

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/03/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LAÍNE GARCIA FERREIRA

**INTERAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA COMO SUPORTE À
DECISÃO DE OUTORGA NA BACIA DO RIO VERDE/SP (UGRHI-04)**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

LAÍNE GARCIA FERREIRA

INTERAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA COMO
SUORTE À DECISÃO DE OUTORGA NA BACIA DO RIO VERDE/SP
(UGRHI-04)

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Prof. Dr. Geraldo de Freitas Maciel
Orientador

Prof^a. Dr^a. Fabiana de Oliveira Ferreira
Coorientadora

Ilha Solteira
2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F383i Ferreira, Laíne Garcia.
Interação da água superficial e subterrânea como suporte à decisão de outorga na bacia do Rio Verde/SP (UGRHI-04) / Laíne Garcia Ferreira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
167 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2021

Orientador: Geraldo de Freitas Maciel
Coorientador: Fabiana de Oliveira Ferreira
Inclui bibliografia

1. Gestão integrada das águas. 2. Modelo para grandes bacias. 3. Curva de uso integrado.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CBBB - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: INTERAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA COMO SUPORTE À
DECISÃO DE OUTORGA NA BACIA DO RIO VERDE/SP (UGRHI-04).**

AUTORA: LAÍNE GARCIA FERREIRA

ORIENTADOR: GERALDO DE FREITAS MACIEL

COORDENADORA: FABIANA DE OLIVEIRA FERREIRA (Presidente da Comissão
Examinadora)

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, área: Regulação e Governança de Recursos
Hídricos pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. FABIANA DE OLIVEIRA FERREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Física / Universidade Federal de São Paulo



Prof. Dr. RODRIGO LILLA MANZIONE (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia -
UNESP – Tupã



Profª. Drª PATRÍCIA TEIXEIRA LEITE ASANO (Participação Virtual)
CECS - Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas / Universidade
Federal do ABC

Ilha Solteira, 17 de março de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, sem ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho.

Dedico este trabalho ao meu pai falecido e a minha mãe, aos quais agradeço os esforços e as bases que me deram para tornar a pessoa que sou hoje.

Também dedico este trabalho aos meus queridos irmãos, pelas palavras de sabedoria, que me impulsionaram a dedicar a pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Geraldo de Freitas Maciel, pela orientação e por possibilitar a realização desta pesquisa, mesmo diante de tantos desafios, incertezas e dificuldades.

Também quero agradecer imensamente a minha coorientadora, Dr^a Fabiana de Oliveira Ferreira, outra grande pessoa e professora, que me ensinou muito, e me fez refletir a respeito do caminho da pesquisa.

Agradeço a UNESP, pelo ensino gratuito e de qualidade, e aos professores pelas conversas e ensinamentos.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015 pelo apoio técnico científico.

Agradeço ao coordenador do curso, professor Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira, pela cobrança por empenho e dedicação ao curso, a fim de obter resultado para a sociedade brasileira.

Agradeço aos colegas de turma, por proporcionarem um ambiente muito amigável, colaborativo e alegre.

“Uma coisa morta pode seguir a correnteza, mas
somente uma coisa viva pode contrariá-la”
Gilbert Keith Chesterton

RESUMO

No ciclo hidrológico, parte da água é contida em superfícies naturais que dão origem aos mananciais superficiais e subterrâneos. Esses mananciais, apesar de aparentemente estarem dissociados, se inter-relacionam constituindo-se em um único recurso. Entretanto, as avaliações para gestão dos recursos hídricos têm sido realizadas sem considerar a integração das águas subterrâneas e superficiais. A justificativa para tal procedimento, se deve a dificuldade de determinar as heterogeneidades que envolvem os aquíferos e os cursos hídricos superficiais, e suas combinações, principalmente em escalas maiores. Também se deve a escassez de informação hidrogeológica, principalmente no quesito de transferência de água de um sistema para o outro e, especificamente, o impacto das retiradas de um sistema no outro. Em benefício de um uso seguro, afim de preservar o meio ambiente e evitar a escassez desse recurso vital, pesquisadores discutem a implementação de metodologias que possam contribuir com a gestão hídrica. Sendo assim, nesta dissertação de mestrado profissional propõe-se avaliar as retiradas de água superficial e subterrânea, de forma integrada, na Bacia Hidrográfica Rio Verde, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Pardo – UGRHI-04. Para isso, foi necessário realizar modificações no código fonte do Modelo de Grandes Bacias – MGB, com a inserção de um algoritmo que calcula as retiradas de águas superficiais na foz concomitantes às retiradas de águas do aquífero, em todas as áreas da bacia de forma síncrona, que consiste na principal contribuição deste trabalho. Nesse sentido, diferentes cenários de usos foram simulados, um que se limita em retirar água no ano todo, e o outro, apenas no período seco (abril a outubro). Com os resultados dessas simulações, interpolou-se os valores da $Q_{7,10}$ gerando as curvas de uso integrado. Essas curvas permitem visualizar os impactos das captações concomitantes sobre o fator integrante dos mananciais superficiais com os subterrâneos, ou seja, sobre a vazão mínima do rio. A partir de avaliações críticas das curvas, verificou-se que as captações conjuntas só podem ser realizadas no cenário de retiradas no período seco, e com limitações, para que o aquífero não se esgote. Deste modo, as curvas de uso integrado podem ser utilizadas como ferramentas úteis para o gerenciamento dos recursos hídricos diante de análises de possíveis captações irregulares, implantações de projetos de

obras hidráulicas e acompanhamento de usos mais eficientes na irrigação, já que a bacia em estudo pertence a uma região com ampla atividade agrícola.

Palavras-chave: gestão integrada das águas; modelo para grandes bacias; curva de uso integrado.

ABSTRACT

In the hydrological cycle, part of the water is contained in natural surfaces that give rise to surface and underground springs. These sources, despite apparently being dissociated, are interrelated, constituting a single resource. However, assessments for water resources management have been carried out without considering the integration of groundwater and surface water. The justification for such a procedure is due to the difficulty in determining the heterogeneities involving aquifers and surface water courses, and their combinations, especially on larger scales. It is also due to the scarcity of hydrogeological information, mainly in terms of transferring water from one system to another and, specifically, the impact of withdrawals from one system to another. For the sake of safe use, in order to preserve the environment and avoid the scarcity of this vital resource, researchers discuss the implementation of methodologies that can contribute to water management. Thus, in this professional master's thesis, it is proposed to evaluate the removal of surface and underground water, in an integrated manner, in the Rio Verde Hydrographic Basin, belonging to the Rio Pardo Water Resources Management Unit – UGRHI-04. For this, it was necessary to make changes to the source code of the Large Basin Model - MGB, with the insertion of an algorithm that calculates the removal of surface water at the mouth concomitant with the withdrawal of water from the aquifer, in all areas of the basin in a synchronous way, which is the main contribution of this work. In this sense, different use scenarios were simulated, one limited to withdrawing water throughout the year, and the other only in the dry period (April to October). With the results of these simulations, the values of $Q_{7,10}$ were interpolated, generating the integrated usage curves. These curves make it possible to visualize the impacts of concomitant abstractions on the integrating factor of surface and underground springs, that is, on the minimum flow of the river. Based on critical evaluations of the curves, it was found that joint withdrawals can only be carried out in the scenario of withdrawals in the dry period, and with limitations, so that the aquifer does not run out. In this way, the integrated use curves can be used as useful tools for the management of water resources in the face of analysis of possible irregular abstractions, implementation of hydraulic works projects and monitoring of more efficient uses in irrigation, since the basin under study belongs to a region with extensive agricultural activity.

Keywords: integrated water management; model for large basins; integrated use curve or basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Representação da mobilidade da água no solo e nas formações geológicas.....	21
Figura 2	- Sistemas de fluxos da água subterrânea.....	28
Figura 3	- Fluxo d'água através do caminho preferencial.....	29
Figura 4	- Efeitos da continuidade dos fluxos na infiltração.....	30
Figura 5	- Fluxo de base efluente e influente.....	31
Figura 6	- Fluxos regionais subterrâneos perpendiculares ao eixo do plano aluvial.....	32
Figura 7	- Esquema de representação da escala pontual, local e de sub-bacia.....	33
Figura 8	- Balanço hídrico em um esquema de reservatório subterrâneo.....	38
Figura 9	- Cenário de estado em equilíbrio dinâmico: com modificações que possibilitam atingir um novo estado de equilíbrio.....	39
Figura 10	- Bacia do Rio Pardo dividida em sub-bacias.....	44
Figura 11	- Localização da Bacia Hidrográfica Rio Verde.....	45
Figura 12	- Delimitação da bacia de acordo com o rio principal, e seus principais fatores externos.....	46
Figura 13	- Isoietas de precipitações médias anuais do Atlas Pluviométrico do Brasil.....	48
Figura 14	- Relevo da bacia hidrográfica Rio Verde	49
Figura 15	- Unidades geomorfológicas na bacia hidrográfica Rio Verde..	50
Figura 16	- Padrões de dissecação do relevo.....	50
Figura 17	- Densidade de drenagem da bacia Rio Verde.....	51
Figura 18	- Uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica Rio Verde.....	53
Figura 19	- Geologia da bacia Rio Verde e a localização das falhas e fraturas.....	54
Figura 20	- Tipos de solos presentes na bacia Rio Verde.....	55
Figura 21	- Textura dos solos na bacia hidrográfica Rio Verde.....	56
Figura 22	- Tipos de aquíferos na bacia hidrográfica Rio Verde.....	57

Figura 23	- Rochas nos aquíferos da bacia Rio Verde.....	58
Figura 24	- Os três tipos de porosidade de acordo com a litologia das rochas.....	58
Figura 25	- Potencialidade aquífera.....	59
Figura 26	- Características dos aquíferos.....	60
Figura 27	- Seção Hidrogeológica da bacia Rio Verde.....	60
Figura 28	- Comparação dos níveis de água de dois poços com o Ribeirão Lambari.....	61
Figura 29	- Comparação dos níveis de água de dois poços com o Rio Verde.....	61
Figura 30	- Comparação das captações subterrâneas com os aquíferos.	63
Figura 31	- Comparação das captações superficiais com os aquíferos....	63
Figura 32	- Fluxograma da metodologia.....	66
Figura 33	- Balanço de água e energia no solo em uma das várias URH's.....	68
Figura 34	- Contribuição das URH's para os únicos reservatórios de uma minibacia.....	68
Figura 35	- Geração de vazão nos reservatórios após a entrada de escoamentos.....	69
Figura 36	- Representação esquemática dos processos hidrológicos no MGB.....	69
Figura 37	- Discretização da bacia.....	70
Figura 38	- Balanço de água no solo para uma URH.....	73
Figura 39	- A camada superficial do solo representada por tubos com diferentes capacidades de armazenamento.....	74
Figura 40	- Distribuição estatística do volume máximo de armazenamento dos reservatórios.....	78
Figura 41	- Saturação de toda a área.....	79
Figura 42	- Saturação incompleta de uma área.....	80
Figura 43	- Esquema de trechos de rio e posicionamentos de variáveis..	89
Figura 44	- Discretização das minibacias em trechos de comprimento Δx e demonstração das variáveis de vazão (Q e QM), profundidade (h) e nível (z) do modelo inercial.....	92

Figura 45	- Bacia formada incorretamente por meio da modelação automática de todos os MDE's no MGB.....	98
Figura 46	- Foz da bacia Rio Verde na carta topográfica Rio Tambáú.....	98
Figura 47	- Formação errônea da foz da bacia por meio da modelação automática.....	99
Figura 48	- Correção do MDE e exutório da bacia.....	100
Figura 49	- Elaboração da URH por meio da combinação dos tipos de solo com o uso e ocupação da terra.....	100
Figura 50	- Combinação dos tipos de solo com o uso e ocupação da terra.....	101
Figura 51	- Localização dos postos meteorológicos utilizados na simulação.....	102
Figura 52	- Localização dos postos pluviométricos utilizados na simulação.....	103
Figura 53	- Pluviograma. a) pluviograma com dados completos. b) pluviograma ampliado com a exclusão dos três eventos extremos.....	103
Figura 54	- Disponibilidade temporal dos dados pluviométricos.....	105
Figura 55	- Localização dos postos fluviométricos.....	106
Figura 56	- Disponibilidade temporal dos dados fluviométricos.....	106
Figura 57	- Hidrograma das duas estações fluviométricos.....	107
Figura 58	- Comparação entre precipitação e vazão: (a) Volume total de chuva nos seis meses mais secos do ano. (b) Vazões mínimas anuais de 7 dias no posto fluviométrico do Rio Verde.....	110
Figura 59	- Comparação entre vazões e precipitação: (a) Volume total de chuva nos seis meses mais secos do ano. (b) Vazões mínimas anuais de 7 dias no posto fluviométrico do Ribeirão Lambari.....	111
Figura 60	- Vazão observada e simulada no período de validação (Posto 61821000).....	113
Figura 61	- Vazão observada e simulada no período de calibração (Posto 61821000).....	113

Figura 62	- Vazão observada e simulada no período de validação (61822000).....	114
Figura 63	- Vazão observada e simulada no período de calibração (61822000).....	115
Figura 64	- Simulação da vazão em 40 anos (estação 61821000, Rio Verde).....	116
Figura 65	- Simulação da vazão em 40 anos (estação 61822000, Ribeirão Lambari).....	116
Figura 66	- Pedologia nas sub-bacias da bacia Rio Verde.....	119
Figura 67	- Declividade dos cursos água nas sub-bacias.....	120
Figura 68	- Curva de permanência de 90% da vazão no posto fluviométrico 61821000 (instalado no curso d'água Rio Verde).....	122
Figura 69	- Curva de permanência de 50% da vazão no posto fluviométrico 61821000 (instalado no curso d'água Rio Verde)	122
Figura 70	- Curva de permanência de 90% da vazão no posto fluviométrico 61822000 (instalado no curso d'água Ribeirão Lambari).....	123
Figura 71	- Curva de permanência de 50% da vazão no posto fluviométrico 61822000 (instalado no curso d'água Ribeirão Lambari).....	124
Figura 72	- Curva de permanência na foz da bacia hidrográfica Rio Verde.....	125
Figura 73	- Curva de uso integrado no ano todo.....	127
Figura 74	- Curva de uso integrado no período seco.....	127
Figura E1	- Série completa das precipitações totais anuais interpoladas para a minibacia que contém o posto 61821000.....	160
Figura E2	- Série completa de precipitações dos seis meses mais secos interpoladas para a minibacia que contém o posto 61821000.....	161
Figura E3	- Série completa das precipitações totais anuais interpoladas para a minibacia que contém o posto 61822000.....	162

Figura E4	- Série completa de precipitações dos seis meses mais secos interpoladas para a minibacia que contém o posto 61822000.....	163
Figura A1 e A2	- Forma de topo convexo nos municípios de São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul, respectivamente.....	164
Figura A3	- Forma de topo tabular no município de Vargem Grande Sul.	164
Figura A4 e A5	- Forma de topo aguçado no município de São Sebastião da Grama.....	165

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Balanço por Sub-bacia.....	25
Tabela 2	- Seis sub-bacias da bacia do Pardo.....	45
Tabela 3	- Captações de água outorgadas na bacia do Rio Verde.....	62
Tabela 4	- Estações meteorológicas.....	102
Tabela 5	- Períodos de calibração e validação das duas sub-bacias com estações fluviométricas.....	108
Tabela 6	- Resumo dos parâmetros calibráveis do modelo MGB.....	117
Tabela 7	- Tempos de retardo nas três sub-bacias.....	121
Tabela 8	- Determinação da vazão de recarga.....	125
Quadro A1	- Busca do melhor MDE para a discretização da bacia hidrográfica Rio Verde, a partir da foz mais próxima da foz da carta topográfica.....	150
Tabela B1	- Reclassificação do código identificador do plano de informação uso e ocupação da terra.....	152
Tabela B2	- Reclassificação do código identificador dos tipos de solo..	153
Tabela B3	- Reclassificação do arquivo resultante da combinação do plano de informação do tipo de solo com o plano de informação uso e ocupação da terra.....	153
Tabela B4	- URH - Resultado da reclassificação do arquivo de combinação.....	154
Quadro C1	- Valores recomendados pelo programa MGB-IPH.....	156
Quadro C2	- Dados de vegetação (não calibráveis) utilizados na bacia Rio Verde.....	156
Tabela D1	- Dados de solo (calibráveis) das três sub-bacias pertencentes a bacia Rio Verde.....	158
Quadro A1	- Descrição das feições geomorfológicas da bacia hidrográfica Rio Verde.....	165
Quadro B1	- Dados e instrumentos utilizados para análise e simulação	166

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
AW3D30	ALOS Global Digital Surface Model 30m
BDiA	Banco de Dados de Informações Ambientais
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
CBH-Pardo	Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo
CGIAR	Consultative Group for International Agricultural Research
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CRWR	Centro de Pesquisas em Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DATAGEO	Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GDEM V.3	Global Digital Elevation Model Version 3
HGE	Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MDE	Modelo Digital de Elevação
MGB	Modelo Hidrológico de Grandes Bacias
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica - EUA
NASADEM	Novo modelo digital de elevação da NASA
NE	Nível Estático
NP	Nível Potenciométrico
NS	Nash Sutcliffe
Nslog	Nashe Sutcliffe Logaritimizado
PBIAS	Percentual de Tendência
QGIS	Quantum Geographic Information System

SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TANDEM X	TerraSAR-X add on for Digital Elevation Measurement
TOPODATA	Modelo Digital de Elevação Processado pelo INPE
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE	Usinas Hidrelétricas
UNESP	Universidade Estadual Paulista
URH	Unidade de Resposta Hidrológica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
1.1	JUSTIFICATIVA.....	24
1.2	OBJETIVOS.....	26
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	CONCEITOS GERAIS DAS INTERAÇÕES ENTRE OS RECURSOS HÍDRICOS.....	27
2.2	DETERMINAÇÃO DAS INTERAÇÕES ENTRE MANANCIAIS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS.....	35
3	O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO VERDE.....	44
3.1	LOCALIZAÇÃO.....	44
3.2	CLIMA.....	47
3.3	GEOMORFOLOGIA.....	48
3.4	USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	52
3.5	GEOLOGIA.....	53
3.5.1	Litoestratigrafia.....	53
3.5.2	Estrutura Pedológica.....	55
3.6	AQUÍFEROS.....	57
3.7	RELAÇÃO ENTRE OS CORPOS D'ÁGUA SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS NA BACIA HIDROGRÁFICA RIO VERDE.....	60
3.8	USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA.....	62
4	METODOLOGIA.....	65
4.1	MODELO HIDROLÓGICO MGB – IPH	67
4.1.1	Discretização da Bacia.....	70
4.1.2	Balço de Água e Energia.....	71
4.1.3	Escoamento na Minibacia.....	82
4.1.4	Escoamento na Rede de Drenagem.....	86
4.1.5	Método Numérico para Resolução das Equações de Saint Venant (MGB).....	88

4.2	MODIFICAÇÃO DO CÓDIGO FONTE.....	93
4.3	CENÁRIO DE RETIRADAS DE ÁGUAS E CURVAS DE USO INTEGRADO.....	96
4.4	INSTRUMENTOS E COLETA DE DADOS DE ENTRADA NO MODE- LO MGB.....	96
4.4.1	Programas.....	96
4.4.2	Modelo digital de elevação – MDE.....	97
4.4.3	Unidade de Resposta Hidrológica – URH.....	100
4.4.4	Dados meteorológicos.....	101
4.4.5	Dados pluviométricos.....	102
4.4.6	Dados fluviométricos.....	105
4.4.7	Parâmetros calibráveis e não-calibráveis.....	108
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	109
5.1	ANÁLISE PRELIMINAR DO COMPORTAMENTO DAS VAZÕES E PRECIPITAÇÕES.....	109
5.2	SIMULAÇÃO COM O MGB.....	112
5.2.1	Calibração.....	112
5.2.2	Significação dos parâmetros calibrados.....	117
5.2.3	Análise das vazões mínimas.....	122
5.3	PRODUTO: CURVAS DE OUTORGA DE USO INTEGRADO.....	126
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	130
6.1	CONCLUSÕES.....	130
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	132
6.3	PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	134
	REFERÊNCIAS.....	135
	APÊNDICE A – BUSCA DO MELHOR MDE.....	150
	APÊNDICE B – COMBINAÇÃO DOS CÓDIGOS (URH).....	152

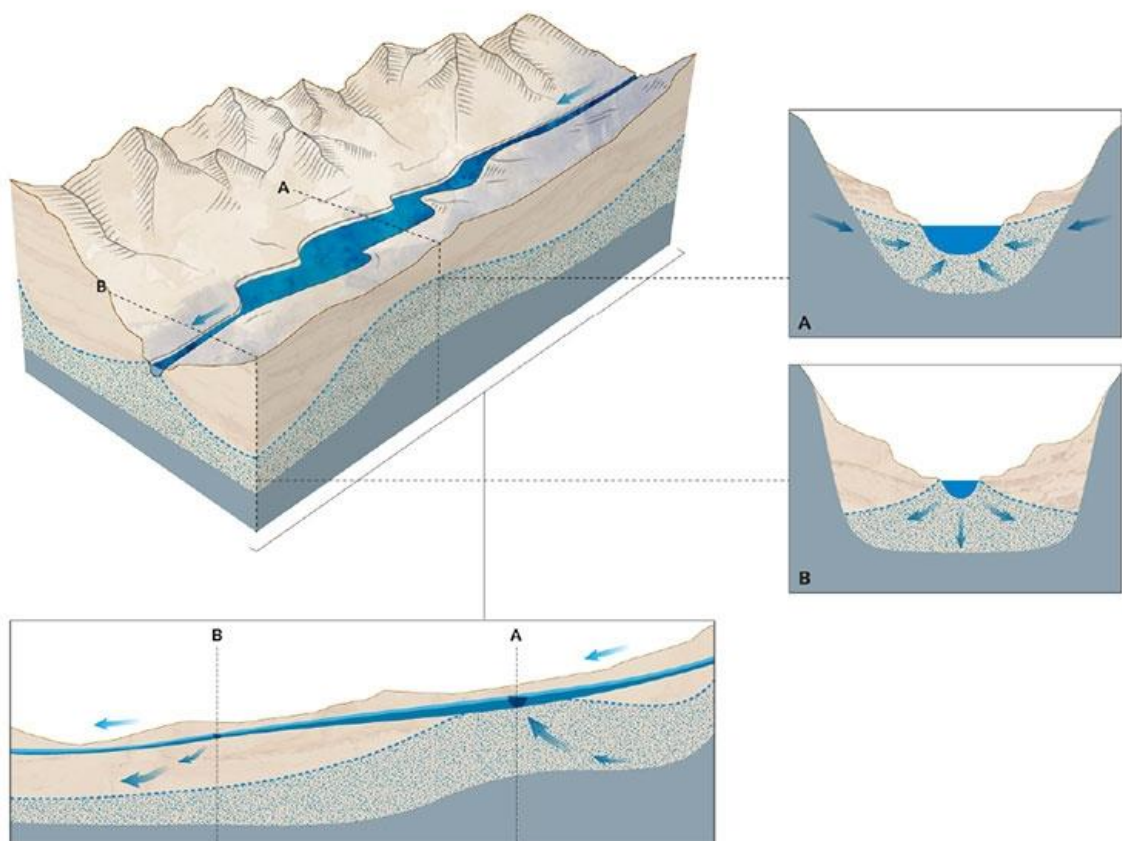
APÊNDICE C – PARÂMETROS NÃO CALIBRÁVEIS.....	156
APÊNDICE D – PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO.....	158
APÊNDICE E – DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	160
ANEXO A – AFERIÇÃO DO RELEVO.....	164
ANEXO B – FONTES DE TODOS OS DADOS E INSTRUMENTOS.....	166

1 INTRODUÇÃO

A gestão de recursos hídricos é tema de interesse nacional e internacional, trata-se de um recurso vital. Com o aumento da demanda de recursos hídricos, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de metodologias que avaliem a disponibilidade hídrica e possibilitem um abastecimento seguro, buscando preservar o meio ambiente. No Brasil existe uma disponibilidade de recursos hídricos significativa quando comparada a outros países, mas também há uma demanda elevada em função da concentração dos diversos tipos de usos, sobretudo, a irrigação.

Sabe-se que a mobilidade da água na natureza dispõe os componentes do ciclo hidrológico, como a água subterrânea e a água superficial, em arranjos variáveis, determinados pelas condições ambientais da região. Apesar disso, o recurso hídrico superficial continua indissociável do subterrâneo (Figura 1).

Figura 1 – Representação da mobilidade da água no solo e nas formações geológicas.



Fonte: (HIDROESTUDIOS, 2020).

Nesse contexto, para que a gestão das águas seja mais eficaz é de interesse considerar os recursos hídricos integrados, conforme a Lei nº 9.433/97 que designa como um dos objetivos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, coordenar a gestão integrada das águas; e similarmente, a Resolução nº 202/18 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, que estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Atualmente, os critérios de outorga aplicados no gerenciamento dos recursos hídricos são feitos de forma isolada. Para o manancial superficial são consideradas as vazões mínimas de referência, e no subterrâneo, assegura-se a disponibilidade hídrica de forma pontual, de acordo com a capacidade média dos aquíferos (testes de bombeamento e seus efeitos circunvizinhos).

Os diagnósticos ainda não preveem como as inter-relações entre os mananciais superficiais e subterrâneos interferem na disponibilidade hídrica da bacia. Uma bacia em estado de criticidade, que é de interesse averiguar essas interferências, é a bacia hidrográfica Rio Verde.

A bacia Rio Verde possui uma peculiaridade que praticamente sintetiza as propriedades paisagística do estado de São Paulo. Em outras palavras, a bacia está situada no encontro entre um bloco elevado do Planalto Atlântico (tendo rochas marcadas por falhas e fraturas) com a rebaixada Depressão Periférica.

A região também apresenta extensas áreas de várzeas e, com seus traçados sinuosos, delimita a transição entre ecossistemas de serra e de campos de cerrados. Portanto, trata-se de uma área de mosaico paisagístico e geológico extremamente complexa (ABREU 1972, *apud* VITTE e MELLO, 2013, p. 201).

A economia predominante da região é a agropecuária, sendo que a atividade de plantio produz legumes e frutas; e a atividade de criação concentra-se na pastagem. Segundo Tornadore (2004, *apud* VITTE e MELLO, 2013, p. 194), 90% da demanda por água é destinada à irrigação; 8%, o abastecimento público; e 2%, outros usos.

Atentando para a demanda dos recursos hídricos e para a condição de criticidade da bacia, é extremamente necessário realizar uma análise de usos integrados dos mananciais a fim de averiguar qual é a melhor combinação de captação de água.

Também é necessário realizar uma avaliação criteriosa em escala regional, considerando todos os processos que envolvem a bacia (ambientais e técnico-econômicos). Vale ressaltar que a escala regional é mais representativa do que a local e pontual, visto que, em menores escalas pode-se perder informações relevantes na avaliação de disponibilidade hídrica.

Poucos pesquisadores têm dado atenção para transferência de propriedades, descrições, processos e principais parâmetros de procedimentos hidrológicos de uma escala para outra (ADDOR *et al.*, 2019; BAILLIEUX *et al.*, 2015; BÁRDOSSY *et al.*, 2016; BERKOWITZ e ZEHE, 2020; BOU-ZEID *et al.*, 2020; FEIGL *et al.*, 2020; GRIMALDI *et al.*, 2016; KLOTZ *et al.*, 2017; SENDROWSKI *et al.*, 2018; SHENG *et al.*, 2020; SPENCE *et al.*, 2013). Alguns desses, constataram que o uso de ferramentas em determinadas escalas muda a efetividade ao aplicá-las para as demais.

Destaca-se, que na escala regional há uma escassez de trabalhos de combinação de captação de água e de avaliação integrada dos recursos hídricos. Sendo assim, é necessário um esforço adicional da comunidade científica para fornecer informações e metodologias de gestão, mais eficazes dos usos d'água.

As maiores dificuldades concentram-se na camada subterrânea e nos procedimentos hidrológicos, como:

- Camada subterrânea: delimitar os fluxos e seus sistemas na bacia; estimar como/quanto os fluxos se comportam com dois ou mais tipos de aquíferos; estipular a descarga para os rios e para o armazenamento subterrâneo; dimensionar o comportamento hidrogeológico mediante obras e impactos antrópicos e determinar a recarga/descarga em aquíferos fraturados.
- Procedimentos hidrológicos: caracterizar a dinâmica hidrológica do rio e do aquífero perante as captações superficiais e subterrâneas; estimar as combinações de captação de água superficial e subterrânea, permissíveis e determinar o impacto de um recurso no outro, levando em consideração as diferentes combinações e estimar o quanto de água superficial contribui para o aquífero.

Já na modelagem, as dificuldades consistem na disponibilidade de poucos dados de entrada para modelos hidrológicos e subterrâneos; e quando esses são acoplados, as calibrações são realizadas com base nos mananciais superficiais.

Em vista disso, estudos que quantificam a indissociabilidade dos mananciais superficiais e subterrâneos é de extrema importância para entender a dinâmica dos processos envolvidos, e também para definir parâmetros e limites para captações, seja de restrição ou não.

Um dos métodos de avaliação da conexão de dois mananciais é analisar o elemento integrador da bacia, isto é, a vazão. Outro procedimento, praticamente não utilizado, é avaliar as implicações das extrações concomitantes sobre recursos superficiais e subterrâneos. Essas avaliações podem ser realizadas por meio de modelos matemáticos e/ou numéricos. Especialmente, quando os códigos-fonte são livres para a inserção de peculiaridades da área em estudo.

Diante do problema de criticidade da bacia Rio Verde e importância da mesma para a região, nesta pesquisa será utilizado o Modelo de Grandes Bacias – MGB (MGB, 2019) como uma ferramenta potencial para compreender a interação entre a água superficial e subterrânea, por meio das curvas de uso integrado, mostrando cenários de retiradas plausíveis e cenários que possam agravar a disponibilidade hídrica da bacia, mediante simulações de duas situações distintas, uma com captações concomitantes no período seco (abril a outubro), e a outra, com captações durante o ano inteiro, todas as duas em um intervalo de 40 anos (1980 a 2019).

1.1 JUSTIFICATIVA

A Bacia Hidrográfica Rio Verde, pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Pardo - UGRHI-04 do Estado de São Paulo, e mantém grande concentração de áreas com culturas irrigadas, o que gera uma expressiva demanda de recursos hídricos consuntivos. Desde 2004, há indícios de ter atingido a situação de criticidade de acordo com a Lei Estadual n.º 9.034 de 27/12/94 – Plano Estadual de Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 2003).

Acompanhando as condicionantes dessa lei estadual e comparando-as com a situação real, o comitê da Bacia do Rio Pardo declarou algumas bacias críticas por meio das deliberações: 04/2004, 09/2005, 09/2010 e 10/2010.

A deliberação 04/2004 define a bacia do Rio Verde como crítica, pois as captações superaram 50% da vazão $Q_{7,10}$ da bacia. Já as deliberações 09/2010 e 10/2010 dão nova redação às 04/2004 e 09/2005 para definir os critérios de

deferimento e indeferimento de outorgas, bem como, o prazo de vigência de 3 anos das outorgas deferidas (SÃO PAULO, 2004; SÃO PAULO, 2005).

Além disso, essas últimas recomendam que o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE informe ao usuário a possibilidade de revogação da outorga tendo em vista que se trata de uma bacia crítica. O parágrafo 4º da deliberação 09/2010 define que as captações a fio d'água ou de barramentos sejam reduzidas ou paralisadas em períodos de estiagem crítica, de forma que estas captações não comprometam a manutenção da vazão $Q_{7,10}$ no corpo hídrico, bem como, a proposição de redução das captações desse tipo que ultrapassem a vazão mínima (SÃO PAULO, 2010).

Vale destacar que a bacia Rio Verde está inserida na Sub-Bacia Rio Tambaú e Rio Verde, a qual, em relação ao balanço por sub-bacia, é considerada a mais crítica da bacia do Rio Pardo, conforme a tabela 1:

Tabela 1 – Balanço por Sub-bacia.

Sub-Bacia	Disponibilidade (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)	Balanço (m ³ /s)
1 – Ribeirão São Pedro / Ribeirão da Floresta	5,79	3,58	2,21
2 – Ribeirão da Prata / Ribeirão Tamanduá	4,37	2,42	1,95
3 – Médio Pardo	8,15	2,32	5,82
4 – Rio Canoas	4,23	1,70	2,53
5 – Rio Tambaú / Rio Verde	3,90	4,15	-0,25
6 – Alto Pardo	16,31	2,98	13,33
Total	42,75	17,16	25,59

Fonte: (CBH PARDO, 2017).

Diante dessas premissas, justifica-se avaliar os impactos dos usos integrados de águas superficiais e subterrâneas na Bacia Rio Verde em escala regional.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como principal objetivo realizar uma análise integrada da bacia hidrográfica Rio Verde, utilizando do MGB para simular os processos de transformação de chuva em vazão, e considerando as retiradas de águas superficiais e subterrâneas.

Os objetivos específicos podem ser enumerados da seguinte maneira:

- Elaborar mapas de caracterização da bacia hidrográfica Rio Verde, a fim de identificar os processos que influenciam os mananciais;
- Levantar possíveis problemas que tem afetado a disponibilidade de água;
- Avaliar a inter-relação entre os usos superficiais e subterrâneos, usando o modelo MGB;
- Adaptar o código MGB para a retirada percentual da recarga de cada minibacia (no reservatório do aquífero) em relação a bacia total, e a retirada de água superficial na foz da bacia;
- Elaborar curvas de uso integrado por meio dos valores de retiradas subterrâneas e superficiais, de forma concomitante e com diferentes combinações, a fim de gerar um produto que possa dar suporte ao gerenciamento dos recursos hídricos.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões, sugestões para trabalhos futuros e a produção bibliográfica no período de pesquisa.

6.1 CONCLUSÕES

Nesta dissertação de mestrado profissional foi utilizado o Modelo MGB para tratar a problemática de retirada integrada de água superficial e subterrânea na Bacia Rio Verde. Para isso, o trabalho trouxe uma ampla caracterização da bacia, por meio de mapas de delimitação e seus fatores externos, precipitação, geologia, geomorfologia, unidades aquíferas, uso e ocupação da terra, pedologia e dos usos de recursos hídricos, o que poderá contribuir para futuros trabalhos ou até mesmo para consulta bibliográfica, em razão de poucas pesquisas para esta bacia.

Em relação ao levantamento de dados, o trabalho traz análises de vazão e precipitação, concluindo que a área de drenagem referente a estação de Itobi (estação 61821000) tem influência direta da precipitação devido ao efeito topográfico, já a área de drenagem referente a estação de Casa Branca (estação 61822000) sofre maior influência aquífera/escoamento subsuperficial, isso se deve aos efeitos geológicos. Também é constatado que a geração de escoamentos superficiais é mais influenciada pela declividade do que pelas características dos solos, indicando que o efeito topográfico sobrepõe ao geológico, em virtude da quantidade de escoamento superficial gerado em áreas onde há presença de terrenos acidentados e de rochas sedimentares.

Quanto a calibração do modelo MGB para este estudo de caso, o trabalho traz discussões de cada um dos parâmetros calibráveis. E no parâmetro W_m , verificou-se que a presença das falhas e fraturas em argissolos (considerados como solos rasos devido à camada B textural), podem ser fatores que mais contribuem para o armazenamento de água nesse tipo de solo.

Na calibração do reservatório de escoamento superficial, verificou-se que valores superiores aos sugeridos pelo manual MGB (faixa de 1 a 20), indicaram melhores índices estatísticos.

No que diz respeito aos tempos de retardo, conclui-se que a quebra de relevo e a proximidade de falhas e fraturas não atendem as condições de que o tempo de retardo subsuperficial seja maior que o superficial.

Acerca do modelo numérico MGB, o trabalho traz uma adaptação do código fonte para tratar o problema proposto, de mensurar os limites de captação de água superficial e subterrânea. Ao avaliar os dados conclui-se que devido a baixa regularização do aquífero, menor será a vazão mínima do rio. Além disso, há fortes indícios que o escoamento subsuperficial é o maior contribuinte para os cursos d'água da bacia.

Nesse sentido estes resultados apontam que 100% da vazão de recarga não é uma vazão segura de captação de água subterrânea, pois uma parcela da água é drenada para o rio, e por consequência o aquífero seca antes de retirar 100% do volume/vazão de recarga.

Com referência a modificação do código pode-se avaliar o comportamento do elemento integrador da água superficial com a subterrânea, ou seja, a vazão mínima do rio, e que após as retiradas concomitantes de água, conclui-se que o cenário mais viável para a captação neste estudo de caso é o cenário de retiradas de água no período seco, pois, no cenário de captação de água no ano todo o aquífero seca para qualquer valor de captação conjunta.

Por fim, as curvas de uso integrado podem ser utilizadas como ferramentas de gerenciamento dos recursos hídricos para análises de possíveis implantações de projetos de obras hidráulicas e acompanhamento de usos mais eficientes na irrigação.

- Vantagem e desvantagens da aplicação do MGB neste estudo de caso – Bacia Rio Verde.

- A vantagem de utilizar o MGB deve-se, em grande parte, da disponibilidade do código-fonte para realizar modificações peculiares à pesquisa e a área de estudo, trata-se de um software livre.
- Os dados de entrada são de fácil inserção possibilitando calibrar os parâmetros relacionados ao solo.

- Outra vantagem é o tempo computacional com um único processador (SSD Crucial BX500, 480GB, SATA, leitura 540 MB/s, Gravação 500 MB/s), as simulações foram realizadas com o tempo de 18 minutos.
- Possibilidade de diferenciar os escoamentos superficiais dos subsuperficiais e dos subterrâneos.
- Obter informações onde não há dados, como as obtidas na foz da bacia.

Em se tratando das desvantagens observou-se que:

- Há fortes evidências para esse estudo de caso, que a relação entre o armazenamento de água e a vazão de descarga no reservatório subterrâneo, não deve ser um modelo linear para os casos em que os períodos de recessão sejam pouco duradouros.
- Delimitar a bacia por meio da modelação automática do MDE, visto que a foz não se formava corretamente, sendo assim, necessitou realizar um condicionamento do MDE.
- Ausência de comunicação entre os aquíferos, representados pelos reservatórios subterrâneos.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A experiência obtida a partir dos levantamentos bibliográficos, análise de dados, exploração e calibração do Modelo MGB para este estudo de caso, permitiram identificar novas frentes que poderão contribuir para o avanço desta pesquisa:

- Mudar uma das duas estações fluviométricas para a foz da bacia, ou instalar uma nova estação.
- Modificar o código-fonte do MGB para calcular o volume de água do reservatório subterrâneo por meio de um modelo não-linear.
- Caso utilize dados meteorológicos mensais, fazer a correção da taxa de evapotranspiração nos períodos de recessão do hidrograma, por intermédio de testes de calibração, e verificar qual o melhor valor de compensação.

- Avaliar quando/quanto a profundidade do lençol freático diminuiu (se ocorreu).
- Simular retiradas de água subterrânea em poucas minibacias.
- Fazer a mesma simulação para a bacia hidrográfica Rio Tambaú/Rio Verde, ou seja, uma bacia maior e, comparar os resultados.
- Avaliar e contabilizar perdas (assoreamento, colmatagem e outros) e, por conseguinte calcular atrasos de recarga/descarga de águas subterrâneas.
- Realizar um arquivo de identificação de voçorocas e demais tipos de erosão, no município de Casa Branca e no entorno da bacia Rio Verde, a fim de disponibilizar dados para futuros trabalhos, como por exemplo, a influência de erosões na disponibilidade hídrica.
- Determinar quais fluxos (locais, intermediários e regionais), onde estão localizados e o quanto cada um deles influenciam a Bacia Rio Verde.
- Verificar se há zona de estagnação, qual a sua dimensão e, por conseguinte a sua influência nos fluxos preferenciais, na recarga de aquíferos e na descarga de água superficial.
- Estudo da ascensão capilar na bacia, diferenciando as regiões pelos diferentes aquíferos.
- Realizar as mesmas simulações dessa pesquisa, inserindo um plano de informação, em arquivo raster, com dados subterrâneos, ou acoplar no MGB um modelo subterrâneo capaz de determinar a capacidade de armazenamento do aquífero e de computar a contribuição de aquíferos adjacentes.

- Caso ocorra um aumento na capacidade de armazenamento do aquífero com as mudanças sugeridas acima, é possível elaborar as curvas de uso integrado, somente com valores que não ocasionam o esgotamento do aquífero.
- Resolver todas as etapas em poucos programas e de acesso livre.
- Avaliar o impacto das captações conjuntas sobre o nível dos aquíferos.

6.3 PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

FERREIRA, Laíne Garcia; MACIEL, Geraldo Freitas; FERREIRA, Fabiana Oliveira. Avaliação do Fluxo de Base e Escoamento Subsuperficial por meio do Modelo MGB na Bacia Hidrográfica Rio Verde/UGRHI-04. In: Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais, 2020, Porto Alegre. ANAIS do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais – Artigos Completos – Volume 2 – Bacias Hidrográficas e Gestão de Recursos Naturais. Toledo - PR: Editora GFM, 2020. v. 02. p. 137-153.

FERREIRA, Laíne Garcia; MACIEL, Geraldo Freitas; GUIMARAES, Wellington Donizete. Maquete Digital 3D da Bacia Hidrográfica Rio Verde/UGRHI-04. 2019. (Maquete).

REFERÊNCIAS

ADDOR, Nans; DO, Hong X; GARRETON, Camila Alvarez; COXON, Gemma; FOWLER, Keirnan; MENDOZA, Pablo A. Large-sample hydrology: recent progress, guidelines for new datasets and grand challenges **Hydrological Sciences Journal** Abingdon, v. 65, n. 5, p. 712-725, 3 dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1683182>.

AKIYAMA, Tomohiro; SAKAI, Akiko; YAMAZAKI, Yusuke; FUJITA, Koji; NAKAWO, Masayoshi; KUBOTA, Jumpei; KONAGAYA, Yuki. Surfacewater-groundwater interaction in the Heihe River basin. **Bulletin of Glaciological Research**. Northwestern China, v.24, p. 87-94, 12 nov. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259357750_Surfacewater-groundwater_interaction_in_the_Heihe_River_basin_Northwestern_China. Acesso em: 16 jul. 2020.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 9-75, 30 abr. 2018. No mínimo, 2 números por ano. DOI: <http://dx.doi.org/10.33958/revig.v39i3.600>. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/rig/article/view/600/581>. Acesso em: 28 fev. 2020.

BAILLIEUX, Antoine; MOECK, Christian.; PERROCHET, Pierre.; HUNKELER, Daniel; Assessing groundwater quality trends in pumping wells using spatially varying transfer functions. **Hydrogeology Journal**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1449 – 1463, 2 jul. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-015-1279-5>.

BANCO DE DADOS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS – BDIA (Brasil). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Vargem Grande do Sul, São Paulo**. 5 planos de informações vetoriais da geologia. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>. Acesso em: 15 mar. 2020a.

BANCO DE DADOS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS – BDIA (Brasil). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Vargem Grande do Sul, São Paulo**. 5 planos de informações vetoriais da geomorfologia. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 15 mar. 2020b.

BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA - BDMEP do INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (Brasil). **Insolação, Pressão Atmosférica, Temperatura Média, Umidade Relativa e Vento**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 22 abr. 2019.

BÁRDOSSY, András; HUANG, Yingchun; WAGENER, Thorsten. Simultaneous calibration of hydrological models in geographical space. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s. l.], v. 20, n.7, p. 2913 – 2928, 19 jul. 2016. <https://doi.org/10.5194/hess-20-2913-2016>.

BARRETO, Ana Beatriz da Cunha. **Avaliação de recarga e de sustentabilidade de recursos hídricos subterrâneos de uma micro-bacia usando modelagem numérica**. 2011. 210 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.pucRio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=16715@1>. Acesso em: 17 ago. 2019.

BARTHEL, Roland. HESS Opinions "Integration of groundwater and surface water research: an interdisciplinary problem?". **Hydrology And Earth System Sciences**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 2615-2628, 16 jul. 2014. Copernicus GmbH. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/hess-18-2615-2014>.

BARTHEL, Roland; BANZHAF, Stefan. Groundwater and Surface Water Interaction at the Regional-scale – A Review with Focus on Regional Integrated Models. **Water Resources Management**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.1-32, 4 nov. 2015. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-015-1163-z>.

BARTHEL, Roland; JAGELKE, J Johanna; GÖTZINGER, Jens; GAISER, Thomas; PRINTZ, Andreas. Aspects of choosing appropriate concepts for modelling groundwater resources in regional integrated water resources management – Examples from the Neckar (Germany) and Ouémé catchment (Benin). **Physics And Chemistry Of The Earth, Parts A/b/c**, [s. l.], v. 33, n. 1-2, p. 92-114, jan. 2008. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2007.04.013>.

BATES, Paul D.; HORRITT, Matthew S.; FEWTRELL, Timothy J. A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation modelling. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 387, n. 1-2, p. 33-45, jun. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.03.027>.

BERKOWITZ, Brian; ZEHE, Erwin. Surface water and groundwater: unifying conceptualization and quantification of the two “water worlds”. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s. l.], v. 24, n.4, p. 1831 – 1858, 14 apr. 2020. <https://doi.org/10.5194/hess-24-1831-2020>.

BOU-ZEID, Elie; ANDERSON, William; KATUL, Gabriel G.; MAHRT, Larry. The Persistent Challenge of Surface Heterogeneity in Boundary-Layer Meteorology: A Review. **Boundary Layer Meteorology**, [s.l.], v. 177, p. 227 – 245, 9 jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10546-020-00551-8>.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, p. 470-474, 09 jan. 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos que contemplem a articulação entre a União, os Estados e o Distrito Federal com vistas ao fortalecimento dessa gestão. **Resolução nº 202, de 28 de junho de 2018**: seção 1: edição: 244. Brasília, DF, p. 201, 20 dez. 2018.

BRUNNER, Philip; COOK, Peter G.; SIMMONS, Craig T. Disconnected Surface Water and Groundwater: from theory to practice. **Ground Water**, [s. l.], v. 49, n. 4, p. 460-467, 16 set. 2010. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.2010.00752.x>.

BUZZO, Oswaldo. **3ª Etapa – São Sebastião da Grama/SP à Águas da Prata/SP – 44 quilômetros**. 2013. 1 fotografia. Disponível em: <http://www.oswaldobuzzo.com.br/2013---caminho-da-fe---vi/3a-etapa-sao-sebastiao-da-grama-sp-a-aguas-da-prata-sp-44-quilometros>. Acesso em: 20 dezembro 2020.

CAMPOS NETO, Maria da Costa; BASEI, Miguel; JANASI, Valdecir; FRYER, Brian J. The São José do Rio Pardo mangeritic-granitic suite. **Geochimica Brasiliensis**, [s. l.], v.2, n.2, p. 185-199, 1988. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285640597_The_Sao_Jose_do_Rio_Pardo_mangeritic-ranitic_suite_southeastern_Brazil. Acesso em: 20 dezembro 2019.

CARDENAS, M. Bayani. A model for lateral hyporheic flow based on valley slope and channel sinuosity. **Water Resources Research**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 1-5, jan. 2009. American Geophysical Union (AGU). DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2008wr007442>.

CARNEIRO Celso Dal Ré, MATOS, José Henrique da Silva Nogueira de. Coberturas neogênicas controladas pela Zona de Cisalhamento de Jacutinga, borda sul da Cunha de Guaxupé, SP-MG. **Terræ**, v.13(1-2), p. 39-55, 15 nov. 2017. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terrae/V13/PDFv13/TE073-5.pdf>. Acesso em: 20 dezembro 2019.

CELARINO, André Luiz de Souza; LADEIRA, Francisco Sérgio Bernardes. Análise morfométrica da bacia do rio pardo (MG E SP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 471-491, 23 set. 2014. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i3.472>.

CHAPMAN, Tom. A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. **Hydrological Processes**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 701-714, 15 abr. 1999. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1085\(19990415\)13:53.0.co;2-2](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1099-1085(19990415)13:53.0.co;2-2).

CHESTERTON, Gilbert Keith. **The Everlasting Man**. London, England: Hodder & Stoughton, 1925.

COLLISCHONN, Walter. **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000320696&loc=2002&l=f46397692f2221cf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

COLLISCHONN, Walter; BUARQUE, Diogo Costa; MENDES, Carlos André Bulhões. **Descrição Teórica do MGB: Aula III - Água no solo e geração de escoamento**. [Porto Alegre: IPH/UFRGS], 2011. 1 apresentação via power point. Disponível em:

<https://www.ufrgs.br/hge/mgb/downloads/mgb-versoesantigas/mgb-4-4/>. Acesso em: 12 nov. 2018.

COLLISCHONN, Walter. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015.

COLLISCHONN, Walter; GAMA, Cléber; SIQUEIRA, Vinícius; PAIVA, Rodrigo; FLEISCHMANN, Ayan. Apostila 02. In: COLLISCHONN, Walter; GAMA, Cléber; SIQUEIRA, Vinícius; PAIVA, Rodrigo; FLEISCHMANN, Ayan. **Curso de Capacitação Tecnológica para Aplicações e Desenvolvimento**. 2020. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1eNfQEFebDY2LYSFDXNH46nM6cguy_ZjK/view. Acesso em: 17 jul. 2020.

COMITÊ DA BACIA DO RIO PARDO – CBH PARDO (São Paulo). Deliberação nº 004, de 25 de junho de 2004. Declara crítica a Bacia Hidrográfica do Rio Verde. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção I: Poder Executivo, São Paulo, p.125, 1 jul. 2004. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//3371/004-declara-critica-a-bacia-do-rio-verde.htm>. Acesso em: 22 abr. 2020.

COMITÊ DA BACIA DO RIO PARDO – CBH PARDO (São Paulo). Deliberação nº 009, de 10 de setembro de 2010. Dá Nova Redação aos Artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação CBH-Pardo nº 004/2004 de 25/06/2004, que “Declara Crítica A Bacia Hidrográfica do Rio Verde”. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção I: Poder Executivo, São Paulo, p.92, 15 out. 2010. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//4915/009-bacia-rio-verde.htm>. Acesso em: 22 abr. 2020.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO – CBH PARDO (São Paulo). **Plano de bacia hidrográfica 2018-2027**. 2017. 178 p. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbh-pardo/documentos>. Acesso em: 20 mar. 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO – CBH PARDO (São Paulo). Deliberação nº 010, de 10 de setembro de 2010. Dá nova redação aos artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação CBH-PARDO nº 009/2005, de 23/09/2005, que “Declara Crítica a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Congonhas, Afluente da Margem Esquerda do Rio Pardo, Localizada na Região do Município de Casa Branca”. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção I: Poder Executivo, São Paulo, p.92, 15 out. 2010. Disponível em: <http://www.sigrh-sp.gov.br/public/uploads/deliberation//4916/010-bacia-riocongonhas.htm>. Acesso em: 22 abr. 2020.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION – CSIRO. **Water availability in the Murray-Darling Basin. Summary of a report to the Australian Government. Australia**. out. 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/102.100.100/116603?index=1>. Acesso em: 19 fev. 2020.

CONSORTIUM FOR SPATIAL INFORMATION-CONSULTATIVE GROUP FOR INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH – CGIAR-CSI (Escritório Central: França). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Vargem Grande do Sul**, São Paulo. 1 modelo digital de elevação. Lat. Min: 50 S e

Max: 45 S. Long. Min: 25 W e Max: 20 W. Disponível em: <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/>. Acesso em: 03 março 2019.

COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – CPLA (São Paulo). **Cobertura da Terra do Estado de São Paulo - Ano 2010**, São Paulo: DATAGEO. 1 plano de informação vetorial da cobertura da terra. 2010. Disponível em: <http://datageo-ambiente.sp.gov.br/navegar>. Acesso em: 20 mar. 2020.

COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – CPLA e INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGC. (São Paulo). **Limite de UGRHI**, São Paulo: DATAGEO. 1 plano de informação vetorial com as 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI do estado. 2011. Disponível em: <http://datageo-ambiente.sp.gov.br/navegar>. Acesso em: 17 set. 2020.

COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – CPLA e INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGC. **Sedes Municipais**, São Paulo: DATAGEO. 1 plano de informação vetorial com a localização das sedes municipais do estado de São Paulo. 2010. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar>. Acesso em: 17 set. 2019.

DAHL, Mette; NILSSON, Bertel; LANGHOFF, Jesper H.; REFSGAARD, Jens C. Review of classification systems and new multi-scale typology of groundwater–surface water interaction. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 344, n. 1-2, p. 1-16, set. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.06.027>.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE (São Paulo). **Séries Históricas: Banco de Dados Hidrológicos BDH (Estações: 3C-012 e 4C-012)**, São Paulo: DAEE. Disponível em: <http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usuarios/>. Acesso em: 17 marc. 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE (São Paulo). **Pesquisa de Dados dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo: Pesq. Usos por Município (Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Vargem Grande do Sul)**, São Paulo: DAEE. Disponível em: <http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usuarios/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE; INSTITUTO GEOLÓGICO – IG; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo, DAEE, IG, IPT e CPRM, 2005. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2012/03/mapa-de-aguas-subterraneas-do-estado-de-sao-paulo-escala-11-000-000/>. Acesso em: 03 março 2020.

DINGMAN, S. Lawrence. **Physical Hydrology**. Long Grove, Illinois: Waveland Press, 2015. 643 p.

EBEL, Brian A.; MIRUS, Benjamin B.; HEPPNER, Christopher S.; VANDERKWAAK, Joel E.; LOAGUE, Keith. First-order exchange coefficient coupling for simulating surface water-groundwater interactions: parameter sensitivity and consistency with a physics-based approach. **Hydrological Processes**, [s. l.], v. 23, n. 13, p. 1949-1959, 30 jun. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7279>.

FAN, Fernando Mainardi; PONTES, Paulo Rógenes Monteiro; PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de. Avaliação de um método de propagação de cheias em rios com aproximação inercial das equações de Saint-Venant. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 4, n. 19, p. 137-148, 30 mar. 2014. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/173/62916e6e8636ba97d7bc0e9bcc206902_c6c64dd835c38b26061ef63932035d3f.pdf. Acesso em: 19 fev. 2020.

FEIGL, Moritz; HERRNEGGER, Mathew; KLOTZ, Daniel; SCHULZ, Karsten. Function Space Optimization: A Symbolic Regression Method for Estimating Parameter Transfer Functions for Hydrological Models. **Water Resources Research**, [s. l.] v. 56, n. 10, p. 1-24, 1 oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020WR027385>.

FERREIRA, Laíne Garcia; MACIEL, Geraldo Freitas; FERREIRA, Fabiana Oliveira. Avaliação do Fluxo de Base e Escoamento Subsuperficial por meio do Modelo MGB na Bacia Hidrográfica Rio Verde/UGRHI-04. In: Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10a Reunião de Estudos Ambientais, 2020, Porto Alegre. **Anais [...]**. Toledo - PR: Editora GFM, 2020. v. 02. p. 137-153.

FOLHARINI, Saulo de Oliveira; OLIVEIRA, Regina Célia de. Proposta de zoneamento ambiental para o município de São José do Rio Pardo-SP. **Geografia**, Londrina, v. 1, n. 22, p. 95- 116, 2013.

FURMAN, Alex. Modeling Coupled Surface-Subsurface Flow Processes: a review. **Vadose Zone Journal**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 741-756, maio 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.2136/vzj2007.0065>.

GAISER, T. *et al.* Development of a regional model for integrated management of water resources at the basin scale. **Physics And Chemistry of The Earth, Parts A/b/c**, [s. l.], v. 33, n. 1-2, p.175-182, jan. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2007.04.018>.

GAZETA DO RIO PARDO. **Apenas 32% dos moradores de São José trabalham, diz o IBGE**. 2019. 1 fotografia. Disponível em: <https://gazetadoriopardo.com.br/ciencia/apenas-32-dos-moradores-de-sao-jose-trabalham-diz-o-ibge/>. Acesso em: 20 dezembro 2020.

GERMAN AEROSPACE CENTER - DLR (Alemanha). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Grama e Vargem Grande do Sul, São Paulo**. German: EOC Geoservice. 1 modelo digital de elevação TanDEM-X. S22W048 e S22W047. Disponível em: <https://download.geoservice.dlr.de/TDM90/#details>. Acesso em: 03 março. 2019.

GONÇALVES, Vitor Fidelis Monteiro; SANTAROSA, Lucas Vituri & MANZIONE, Rodrigo Lilla. Mapeamento da recarga de águas subterrâneas no Sistema Aquífero Bauru (SAB) em área de proteção ambiental durante o ano hidrológico 2014/15. *In*: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 19., 2016, Campinas. **Anais [...]. Águas Subterrâneas**, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28711>. Acesso em: 3 maio 2020.

GÖTZINGER, Jens; BARTHEL, Roland; JAGELKE, Johanna; BÁRDOSSY, András. The role of groundwater recharge and baseflow in integrated models. *In*: Groundwater–Surface Water Interaction: Process Understanding, Conceptualization and Modelling (Proceedings of Symposium HS1002 at IUGG2007, Perugia, July 2007). Germany: IAHS, 2008. p. 103-109. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232293561_The_role_of_groundwater_recharge_and_baseflow_in_integrated_models/stats#fullTextFileContent. Acesso em: 3 maio 2020.

GRIMALDI, Salvatore; PETROSELLI, Andrea; SALVADORI, Gianfausto; DE MICHELE, Carlo. Catchment compatibility via copulas: A non-parametric study of the dependence structures of hydrological responses, **Advances in Water Resources**, v. 90, p. 116-133, apr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres>.

HIDROESTUDIOS. **Evaluación de daño ambiental en agua subterránea y superficial**. 1 imagem. Disponível em: <https://hidroestudios.cl/proyectos/evaluacion-de-dano-ambiental-en-agua-subterranea-y-superficial/>. Acesso em: 20 dezembro 2020.

HORNERO, Jorge; MANZANO, Marisol; ORTEGA, Lucía; CUSTODIO, Emilio. Integrating soil water and tracer balances, numerical modelling and GIS tools to estimate regional groundwater recharge: application to the alcadozo aquifer system (se Spain). **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 568, p. 415-432, out. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.011>.

HUGHES, Denis A. Incorporating groundwater recharge and discharge functions into an existing monthly rainfall–runoff model/Incorporation de fonctions de recharge et de vidange superficielle de nappes au sein d'un modèle pluie-débit mensuel existant. **Hydrological Sciences Journal**, [s.l.], v. 49, n. 2, p. 297-311, abr. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1623/hysj.49.2.297.34834>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 20 marc. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoesambientais/geomorfologia/15826-manual-tecnico-em-geociencias.html?edicao=15927&t=publicacoes>. Acesso em: 17 dez. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE (Brasil). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Grama e Vargem Grande do Sul**, São Paulo. São José dos Campos: TOPODATA, 2008. 1 modelo digital de elevação. Folha 21-S-48. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 03 março 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Diagnóstico da Situação dos Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento Hidrográfico do Rio Pardo - Relatório Zero**. 2000.

INSTITUTO FLORESTAL – IF (São Paulo). **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo – 2017**, São Paulo: DataGEO. 1 plano de informação vetorial do mapa pedológico. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar>. Acesso em: 20 mar. 2020.

INSTITUTO GEOLÓGICO - IG (São Paulo). **Unidades Aquíferas**, São Paulo: DATAGEO. 1 plano de informação vetorial das unidades aquíferas. 2007. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar>. Acesso em: 20 mar. 2020.

IRITANI, Mara Akie; EZAKI, Sibebe. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Instituto Geológico, 2012. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/publicacoes/2012/01/as-aguas-subterraneas-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 01 out. 2019.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (Japão). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Grama e Vargem Grande do Sul, São Paulo**. Japan: JAXA. 1 modelo digital de elevação Model ALOS Global Digital Surface, ALOS World 3D - 30m, AW3D30. Lat. -21.60, Long. -47.38 e Lat. -21.86 Long. -46.84. Disponível em: <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>. Acesso em: 03 março. 2019.

KHAN, Haris Hasan; KHAN, Arina. Groundwater and Surface Water Interaction. **Gis And Geostatistical Techniques For Groundwater Science**, [s.l.], p. 197-207, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-815413-7.00014-6>.

KLOTZ, Daniel; HERRNEGGER, Mathew; SCHULZ, Karsten. Symbolic Regression for the Estimation of Transfer Functions of Hydrological Models. **Water Resources Research**, v. 53, n. 11, p. 9402-9423, 13 oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017 WR021253>.

KOLLET, Stefan J.; MAXWELL, Reed M. Capturing the influence of groundwater dynamics on land surface processes using an integrated, distributed watershed model. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 1-18, fev. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2007wr006004>.

KOLLET, Stefan J.; MAXWELL, Reed M. Integrated surface–groundwater flow modeling: a free-surface overland flow boundary condition in a parallel groundwater flow model. **Advances In Water Resources**, [s.l.], v. 29, n. 7, p. 945-958, jul. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2005.08.006>.

LAMONTAGNE, Sebastien; TAYLOR, Andrew R.; COOK, Peter; CROSBIE, Russell; BROWNBILL, Robert; WILLIAMS, Michael; BRUNNER, Philip. Field assessment of surface water–groundwater connectivity in a semi-arid river basin (Murray–Darling, Australia). **Hydrological Processes**, [s.l.], v. 28, n. 4, p. 1561-1572, dec. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.9691>.

LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER – LP DAAC of the NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. New Digital Elevation Model of Shuttle Radar Topography Mission – NASADEM. 2020. Merged DEM Global 1 arc second V001. Disponível em: https://lpdaac.usgs.gov/products/nasadem_hgtv001/. Acesso em: 22 jul. 2020.

LARKIN, Randall G.; SHARP, John M. On the relationship between river-basin geomorphology, aquifer hydraulics, and ground-water flow direction in alluvial aquifers. **Geological Society Of America Bulletin**, [s.l.], v. 104, n. 12, p. 1608-1620, dez. 1992. DOI: [http://dx.doi.org/10.1130/00167606\(1992\)-1042.3.co;2](http://dx.doi.org/10.1130/00167606(1992)-1042.3.co;2).

LEVY, Jonathan; XU, Yongxin. Review: groundwater management and groundwater/surface-water interaction in the context of south african water policy. **Hydrogeology Journal**, [s.l.], v. 20, n. 2, p. 205-226, 19 nov. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-011-0776-4>.

MARKSTROM, Steven L.; NISWONGER, Richard G.; REGAN, R. Steven; PRUDIC, David E.; BARLOW, Paul M.. GSFLOW - Coupled Ground-Water and Surface-Water Flow Model Based on the Integration of the Precipitation-Runoff Modeling System (PRMS) and the Modular Ground-Water Flow Model (MODFLOW-2005). **Techniques And Methods**, [s.l.], chapter 1 of section D, Book 6, p. 1-240, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.3133/tm6d1>.

MAURER, Edwin P; FICKLIN, Darren L.; WANG, Weile. Technical Note: The impact of spatial scale in bias correction of climate model output for hydrologic impact studies **Hydrology and Earth System Sciences**, [s.l.] v. 20, n.2, 685—696, 12 feb. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-20-685-2016>.

MELATI, Maurício D.; FAN, Fernando M.; ATHAYDE, Gustavo B. Groundwater recharge study based on hydrological data and hydrological modelling in a South American volcanic aquifer. **Comptes Rendus Geoscience**, [s.l.], v. 351, n. 6, p. 441-450, ago. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2019.06.001>.

MELO, Rodrigo Prudente de; OLIVEIRA, Marcos Aurélio Farias de. Geologia e litogeoquímica de migmatitos, charnockitos e granulitos do Complexo Guaxupé na região de São João da Boa Vista (SP). **Brazilian Journal of Geology**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 253-272, 1 jun. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5327/z1519874x2012000300-005>.

MIRANDA, Evaristo Eduardo de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. 1 modelo numérico de elevação. Escala: 1:250.000. Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum: WGS 1984. Carta SF-23-V-C. Disponível em: <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/relevobr/>. Acesso em: 03 mar. 2019.

MOORE, Robert. J.; BELL, Va. Incorporation of groundwater losses and well level data in rainfall-runoff models illustrated using the PDM. **Hydrology And Earth System Sciences**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 25-38, 28 fev. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/hess-6-25-2002>.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA (Estados Unidos). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Vargem Grande do Sul, São Paulo**. The United States: NASA's Earthdata Search. 1 digital elevation model New Digital Elevation Model of Shuttle Radar Topography Mission – NASADEM. Lat. -22.41, Long. -47.60 e Lat. -21.35, Long. -46.52. Disponível em: <https://search.earthdata.nasa.gov/>. Acesso em: 29 abr. 2020.

NEVES, Mirna Aparecida. **Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na bacia do Rio Jundiá (SP)**. 2005. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE. Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/34468852_Analise_integrada_aplicada_a_exploracao_de_agua_subterranea_na_Bacia_do_Rio_Jundiai_SP. Acesso em: 17 ago. 2019.

ODA, Geraldo Hideo; IRITANI, Mara Akie; FERREIRA, Luciana Martin Rodrigues; SANTOS, Alexandre Henrique da; ROCHA, Gerônimo Albuquerque. **Proposta metodológica para exploração racional do Sistema Aquífero Tubarão no Estado de São Paulo**. In: ABAS, XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, 2005, Ribeirão Preto. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2005/01/oda-g-h-iritani-m-a-ferreira-l-m-r-silva-a-h-rocha-g-a/>. Acesso em: 01 out. 2019.

OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION – OSGEO. **Quantum GIS – QGIS**. Versão 3.10. Disponível https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: 13 fev. 2018.

PAZ, Adriano Rolim da; BUARQUE, Diogo Costa; COLLISCHONN, Walter; VICTORIA, Daniel de Castro; ANDRADE, Ricardo Guimarães. **Discretização de Modelos Hidrológicos de Grande Escala: grade regular x mini-bacias**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2011, Maceió. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/2efb01789b0ed4b68e4433eed3433e91_2629fa438e5a0e9b490e2a5df839b04b.pdf. Acesso em: 17 out. 2019.

PILGRIM, David H.; CORDERY, Ian; BARON, Bruce C. Effects of catchment size on runoff relationships. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 58, n. 3 – 4, p. 205-221, set. 1982 DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90035-X](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90035-X)

PONTES, Paulo Rógenes Monteiro; FAN, Fernando Mainardi; FLEISCHMANN, Ayan Santos; PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de; BUARQUE, Diogo Costa; SIQUEIRA, Vinícius Alencar; JARDIM, Pedro Frediani; SORRIBAS, Mino Viana; COLLISCHONN, Walter. MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS. **Environmental**

Modelling & Software, [s.l.], v. 94, p. 1-20, ago. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.029>.

PONTES, Paulo; COLLISCHONN, Walter; FAN, Fernando; PAIVA, Rodrigo; BUARQUE, Diogo. Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação inercial de vazões. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 888-904, out/dez. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n4.p888-904>.

PORTAL DE MAPAS IBGE. **Rio Tambáú**. 1. ed. São Paulo: IBGE, 1971. 1 carta topográfica. Escala 1: 50.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Imbituba, SC, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SF-23-V-C-V-2. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-V-C-V-2.jpg>. Acesso em: 03 mar. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL VARGEM GRANDE DO SUL. **CAMINHO da fé**. 2003. 1 fotografia. Disponível em: http://www.vgsul.sp.gov.br/?page_id=37745. Acesso em: 20 dezembro 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL VARGEM GRANDE DO SUL. **Vargem Grande do Sul - SP**. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.ferias.tur.br/fotogr/166273/vargemgrandedosul-spfotoprefeituramunicipal/vargemgrandedosul/>. Acesso em: 20 dezembro 2020.

RAWLS, Walter J., AHUJA, Lajpat R., BRAKENSIEK, Donald and Shirmohammadi, Adel. Infiltration and soil water movement. In: Maidment, David R (Org.). **Handbook of Hydrology**. Austin: McGraw-Hill, 1993. cap. 5, p. 145-190.

REGINATO, Pedro Antônio Roehe; STRIEDER, Adelir José. Integração de dados geológicos na prospecção de aquíferos. **Águas Subterrâneas**, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 1-14, 7 nov. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v20i1.9713>.

RESENDE, Mauro; CURI, Nilton; REZENDE, Sérvulo Batista de; CORRÊA, Gilberto Fernandes. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Lavras: UFLA, 2007. 322 p.

ROSSMAN, Nathan R.; ZLOTNIK, Vitaly A. Review: regional groundwater flow modeling in heavily irrigated basins of selected states in the Western United States. **Hydrogeology Journal**, [s.l.], v. 21, n. 6, p. 1173-1192, 6 jul. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-013-1010-3>.

SÁNCHEZ-VILA, Xavier; GIRARDI, Jorge P.; CARRERA, Jesús. A Synthesis of Approaches to Upscaling of Hydraulic Conductivities. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 31, n. 4, p. 867-882, abr. 1995. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/94wr02754>.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 195-211, 31 dez. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.

SÃO PAULO. **Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei n. 7663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo: Assembleia Legislativa, [1994]. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/1994/12/lei-estadual-n-9-034/>. Acesso em: 22 abr. 2020.

SAVENIJE, H.H.G.; ZAAG, P. van Der. Integrated water resources management: concepts and issues. **Physics And Chemistry Of The Earth, Parts A/b/c**, [s.l.], v. 33, n. 5, p. 290-297, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.003>.

SEBBEN, Megan L.; WERNER, Adrian D.; LIGGETT, Jessica E.; PARTINGTON, Daniel; SIMMONS, Craig T.. On the testing of fully integrated surface-subsurface hydrological models. **Hydrological Processes**, [s.l.], v. 27, n. 8, p. 1276-1285, 21 nov. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9630>.

SENDROWSKI, Alicia; SADID, Kazi; MESELHE, Ehab; WAGNER, Wayne; MOHRIG, David; PASSALACQUA, Paola. Transfer Entropy as a Tool for Hydrodynamic Model Validation. **Entropia (Basel)**. v. 20, n. 1, p. 1-24, 12 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/e20010058>.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: CPRM, 2006. Escala: 1:750.000. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 03 mar. 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil**. Isoietas Anuais na escala 1:5.000.000. 2011. Projeção: Geográfica Datum: WGS 84. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: 28 dez. 2019.

SHENG, Sheng; CHEN, Hua; GUO, Fu-Qiang; CHEN, Jie; XU, Chong-Yu; GUO, Sheng-Lian. Transferability of a Conceptual Hydrological Model across Different Temporal Scales and Basin Sizes. **Water Resour Manage**, [s. l.], v.34, p. 2953–2968, 26 jun. 2020. DOI: <https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11269-020-02594-5>.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO SETOR ELÉTRICO – SIGEL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (Brasil). **Usinas Hidrelétricas – UHE, Reservatórios e Hidrografia 1:1.000.000**. 2016. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/webmap/viewer.html?useExisting=1&layers=5756e0f30cf64601b96968bfc7d0dd3a>. Acesso em: 13 jun. 2020.

SILVA, Fernando Cavalcanti da. **Análise Integrada de Usos da Água Superficial e Subterrânea em Macro-Escala numa Bacia Hidrográfica: O Caso do Alto Rio Paranaíba**. 2007. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/12689>. Acesso em: 10 mai. 2018.

Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (São Paulo). **Séries Históricas de Estações Pluviométricas**. Brasil: Portal HIDROWEB. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 13 marc. 2019.

SOPHOCLEOUS, Marios. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. **Hydrogeology Journal**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 52-67, 11 jan. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-001-0170-8>.

SOUZA, Adonis de; DAVINO, André; TORRES, Carlos de Carvalho; MASSOLI, Marcos; SINELLI, Osmar; VIEIRA, Percy Corrêa. Geologia e hidrogeologia da região do distrito de Lagoa Branca, Casa Branca, SP, aplicação de sondagem elétrica. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 15-23, 1982.

SPANOUDAKI, Katerina; STAMOU, Anastasios I.; NANOU-GIANNAROU, Aikaterini. Development and verification of a 3-D integrated surface water–groundwater model. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 375, n. 3-4, p. 410-427, set. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.041>.

SPENCE, CHRIS; WHITFIELD, PAUL .H; POMEROY, JOHN W; PIETRONIRO, ALAIN; BURN, DONALD H.; PETERS, DANIEL L.; ST-HILAIRE, ANDRÉ. A review of the Prediction in Ungauged Basins (PUB) decade in Canada, **Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques**, v. 38, n. 4, p. 253-262, 11 dec. 2013. DOI: <https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1080/07011784.2013.843867>.

STEFANI, Fausto Luis. **Zoneamento geoambiental da região de Casa Branca/SP**. 2003. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/05.19.10.51/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, Maria Cristina Motta de; FAIRCHILD, Thomas Rich; TAIOLI, Fabio (org.). **Decifrando a terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007. 624 p.

THE MINISTRY OF ECONOMY, TRADE, AND INDUSTRY - METI AND NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA (Japão e Estados Unidos). **Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Vargem Grande do Sul, São Paulo**. The United States: NASA's Earthdata Search. 1 digital elevation model Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - ASTER Global Digital Elevation Model Version 3 - GDEM 003, ASTER GDEM. Lat. -21.60, Long. -47.38 e Lat. -21.86 Long. -46.84. Disponível em: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>. Acesso em: 03 março. 2019.

TODINI, Ezio. The ARNO rainfall—runoff model. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 175, n. 1-4, p. 339-382, fev. 1996. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s00221694\(96\)80016-3](http://dx.doi.org/10.1016/s00221694(96)80016-3).

TÓTH, József. A conceptual model of the groundwater regime and the hydrogeologic environment. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 164-176, fev. 1970. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90186-1](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(70)90186-1).

TÓTH, József. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. **Journal of Geophysical Research**, [s.l.], v. 68, n. 16, p. 4795-4812, 15 ago. 1963. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/jz068i016p04795>.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **International legend for hydrogeological maps**. England: UNESCO/ IASH/ IAH/ Institute of Geological Sciences, 1970.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH. **Modelo de Grandes Bacias – MGB**. Versão 4.5. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/hge/mgb/downloads/mgb-4-5nova-docum/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

VAN LIEW, Michael W.; ARNOLD, Jeffrey G.; GARBRECHT, Jurgen D. HYDROLOGIC SIMULATION ON AGRICULTURAL WATERSHEDS: choosing between two models. **Transactions of The Asae**, [s.l.], v. 46, n. 6, p. 1539-1551, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.15643>.

VAN LIEW, Michael W.; VEITH, Tamie L.; BOSCH, David D.; ARNOLD, Jeffrey G.. Suitability of SWAT for the Conservation Effects Assessment Project: comparison on usda agricultural research service watersheds. **Journal of Hydrologic Engineering**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 173-189, mar. 2007. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)1084-0699\(2007\)12:2\(173\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)1084-0699(2007)12:2(173)).

VASCONCELOS, Sonia Maria Silva. Avaliação da recarga subterrânea através da variação do nível potenciométrico no Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 10, p. 49- 56, abr/jun. 2005.

VITTE, Antônio Carlos; MELLO, Juliano Pereira de. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio verde, região nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Geosp: Espaço e Tempo (Online)**, [s.l.], n. 35, p. 192, 30 dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.21790892.geosp.2013.75447>.

VRIES, Jacobus J. de; SIMMERS, Ian. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. **Hydrogeology Journal**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 5-17, 11 jan. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-001-0171-7>.

WATER RESOURCES RESEARCH CENTER - CRWR at the UNIVERSITY of TEXAS at AUSTIN in The UNITED STATES. **ArchHydro Tools**. Versão 10.0. ESRI. Disponível em: <http://downloads.esri.com/archydro/archydro/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

WINTER, Thomas C.; HARVEY, Judson W.; FRANKE, O. Lehn; ALLEY, William M. Ground water and surface water: a single resource. **Circular**, [s.l.], n. 1139, p. 1-79, 1998. US Geological Survey. DOI: <http://dx.doi.org/10.3133/cir1139>.

WINTER, Thomas C.. Numerical simulation analysis of the interaction of lakes and ground water. **Professional Paper**, [s.l.], n. 1001, p. 1-45, 1976. US Geological Survey. DOI: <http://dx.doi.org/10.3133/pp1001>.

WITTENBERG, H. Nonlinear analysis of flow recession curves. *In*: PROCEEDINGS OF THE BRAUNSCHWEIG CONFERENCE, 221, 1993, Braunschweig. Flow Regimes from International Experimental and Network Data. Suderburg: IAHS Publ, 1994. p. 61-67. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242234375_Nonlinear_Analysis_of_Flow_Recession_Curves. Acesso em: 20 mar. 2020.

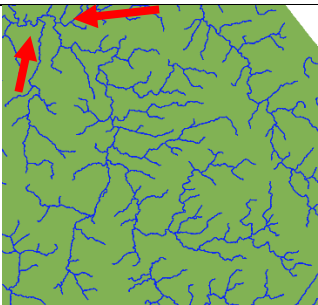
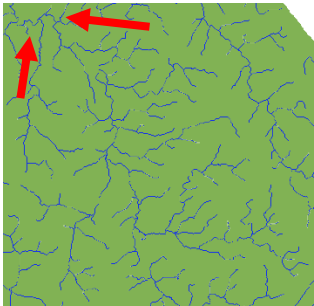
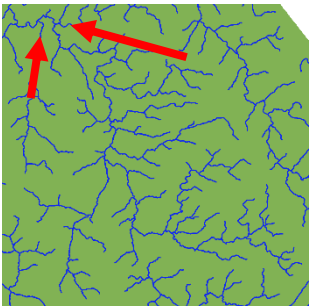
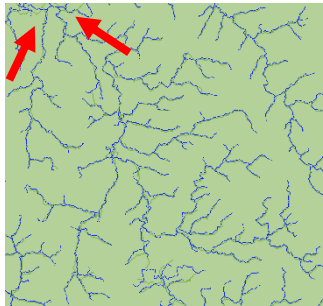
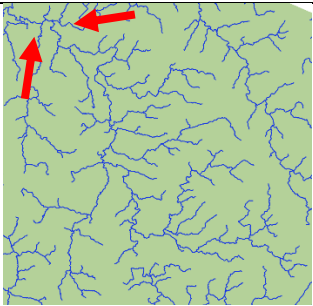
WOESSNER, William W. Stream and Fluvial Plain Ground Water Interactions: rescaling hydrogeologic thought. **Ground Water**, [s.l.], v. 38, n. 3, p. 423-429, maio 2000. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.2000.tb00228.x>.

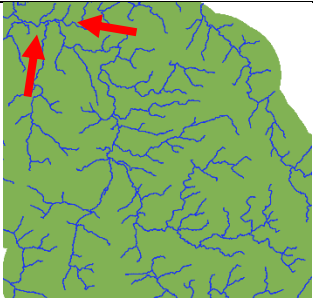
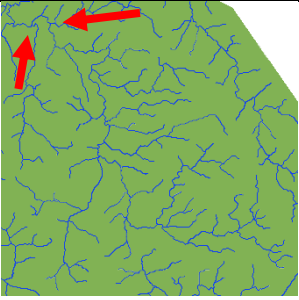
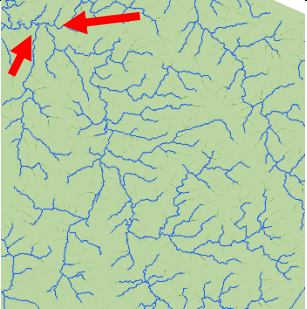
YAMAZAKI, Dai; ALMEIDA, Gustavo A. M. de; BATES, Paul D. Improving computational efficiency in global river models by implementing the local inertial flow equation and a vector-based river network map. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 49, n. 11, p. 7221-7235, nov. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/wrcr.20552>.

APÊNDICE A – BUSCA DO MELHOR MDE

No Quadro A1 apresenta-se a discretização da Bacia Rio Verde utilizando vários MDE's disponíveis. Ao realizar a primeira tentativa de simulação no modelo MGB, percebeu-se que a discretização da bacia não se formava corretamente devido a formação errônea da foz. Assim, optou-se por testar todos os MDE's disponíveis.

Quadro A1: Busca do melhor MDE para a discretização da bacia hidrográfica Rio Verde, a partir da foz mais próxima da foz da carta topográfica.

SRTM - NASA			
Repositórios - SRTM	CGIAR 	TOPODATA 	BRASIL EM RELEVO 
ASTER GDEM V.3			

AW3D30	
TANDEM X	
NASADEM	

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE B – COMBINAÇÃO DOS CÓDIGOS (URH)

Para gerar uma URH é necessário combinar dois planos de informações, o tipo de solo e o uso e ocupação da terra (arquivo shapefile ou conhecido por arquivo em formato vetorial), todos adquiridos da plataforma Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo – DataGEO.

Com o intuito de compor as nove URH, o solo foi delineado como profundo (latossolo) e raso (cambissolo, neossolo, argissolo e gleissolo/várzea); e o uso da terra foi delineado como: cobertura arbórea, cobertura herbácea arbustiva, solo exposto, área construída e curso d'água.

O agrupamento destes planos de informação reduz as classes de acordo com o interesse, tendo um limite para o MGB de 12 URH.

Esses arquivos foram obtidos no formato vetorial, entretanto foi necessário transformar para o formato raster a fim reclassificar o código identificador de todas as características, como demonstrado nas tabelas B1 e B2.

Tabela B1 – Reclassificação do código identificador do plano de informação uso e ocupação da terra.

Classe de uso e ocupação da terra	Código identificador
Cobertura arbórea	10
Cobertura herbácea arbustiva	20
Solo exposto	30
Área construída	40
Corpo d' água	50

Fonte: elaborado pela autora.

A reclassificação do código de uso e ocupação da terra limitou-se os dados de acordo com a capacidade de infiltração, como solo raso ou profundo ou impermeabilizado (urbano) ou como corpo hídrico ou várzea, e em seguida realiza-se uma combinação dos códigos a fim de que haja a menor quantidade de URH possíveis, como mostrado na tabela B2.

Tabela B2 – Reclassificação do código identificador dos tipos de solo.

Tipos de solo	Código Identificador	Capacidade de Infiltração
Latossolos	1	Profundo
Argissolos	2	Raso
Cambissolos	3	Raso
Gleissolos	4	<u>Várzea</u>
Neossolos	5	Raso
Urbano	6	<u>Urbano</u>
Rios, represas e lagoas	7	<u>Água</u>

Fonte: elaborado pela autora.

Com a combinação dos códigos de uso e ocupação da terra e dos tipos de solos, os mesmos são reclassificados na ferramenta *Reclassify* do *Spatial Analyst Tools*; apresentado na tabela B3:

Tabela B3 – Reclassificação do arquivo resultante da combinação do plano de informação do tipo de solo com o plano de informação uso e ocupação da terra.

Usos da terra	Infiltração	Combinação de códigos	Reclassificação dos códigos
Arbóreo	Profundo	11	1
Arbóreo	Raso	12	4
Arbóreo	Raso	13	4
Arbóreo	<u>Várzea</u>	14	7
Arbóreo	Raso	15	4
Urbano		16	8
Água		17	9
Herbácea Arbustivo	Profundo	21	2
Herbácea Arbustivo	Raso	22	5
Herbácea Arbustivo	Raso	23	5
Herbácea Arbustivo	<u>Várzea</u>	24	7
Herbácea Arbustivo	Raso	25	5
Urbano		26	8
Água		27	9

Solo exposto	Profundo	31	3
Solo exposto	Raso	32	6
Solo exposto	Raso	33	6
Solo exposto	Várzea	34	7
Solo exposto	Raso	35	6
Urbano		36	8
Água		37	9
Urbano	Profundo	41	8
Urbano	Raso	42	8
Urbano	Raso	43	8
Urbano	<u>Várzea</u>	44	8
Urbano	Raso	45	8
Urbano		46	8
Urbano	<u>Água</u>	47	8
Água	Profundo	51	9
Água	Raso	52	9
Água	Raso	53	9
Água	<u>Várzea</u>	54	9
Água	Raso	55	9
Água	<u>Urbano</u>	56	9
Água		57	9

Fonte: elaborado pela autora.

Pode-se observar que a combinação gerou um número elevado de URH (tabela B3) e após a reclassificação obtém-se um valor menor do que 12 URH (tabela B4).

Tabela B4: URH - Resultado da reclassificação do arquivo de combinação.

Código Identificador	URH
1	Arbóreo Profundo
2	Herbáceo Arbustivo Profundo
3	Solo Exposto Profundo

4	Arbóreo Raso
5	Herbáceo Arbustivo Raso
6	Solo Exposto Raso
7	Várzea
8	Urbano
9	Água

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE C – PARÂMETROS NÃO CALIBRÁVEIS

Nos quadros C1 e C2 são apresentados os parâmetros não calibráveis, ou seja, os parâmetros relacionados a vegetação. No quadro C1 são expostos os valores de parâmetros recomendados pelo programa MGB-IPH. Já no quadro C2 são exibidos os valores dos parâmetros utilizados no presente estudo.

Quadro C1 – Valores recomendados pelo programa MGB-IPH.

Albedo	Mínimo	Médio	Máximo
Floresta	0,11		0,16
Cerrado	0,13		0,18
Pastagem	0,18		0,26
Agricultura	0,15		0,26
Água		0,08	
Índice de Área Foliar	Mínimo	Médio	Máximo
Floresta	4	6	9
Cerrado	1	3	4
Pastagem	1	2	4
Agricultura	1	2	6
Água	1	1	1
Altura do dossel	Mínimo	Médio	Máximo
Floresta	10		30
Cerrado	5		10
Pastagem	0,5		1
Agricultura	0,5		2
Água		0,5	
Resistência de Superficial	Mínimo	Médio	Máximo
Floresta		100	
Cerrado	60		200
Pastagem	40	70	80
Agricultura	40	70	154
Água	0	0	0

Quadro C2 – Dados de vegetação (não calibráveis) utilizados na bacia Rio Verde.

Mês	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
URH	Albedo											
Arb/Prof	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11
Herb/Prof	0,13	0,13	0,13	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,13	0,13	0,13
Sol/Prof	0,10	0,10	0,10	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,10	0,10	0,10
Arb/Raso	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11
Herb/Raso	0,13	0,13	0,13	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,13	0,13	0,13
Sol/Raso	0,10	0,10	0,10	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,10	0,10	0,10
Varzea	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Urbano	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Água	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
URH	Índice de Área Foliar											
Arb/Prof	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	6,00	6,00
Herb/Prof	1,00	1,00	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	1,00	1,00
Sol/Prof	3,00	3,00	3,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	3,00	3,00	3,00

Arb/Raso	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	6,00	6,00
Herb/Raso	1,00	1,00	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	1,00	1,00
Sol/Raso	3,00	3,00	3,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	3,00	3,00	3,00
Varzea	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Urbano	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
URH	Altura Média da Vegetação											
Arb/Prof	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Herb/Prof	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Sol/Prof	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Arb/Raso	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Herb/Raso	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Sol/Raso	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Varzea	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Urbano	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Água	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
URH	Resistência Superficial											
Arb/Prof	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Herb/Prof	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Sol/Prof	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Arb/Raso	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Herb/Raso	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Sol/Raso	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Varzea	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Urbano	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE D – PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO

Neste apêndice são apresentados os parâmetros calibráveis, ou seja, os parâmetros relacionados ao solo. Na tabela D1 expõe-se os valores usados no presente estudo.

Tabela D1 – Dados de solo (calibráveis) das três sub-bacias pertencentes a bacia Rio Verde.

Sub-bacia	URH	Wm	b	Kbas	Kint	CS	CI	CB
1	Arbóreo Profundo	1000	0,06	0.08	10	96	50	1900
	Herbáceo Profundo	1000	0,06	0.08	10			
	Solo Profundo	1000	0,06	0.08	10			
	Arbóreo Raso	600	0,14	0.08	60			
	Herbáceo Raso	600	0,14	0.08	60			
	Solo Raso	600	0,14	0.08	60			
	Várzea	150	0,14	0.08	60			
	Urbano	150	0,14	0.08	60			
	Água	0	0	0	0			
2	Arbóreo Profundo	500	0,16	0.7	15	96	310	1800
	Herbáceo Profundo	500	0,16	0.7	15			
	Solo Profundo	500	0,16	0.7	15			
	Arbóreo Raso	300	0,18	0.7	120			
	Herbáceo Raso	300	0,18	0.7	120			
	Solo Raso	300	0,18	0.7	120			
	Várzea	150	0,18	0.7	120			
	Urbano	150	0,18	0.7	120			
	Água	0	0	0	0			
3	Arbóreo Profundo	900	0,06	0.04	5	97	100	1400
	Herbáceo Profundo	900	0,06	0.04	5			
	Solo Profundo	900	0,06	0.04	5			
	Arbóreo Raso	500	0,14	0.04	65			
	Herbáceo Raso	500	0,14	0.04	65			
	Solo Raso	500	0,14	0.04	65			

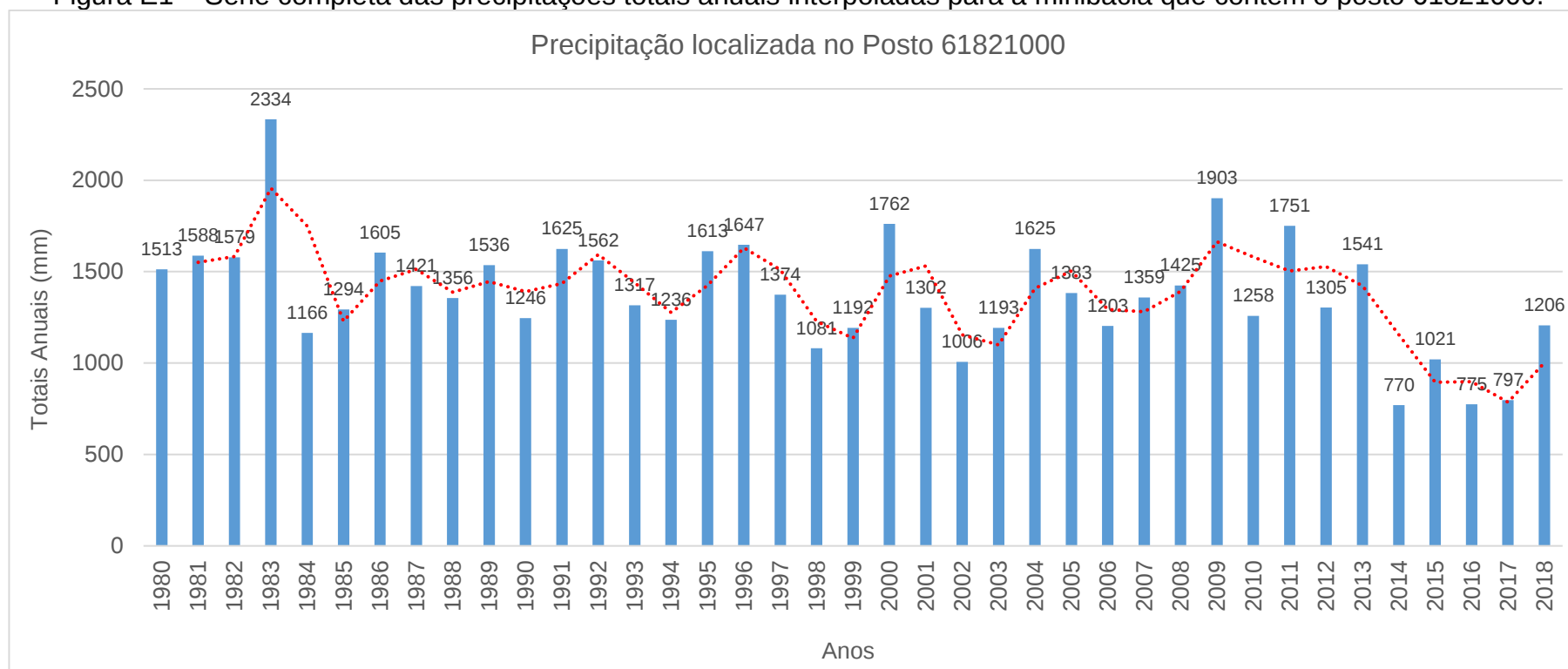
Várzea	150	0,14	0.04	65
Urbano	150	0,14	0.04	65
Água	0	0	0	0

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE E – DADOS PLUVIOMÉTRICOS

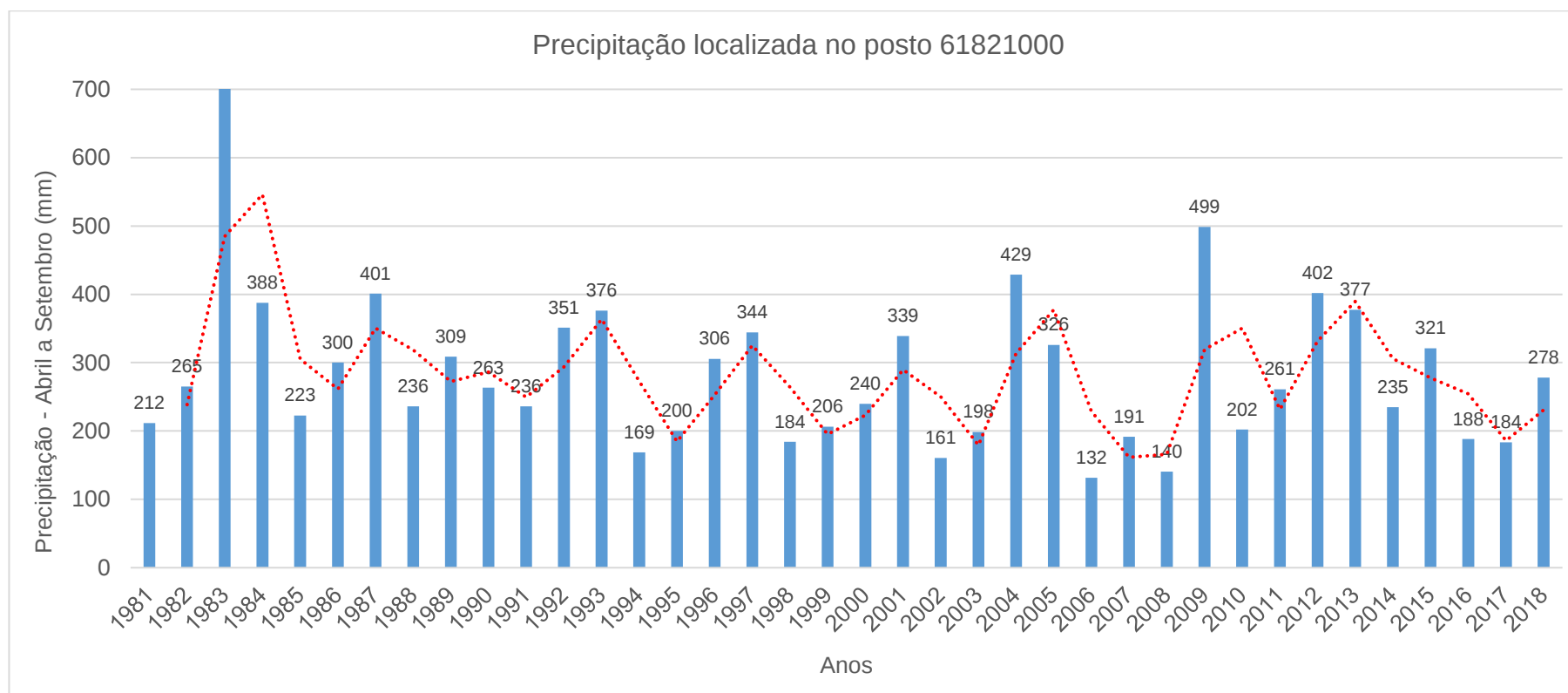
Neste apêndice, elaborou-se gráficos de precipitação total anual e de precipitação dos seis meses mais secos do ano, todos com dados completos, para serem comparados com os dados de vazão. Entretanto os dados de vazão são incompletos, assim, a título de comparação, selecionou-se os anos coincidentes e disponibilizou-os no decorrer do texto, e manteve-se os dados completos neste apêndice para possíveis consultas.

Figura E1 – Série completa das precipitações totais anuais interpoladas para a minibacia que contém o posto 61821000.



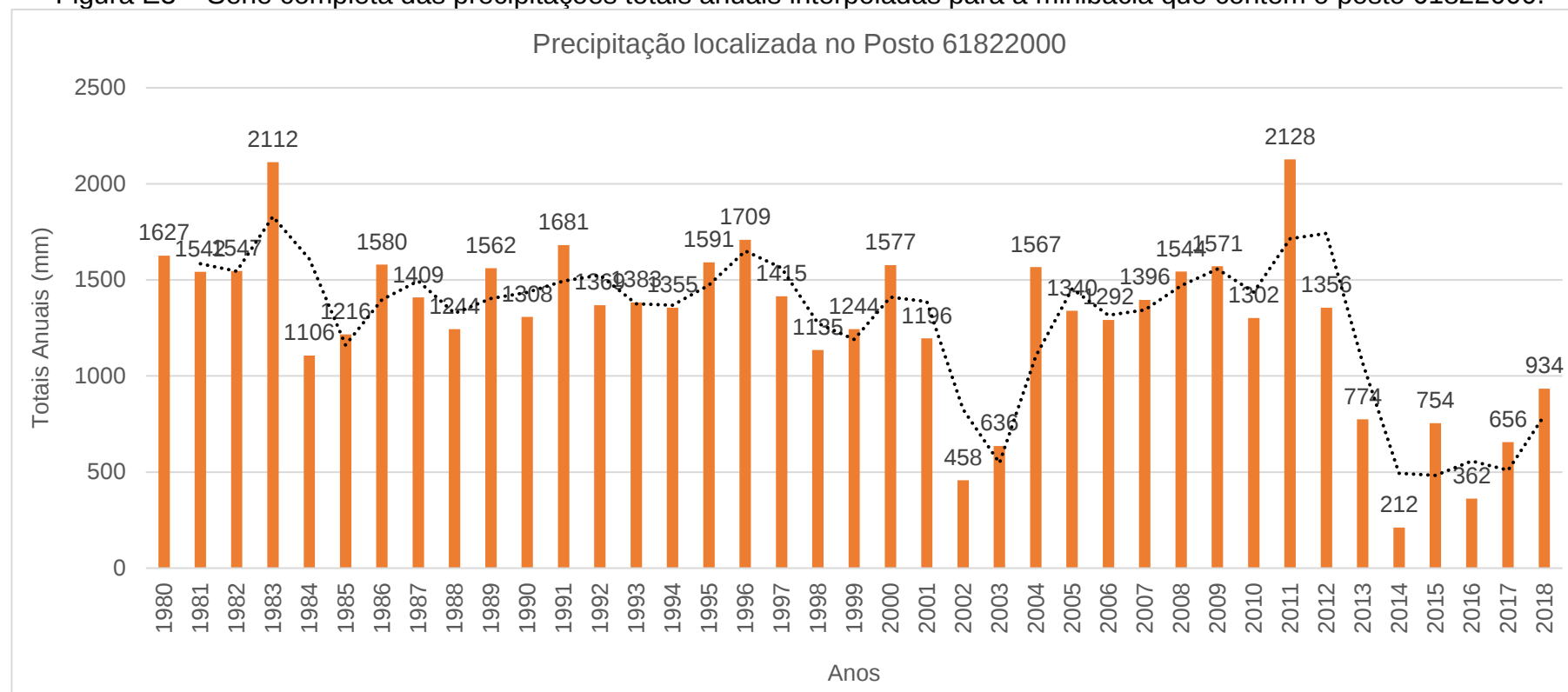
Fonte: elaborado pela autora.

Figura E2 – Série completa de precipitações dos seis meses mais secos interpoladas para a minibacia que contém o posto 61821000.



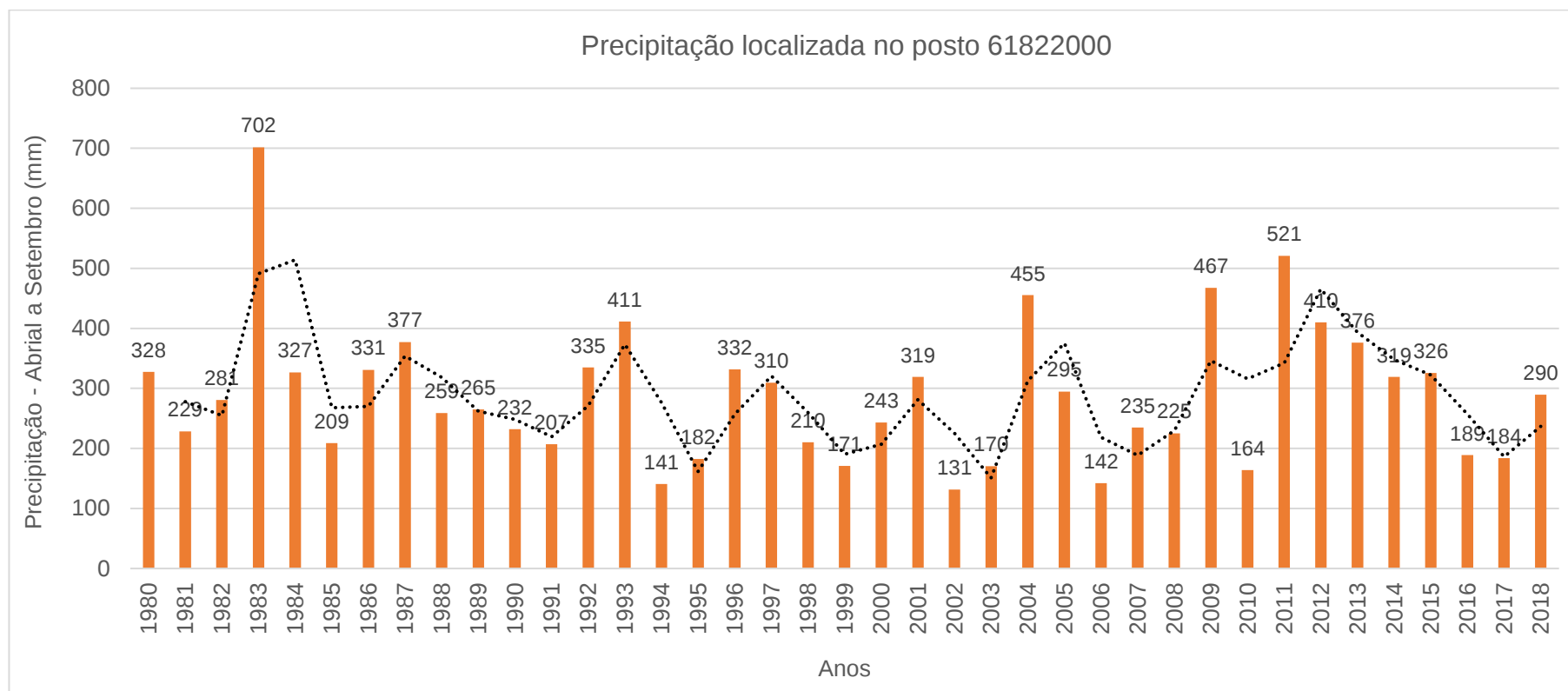
Fonte: elaborado pela autora.

Figura E3 – Série completa das precipitações totais anuais interpoladas para a minibacia que contém o posto 61822000.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura E4 – Série completa de precipitações dos seis meses mais secos interpoladas para a minibacia que contém o posto 61822000.



Fonte: elaborado pela autora.

ANEXO A – AFERIÇÃO DO RELEVO

Neste anexo são apresentadas fotografias da região da Bacia Rio Verde, afim de mostrar os padrões de dissecação do relevo.

1) Forma do topo convexo

Figura A1 e A2 – Forma de topo convexo nos municípios de São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul, respectivamente.



Fonte: (GAZETA DO RIO PARDO, 2019) e (PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGEM GRANDE DO SUL, 2020), respectivamente.

2) Forma de topo tabular

Figura A3 – Forma de topo tabular no município de Vargem Grande Sul.



Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGEM GRANDE DO SUL, 2003).

3) Forma de topo aguçado

Figura A4 e A5 – Forma de topo aguçado no município de São Sebastião da Grama.



Fonte: BUZZO (2013).

Quadro A1: Descrição das feições geomorfológicas da bacia hidrográfica Rio Verde.

Colinas amplas – predominam interflúvios com área superior a 4 km ² , topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
Morros paralelos – predominam relevos com topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexo. A drenagem possui alta densidade, os vales são fechados a abertos e ocorrem planícies aluvionares interiores restritos.
Morros com serras restritas – nesta unidade os morros são arredondados, as vertentes possuem perfis retilíneos e ocorrem localmente serras restritas. A drenagem é de alta densidade, os vales são fechados e as planícies aluvionares interiores restritos.
Morrotes alongados e espigões – predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados.
Planícies aluviais – terrenos baixos e mais ou menos planos, junto as margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações.

Fonte: (CBH – Pardo, 2017), adaptado pela autora.

ANEXO B – FONTES DE TODOS OS DADOS E INSTRUMENTOS

Neste anexo condensa todas as ferramentas e dados utilizados para a caracterização da bacia e simulação do modelo hidrológico MGB-IPH, além de todos os MDE's.

Quadro B1 – Dados e instrumentos utilizados para análise e simulação.

Programas/ Dados	Acesso
Aplicação do modelo	
QGIS	https://www.qgis.org/en/site/
MGB-IPH	https://www.ufrgs.br/hge/mgb/downloads/mgb-4-5-novadocum/
Recondicionamento do MDE e Elaboração da URH	
ArcGIS	https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview
ArcHydroTools	http://downloads.esri.com/archydro/archydro
Análise da disponibilidade da chuva e vazão	
Super Manejo de Dados	https://www.ufrgs.br/hge/modelos-e-outros-produtos/software-de-manejo-e-visualizacao-de-dados-hidrologicos/super-manejo-de-dados-2-0-2018/
Modificação do código fonte	
Intel Parallel Studio XE Versão Trial 2019	https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/download/776976.html
Microsoft Visual Studio versão 2019	https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/downloads/
Interpolação das retiradas concomitantes	
MatLab	https://www.mathworks.com/products/matlab.html
Dados de entrada MGB - IPH	
NASADEM	https://search.earthdata.nasa.gov/
Uso e Ocupação da Terra	https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar
Solos	https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar
Chuva	http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas
Clima	http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep
Vazão	http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/
Parâmetros Não Calibrados	Literatura
Parâmetros Calibrados	Literatura
Caracterização da bacia	

Aquífero	https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar
Falhas e Fraturas	https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia
Geologia	https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia
Geomorfologia	https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia
Isoietas de Precipitação	https://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html
Limites Políticos Administrativos	https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar
UGRHI	https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar
Usinas Hidrelétricas	https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/
Usos da Água	http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usuarios/
MDE's testados	
AW3D30	https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm
ASTER GDEM V.3	https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp
Brasil em Relevo	https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/
CGIAR	https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/
SRTM/ NASADEM	https://search.earthdata.nasa.gov/
TANDEM X	https://download.geoservice.dlr.de/TDM90/#details
Topodata	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/