

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Luis Miguel Schiebelbein
(Organizador)

Luis Miguel Schiebelbein
(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

G393 Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade / Organizador Luis Miguel Schiebelbein. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
– (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v.1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-024-7

DOI 10.22533/at.ed.247190901

1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Schiebelbein, Luis Miguel. II. Título. III. Série.

CDD 343.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade” aborda uma série de artigos e resultados de pesquisa, em seu Volume I, contemplando em seus 21 capítulos, os novos conhecimentos científicos e tecnológicos para as áreas em questão.

Estrategicamente agrupados na grande área temática de GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, ne nas seções de Meteorologia, Modelagem, Conceitos Aplicados & Estudos de Caso, traz à tona informações de extrema relevância para a área dos Recursos Hídricos, assim como da Sustentabilidade.

Os capítulos buscam de maneira complementar, abordar as diferentes áreas além de concentrar informações envolvendo não só os resultados aplicados, mas também as metodologias propostas para cada tipo de estudo realizado.

Pela grande diversidade de locais e instituições envolvidas, na realização das pesquisas ora publicadas, apresenta uma grande abrangência de condições e permite, dessa forma, que se conheça um pouco mais do que se tem de mais recente nas diferentes áreas de abordagem.

A todos os pesquisadores envolvidos, autores dos capítulos inclusos neste Volume I, e, pela qualidade e relevância de suas pesquisas e de seus resultados, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Ressalta-se ainda e indica-se a consulta ao Volume II, o qual aborda as grandes áreas temáticas de QUALIDADE DA ÁGUA, RECURSOS HÍDRICOS NO ABASTECIMENTO, UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DOS RECURSOS HÍDRICOS & SUSTENTABILIDADE.

Complementarmente, espera-se que esta obra possa ser de grande valia para aqueles que buscam ampliar seus conhecimentos nessa magnífica área da Gestão de Recursos Hídricos, associada à Sustentabilidade. Que este seja não só um material de apoio, mas um material base para o estímulo a novas pesquisas e a conquista de resultados inovadores.

Luis Miguel Schiebelbein

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A FLORESTA E A DINÂMICA HIDROLÓGICA DE NASCENTES	
Jéssica Fernandez Metedieri	
Mariana Santos Leal	
Kelly Cristina Tonello	
DOI 10.22533/at.ed.2471909011	
CAPÍTULO 2	17
REQUALIFICAÇÃO FLUVIAL: CONCEITOS E CASOS DE ESTUDO	
Aline Pires Veról	
Bruna Peres Battemarco	
Matheus Martins de Sousa	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.2471909012	
CAPÍTULO 3	34
ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DE BASE NA PROPAGAÇÃO DA ONDA DIFUSA EM UM RIO	
Maria Patricia Sales Castro	
Patrícia Freire Chagas	
Karyna Oliveira Chaves de Lucena	
Raimundo Oliveira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2471909013	
CAPÍTULO 4	43
PLANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA OS ASSENTAMENTOS DOS MUNICÍPIOS DE DELMIRO GOUVEIA E ÁGUA BRANCA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO	
Eduardo Jorge de Oliveira Motta	
DOI 10.22533/at.ed.2471909014	
CAPÍTULO 5	53
ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE RELEVANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VELOSO (SUB-BACIA DO RIO PARAPEBA), MINAS GERAIS, BRASIL	
Joselaine Aparecida Ribeiro	
Thiago Vieira da Silva Matos	
Antônio Pereira Magalhães Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.2471909015	
CAPÍTULO 6	65
PROJETO DA PAISAGEM NOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA - CASO DA BACIA DO RIO JOANA	
Isadora Tebaldi	
Ianic Bigate Lourenço	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.2471909016	

CAPÍTULO 7	82
GESTÃO DA DRENAGEM URBANA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ AÇU	
Fabiane Andressa Tasca	
Roberto Fabris Goerl	
Jakcemara Caprário	
Aline Schuck Rech	
Alexandra Rodrigues Finotti	
DOI 10.22533/at.ed.2471909017	
CAPÍTULO 8	92
ANÁLISE AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESPAÇO URBANO DE CAMPO GRANDE/MS	
Eva Faustino da Fonseca de Moura Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.2471909018	
CAPÍTULO 9	108
APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO A BARRAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS	
Carlos Eugenio Pereira	
Maria Teresa Viseu	
Marcio Ricardo Salla	
Kevin Reiny Rocha Mota	
DOI 10.22533/at.ed.2471909019	
CAPÍTULO 10	117
INFLUÊNCIA PLUVIOMÉTRICA NA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS NO MUNICÍPIO DE IPOJUCA - PE	
Fernanda Soares de Miranda Torres	
Enjôlras de Albuquerque Medeiros Lima	
Margarida Regueira da Costa	
Alexandre Luiz Souza Borba	
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
Roberto Quental Coutinho	
DOI 10.22533/at.ed.24719090110	
CAPÍTULO 11	125
CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS JUROCRETÁCEOS DO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL	
Guilherme Vargas Teixeira	
Antonio Pedro Viero	
Romelito Regginato	
DOI 10.22533/at.ed.24719090111	
CAPÍTULO 12	134
AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO TOCANTINS	
Fernán Enrique Vergara	
Viviane Basso Chiesa	
Cecília Amélia Miranda Costa	
DOI 10.22533/at.ed.24719090112	

CAPÍTULO 13 143

ATENUAÇÃO DE ONDAS EM MARGENS DE RESERVATÓRIOS DE BARRAGENS PELA PRESENÇA DE VEGETAÇÃO NO FUNDO – ANÁLISE NUMÉRICA ATRAVÉS DO MODELO SWAN-VEG

Adriana Silveira Vieira
Germano de Oliveira Mattosinho
Geraldo de Freitas Maciel

DOI 10.22533/at.ed.24719090113

CAPÍTULO 14 153

MODELO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO DE TOMADA DE DECISÃO PARA CONTROLE DE CHEIAS NA ÁREA URBANA DE ITAQUI-RS

Francisco Lorenzini Neto
Marcelo Jorge de Oliveira
Nájila Souza da Rocha
Raul Todeschini
Rafael Cabral Cruz

DOI 10.22533/at.ed.24719090114

CAPÍTULO 15 163

PREVISÃO DE VAZÃO DE CHEIA EM UM TRECHO DA BACIA DO RIO POTENGI

Patrícia Freire Chagas
Maria Patricia Sales Castro
Fernando José Araújo da Silva
Mário Ângelo Nunes de Azevedo Filho
Raimundo Oliveira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.24719090115

CAPÍTULO 16 173

SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS DO MODELO SWAT EM UMA BACIA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL: BACIA DO RIO MACHADINHO/RO

Vinicius Alexandre Sikora de Souza
Marcos Leandro Alves Nunes
Otto Corrêa Rotunno Filho
Claudia Daza Andrade
Vitor Paiva Alcoforado Rebello

DOI 10.22533/at.ed.24719090116

CAPÍTULO 17 183

ABASTECIMENTO HUMANO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEARÁ MIRIM RN

Vera Lucia Rodrigues Cirilo
João Abner Guimarães Junior
Lara Luana Cirilo Silva
Priscila Gosson Cavalcanti

DOI 10.22533/at.ed.24719090117

CAPÍTULO 18	191
ELABORAÇÃO DE CONSISTÊNCIA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS: ESTUDO DE CASO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE TUCURUÍ- PARÁ	
Alcione Batista da Silva	
Laysse Alves Ferreira	
Lucas Rodrigues do Nascimento	
Andressa Magalhães Gonçalves	
Rafael Oliveira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.24719090118	
CAPÍTULO 19	200
ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DE DADOS DIÁRIOS OU MÉDIAS CLIMATOLÓGICAS NA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA COM O MODELO MGB-IPH	
Bibiana Rodrigues Colossi	
Daniela Santini Adamatti	
Fernando Mainardi Fan	
Paulo Rógenes Monteiro Pontes	
DOI 10.22533/at.ed.24719090119	
CAPÍTULO 20	211
MÉTODOS NUMÉRICOS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADOS À DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM DADOS HIDROLÓGICOS	
Alana Renata Ribeiro	
Mariana Kleina	
DOI 10.22533/at.ed.24719090120	
CAPÍTULO 21	220
CONCEPÇÃO SISTÊMICA PARA SOLUÇÕES DE CONTROLE DE CHEIAS URBANAS EM VILA VELHA, ES	
Paulo Canedo de Magalhães	
Matheus Martins de Sousa	
Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira	
Osvaldo Moura Rezende	
Victor Augusto Almeida Fernandes de Souza	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.24719090121	
SOBRE O ORGANIZADOR	236

ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DE DADOS DIÁRIOS OU MÉDIAS CLIMATOLÓGICAS NA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA COM O MODELO MGB-IPH

Bibiana Rodrigues Colossi

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS
Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Daniela Santini Adamatti

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS
Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Fernando Mainardi Fan

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS
Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Paulo Rógenes Monteiro Pontes

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS
Porto Alegre – Rio Grande do Sul

RESUMO: A disponibilização de séries de dados climatológicos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) através do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) vem facilitando a utilização de dados com discretização diária em simulações hidrológicas, em detrimento às mais comumente utilizadas médias sazonais de longo período. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo analisar os resultados referentes à evapotranspiração e vazão, obtidos através da simulação hidrológica, empregando dois diferentes conjuntos de dados climatológicos: as médias sazonais de

longo período e as séries históricas de dados diários. As simulações foram realizadas para a bacia do rio Canoas (SC), utilizando o modelo MGB-IPH. Observou-se maior variabilidade na evapotranspiração obtida utilizando os dados diários. Com relação à vazão, percebeu-se diferenças nos resultados para a representação de picos de cheias e recessões. Assim, o uso dos dados diários climatológicos propicia uma melhor representação dos processos hidrológicos e de sua evolução ao longo do tempo, principalmente em situações extremas.

PALAVRAS-CHAVE: Dados climáticos; Simulação hidrológica; MGB-IPH.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF USING DAILY DATA OR CLIMATIC MEANS IN HYDROLOGIC SIMULATION USING MGB-IPH MODEL

ABSTRACT: The National Meteorology Institute (INMET), through the BDMEP (Meteorological Data Base for Education and Research), has made available series of climatic data. It made easier the use of daily data in hydrological simulation, rather than using long-term seasonal means. The study here presented aims to analyze flow and evapotranspiration results of hydrological simulation. Two simulations were conducted: one, using long-term seasonal

means for the climatic variables; and the other, using daily historic data series. The study area is the Canoas River basin (Santa Catarina State/Brazil), and the simulation used the MGB-IPH model. Evapotranspiration showed a greater variability using the daily data set. Differences were found in flow results between the two simulations, especially in flood peaks and recession representations. So, the use of daily climatic data series allows a better representation of hydrological phenomena and its evolution through time, particularly in extreme situations.

KEYWORDS: Climatic data; hydrological simulation; MGB-IPH.

1 | INTRODUÇÃO

Modelos Hidrológicos são ferramentas desenvolvidas a fim de representar e compreender o comportamento de uma bacia hidrográfica (Tucci, 2005). Tal comportamento é resultado das complexas interações entre as variáveis climáticas e as características físicas da bacia (Majumder *et al.* 2010). A simulação hidrológica tem sido amplamente utilizada na quantificação do impacto de diferentes cenários de uso da terra e de mudanças climáticas sobre os processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, na previsão de cheias, na gestão de recursos hídricos e na definição de critérios de projeto de estruturas hidráulicas (Beskow, 2011).

O Modelo de Grandes Bacias, MGB-IPH, é um modelo hidrológico distribuído desenvolvido para simular o processo de transformação da chuva em vazão em grandes bacias hidrográficas. A versão atual e de distribuição do modelo tem a sua interface operacional acoplada a um SIG (Sistema de Informações Geográficas), conforme mostrado por Fan e Collischonn (2014). No que concerne aos dados climatológicos, o modelo permite a utilização de base interna ou externa de dados. A opção pela base de dados externa permite um maior controle, por parte do usuário, quanto aos dados de entrada, sobretudo quanto a extensão das séries e existência de falhas nos dados. Ainda com relação aos dados climatológicos, é possível optar pela simulação com as médias sazonais de longo período ou com os dados diários.

Devido a maior dificuldade de obtenção de dados diários de clima e adequação dos mesmos ao formato e resolução temporal necessários, além da frequente existência de grande quantidade de falhas nas séries históricas, é comum a opção por uma estratégia mais simples. Ao realizar simulações hidrológicas de larga escala muitas vezes opta-se pelo uso das médias sazonais de longo período dos dados climatológicos. Recentemente, o INMET vem disponibilizando, através do BDMEP, criado em novembro de 2010, as séries históricas de dados oriundos das estações convencionais da sua rede meteorológica. Portanto, ficou facilitado o acesso e, conseqüentemente, a utilização destes dados diários na simulação hidrológica.

Contudo, não existem investigações sobre o efeito do uso de um procedimento ou outro (uso de dados diários ou climatológicos), e seus efeitos sobre os resultados da simulação hidrológica com o modelo MGB-IPH. Neste contexto, o presente estudo

analisa os resultados obtidos através da simulação hidrológica da bacia do rio Canoas empregando os dois diferentes conjuntos de dados climatológicos: médias sazonais de longo período *versus* série histórica de dados diários.

2 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia do rio Canoas, localizada no estado de Santa Catarina, entre as coordenadas geográficas 26°40' S/28°10' S e 49°20' W/51°20' W (Figura 1). Está inserida na bacia hidrográfica do rio Uruguai, que se origina da confluência do rio Canoas com o rio Pelotas. É a maior bacia do estado de Santa Catarina, com área de drenagem de aproximadamente 15.000 km². De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na bacia é o mesotérmico úmido com verão fresco (Cfb). A temperatura média mensal na região da bacia varia de cerca de 8-10°C no inverno e de 18-20°C no verão. A umidade relativa do ar média varia entre 70,6% a 83,1%, enquanto a precipitação anual total na bacia do rio Canoas é de cerca de 1650 mm (Santa Catarina, 2006).

O rio Canoas apresenta uma declividade média elevada e alta densidade de drenagem. Associado a isto tem-se as condições geológicas (com predominância de basaltos), a cobertura vegetal com predomínio de pastagens e lavoura e excedentes hídricos superiores a 1.000 mm anuais, que geram regimes torrenciais no rio principal e nos demais tributários, propiciando escoamento superficial com elevadas velocidades e com tempos de concentração reduzidos. Em adição, as características geomorfológicas, com vales estreitos e profundos, também contribuem para que os picos da onda de cheia sejam pronunciados e com formação bastante rápida (FATMA, 2007).

3 | DESCRIÇÃO DO MODELO MGB-IPH

O Modelo de Grandes Bacias, MGB-IPH, é um modelo do tipo distribuído concebido para simular processos hidrológicos em bacias hidrográficas descrevendo a distribuição espacial dos processos e a influência da vegetação, sobretudo sobre a evapotranspiração (Collischonn & Tucci, 2001). O modelo representa os processos de interceptação, balanço de água no solo, evapotranspiração, escoamentos superficial, subsuperficial e subterrâneo nas minibacias (menor unidade de discretização utilizada no modelo) e a propagação de vazões na rede de drenagem (Fan e Collischonn, 2014). A evapotranspiração no modelo é calculada pela equação de Penman-Monteith. As minibacias podem ser agrupadas ainda em sub-bacias.

Além disso, é adotada uma divisão da bacia em um conjunto de Classes de Resposta Hidrológica (CRH), definidas, tipicamente, a partir da combinação de mapas de tipos de solos e mapas de tipos de vegetação, ou de classes de uso da

terra. A combinação das minibacias com as classes de resposta hidrológica (CRH) origina as Unidades de Resposta Hidrológica (URH), que são as regiões em que determinada CRH existe no interior de uma minibacia. Os processos hídricos verticais (e.g. evapotranspiração) são realizados em cada URH. As vazões geradas no interior de cada minibacia são propagadas até a rede de drenagem utilizando o método Muskingum-Cunge de propagação de vazões. A calibração do modelo consiste na definição dos valores dos parâmetros ditos fixos, para cada URH; e dos parâmetros calibráveis, para cada URH, em cada sub-bacia discretizada. A descrição completa do modelo e suas formas de aplicação podem ser encontradas em Collischonn *et al.* (2007), Collischonn e Tucci (2001), e Collischonn e Fan (2014).

4 | METODOLOGIA

A utilização do MGB-IPH envolve uma etapa de pré-processamento anterior a simulação propriamente dita. Esta etapa inclui a definição da bacia, a obtenção de informações hidrológicas, a geração de uma base de dados SIG, a discretização da bacia utilizando o ArcHydro, a definição das Classes de Resposta Hidrológica (CRH), e o pré-processamento dos dados no plugin PrePro-MGB. Estas etapas são sucintamente apresentadas a seguir.

4.1 Obtenção de informações hidrológicas

As séries históricas de precipitação e vazão, necessárias à simulação hidrológica, foram obtidas através do Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA) (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Os dados climáticos (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, insolação e pressão atmosférica) foram obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>).

4.2 Geração da base de dados SIG

Empregou-se o MDE disponibilizado pelo Consultative Group on International Agricultural Research – Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI), referente ao NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), que possui 90 m de resolução espacial (<http://srtm.csi.cgiar.org/>). Para os tipos de solo, utilizou-se o *shapefile* “Levantamento de reconhecimento de solos do estado de Santa Catarina - Solos”, disponibilizado no Geoportal Digital / Mapoteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (<http://mapoteca.cnps.embrapa.br/>). Para a definição dos usos do solo foi utilizado o “Global Land Cover Map - 2009” disponibilizado pela European Space Agency (ESA) (<http://due.esrin.esa.int/globcover/>).

4.3 Discretização utilizando o ArcHydro

A discretização da bacia envolve várias etapas que podem ser realizadas através das ferramentas do ArcHydro (ArcGis), e que vão, com base no MDE, dividir a bacia em unidades menores e organizar tais unidades segundo um ordenamento topológico (Pereira *et al.*, 2012). Foram definidas 119 minibacias (Figura 2). A metodologia de discretização é encontrada em Fan e Collischonn (2014).

4.4 Definição das Classes de Resposta Hidrológica

Para o estabelecimento das CRHs, os tipos de solo na bacia do rio Canoas foram reclassificados em duas categorias: solos rasos, que apresentam maior potencial de geração de escoamento, e solos profundos, com menor potencial. Foram classificados como solos rasos, presentes em cerca de 80% da área da bacia, Gleissolos, Cambissolos, Neossolos e Organossolos, enquanto as demais classes de solos, que incluem Argissolos, Latossolos, e Nitossolos, foram classificadas como solos profundos. O mapa de uso do solo foi agrupado em quatro classes distintas: mata, campo/agropastoril, área artificial e água. As CRHs foram definidas a partir do cruzamento dos mapas reclassificados de tipo e de uso do solo, resultando em seis CRHs, quais sejam: mata em solo raso; mata em solo profundo; agricultura em solo raso; agricultura em solo profundo; áreas artificiais; e água.

4.5 Preparação dos dados

Foram selecionados três postos com dados de clima, oito postos fluviométricos e dezoito postos pluviométricos, cujas informações encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. A localização dos postos fluviométricos e climatológicos pode ser observada na Figura 2. A partir dos dados climatológicos dos três postos foram gerados os arquivos de médias climatológicas e os arquivos dos dados diários observados usados nas simulações. Os dados dos postos fluviométricos originaram o arquivo de vazões observadas. Os dados dos postos pluviométricos foram interpolados e gerou-se o arquivo de chuvas interpoladas para a bacia.

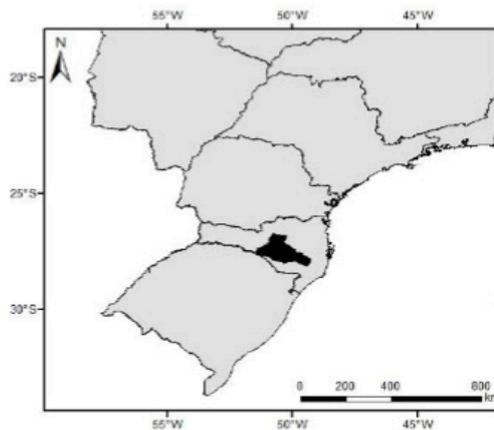


Figura 1 - Localização da bacia do rio Canoas.



Figura 2 – Localização dos postos fluviométricos e climatológicos utilizados no estudo.

Código OMM	83891	83887	83920	
Código ANA	2750005	2751042	2849014	
Nome	Lages	Campos Novos	São Joaquim	
Latitude (°)	-27,81°	-27,63°	-28,27°	
Longitude (°)	-50,33°	-51,03°	-49,93°	
% de falhas no período de simulação	Temperatura	32%	18%	23%
	Umidade relativa	18%	19%	22%
	Vento	18%	18%	22%
	Insolação	18%	20%	26%

Tabela 1 – Postos climáticos empregados na simulação e presença de falhas nas séries.

Código	Estação	Latitude (°)	Longitude (°)	Área de drenagem (km ²)	Rio
71200000	Vila Canoas	-27,80	-49,78	1010	Rio Canoas
71250000	Ponte do Rio João Paulo	-27,83	-49,63	489	Rio João Paulo
71300000	Rio Bonito	-27,70	-49,83	2000	Rio Canoas
71383000	Ponte Alta do Sul	-27,48	-50,38	4610	Rio Canoas
71490000	Ponte Marombas	-27,22	-50,47	354	Rio das Marombas
71498000	Passo Marombas	-27,33	-50,75	3680	Rio das Marombas
71550000	Passo Caru	-27,54	-50,86	10000	Rio Canoas
71800000	Colônia Santana	-27,65	-51,05	13200	Rio Canoas

Tabela 2 – Postos fluviométricos empregados na simulação.

Código	Estação	Latitude(°)	Longitude (°)	Código	Estação	Latitude(°)	Longitude(°)
02850004	Coxilha Rica	-28,15	-50,44	02750007	Painel	-27,92	-50,10
02849021	Urubici	-27,99	-49,58	02749035	Bocaina do Sul	-27,74	-49,94
02751001	Anita Garibaldi	-27,69	-51,13	02749031	Vila Canoas	-27,80	-49,78
02750020	São José do Cerrito	-27,66	-50,58	02650019	Lebon Regis	-26,93	-50,69

02750012	Ponte Rio Antinhas	-27,34	-50,43	02750001	Campo Bela do Sul	-27,90	-50,75
02750011	Ponte Alta do Sul	-27,48	-50,38	02749041	Agrolândia	-27,41	-49,83
02750010	Ponte Alta do Norte	-27,16	-50,47	02650015	Residência Fuck	-26,71	-50,29
02750009	Passo Marombas	-27,33	-50,75	02750021	Cab. Ribeirão Caetano	-27,14	-50,26
02750008	Passo Caru	-27,54	-50,86	02751015	Barracão	-27,68	-51,46

Tabela 3 – Postos pluviométricos empregados na simulação.

4.6 Simulação

O período selecionado para realizar a comparação dos resultados da simulação hidrológica da bacia do rio Canoas utilizando as médias climatológicas ou as séries de dados diários compreende o período de 01/01/1970 a 31/12/2013.

Para ambas as simulações, foi adotado um mesmo conjunto de dados para os parâmetros fixos e calibráveis do modelo, conjunto este coerente com a realizada física da bacia, sem posterior calibração. Desta forma, buscou-se a garantir que as alterações nos resultados fossem unicamente geradas pela diferença nos dados climatológicos, e não influenciadas por uma calibração realizada com um dos conjuntos de dados climatológicos. Os dois conjuntos de dados climatológicos são:

A) Médias sazonais de longo período (01/01/1970 – 31/12/2013) para as cinco variáveis climatológicas;

B) Série diária de dados para as variáveis insolação, vento, umidade relativa do ar e temperatura. Na ocorrência de falhas durante a série, o dado faltante é substituído pela média de longo período associada ao mês onde ocorreu a falha. A taxa de falhas (Dias de falha/Total de dias de simulação) para cada variável em cada posto climatológico pode ser observada na Tabela 1.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os resultados da simulação hidrológica com o MGB-IPH para evapotranspiração e vazão. Ambas as simulações – com médias sazonais de longo período para os dados climatológicos e utilizando as séries diárias de insolação, vento, umidade relativa do ar e temperatura – empregaram o mesmo conjunto de parâmetros fixos e calibráveis.

5.1 Evapotranspiração

A Figura 3 mostra a evapotranspiração real simulada com as médias climatológicas (A) e com a série histórica de dados diários (B). Como pode ser observado, a utilização do conjunto de dados B (dados diários) resulta em uma evapotranspiração calculada com uma variação mais pronunciada ao longo do

tempo. Para o período completo de simulação (01/01/1970 a 31/12/2013), a diferença absoluta máxima entre a evapotranspiração simulada com o conjunto B e com o conjunto A de dados é de cerca de 5,8 mm/dia. A máxima diferença relativa atingiu 468%, em setembro de 2013. As maiores diferenças relativas foram encontradas em meses de junho, setembro, outubro e, sobretudo, agosto, onde houve uma superestimação da evapotranspiração com o conjunto de dados médios maior que 400%.

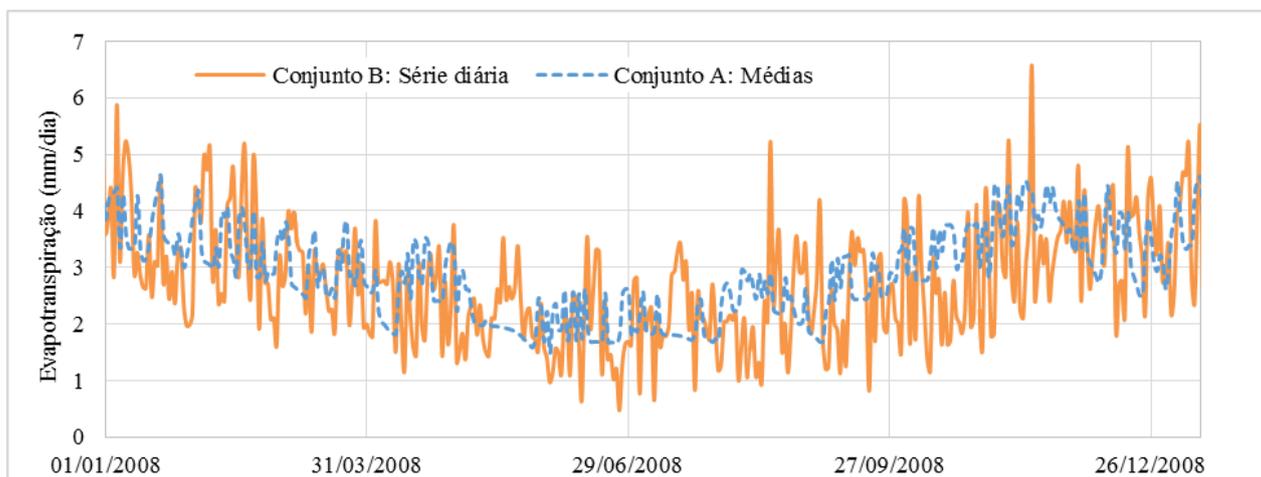


Figura 3 – Evapotranspiração real diária média da bacia do rio Canoas simulada com a série histórica dos dados climatológicos (Conjunto B) e com as médias para o período (Conjunto A).

5.2 Vazão

As Figuras 4 e 5 mostram os hidrogramas observados e simulados, para o ano de 2008, com os conjuntos A e B de dados climatológicos, para dois postos fluviométricos, ambos no rio Canoas. O primeiro ponto, mais a montante na bacia, é referente à estação fluviométrica 71300000 – Rio Bonito. O segundo ponto refere-se à estação 71550000 – Passo Caru (Figura 2). Ressalta-se que o modelo não foi calibrado de forma a buscar representar exatamente as vazões observadas. Os hidrogramas observados são aqui apresentados apenas de forma ilustrativa. A Figura 6 mostra os hidrogramas obtidos para a estação 71550000 para um período de tempo menor, onde pode-se observar com mais detalhe a diferença entre as vazões simuladas com um ou outro conjunto de dados climatológicos. Observa-se que para condições extremas, sobretudo para a representação dos picos de vazão, o uso das médias dos dados climatológicos pode ocasionar diferenças nas vazões calculadas.

Para as vazões médias, o posto 71300000 apresentou 43,0 m³/s quando simulado com as médias climatológicas, e 44,2 m³/s para a simulação com dados diários de clima. Já a estação 71550000 chegou a 200,9 m³/s de vazão média simulada com o conjunto A de dados climáticos (médias), e 210,1 m³/s com o conjunto B (dados diários). Desta forma, para ambos os postos fluviométricos, a diferença relativa foi menor que 5% para a média das vazões simuladas com um ou outro conjunto de dados climatológicos.

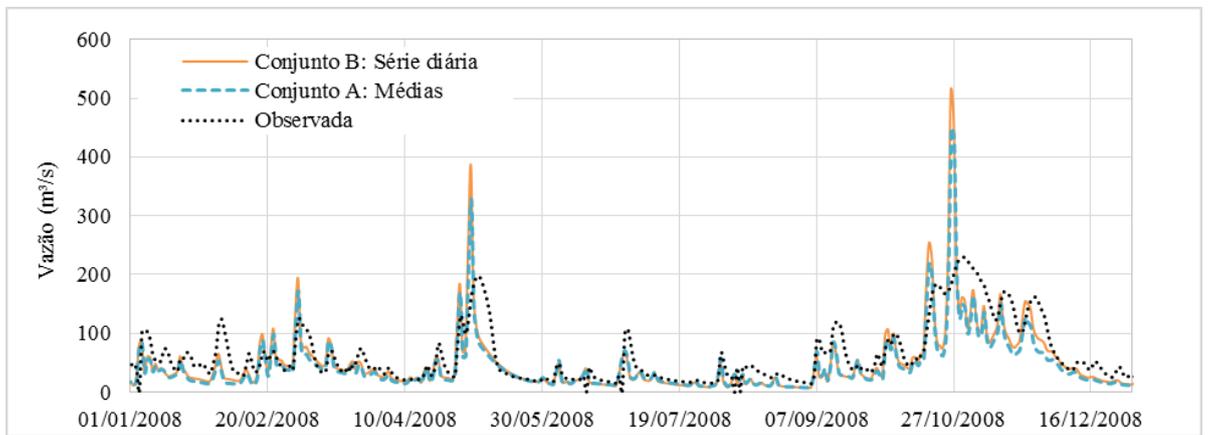


Figura 4 – Detalhe do hidrograma observado, simulado com o conjunto de dados A (média para o período) e B (série diária de dados climatológicos) para a estação fluviométrica 71300000. Período: janeiro a dezembro/2008.

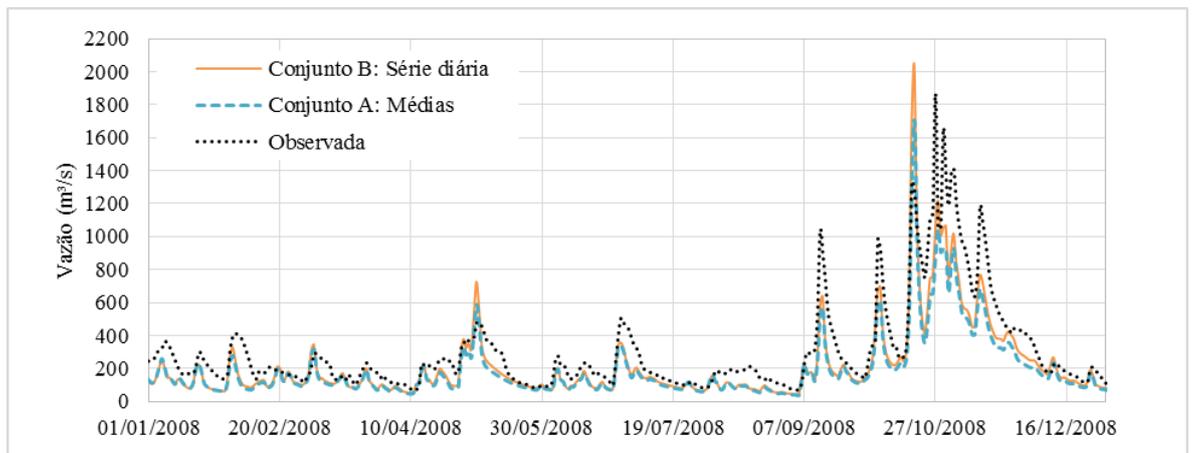


Figura 5 – Detalhe do hidrograma observado, simulado com o conjunto de dados A (média para o período) e B (série diária de dados climatológicos) para a estação fluviométrica 71550000. Período: janeiro a dezembro/2008.

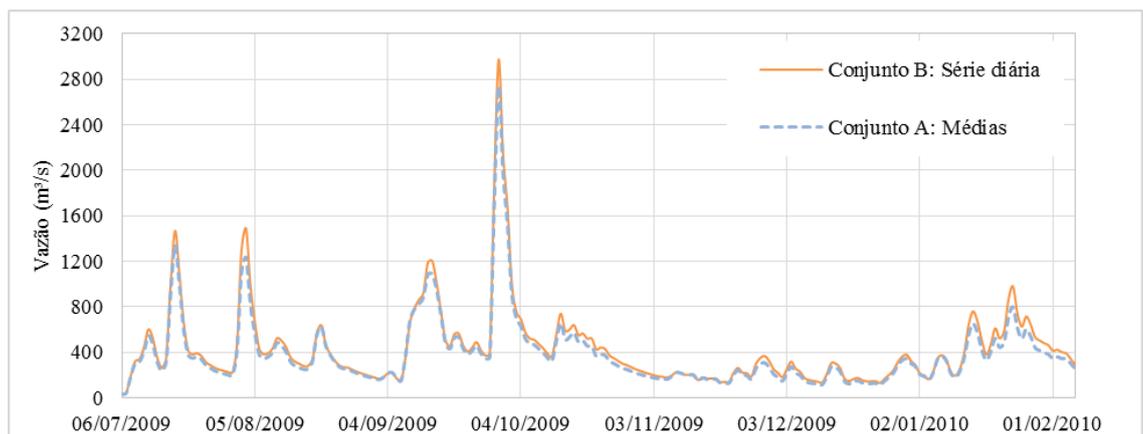


Figura 6 – Detalhe do hidrograma simulado com o conjunto de dados A (média para o período) e B (série diária de dados climatológicos) para a estação fluviométrica 71550000. Período: julho/2009 a fevereiro/2010.

6 | CONCLUSÃO

O uso dos dados diários climatológicos propicia uma melhor representação dos processos hidrológicos na bacia e sua evolução ao longo do tempo. Por exemplo,

um verão extremamente quente e seco não é apropriadamente representado pelas médias históricas associadas aqueles meses. Neste caso, o uso das médias climatológicas atenua a situação, e as vazões simuladas com o conjunto A de dados seriam maiores que com o conjunto B, de dados diários.

Ainda, alguns dias antes de um evento de precipitação extrema as demais variáveis climáticas (sobretudo insolação e umidade) provavelmente já irão apresentar alteração, de forma a diminuir a evapotranspiração e aumentar a umidade do solo. A utilização de dados climáticos diários permite a representação deste processo, ao passo que o uso de dados médios climatológicos omite esta antecipação das variáveis de clima. Desta forma, quando da ocorrência da precipitação extrema, o pico de vazão simulado com dados climatológicos médios é menor que o simulado com dados diários.

Em conformidade com o descrito acima, os resultados encontrados indicam que o uso de dados diários de clima na modelagem hidrológica pode ser importante para a representação de outras variáveis hidrológicas além da vazão. Quando a variável de interesse é a vazão média de um determinado ponto, aparentemente não há ganho de qualidade no resultado da simulação com a utilização de séries históricas diárias de dados climatológicos. Contudo, para a simulação de vazões extremas, máximas e mínimas, o uso dos dados diários de clima propicia uma melhor representação dos processos hidrológicos.

REFERÊNCIAS

- Beskow, S.; Mello, C. R.; Norton, L. D.; Silva, A. M. **Performance of a distributed semi-conceptual hydrological model under tropical watershed conditions**. *Catena*, v. 86, p. 160 – 171, 2011.
- Collischonn, W. **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- Collischonn, W.; Allasia, D. G.; Silva, B. C.; Tucci, C. E. M. **The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling**. *Hydrological Sciences Journal*, v. 52, p. 878-895, 2007.
- Collischonn, W.; Tucci, E. M. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 6, n. 1, p. 95-118, 2001.
- Fan, F. M.; Collischonn, W. **Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 243-254, 2014.
- Fundação de Meio Ambiente – FATMA. **Plano de manejo do Parque Estadual Rio Canoas - Encarte 2: Análise Regional**. Florianópolis: [s.n], 2007.
- Majumder, M.; Barua, A.; Basu, B. **An Overview of Hydrologic Modeling**. In: Jana, B. K.; Majumder, M. (Eds). **Impacts of Climate Change on Natural Resource Management**. Springer, p. 375 – 392, 2010.
- Pereira, M.; Kayser, R. B.; Collischonn, W. **Integração do Modelo Hidrológico para Grandes Bacias MGB-IPH e Sistemas de Informação Geográfica para suporte à decisão de outorga de direito de**

uso da água. REGA, v. 9, n. 2, p. 21-33, jul./dez. 2012.

Santa Catarina (Estado). **Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina.** Santa Catarina, 2006. 315p.

Tucci, C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

SOBRE O ORGANIZADOR

LUIS MIGUEL SCHIEBELBEIN Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1997) e mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná (2006), Doutorado em Agronomia - Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas, pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2017). Atualmente é Professor dos Cursos de Agronomia, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Superior Tecnológico em Radiologia e de Pós-Graduação em Agronegócio e Gestão Empresarial do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). É revisor da Revista de Ciências Agrárias - CESCAGE, Professor Colaborador do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) . Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agricultura de Precisão, atuando principalmente nos seguintes temas: Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, Modelagem e Ecofisiologia da Produção Agrícola, Agrometeorologia, Hidrologia, Mecanização, Aplicação em Taxa Variável, Fertilidade do Solo e Qualidade.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-024-7

