ponz Carcelén

DOI 10.22533/at.ed.7712026101

CAPÍTULO 2..... 15

DESARROLLO DE UN SOPORTE DIGITAL COMO BASE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

José Pérez-Padillo

Pilar Montesinos Barrios

Emilio Camacho Poyato

Juan Antonio Rodríguez Díaz

Jorge Pérez Lucena

Jorge García Morillo

DOI 10.22533/at.ed.7712026102

CAPÍTULO 3..... 28

COMPARAÇÃO ENTRE MIGHA E AG PARA A CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO

Alessandro de Araújo Bezerra

Renata Shirley de Andrade Araújo

Marco Aurélio Holanda de Castro

DOI 10.22533/at.ed.7712026103

CAPÍTULO 4..... 37

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO PARA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAVEIRAS

Lucas de Bona Sartor

Taciana Furtado Ribeiro

Camila Caroline Branco

Mariáh de Souza

Lais Sartori

Bruna da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7712026104

CAPÍTULO 5..... 48

MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA (MQUAL) APLICADA NO ESTUDO DE SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jesuéte Bezerra Pachêco

José Carlos Martins Brandão

Carlos Henke de Oliveira

Carlos Hiroo Saito

DOI 10.22533/at.ed.7712026105

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE LITOLÓGICA E HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA ITAQUI – BACANGA, SÃO LUÍS, MARANHÃO: EVIDÊNCIA DA INTRUSÃO MARINHA

Flávia Rebelo Mochel

Luís Alfredo Lopes Soares *in memoriam*

Paulo Roberto Saraiva Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.7712026106

CAPÍTULO 7..... 86

ANÁLISE FITOPLANCTÔNICA DA BARRAGEM DO RIO MARANGUAPINHO E ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ

Paloma Paiva Santiago

Laiane Maria Costa Lima

Leticia Soares Sousa

Marina Andrade Costa

Leticia Penha de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.7712026107

CAPÍTULO 8..... 94

ANÁLISE DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA MIRIM E DO CANAL SÃO GONÇALO

Vitoria Rovel da Silveira

Gabriel Borges dos Santos

Marlon Heitor Kunst Valentini

Henrique Sanchez Franz

Victória Huch Duarte

Larissa Aldrighi da Silva

Denise dos Santos Vieira

Beatriz Muller Vieira

Diuliana Leandro

Willian Cezar Nadaleti

Bruno Müller Vieira

DOI 10.22533/at.ed.7712026108

CAPÍTULO 9..... 106

PLANOS NASCENTES: PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE NASCENTES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, PARNAÍBA, ITAPECURU E MEARIM

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

Camilo Cavalcante de Souza

Renan Loureiro Xavier Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.7712026109

CAPÍTULO 10..... 120

POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO NO CONTEXTO DO MARCO REGULATÓRIO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO, BRASIL

Marcos Antônio Silva do Nascimento

Antonio José de Araújo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.77120261010

CAPÍTULO 11..... 135

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: DO SNIS AO SINISA

Marise Teles Condurú

José Almir Rodrigues Pereira

João Diego Alvarez Nylander

Rafaela Carvalho da Natividade

DOI 10.22533/at.ed.77120261011

CAPÍTULO 12..... 146

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CARÊNCIA HABITACIONAL NA ZONA NORTE DE NATAL, METRÓPOLE BRASILEIRA

Ruan Henrique Barros Figueredo

Vinícius Navarro Varela Tinoco

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes

Brenno Dayano Azevedo da Silveira

Almir Mariano de Sousa Junior

DOI 10.22533/at.ed.77120261012

CAPÍTULO 13..... 155

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EFLUENTES TRATADOS ATRAVÉS DE MODELO DE FOSSA SÉPTICA COM FILTRO BIOLÓGICO

José Vicente Duque dos Santos

Edson Barboza Pires

Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.77120261013

CAPÍTULO 14..... 167

IMPACTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA GESTÃO E NA CONCEPÇÃO, PROJETOS, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Maria Eugenia Gimenez Boscov

DOI 10.22533/at.ed.77120261014

CAPÍTULO 15..... 178

MONITORAMENTO E PREVISÃO DE RECALQUES A LONGO PRAZO USANDO MODELOS DE COMPRESSIBILIDADE: ESTUDO DE CASO

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Gabrielle Sthefanine Silva Azevedo

Leandro Rangel Corrêa

Elisabeth Ritter

DOI 10.22533/at.ed.77120261015

CAPÍTULO 16..... 189

UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO COMBINADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA O

TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Jandira Leichtweis

Siara Silvestri

Nicolý Welter

Mariana Islongo Canabarro

Keila Fernanda Hedlund Ferrari

Elvis Carissimi

DOI 10.22533/at.ed.77120261016

CAPÍTULO 17..... 199

COEFICIENTE DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* E *EUCALYPTUS CITRIODORA*

Winkler José Pinto

André Batista de Negreiros

DOI 10.22533/at.ed.77120261017

SOBRE O ORGANIZADOR..... 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA (MQUAL) APLICADA NO ESTUDO DE SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Data de aceite: 01/10/2020

Jesuéte Bezerra Pachêco

Universidade Federal do Amazonas (UFAM).
Departamento de Geografia/ Instituto de
Filosofia Ciências Humanas e Sociais
Manaus – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0002-9570-0514>

José Carlos Martins Brandão

Universidade Federal do Amazonas. Instituto
de Ciências Sociais Educação e Zootecnia
(ICSEZ)
Parintins - Amazonas
<http://orcid.org/0000-0002-3719-5417>

Carlos Henke de Oliveira

Universidade de Brasília (UNB). Departamento
de Ecologia/Instituto de Ciências Biológicas
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/3252754766653698>

Carlos Hiroo Saito

Universidade de Brasília (UnB). Departamento
de Ecologia/Instituto de Ciências Biológicas e
no Centro de Desenvolvimento Sustentável
Brasília – Distrito Federal
<https://orcid.org/0000-0002-5757-9629>

RESUMO: Este trabalho versa sobre a modelagem matemática, com base no uso do Módulo 1 – Geração de Cargas de sólidos suspensos (CDs) do MQUAL (Modelo de Correlação Uso do Solo e Qualidade da água) e a correlação com dados da verdade terrestre. O estudo avaliou os dados medidos de CDsts

(período de cheia fluvial-período úmido e, do período de vazante fluvial- período seco), os coeficientes de cargas exportadas (MQUAL) e as classes do uso e ocupação da terra, nas microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá, situadas em Parintins-Amazonas-Brasil. Os resultados obtidos dessa correlação não forneceram valores que se equiparassem totalmente aos do MQUAL, mas indicaram tendências similares. Assim, mostrou-se a eficácia de modelos matemáticos acoplados ao uso do geoprocessamento, considerando a redução de custos e tempo, muito embora necessite da verdade terrestre a fim de se ter análises mais segura para auxiliarem no planejamento e gestão dos ambientes naturais.

PALAVRAS-CHAVE: MQUAL, sedimentos, mbh, água, sistema, hídrico, Amazonia.

WATER QUALITY MODELING (MQUAL) APPLIED TO THE WEST AMAZONIA WATER SYSTEMS STUDY

ABSTRACT: This work deals with the mathematical modeling based on the use of Module 1 - production of suspended solid loads (CDs) of MQUAL (Correlation Model of Land Use and Water Quality) and the correlation with true field data. The study evaluated the measured data of CDsts (period fluvial flooding -wet period and the fluvial ebb period S-fluvial dry season), the exported sediment load rates (MQUAL) and land use and occupation classes in the Ze Acu and Tracajá, watersheds located in Parintins, Amazonas, Brazil. The results of this correlation did not provide total correspondence

to those values from the MQUAL, but they indicate similar tendencies. Thus, it was showed the effectiveness of the use of mathematical models joint to geoprocessing, considering the reduction of costs and working time, although needing the field true in order to have safer analyzes to support environmental planning and management.

KEYWORDS: MQUAL, Mbh, water, sediments, systems, hydric Amazonia.

A bacia hidrográfica (BH) é uma unidade geomorfológica, onde são modelados os elementos que a constituem nas suas múltiplas escalas espaciais e temporais. A partir do principal canal fluvial de uma BH se tem os tributários/afluentes principais formadores das sub-bacias hidrográficas (Sbh). Os sub-afluentes constituem as redes menores que são as microbacias hidrográficas (Mbh).

Os sistemas hídricos são dotados de serviços ecossistêmicos (habitat para flora e fauna, potabilidade da água, navegabilidade, equilíbrio hidrológico etc.). Por outro lado, também são locais de conseqüentes incertezas e heterogeneidades devido aos impactos frequentes, na maioria das vezes, provocados pelo uso e ocupação da terra.

A esse respeito Tucci *et al.*(2000), Mello *et al.*(2003), e, Tucci e Cordeiro (2004) mostram como principais indicadores do desequilíbrio, em parte do ciclo da água (escoamento superficial): os desmatamentos, as queimadas, o preparo inadequado dos solos e a conseqüente compactação nas bordas, nos leitos e nas nascentes. A qualidade dos sistemas hídricos com o seu produto vital, a água, ainda é comprometida pelas fontes pontuais e as fontes difusas de poluição.

Quando se trata de estudos nas BH brasileiras sobre a qualidade da água e respectivos monitoramentos são parcos, tendo em vista as dificuldades de acessos em sistemas hidrográficos complexos, recursos financeiros, tempo de coletas de dados e outros. Nas últimas décadas estudos significativos dão atenção a esse contexto, e, como uma das alternativas o desenvolvimento de modelagens matemáticas, a partir da finalidade pretendida, tempo e dados disponíveis.

Para Christofolletti (1999), os modelos matemáticos servem para avaliar as mudanças na qualidade dos sistemas fluviais, tendo em vista servirem para ampliar a capacidade preditiva de pesquisadores e, oferecerem respostas para uma demanda permanente, a exemplo da distribuição de água com potabilidade.

Em decorrência da atenção quanto a aplicação de modelagens, Tucci (1998) em sua obra, recomenda a cerca das formas de selecionar um modelo: a) características do sistema a ser simulado; b) disponibilidade de dados; c) acessibilidade de metodologia para representar os processos identificados; e, d) do nível de precisão desejado em função dos objetivos propostos.

Araújo (2005) e Haefner (2005) aludem que, os modelos matemáticos poderão ser utilizados para: obter conhecimento; sintetizar; realizar predições e controle, assim como as análises e instrumentações.

Sargent (2007) faz as seguintes considerações: i) o modelo escolhido deve ser aplicado para um propósito específico, pois, cada um pode ser válido para um conjunto de condições experimentais e inválidas em outras; ii) um modelo será válido desde que esteja dentro de seu intervalo aceitável, ou seja, se o objetivo dele for para responder uma variedade de questões; e, iii) a validade precisa ser determinada em relação a cada pergunta, aos numerosos conjuntos de condições experimentais e, especificamente, no domínio de aplicabilidade do modelo pretendido.

Santos (2009), por sua vez, chama a atenção para os métodos matemáticos de cada modelo, pois, quando são aplicados em lugares distintos, surgem outros parâmetros diferentes dos já simulados, os quais devem ser inseridos por representarem as características dos processos físicos reais.

Desse modo, no estudo de impactos na qualidade da água, ocasionados por fontes difusas e/ou fontes pontuais, há dentre as alternativas, a aplicação de um ou mais modelos matemático (se optar por comparação de fidedignidade), associando a tecnologia do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Este sistema é constituído de um ambiente computacional (hardware, software, banco de dados espaciais), integrador dos elementos deste e de pessoas, objetivando armazenar, visualizar, manipular, analisar, recuperar as informações (FITZ, 2008). Com essa capacidade, o SIG para modelagens tem apresentado na atualidade uma função relevante para o planejamento e gestão, devido a natureza de se trabalhar com muitos dados ao mesmo tempo (estruturação, processo e na dinâmica), em menor tempo e custos baixos.

Em locais que apresentam a demanda de água potável superior a oferta, como os grandes centros urbanos do sudeste do Brasil, tem havido investimentos em modelos matemáticos, a fim de avaliar a qualidade de água em bacias hidrográficas e reservatórios. Um dos institucionais é o *Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo versus Qualidade de Água* (MQUAL). O MQUAL foi desenvolvido pelo Programa de Saneamento Ambiental da bacia hidrográfica do Guarapiranga (Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente/SMA). A primeira versão é o MQUAL 1.0, criada em 1997, a meta inicial foi o atendimento do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA/Programa Guarapiranga/ SMA).

O MQUAL 1.0 (SMA, 2010) - Avaliação da Poluição por Fontes Difusas Afluentes ao Reservatório Guarapiranga/*Programa Guarapiranga* (SMA), teve como objetivo o aprofundamento sobre a geração de cargas difusas na BH *Guarapiranga*, considerando as taxas de cargas produzidas nos períodos sazonais secos e nos úmidos. O resultado de sua modelagem serviu para explicar as relações entre os parâmetros de qualidade das águas, o uso e ocupação e o manejo do solo nos limites dos sistemas hídricos que tinham oferta de água para o abastecimento público. As primeiras respostas foram analisadas e, ao considerarem as demandas da política ambiental de São Paulo, avançou-se no sentido de aprimorar o modelo com mais outras versões, tomando como base a versão de

1997 (SMA, 2003): a) MQUAL 1.5 - nessa versão foram incorporadas as atualizações dos softwares anteriores (um de teste e outro ajustado) considerando as variáveis e parâmetros desmembrados; b) MQUAL 2.0aj - aplicado em sistemas hídricos de várzea; e, c) MQUAL 2.0 - incorporou as cargas do Braço Itaquaquecetuba e interfaces com o software ArcGIS.

A estrutura do MQUAL foi organizada para simular os fenômenos de geração de cargas poluidoras das seguintes fontes: na superfície do terreno/solo; nas redes fluviais; e, em reservatórios. Possui três módulos:

a) *Módulo 1 – Geração de Cargas* – gera estimativas de: cargas de nutrientes (nitrogênio e fósforo); cargas orgânicas (DBOc e DBOn); cargas de bactérias (coliformes totais); e, cargas de sólidos suspensos.

A origem possui duas fontes: *fontes pontuais* (geração de cargas domésticas e industriais) e *fontes difusas* (geradas pelo uso e cobertura da terra). A modelagem é calculada com os coeficientes de exportação de cargas associados a diferentes categorias/parâmetros ambientais/classes de uso e ocupação do solo dentro dos limites de um sistema hídrico (**Tabela 1**).

Assim, os coeficientes de exportação de cargas relativos aos sedimentos transportados em suspensão são calculados com base nas versões do MQUAL 1.0, 1.5, 2.0.

Parâmetros Ambientais/Classes de Uso e ocupação da terra das versões do MQUAL (1.0,1.5,2.0)	COEFICIENTES DE EXPORTAÇÃO DO MQUAL (kg/dia/km ²)	
	Período Úmido	Período Seco
Atividade Agrícola	230,000	10,455
Pastagem	40,000	8,000
Capoeira/Campo	30,000	3,750
Hidrografia	0,000	0,000
Floresta	20,000	2,500

Tabela 01: Parâmetros ambientais e os coeficientes de exportação: cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão - MQUAL (1.0,1.5,2.0)

Fonte: Pacheco, J.B (2013). Org. a partir do SMA/2011

b) *Módulo 2 – Simulação dos Principais Tributários*, no âmbito da qualidade da água no perfil longitudinal. Neste, a simulação é gerada com o modelo SIMOX-III, desenvolvido a partir de outro fornecido pelo *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente* (CEPIS), vinculada à *Organização Panamericana da Saúde* (OPAS);

c) *Módulo 3 – Simulação do Reservatório*, estima a potabilidade da água no reservatório com o emprego do Modelo HAR03.

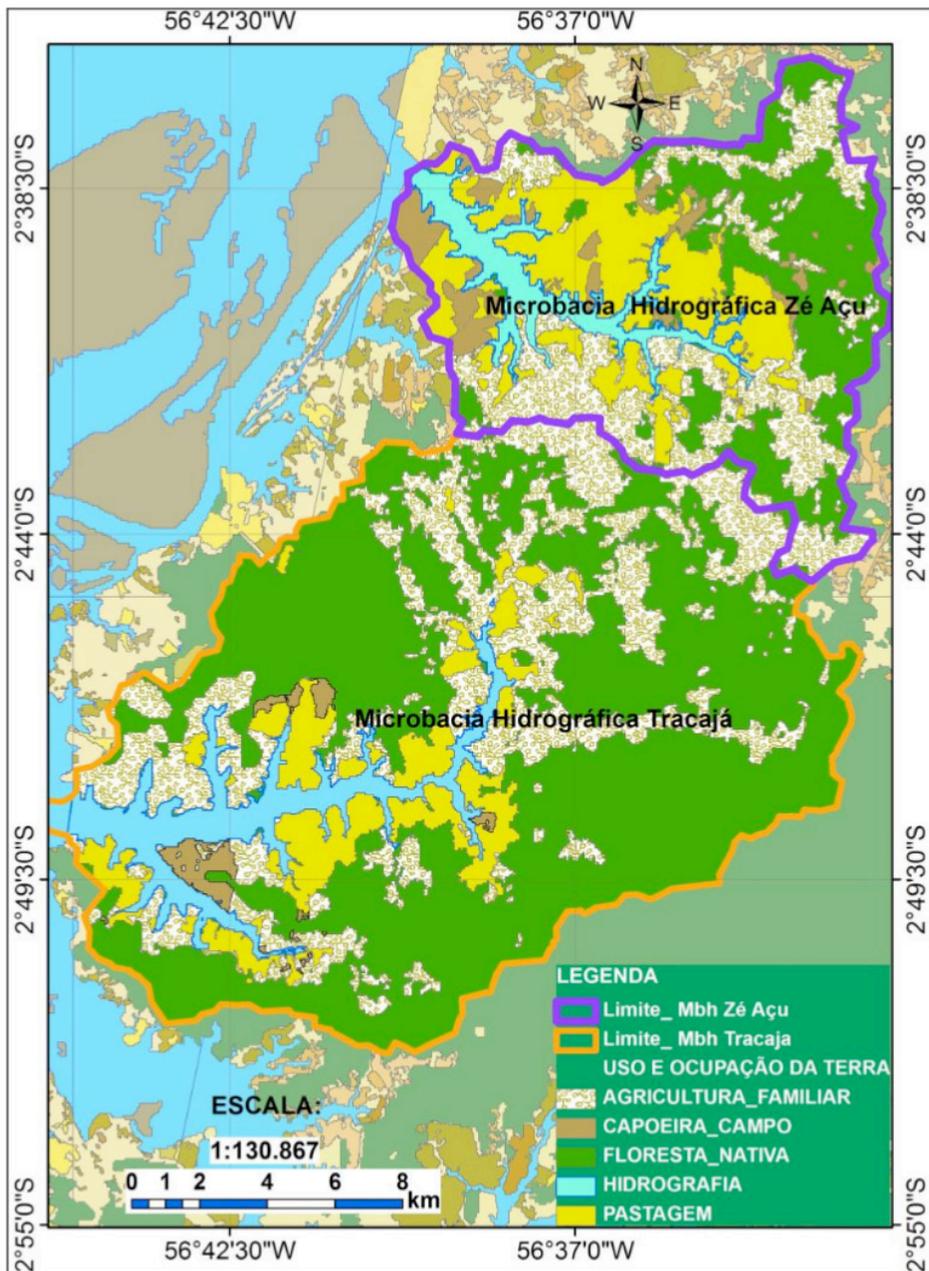
Para a SMA (2010), a estrutura do MQUAL permite aperfeiçoamentos progressivos, a partir das novas informações e dos conhecimentos inseridos, cada vez que tem aplicações em ambientes hídricos distintos. Por esses fatores, esse modelo matemático tem se tornado importante e fundamental para o interesse das políticas públicas.

Pelas premissas expostas, o estudo na Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá, optou-se pelo Módulo 1 do MQUAL (*Módulo Geração de Cargas do Modelo de Correlação Uso do Solo versus Qualidade da Água I*), respectiva a carga de sedimentos em suspensão. A geração dos dados teve a finalidade de correlacionar a exportação de carga de sedimentos em suspensão estimada e a medida nas referidas unidades fluviais (**Mapa 01**).

ÁREA DE ESTUDO

As microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá estão na região leste/sudeste do estado Amazonas, na divisa com o estado do Pará, entre os limites da chamada Amazônia Ocidental e Amazônia Oriental.

Ambas Mbh (Zé Açú e Tracajá) fazem parte das complexas redes fluviais que entrecortam o Projeto de Assentamento Vila Amazônia (Parintins, Amazonas, Brasil), posicionadas entre as coordenadas geográficas - 56°44'00" - 56°33'00" (W) e 2°35'00" (S)- 2°55'00" (**Mapa 01**).



Mapa 01: Área de Estudo: Microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá

FONTE: Tese de Doutorado: Pachêco, J. B./2013

ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

O modelo matemático MQUAL foi aplicado no estudo das Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá, a partir do Módulo 1 de Geração de Cargas do MQUAL, cuja equação tem a seguinte composição:

$$C_i = \sum (A_i \times c_i) \quad (3)$$

Onde:

C_i - carga média de cada parâmetro de qualidade de água para cada bacia hidrográfica de contribuição (kg/dia);

A_i - área ocupada pelas diferentes categorias de uso e ocupação da terra nas bacias hidrográficas de contribuição (km²);

c_i - coeficientes de exportação de cargas difusas (sedimentos em suspensão) de cada parâmetro ambiental para as diferentes categorias de uso e ocupação da terra (kg/km²/dia).

1.1 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida em 03 ETAPAS:

ETAPA 01 - *Organização do Sistema de Informação Geográfica (SIG)*

i) Base Computacional - ArcGIS/versão utilizada 9.3 e atualizada na versão 10.3, cuja plataforma é constituída de três aplicativos: *ArcCatalog*; *ArcMap*; *ArcToolbox*;

ii) Mosaico de imagens de satélites/bandas espectrais TM/LANDSAT-5, orbita/ponto 228/062 e 229/062, 08/10/2010 e 2011. Na classificação digital da imagem foram utilizadas as bandas 3 (faixa do visível), 4, 5 (infravermelho próximo), correspondente a composição colorida (BGR/RGB), seguindo o aporte de Nishi *et al.* (2008);

iii) Imagem do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)*, resolução de 90 metros, disponibilizada no sítio da *United States Geological Survey (USGS)*, Folha SA-21-Z-A;

iv) Software ENVI 4.3 – serviu para aplicar a filtragem, a fim de permitir o contraste nas imagens de LANDSAT;

v) O *Projeto TerraClass* (Embrapa/Inpe, 2011) gerou as classes/categorias de uso e ocupação da terra, as quais foram reorganizadas a partir da assinatura e/ou supervisão de campo. Essa base computacional foi acoplada ao modelo matemático MQUAL. O banco de dados foi adquirido gratuitamente do Programa de Monitoramento do Desfloresamento na Amazônia Legal (PRODES), desenvolvido e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/Centro Regional da Amazônia (CRA/INPE/Belém-PA; EMBRAPA Amazônia Oriental – Belém/PA, e, EMBRAPA Informática Agropecuária-Campinas/SP).

Na área do estudo das Mbh Zé Açú e Tracajá, a geração geoprocessada da origem (*Projeto TerraClass 2008*) apresentou doze classes e/ou categorias de uso e ocupação da terra. Estas foram reorganizadas com a técnica de aglutinação, a partir das imagens de

LANDSAT 5, mais a assinatura de campo (obtenção do mapeamento a respeito da situação dos sistemas produtivos, juntamente com as categorias padronizadas e de equivalência).

De posse do diagnóstico realizado no *field true* das Mbh Zé Açú e Tracajá foi geoprocessado a seguinte aglutinação das classes: 1) *agricultura familiar* - adveio das classes de vegetação secundária, regeneração de pasto, agropecuária, área urbana, desflorestamento; 2) *floresta nativa* - trocou apenas de nome - *floresta*; 3) *hidrografia* - permaneceu a mesma classe; 4) *Capoeira campo* - adveio das classes de vegetação secundária mais pasto sujo; 5) *pastagem* - veio das classes de pasto limpo mais vegetação secundária. Essas classes, ao serem organizadas em ambiente SIG, resultou no mapa temático das Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá (**Mapa 01**), demonstrando como são as principais formas de uso e a ocupação da terra.

ETAPA 02 – Modelagem Matemática com o MQUAL

Para a modelagem no MQUAL tomou-se como aportes teóricos os documentos: SMA (2004 e 2011); Steinke (2007); e, Steinke e Saito (2008).

O geoprocessamento do MQUAL foi realizado com o *Módulo 1 - Geração de Cargas*, cujos coeficientes de exportação de cargas (cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão - **CDsts**) oferecem maiores associações com as distintas classes de uso e ocupação (**Tabela 01 e 02**).

ETAPA 03 – Correlação do MQUAL com a verdade de campo/*field true*

Os dados estimados (**CDsts_{se}**) no modelo matemático e os medidos (**CDsts_{sm}**) in *field true* (fluvio-hidrossedimentológicos) foram correlacionados entre os resultados: dos dois períodos amazônicos (cheia fluvial – dezembro até julho; e, vazante fluvial – agosto até novembro) e, dos resultados dos coeficientes de exportação de cargas do período úmido e os do período seco do MQUAL.

A análise de correspondência da razão se deu a partir da seguinte equação:

$$\text{Razão (\%)} = \frac{\text{CDsts}_{se}}{\text{CDsts}_{sm}} \times 100 \quad \text{Onde:}$$

Razão (%) = resulta da comparação entre o peso/dia/área, da carga difusa de sedimentos transportados em suspensão simulada/estimada pelo MQUAL e, os registros fluvio-hidrossedimentológicos do *field true* de cada microbacia hidrográfica (Mbh).

CDsts_{se} = é a Carga Difusa de sedimentos transportados em suspensão estimada pelo MQUAL.

CDsts_{sm} = é a Carga Difusa de sedimentos transportados em suspensão medida e/ou sedimentos medidos nas Mbh Zé Açú e Tracajá.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Mbh Zé Açú e Tracajá entrecortam as terras do Projeto de Assentamento (PA) Vila Amazônia, parte da política de Reforma Agrária do Brasil. Nesses sistemas fluviais estão zoneados os conjuntos de imóveis, formadores de *comunidades* em cada sistema hídrico. A primeira Mbh é composta por: N. S. das Graças, Paraíso, Bom Socorro, Nazaré, Santa Fé e Boa Esperança. Da segunda (Mbh Tracajá) fazem parte: Máximo, Toledo Pizza, Sagrado Coração de Jesus, São Benedito, Santo Expedito, Santo Antonio do Tracajá, São Sebastião do Juruá, Colônia Soares, Novo Oriente, N. S. de Fátima e, Monte das Oliveira. As unidades familiares dessas *comunidades* são ocupadas por vaqueiros–caseiros e respectivas famílias (que tem permissão de mobilidade em toda propriedade do patrão), pecuarista do agronegócio, servidores públicos (sede da comunidade central) e, os agricultores familiares tradicionais.

A ocupação na área do referido assentamento tem registros no Instituto de Terras do Amazonas (ITEAM) desde o século XIX (PACHECO, 2013; BRANDÃO, 2016). Em 1987, o PA Vila Amazônia foi implantado em 78.000,000 hectares. A área de cada propriedade, não tem o mesmo padrão de tamanho: a maior área (70%) está ocupada por *lotes* que vão de 3 a 30 hectares; e a menor área (30%) com *lotes* que variam entre 31 a 100 hectares (MDA/INCRA/SIPRA, 2007). Entre esses lotes, nos que fazem parte das Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá, o diagnóstico indicou uso e ocupação da terra distribuídos em cinco classes/categorias de uso e ocupação da terra (**Mapa 01 e Tabela 02**). A geração destas classes foi o fator fundamental para a realização do estudo, tendo em vista, o impacto sobre a potabilidade da água, o qual está atrelado às cargas difusas geradas nos interflúvios, bordas e vertentes dos referidos sistemas hidrográficos (Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá).

Aplicação do Módulo 1 - Geração de Cargas do Modelo de Correlação Uso do Solo versus Qualidade da água (MQUAL): $CD_{sts_{se}}$ e as $CD_{sts_{me}}$ das Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá

A modelagem matemática com o Módulo 1 – *Geração de Cargas difusas* dos sólidos transportados em suspensão (CD_{sts}), processa os cálculos dos períodos sazonais diferentes. Na **Tabela 02** estão detalhados os coeficientes de exportação de carga (CD_{sts}) equivalentes as classes de uso e ocupação da terra, indicando os maiores e os menores pesos (kg/dia/km²): no período úmido (precipitação alta), a maior estimativa é de 230,000 kg/dia/km², na classe da Agricultura Familiar e o menor peso (20 kg/dia/km²) é da classe de Floresta Nativa. No período seco (estiagem de precipitação), as classes dos maiores e menores pesos (kg/dia/km²) são as mesmas do outro período, muito embora gerem valores e abaixo por conta da sazonalidade: a maior CD_{sts} resulta em 10,455 kg/dia/km² e a menor 2,500 kg/dia/km².

MQUAL: Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos em Suspensão (CDsts _{se})						
Classes de uso e ocupação da terra	Coef de Exp. de Carga (kg/dia/km ²)		Mbh Tracajá CDsts _{se} (kg/dia)		Mbh Zé Açú CDsts _{se} (kg/dia)	
	Período Seco (PS)	Período Úmido(PU)	PS	PU	PS	PU
Agricultura Familiar	10,455	230,00	738,36	16.243,30	382,250	8.409,22
Capoeira Campo	3,750	30,00	14,64	117,11	34,840	278,74
Floresta Nativa	2,500	20,00	402,57	3.220,59	91,080	728,65
Pastagem	8,000	40,00	219,27	1.096,39	267,620	1.338,10
Hidrografia	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
TOTAL			1.374,84	20.677,39	775,799	10.754,72

Tabela 02: Modelagem no MQUAL- Período Seco e Úmido - Módulo 1 - Exportação de Cargas Difusas/Sedimentos Transportados em Suspensão Estimados (CDsts_{se}).

Fonte: Tese de Doutorado de Pacheco, J.B (2013)

Nessa modelagem do MQUAL, para ambas Mbh (períodos seco e o úmido), a indicação da maior carga difusa de sedimentos em suspensão estimada (**CDsts_{se}**) foi a da classe agricultura familiar (Mbh Tracajá - 78,55% no período chuvoso e 53,70% no período seco; na Mbh Zé Açú - 78,19% no período chuvoso, 49,27% no período seco). Dois fatores contribuem para esse resultado de **CDsts_{se}**: 1) O coeficiente de exportação de sedimentos que gera esse resultado é o de maior peso (kg/dia) do MQUAL; 2) A área de abrangência da agricultura familiar é a maior em ambos sistemas hídricos.

Um contraste de avaliação na simulação das **CDsts_{se}** do MQUAL acontece nos resultados das cargas difusas da área de floresta nativa. Apesar do coeficiente de exportação (kg/dia/km²) ser bem menor, mas, por ter correlação com a área (km²), acaba indicando uma carga maior do que às geradas pelas classes de pastagem e capoeira-campo, locais mais produtores de cargas difusas.

Das equiparações das Cargas Difusas de sedimentos transportados em suspensão medidas (CDsts_{sm}) e as modeladas (CDsts_{se}) pelo MQUAL nas Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá

Partindo dos dados estimados pelo MQUAL (**CDsts_{se}**) fez-se a equivalência com os registros obtidos no *field true* (**CDsts_{sm}**) para se ter a avaliação dos dois ambientes fluviais. Nesse caso, a correlação teve como medida a razão em percentuais (%) das cargas difusas de cada curso fluvial dos sistemas hídricos a seguir:

a) Mbh Tracajá

As cargas medidas (CDsts_{sm}) no *field true* e as modeladas (CDsts_{se}) pelo MQUAL tem equiparações no período de vazante fluvial (**Tabela 03**): o *curso superior* (CDsts_{se} - 4,85 kg/dia/km² para CDsts_{sm} - 4,50 kg/dia/km²); e no *curso médio* (CDsts_{se} - 5,23 kg/dia/km² para CDsts_{sm} - 7,23 kg/dia/km²).

Na *cheia fluvial* (**Tabela 04**) os dados estimados ($CD_{sts_{se}}$) são superiores entre 2,76 a 4,62 (2 a 5) vezes aos das $CD_{sts_{sm}}$ registradas no *field true*.

Secções/ Cursos Fluviais	ÁREA (km ²)	MQUAL – $CD_{sts_{se}}$ Período Seco		RAZÃO $CD_{sts_{se}}/CD_{sts_{sm}}$ (%)	<i>Field True</i> - $CD_{sts_{sm}}$ Período de Vazante Fluvial	
		kg/dia	kg/dia/km ²		kg/dia	kg/dia/km ²
Superior	182,989	886,55	4,85	(>) 1,07 - 107	830,00	4,50
Médio	32,678	170,98	5,23	(<) 1,38 - 138	1.560,00	7,23
SUB-TOTAL	215,667	1.057,53	4,90			
Inferior	67,537	317,33	4,70	(<) 13,84 - 1.384	18.420,00	65,04
TOTAL	283,204	1.374,86	4,86			

Tabela 03: Correlação das $CD_{sts_{se}}$ no Período Seco *versus* $CD_{sts_{sm}}$ no Período Vazante fluvial na Mbh Tracajá

Fonte: Pacheco, J.B (2013)

Cursos Fluviais	ÁREA (km ²)	MQUAL – $CD_{sts_{se}}$ Período Úmido		RAZÃO $CD_{sts_{se}}/CD_{sts_{sm}}$ (%)	<i>Field True</i> - $CD_{sts_{sm}}$ Período Cheia Fluvial	
		kg/dia	kg/dia/km ²		kg/dia	kg/dia/km ²
Superior	182,989	13.635,82	74,52	(>) 4,62 - 462	2.950,00	16,10
Médio	32,678	1.978,94	60,56	(>) 2,76 - 276	4.740,00	21,98
SUB-TOTAL	215,667	15.614,80	72,40			
Inferior	67,537	5.062,64	74,96	(<) 6,46 – 646	133.580,00	471,70
TOTAL	283,204	20.677,40	73,01			

Tabela 04: Correlação das $CD_{sts_{sm}}$ no Período Cheia Fluvial *versus* $CD_{sts_{se}}$ do Período Úmido na Mbh Tracajá

Fonte: Pacheco, J.B (2013)

A explicação para menor carga difusa, medida no período da cheia fluvial, em relação a $CD_{sts_{se}}/MQUAL$ tem as seguintes situações pontuais nos *cursos superior* e o *médio* da Mbh Tracajá (**Tabela 03 e 04**):

i) O período de cheia fluvial é também o de muita chuva. Nessa época geralmente o solo não recebe interferência pelo preparo de roçados para cultivos. Sendo assim, as águas pluviais não encontram os solos desprotegidos de vegetação;

ii) O mapeamento das classes de uso e ocupação da terra (**Tabela 02**) mostra que 57% da área total (km²) da Mbh é coberta por vegetação nativa (platô d Terra Firme - floresta ombrófilas densas, mata ciliar nas encostas e nos baixios mata de igapó). Dessa forma, essa vegetação funciona como barreira para o carreamento de material para os leitos dos rios quer pelas camadas de serrapilheiras embaixo das copas ou pelos cílios produzidos

pela radicularidade das raízes nas encostas. É importante notar que os parâmetros de exportação de sedimentos para floresta nativa de Mata Atlântica (base original para os coeficientes do MQUAL) devem ser diferentes da floresta nativa da Amazônia;

iii) A maior classe de uso e de ocupação da terra é a agricultura familiar. Grande parte desse sistema produtivo é desenvolvido distante dos canais fluviais, pois a frente das propriedades passam os ramais e estradas, por ser a opção de escoamento da produção familiar. Esta, por sua vez é uma atividade que não inclui grandes implementos tecnológicos com máquinas pesadas para o preparo de roçados.

Na unidade de *Terra Firme* da Amazônia, a exemplo do PA Vila Amazônia, o sistema produtivo é o tradicional que se inicia com a estiagem das chuvas (junho a julho) e vai até o início do período chuvoso: 1) brocagem (primeiro a retiradas da vegetação menor – cipós, arbustos com caules finos, depois as árvores maiores – *madeiras de lei*); 2) derrubada da vegetação; 3) rebaixamento (retirada dos galhos que estão nos pontos elevados das árvores derrubadas); 4) aceiro (proteção nos quatro cantos do terreno que vai receber a queima, para proteger a invasão para outras áreas); 5) encoivramento (é a limpeza do terreno para abrir o espaço para o cultivo, que só é realizado quando não há a queima ideal de toda vegetação e necessita de remoção do que não queimou); 6) A partir dessa fase aguarda-se o início do período chuvoso para fazer o plantio, para qual a maioria das famílias utiliza ferramentas básicas simples (terçados, enxadas, ancinho, cambito de galho de árvore, carroças puxadas por cavalos e outros) para desenvolver sua produção;

iv) Sioli (1984, 1985 e 2006) ao estudar os sistemas hídricos de águas claras/transparentes detectou que a capacidade e a competência fluvial desses não favorece ao transporte de muitas cargas de detríticas, visto serem de origem dos escudos cristalinos pré-cambrianos e por escoarem por solos intemperizados protegidos pela vegetação nativa. A Mbh Tracajá ainda possui essa cobertura vegetal e demonstra carregar menores cargas difusas do que na Mbh Zê Açú, muito embora se verifique nas classes de uso e ocupação da terra, atividades de sistema produtivo (pecuária bovina e bubalina extensiva) oferecedoras de impactos, por estarem localizadas nas proximidades das faixas justafluviais. Fator preocupante, pois a retirada de vegetação com a utilização de tratores para preparar as pastagens não são combinações eficazes nas áreas estratégicas (APP ou Áreas de Reserva Legal) de sistemas hídricos.

No curso inferior da mesma microbacia (Mbh Tracajá) quando se correlaciona as $CD_{sts_{sm}}$, tanto no período de vazante fluvial como na cheia fluvial, verifica-se que são superiores às $CD_{sts_{se}}$ entre 6,46 a 13,84 vezes (**Tabela 03 e 04**). Esta é uma situação atípica à dinâmica fluvial, ao considerar os estudos de Sioli (1985). Todavia tem explicação para a concentração de carga difusa em suspensão no âmbito da morfometria: 1) a Mbh Tracajá é o último afluente da sub-bacia hidrográfica do rio Mamuru, cuja posição de sua desembocadura está muito próxima da foz desse rio principal. O seu (Mbh Tracajá) exutório tem uma feição côncava facilitando o avanço dos fluxos provindos das outras redes de

drenagem, adicionados ao seu próprio escoamento com suas cargas de origem diversas, entre elas, às provenientes do uso e da ocupação da terra; e 2) há uma bifurcação de duas calhas fluviais (rio Uaicurapá e rio Mamuru) receptoras de descargas líquidas e sólidas das suas respectivas redes de drenagem em frente da foz da Mbh Tracajá. Diante disso, há uma pressão maior dessa bifurcação durante o escoamento sobre a morfologia côncava, gerando um refluxo.

b) Microbacia hidrográfica Zé Açú

As **Tabelas 05 e 06** correlacionam as cargas difusas nos dois períodos: as $CD_{sts_{se}}/MQUAL$ são inferiores aos registro de $CD_{sts_{sm}}/field\ true$, na ordem de 4 (curso fluvial inferior) a 6 vezes no curso fluvial superior no período de cheia fluvial; no período de vazante fluvial as variações são menores que o período sazonal anterior cerca de 3 vezes (curso fluvial médio), e mais elevado pouco mais de 12 vezes no curso fluvial inferior.

SECÇÕES FLUVIAIS	ÁREA (km ²)	MQUAL – $CD_{sts_{se}}$		RAZÃO $CD_{sts_{sm}}/CD_{sts_{se}}$ (%)	<i>Field True</i> - $CD_{sts_{sm}}$	
		kg/dia	kg/dia/km ²		kg/dia	kg/dia/km ²
Superior	21,199	2.638,26	124,45	(<) 6,28 - 628	16.560,00	781,20
Médio	64,596	4.921,25	76,19	(<) 5,49 - 549	35.892,00	418,35
Sub-Total	85,795	7.559,52	88,11			
Inferior	41,128	3.195,20	77,69	(<) 4,55 - 455	44.900,00	353,76
TOTAL	126,923	10.754,72	84,73			

Tabela 05 – Correlação das $CD_{sts_{se}}$ no Período Cheia Fluvial *versus* $CD_{sts_{sm}}$ no Período Úmido: Mbh Zé Açú

Fonte: Pacheco, J.B (2013)

SECÇÕES FLUVIAIS	ÁREA (km ²)	MQUAL – $CD_{sts_{se}}$		RAZÃO $CD_{sts_{sp}}/CD_{sts_{sm}}$ (%)	<i>Field True</i> - $CD_{sts_{sm}}$	
		kg/dia	kg/dia/ km ²		kg/dia	kg/dia/km ²
Superior	21,199	147,07	6,94	(<) 3,81 - 381	560,00	26,40
Médio	64,596	375,52	5,81	(<) 3,05 -305	6.510,00	75,88
SUB-TOTAL	85,795	522,59	6,09			
Inferior	41,128	253,21	6,16	(<) 12,12 - 1.212	9.470,00	74,61
TOTAL	126,923	775,80	6,11			

Tabela 06 – Correlação das $CD_{sts_{se}}$ no Período Seco *versus* $CD_{sts_{sm}}$ no Período Vazante fluvial Mbh Zé Açú

Fonte: Pacheco, J.B (2013)

A visão dessa complexidade, na correlação entre a modelagem ($CDsts_{se}$) e os registros de campo ($CDsts_{me}$), descritas nas Tabelas 05 e 06 pode ser conferido na modelagem estimada o curso superior da Mbh Zé Açú como o maior exportador de carga, quando as maiores taxas de $CDsts_{me}$ irão variar de seção fluvial conforme o período sazonal. A **Tabelas 02** mostra os coeficientes de exportação de carga do MQUAL e o *field true* explica as razões da justificativa da não equivalência: no curso fluvial superior, as maiores classes de uso e ocupação antrópicas são: a pastagem (coeficiente de exportação - 8,00 kg/dia/km²) e a capoeira-campo (coeficiente de exportação 3,750 kg/dia/km²) que, somadas, encontram-se distribuídas em 19,320 km², onde parte está sobre as áreas de preservação permanente (nascentes, encostas das faixas justafluviais). A agricultura familiar é a outra classe que usa e ocupa uma grande área (15,824 km²). A diferença existente entre esta classe e as outras tem duas razões: 1) menor área produtiva do que, das atividades de pecuária extensiva; e 2) as atividades existentes (pequena criação, cultivos, sistemas agroflorestais etc.) são menos agressoras ao ambiente.

Comparando esses últimos dados, respectivo ao sistema produtivo das unidades familiares e o resultado processado no MQUAL com o coeficiente do período seco (10,455 kg/dia/km²), no caso é o maior, conseqüentemente, a carga difusa gerada resultou na máxima entre todas da mesma sazonalidade. Dessa maneira, a $CDsts_{se}$ não revela a realidade identificada na assinatura de campo.

Quanto a análise das categorias/classe e os coeficientes/parâmetros de exportação de cargas respectivos aos períodos úmido (PU) e seco (PS) do MQUAL

No MQUAL 1.0 os coeficientes/parâmetros foram criados somente para o período úmido. A partir do MQUAL 2.0 é que esses foram estabelecidos para o período seco (PS) e período úmido (PU). Deste modelo foram aplicados em parte desta análise, os quais constam na **Tabela 01** (SMA/PRIME, 2004; SERHS/PRIME, 2006)

Em se tratando do coeficientes de exportação do Módulo 1/MQUAL para as cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão, o determinante é o atribuído para classe *Atividade Agrícola* ($CDsts_{kg}/dia/km^2 = 230,000$ no PU – MQUAL 1.0 e, $CDsts_{kg}/dia/km^2 = 10,455$ no PS – MQUAL 2.0). Para o referido modelo significa ser esta classe a que produz a maior carga difusa.

O MQUAL foi criado para atender uma área do sudeste brasileiro e assim, quando se modelou na Amazônia, nos cursos fluviais das Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá, a correlação entre o medido ($CDsts_{sm}$) e o estimado ($CDsts_{se}$) revelou o seguinte:

a) há parâmetros iguais na geração de carga difusa para as categorias distintas, no caso, o reflorestamento (áreas de manejo agro-florestal, representadas por remanescentes de plantações florestais), a mata e o capoeirão (formações vegetais arbóreas de grande porte, na maior parte constituída por vegetação nativa);

b) houve totalização na aglutinação das variáveis/categorias ainda na versão do MQUAL 1.0.

O ponto que dificulta a análise dessas aglutinações e os respectivos coeficientes de exportação de carga está situado nas questões que surgem, entre outras, relacionadas à vegetação, pois, não há informações sobre áreas topográficas (platô, encosta ou baixio) do sistema hídrico ocupadas pelas espécies de manejos. Qual espécie de capoeira é de grande porte? O que define grande porte?

Esse referencial é importante para correlacionar a cobertura do solo e a geração de cargas, possíveis de serem equiparadas aos dados de uma nova pesquisa. Tais questões não estão isoladas, tendo em vista fazerem parte, por exemplo: para conservação do solo e ao escoamento superficial, cujos metabolismos são com distintos para cada espécie (radicularidade, porte, densamento da copa, localização topográfica etc.);

c) O estudo realizado nos documentos que tratam do desenvolvimento do software das versões do MQUAL (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2004, 2006 e 2010) não possibilitou a identificação de critérios para a taxa de produção de cargas (CDsts) entre os períodos sazonais, e o que se consegue ler é a razão entre os coeficientes de exportação de carga do período seco e do úmido (**Tabela 07**).

CLASSES DE USO DO SOLO/MQUAL	PERÍODO ÚMIDO (CDsts _{se} _kg/dia/km ²)	RAZÃO (%)	PERÍODO SECO (CDsts _{se} _kg/dia/km ²)
Atividade Agrícola	230,000	21,99 vezes (>)*	10,455
Pastagem	40,000	5,00 vezes (>)*	8,000
Capoeira_Campo	30,000	7,00 vezes (>)*	3,750
Floresta Nativa	20,000	8,00 vezes (>)*	2,500

Tabela 07: Razão entre os coeficientes de exportação de cargas (kg/dia/km²) dos Períodos Úmido e Período Seco

* (>) significa maior. Org.de Pacheco (2013)

Quanto ao contexto dos estudos técnicos institucionais realizados com a modelagem matemática do MQUAL

Nos documentos analisados referentes a instituição que deu origem ao MQUAL (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo), se encontram as indicações de legislações que institucionalizaram o uso do modelo matemático, pela importância dos resultados: Lei Estadual N° 12.233, 16 de janeiro de 2006, respectiva a Área de Proteção e Recuperação do Manancial Guarapiranga; Art. 4º, Lei Municipal/Presidente Prudente, N° 6.878/2008 - *Define a Área de Proteção e Recuperação dos mananciais das bacias hidrográficas dos Córregos do Cedro e Cedrinho*.

Diante desse contexto, não há dúvida quanto à aplicabilidade do MQUAL como

ferramenta suporte ao planejamento e gestão de sistemas hídricos. Sendo assim, para esse modelo matemático servir de parâmetros na Amazônia Ocidental, a exemplo das duas microbacias modeladas, necessita da *verdade de campo*. Dentre as justificativas estão as características fisiográficas singulares, e os coeficientes/parâmetros do MQUAL não estão adequados para estabelecer as comparações pelos totais (kg/dia/km²) e os obtidos nos registros dos sistemas hidrográficos.

Paca (2008), ressalta a necessidade de se ter um conjunto de parâmetros compatíveis com natureza do modelado e comumente denominados como ótimos. Da mesma forma se espera em estudos como este (Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá), a possibilidade de ajustar as estimativas do uso e ocupação da terra do MQUAL, com a realidade do local de modelagem.

Diante do exposto, verifica-se de uma forma geral, o modelo matemático (MQUAL), quando estimou a carga difusa de sedimentos transportada em suspensão nas duas microbacias hidrográficas, demonstrou que a estrutura permite equivalências de sazonalidades e classes para cada uso e ocupação da terra.

CONCLUSÃO

Poucos estudos têm sido realizados no sentido de gerar informações consistentes a respeito de parâmetros fluvio-hidrossedimentológicos (alterações nas cargas líquidas e sólidas, perfil longitudinal, perfil transversal, regime pluvial e regime fluvial etc.), os quais, estão relacionados com uso e ocupação da terra nas menores unidades hídricas, no caso, as microbacias hidrográficas amazônicas. Ressalte-se a Amazônia como o *locus* da maior e mais complexa rede de drenagem do planeta, cujas unidades de relevo (*Terra Firme* e de *Vázea*) entrecortadas por essa estão na intrínseca dependência, incluindo o *modo de vida* dos moradores tradicionais.

Essa temática, abrangedora dos sistemas naturais e o sistema de vidas humanas é merecedora de olhares da gestão competente a fim de desencadear ações que dêem conta de um planejamento participativo. No caso dos sistemas hídricos amazônicos, na maioria, ainda não foram estudados e já se encontram fragilizados ambientalmente.

Assim, o estudo corrente se aportou de literaturas científicas, pesquisa aplicada e do uso das tecnologias geocodificadas, por permitirem criar um banco de dados e gerar informações no ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), para entender a condição do ambiente de sistemas hídricos e também obter o resultado da correlação entre a modelagem estimada pelos coeficientes/parâmetros do *Módulo 1 de Geração de Cargas de Sedimentos em Suspensão, do Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo – Qualidade da Água* (MQUAL) e, o uso e ocupação da terra nas Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá.

Os registros obtidos no campo/*field true* não forneceram valores semelhantes aos estimados pelo MQUAL nas duas sazonalidades (Mbh Zé Açú e Mbh Tracajá) que pudessem reorganizar os pesos dos coeficientes de exportação de cargas padrão (Módulo

1 – geração de cargas difusas de sedimentos transportados em suspensão ($CD_{sts_{se}}$) do MQUAL 1.0, 1,5 e 2.0), pelas duas principais razões:

1) os dados estimados, por razões próprias do referido modelo não esclarecem a origem dos valores e/ou coeficientes de exportação de geração de cargas ($kg/dia/km^2$) e nem a justificativa destes serem mantidos os mesmos pesos e muitas classes aglutinadas desde a primeira versão em 1997;

2) as características fisiográficas das bacias hidrográficas estudadas em outros estados federados pelo MQUAL, não se assemelham às das referidas microbacias hidrográficas da Amazônia Ocidental.

Esses aspectos não invalidam o estudo realizado, visto que este serviu como parâmetro para reafirmar que os modelos matemáticos e o SIG são instrumentos facilitadores, principalmente este último que agrega e gera muitos dados. Cabendo ressaltar que os modelos matemáticos geoprocessados não oferecem toda a clareza para uma análise definitiva quando envolve aspectos físicos e humanos. Por isto, há necessidade da assinatura ambiental e/ou verdade de campo, a fim de apresentar avaliações mais coerentes e próximas da realidade.

Assim, a estrutura do MQUAL é a que concebe a correlação entre o uso do solo e a qualidade da água como antecedente. Por outro lado, mesmo que a operacionalização de sua equação estimada não tenha gerado na íntegra dados de cargas difusas de sólidos em suspensão, semelhantes aos medidos nas microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá, a avaliação da equiparação entre os dois resultados ($CD_{sts_{se}}-kg/dia/km^2$ e $CD_{sts_{sm}}-kg/dia$) desvelou a configuração socioambiental atual desses sistemas hídricos e a relação com o uso e a ocupação da terra.

REFERENCIAS

ARAÚJO, S. C. de S. **Modelos de simulação baseados em Raciocínio Qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia. Brasília (DF), 2005.

BRANDÃO, J. B. **Perdurabilidade da Agricultura Familiar no Projeto de Assentamento de Vila Amazônia**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia - PPG/CASA, Centro de Ciências Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

EMBRAPA/INPE-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA); INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. *Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia: Sumário Executivo. Projeto TerraClass*. Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Centro Regional da Amazônia (CRA/INPE-Belém-PA)/Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA)/Embrapa Informática Agropecuária (Campinas-SP), setembro, 2011.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANA S/A. *Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo de 2002 recobre toda a Região Metropolitana de São Paulo e parte dos municípios de Nazaré Paulista, Paraibuna e São Roque, inseridos na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê*, 2002. Disponível: <http://www.emplasa.sp.gov.br/Emplasa/Cartografia/TextoUsodoSolo.asp> Acessado em 12/01/2012

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

HAEFNER, J. W. **Modeling Biological Systems. Principles and Applications**. 2. ed. New York: Springer-Verlar, 2005.

MELLO, C. R. de.; LIMA, J. M. de; SILVA, A. M. da; LOPES, D. *Abstração inicial da precipitação em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n. 3, set./dez, p. 494-500, 2003.

MDA/INCRA/SIPRA-MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO / INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. *Relação de Beneficiários do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA) - Parintins*. Brasília (DF): **SIPRA** - Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária, 2007.

_____(2007b). **PRA-Plano de Recuperação do Projeto de Assentamento Vila Amazônia**. Brasília (DF):MDA/INCRA/Parintins (AM.): COOTEMPA.

NISHI, E.; TEJERINA-GARRO, F. L.; MAIA, T. C. B. O. *Uso de Imagens CBERS 2 na Determinação do Índice de Circularidade e Índice normalizado de Vegetação remanescente na Bacia do Ribeirão João Leite, Região Centro-Oeste*. **Anais...Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, Florianópolis. p. 1-6, 2008.

PACA, V. H. da M. **Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluviométrica como contribuição à modelagem hidrológica na região Amazônica - Estudo de Caso: Bacia do rio Guamá - Pará**. Dissertação (Mestrado), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PACHÊCO, J. B. **Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental**. Tese (Doutorado). Pós-graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 2013.

SAITO, C. H. CARVALHO, A. P. F. de; CARVALHO Jr, O. A. de; LEITE, L. L. *Dados ambientais em sistemas de informação geográfica: da aglutinação à desnaturação*. **GEOSUL**, Florianópolis, v.16, n.32, jul./dez., p 73-94, 2001.

SANTOS, L. L. dos. *Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações*. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife (PE), v.2, n.03, set-dez, 2009, p. 01-19.

SARGENT, R. G. *Verification and validation of simulation models*. In: HENDERSON, S.G.; BILLER, B.; HSIEH, M.H.; SHORTLE, J.; TEW, J. D.;

SMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente/CPLA-SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE ESTADO DE SÃO PAULO/COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings: Relatório Final**. São Paulo (SP):COBRAPE. Agosto, 2010.

_____. **Indicação de áreas de intervenção e respectivas diretrizes e normas ambientais de interesse regional na bacia hidrográfica do reservatório Billings.** São Paulo: SMA /PRIME ENGENHARIA, 2006.

_____. **Calibração do sistema relacional de correlação do manejo do território e da qualidade ambiental para o reservatório Billings.** São Paulo: SMA, 2004.

_____. **Versão 1.5 do Modelo de Correlação Uso do Solo/ Qualidade de Água- MQUAL.** São Paulo: SMA, 2003.

SIOLI, H. *Memorial: 50 anos de pesquisas em limnologia na Amazônia.* ACTA AMAZ. v. 36, n.3, Manaus (AM), 2006.

SIOLI, H. **Amazônia - Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.** Petrópolis: Vozes, 1985.

SIOLI, H. *O Amazonas e seus principais afluentes: tipos de rios, hidrografia e morfologia dos cursos dos rios.* In: The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Editado pelo Autor. [Traduzido por ALR], 1984.

STEINKE, V.A.; ARAUJO, S.C.S.; STEINKE, E.T.; SAITO, C.H. Estimativa de Exportação de Cargas Poluidoras em Bacia Hidrográfica por Geoprocessamento. In: SAITO, C. H. (Org.). **Desenvolvimento Tecnológico e Metodológico para Mediação entre Usuários e Comitês de Bacia Hidrográfica.** Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, 2004, p. 25-40.

SARGENT, R. G. *Verification and validation of simulation models.* In: HENDERSON, S.G.; BILLER, B.; HSIEH, M.H.; SHORTLE, J.; TEW, J.D.; BARTON, R.R. [eds.]. **Proceedings da Conferência Simulação Inverno.** Syracuse (NY/E.U.A):IEEE, p.124-137, 2007.

STEINKE, V. A. SAITO, C. H. *Exportação de carga poluidora para identificação de áreas úmidas sob risco ambiental na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim.* In: **Sociedade & Natureza** (Online), v.20, n.2, Uberlândia, dez, p.43-67, 2008. Disponível:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132008000200003 Acessado em: 15 de março de 2010.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** UFRGS ABRH, 1998.

TUCCI, C. E. M.; HESPAHOL, I.; CORDEIRO Neto, O. de M. *A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025.* **Relatório para GWP**, 2000.

TUCCI, C. E. M.; CORDEIRO, O. M. *Diretrizes estratégicas para ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil.* **REGA.** v. 1, n. 1, p. 21-35, jan./jun, 2004.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de Água 29, 36, 68, 69, 83, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 131, 132, 136, 138, 139, 142, 146, 147, 149, 151, 153, 156

Água Subterrânea 67, 70, 83

Algoritmo Genético 30, 36

Amazônia 48, 52, 54, 56, 59, 61, 63, 64, 65, 66

Aplicaciones para Dispositivos Móviles 15

Área de Recarga Hídrica 106, 115

Aterros Sanitários 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 189, 190

B

Barragem 68, 69, 71, 86, 88, 89

C

Compressibilidade 173, 178, 179, 181, 185, 186, 188

CONAMA 68, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 158, 162, 163, 166, 169, 194, 197

Conservação de Recursos Hídricos 106

Contenção de Processos Erosivos 106

E

Efluentes 95, 98, 101, 102, 103, 112, 155, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 194, 197

F

Fator de Atrito 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Filtro Biológico 155, 157

Fitoplâncton 86, 88, 89, 90, 91

Fossa Séptica 149, 155, 157, 160, 166

G

Gestão da Informação 135, 136, 137, 140, 145

H

Hidroquímica 67, 78, 85, 103

I

Intrusão Marinha 67, 77, 83

L

Litologia 67, 71, 77

Lixiviado de Aterro Sanitário 189

M

Manejo e Uso Adequado do Solo 106

Marco Regulatório 120, 121, 122, 126, 128, 130, 131, 132

Método Iterativo do Gradiente Hidráulico Alternativo 28, 30, 35

Modelación Hidráulica 15

Modelagem de Qualidade da Água 48

Modelo Hidrológico 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46

Modelos de Previsão 173, 178, 179, 185, 186

P

Planejamento Urbano e Regional 146, 149, 154

Política de Saneamento 120, 121, 127, 141

Política Nacional de Resíduos Sólidos 167, 168, 175, 176

Poluente Recalcitrante 189

Poluição 49, 50, 83, 84, 94, 95, 96, 102, 125

Preservação de Nascentes e de Áreas Permanentes 106

Processos de Oxidação Avançada 189, 190

Processos Ecosistêmicos 199

Q

Qualidade 29, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 63, 64, 66, 68, 69, 75, 83, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 122, 124, 127, 135, 136, 137, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 159, 166, 171, 190, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 210

R

Recalque 173, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186

Recursos Hídricos 16, 28, 36, 37, 40, 45, 46, 66, 85, 87, 88, 94, 95, 96, 103, 106, 108, 109, 117, 118, 142, 181

Resíduos Sólidos Urbanos 122, 139, 167, 168, 171, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 187, 188, 190, 198

S

Saneamento Básico 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 154, 156, 166, 169

Sedimentos 48, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 61, 63, 64, 70, 75, 76, 86, 89, 90, 91, 112, 113, 115, 116

Sistemas de Informação Geográfica 15, 16

T

Tratamento 38, 94, 95, 98, 102, 105, 121, 125, 129, 130, 133, 139, 147, 153, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 171, 174, 189, 190, 191, 193, 196, 198

V

Válvula 1, 3, 6, 7, 8, 12, 17

Ventosa y Modelo de Simulación 1

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

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

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

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
