

# Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Luis Miguel Schiebelbein  
(Organizador)

Luis Miguel Schiebelbein  
(Organizador)

# Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

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

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

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-024-7

DOI 10.22533/at.ed.247190901

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

CDD 343.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

Luis Miguel Schiebelbein

## SUMÁRIO

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

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>82</b>
GESTÃO DA DRENAGEM URBANA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ AÇU	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabiane Andressa Tasca</li> <li>Roberto Fabris Goerl</li> <li>Jakcemara Caprário</li> <li>Aline Schuck Rech</li> <li>Alexandra Rodrigues Finotti</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2471909017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>92</b>
ANÁLISE AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESPAÇO URBANO DE CAMPO GRANDE/MS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eva Faustino da Fonseca de Moura Barbosa</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2471909018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>108</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO A BARRAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Carlos Eugenio Pereira</li> <li>Maria Teresa Viseu</li> <li>Marcio Ricardo Salla</li> <li>Kevin Reiny Rocha Mota</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2471909019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>117</b>
INFLUÊNCIA PLUVIOMÉTRICA NA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS NO MUNICÍPIO DE IPOJUCA - PE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernanda Soares de Miranda Torres</li> <li>Enjôlras de Albuquerque Medeiros Lima</li> <li>Margarida Regueira da Costa</li> <li>Alexandre Luiz Souza Borba</li> <li>Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff</li> <li>Roberto Quental Coutinho</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24719090110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>125</b>
CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS JUROCRETÁCEOS DO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Guilherme Vargas Teixeira</li> <li>Antonio Pedro Viero</li> <li>Romelito Regginato</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24719090111</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>134</b>
AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO TOCANTINS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernán Enrique Vergara</li> <li>Viviane Basso Chiesa</li> <li>Cecília Amélia Miranda Costa</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24719090112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 143**

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

Adriana Silveira Vieira  
Germano de Oliveira Mattosinho  
Geraldo de Freitas Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.24719090113**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

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

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

**DOI 10.22533/at.ed.24719090114**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

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

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

**DOI 10.22533/at.ed.24719090115**

**CAPÍTULO 16 ..... 173**

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

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

**DOI 10.22533/at.ed.24719090116**

**CAPÍTULO 17 ..... 183**

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

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

**DOI 10.22533/at.ed.24719090117**

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

## CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS JURO-CRETÁCEOS DO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

### **Guilherme Vargas Teixeira**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Departamento de Mineralogia e Petrologia, Porto  
Alegre, Rio Grande do Sul

### **Antonio Pedro Viero**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Departamento de Mineralogia e Petrologia, Porto  
Alegre, Rio Grande do Sul

### **Romelito Regginato**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Departamento de Mineralogia e Petrologia, Porto  
Alegre, Rio Grande do Sul

**RESUMO:** Este estudo tem por objetivo a caracterização estrutural dos aquíferos Juro-Cretáceos da região Oeste do Rio Grande do Sul através do mapeamento das estruturas rúpteis a partir da interpretação de imagens de relevo sombreado. Na área estudada predomina o Sistema Aquífero Serra Geral com mais de 90% da área aflorante e as estruturas tectônicas têm orientação preferencial nos quadrantes Noroeste-Sudeste. No Sistema Aquífero Serra Geral, de natureza fissural, a circulação das águas subterrâneas ocorre escusivamente nas fraturas, e a densidade de fraturas parece estar diretamente relacionada às maiores produtividades dos poços tubulares, tanto em lineamentos regionais quanto de escala local, com menos de 5.000 metros de extensão. A

movimentação vertical de blocos tectônicos foi investigada a partir de dados de cotas da interface Formação Botucatu-Fomação Serra Geral obtidos nos perfis geológicos de dezenas de poços tubulares da região. Os resultados mostram soerguimento tectônico no lado Leste da área, onde a interface Formação Botucatu-Fomação Serra Geral encontra-se de 100 a 150 metros mais elevada do que no lado Oeste.

**PALAVRAS-CHAVES:** Geologia Ambiental; Geologia Estrutural; Hidrogeologia.

### STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF CRETACEOUS-JURASSIC AQUIFERS OF WESTERN RIO GRANDE DO SUL

**ABSTRACT:** This study is aimed at structural characterization of the Jurassic - Cretaceous aquifers in the Western region of Rio Grande do Sul through the mapping of brittle structures from the interpretation of shaded relief images. The study area is dominated by the Serra Geral Aquifer System with more than 90 % of the outcrop area and the tectonic structures have preferred orientation in the Northwest -Southeast quadrants. In the Serra Geral Aquifer System of fissural nature, the movement of groundwater occurs solely on fractures and fractures density seems to be directly related to the higher productivity of wells and both regional

as local lineaments with less than 5000 m long have the same behaviour. The vertical movement of tectonic blocks was investigated using altimetric data from the interface Botucatu - Serra Geral formation obtained in the geological profiles of dozens of wells in the area. The results show tectonic uplift on the east side of the area, where the Botucatu - Serra Geral Formation interface is 100-150 meters higher than on the west side.

**KEYWORDS:** Environmental Geology; Estrutural Geology; Hidrogeology

## 1 | INTRODUÇÃO

O papel principal da tectônica no fluxo de água subterrânea é exercer forte controle sobre a abertura, orientação e densidade de fraturas e, conseqüentemente, sobre a conectividade e armazenamento do aquífero. Banks *et al.* (1994) apresentam estudos de caso, nos quais constatou-se a relação entre o esforço tectônico e a produtividade dos poços em fraturas de maior abertura hidráulica. Barton *et al.* (1995) observaram que 80% das fraturas identificadas como condutoras estavam em orientação ótima com relação ao campo de esforços. As fraturas condutoras são do tipo extensional (tipo I) ou fazem um ângulo agudo 30 ou 40° com este esforço (tipo II). Tiren (1991) conclui que as zonas de fraturas mais favoráveis para conduzir água são aquelas que sofreram longa e complexa história tectônica. A análise da produção de poços em função de sua localização com relação a diversas características de lineamentos (proximidade, direção, densidade e intersecção) é bastante comum. A intersecção de lineamento está ligada à questão da conectividade de fraturas e, de fato, está associada a maiores produções de poços.

A crescente demanda por águas subterrâneas de boa qualidade para o consumo humano remete ao estudo detalhado destes recursos, pois a sua utilização é cada vez maior nos setores públicos e privados. A região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul (RS) é marcada por sucessivas crises de abastecimento de água nos períodos de estiagem. O conhecimento científico da estruturação, potencialidades e restrições de potabilidade dos aquíferos da Região Oeste do RS é precário e isto se constitui num entrave para o estabelecimento de critérios e políticas adequadas para a gestão dos mesmos. Machado (2005) estudou em escala regional os aspectos estruturais da região, de modo que investigações em escala maior são necessárias para a atualização dos dados e para aprofundar o conhecimento hidrogeológico e hidroquímico dos aquíferos, o que é apresentado neste trabalho. Os resultados deste estudo poderão fornecer subsídios importantes para a melhor gestão e uso das águas subterrâneas.

O objetivo deste projeto reside em: caracterizar a geologia estrutural dos Aquíferos Serra Geral e Sistema Aquífero Guarani da região oeste do Rio Grande do Sul; avaliar o potencial hídrico dos aquíferos; gerar dados e informações que sirvam de subsídio para a gestão das águas subterrâneas.

## 2 | LOCALIZAÇÃO

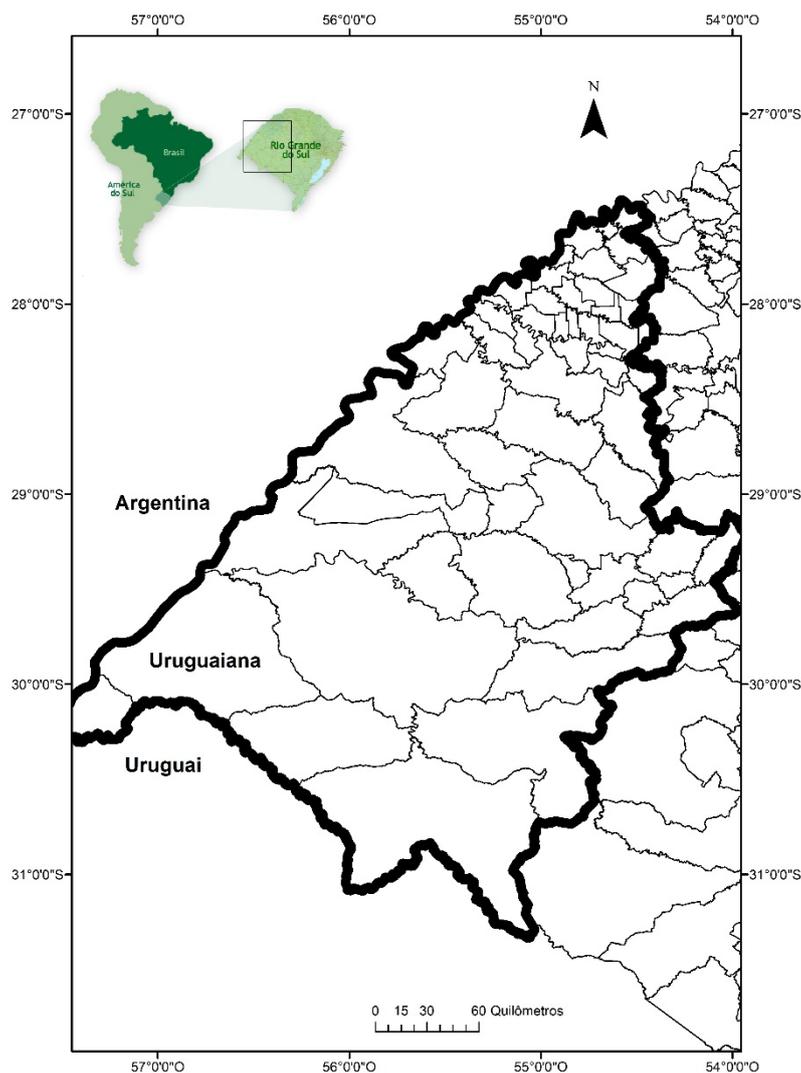


Figura 1. Localização da área de estudo

## 3 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange 56 municípios da porção Oeste do RS e compreende parte do Compartimento Oeste, Central e Norte do Sistema Aquífero Guarani definido por Machado (2005) e do aquífero Serra Geral. Nesse conjunto de áreas municipais, destacam-se pela extensão territorial, Alegrete, Santana do Livramento, Uruguai, Rosário do Sul, São Borja, Itaqui e Quaraí.

Dados hidrogeológicos, como vazão e aquífero explorado, foram obtidos no banco de dados SIAGAS da CPRM, no qual estão cadastrados mais de 2.000 poços tubulares na região estudada.

O mapeamento das estruturas rúpteis (falhas e fraturas) foi realizado com o traçado dos lineamentos tectônicos em imagem de relevo sombreado, produzida a partir do processamento de imagem de satélite com resolução original de 30 metros. E, a partir das imagens de relevo sombreado, foram feitos os tratamentos das

mesmas por meio de traçados de lineamentos, de modo que cada linha representa uma feição consequência de tectônica rígida. As escalas utilizadas foram 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000, o que permitiu traçar estruturais de escala regional e local.

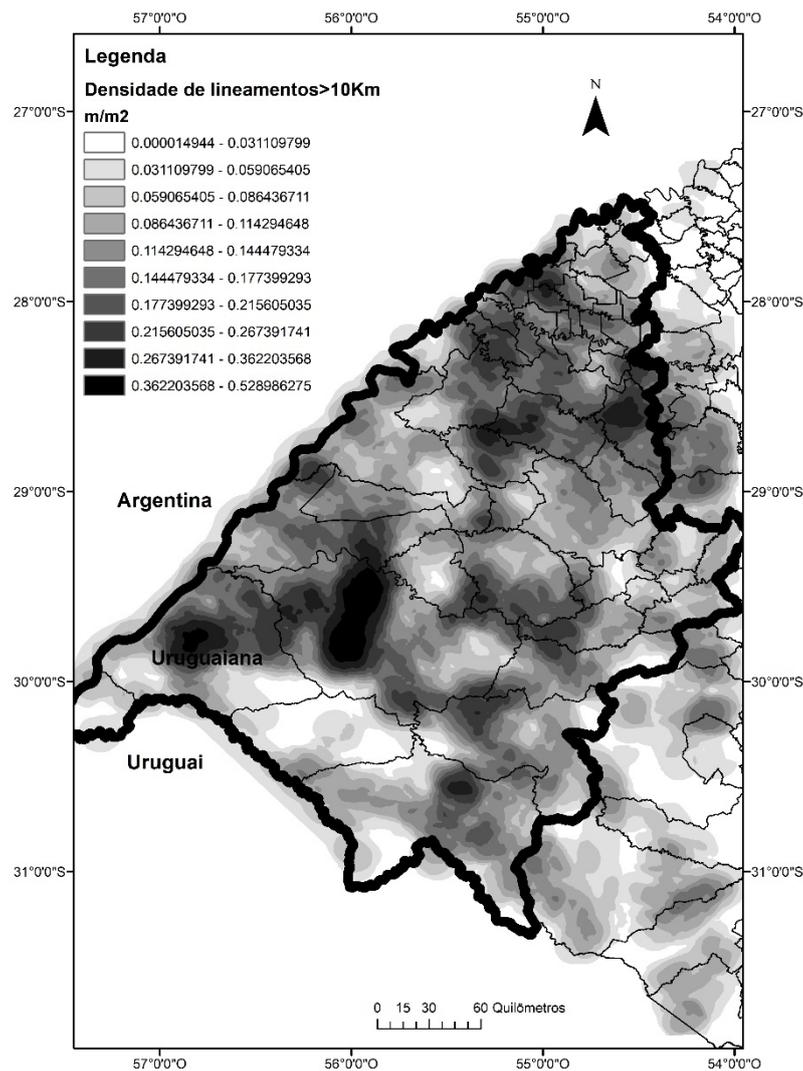
Com o uso de ferramentas que integram o ArcGis, foram realizados tratamentos nas imagens a fim de ressaltar as principais feições geomorfológicas e, principalmente, as estruturas geradas pela tectônica rígida. Dessa forma, atenção especial é dada na transformação de imagens de Modelo Numérico do Terreno (MNT) em relevo sombreado. Para isso, são utilizadas as MNT do trabalho publicado por Hesenack e Weber (2004), o qual agrupou e gerou modelos digitais de elevação em formato Geotiff e arquivo vetorial Shape file.

As imagens de relevo sombreado resultam de associação de dados altimétricos com ângulos hipotéticos de incidência de iluminação, assim, produzindo imagens sombreadas que destacam a morfologia do terreno. Com o uso da ferramenta Hillshade disponível no ArcGis, atribui-se como base de dados altimétricos o MNT, onde os valores de cota do terreno são apresentados por variação dos teores de cinza, associados com azimutes e ângulos de iluminação hipotéticos. O traçado de lineamentos em ambiente SIG permite que valores de coordenadas, comprimento e azimute sejam extraídos mais facilmente, gerando uma tabela de atributos de lineamento, que fornece informações para tratamentos estatísticos posteriores. Com o uso da ferramenta Calculate Geometry. No ambiente SIG, os lineamentos traçados têm o azimute e comprimento atribuídos ao seu arquivo de dados, a partir dos quais são construídos diagramas de rosetas e de densidade de fraturas. Com as informações de comprimentos, os lineamentos foram separados em três classes: pequeno porte (<1000m), médio porte (de 1000 a 5000m) e grande porte(>10000m). O mapa de densidade de fraturas foi gerado com todos os lineamentos traçados. Além do mapa de densidade de fraturas, foi gerado um mapa de relevo do topo da Fm. Botucatu, com dados de cotas desta formação em 204 poços tubulares da região e um mapa de vazões, utilizando o software Surfer. Os valores das vazões foram cruzados com a densidade de fraturas. O mapa de cotas do topo do SAG tem por objetivo a visualização de movimentação vertical de blocos tectônicos que podem segmentar o Sistema Aquífero Guarani (SAG) e o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) gerando compartimentos com descontinuidades laterais.

#### **4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O mapeamento estrutural da deformação dútil e o processamento dos dados obtidos permitiram a determinação das direções preferenciais das falhas e fraturas, sua extensão e densidades e o as cotas do topo do SAG e base do SASG. A partir dos traçados elaborou-se mapas de lineamentos e de densidade de lineamentos e diagramas de rosetas. A Figura 2 apresenta o mapa de lineamentos tectônicos e de

densidades de lineamentos, construídos com todos os lineamentos traçados.



**Figura 2.** Mapa de lineamentos tectônicos e de densidade de lineamentos traçados em imagem de relevo sombreado nas escalas 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000. Cores vermelhas: mais alta densidade de lineamentos; cores verdes: mais baixa densidade de lineamentos.

Os diagramas de roseta permitiram determinar as direções preferenciais dos lineamentos verificados na área de estudos em 3 escalas distintas. Estes diagramas mostram a predominância de direções NW-SE e NE-SW nos lineamentos de grande extensão, tanto aqueles superiores a

5.000 metros quanto 10.000 m. Cabe destacar que as grandes estruturas, com mais de 10.000 metros de comprimento, são orientadas essencialmente segundo direções NW-SE (Figura 3a e 3b). Quando considerados todos os lineamentos, inclusive aqueles de pequeno porte, não se observa orientação preferencial, com azimutes em todas as direções, à exceção da direção N-S (Figura 3c).

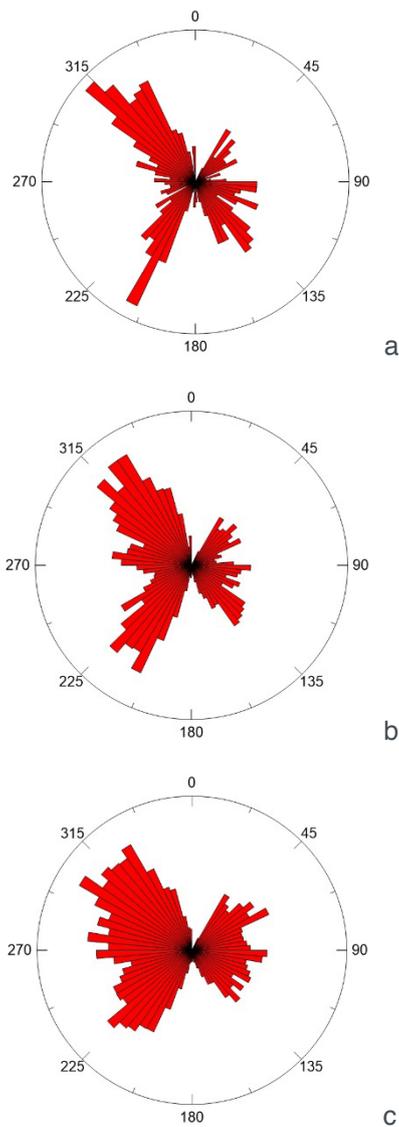


Figura 3. Diagramas de roseta de lineamentos com comprimentos maiores que 10.000 m(a), 5.000 (b) e todas as extensões (c)

A Figura 4 mostra a distribuição de vazões dos poços cadastrados na região e nela observa-se que vazões significativas, com valores acima de  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ , são registradas em toda a área estudada. Os poços da Formação Serra Geral com vazões mais elevadas coincidem com as áreas de maior densidade de fraturas, identificadas pelas cores avermelhadas no mapa. Na zona oeste da área, nos municípios de Santana do Livramento e Uruguaiana é registrado um grande número poços com vazões altas em locais de baixa densidade de fraturas. Estes poços tem captação direta no Sistema Aquífero Guarani.

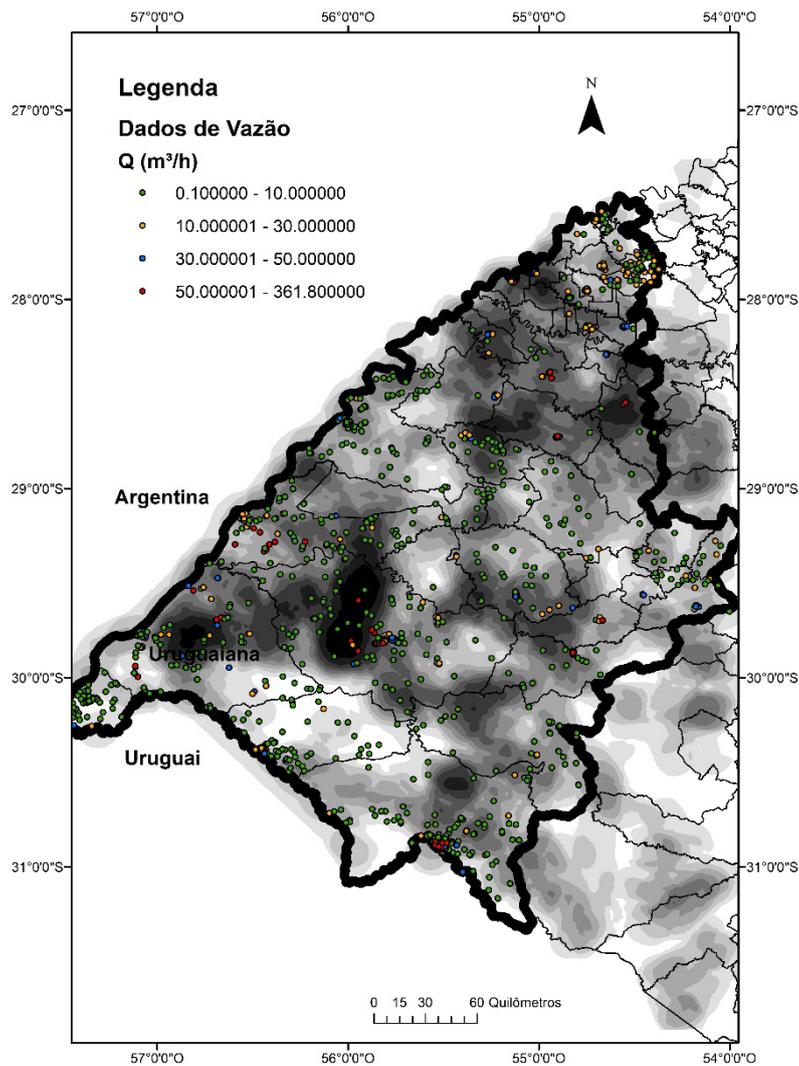


Figura 4. Mapa de vazões ( $m^3/h$ ) nos poços da área estudada

O mapa de cotas do topo da Formação Botucatu permitiu averiguar a existência de movimentos verticais de blocos e a compartimentação tectônica e hidráulica do Sistema Aquífero Guarani na área. A movimentação vertical gera descontinuidade lateral nas camadas sedimentares do SAG e nas vulcânicas do SASG ao longo dos planos de falha, interferindo na vazão dos poços e também na química da água. Na análise do mapa de isolinhas das cotas do topo da Fm. Botucatu, nota-se a existência de pelo menos uma estrutura de direção NE-SW que promove a movimentação vertical de blocos, sendo o lado leste-sudeste soerguido e o lado oeste-noroeste rebaixado (Figura 5). O bloco soerguido, na porção oriental da imagem, possui cotas altimétricas que passam de 120 metros, ao passo que bloco rebaixado, na porção ocidental da imagem, apresenta cotas da ordem de 20 metros, o que implica num rejeito vertical próximo de 100 metros.

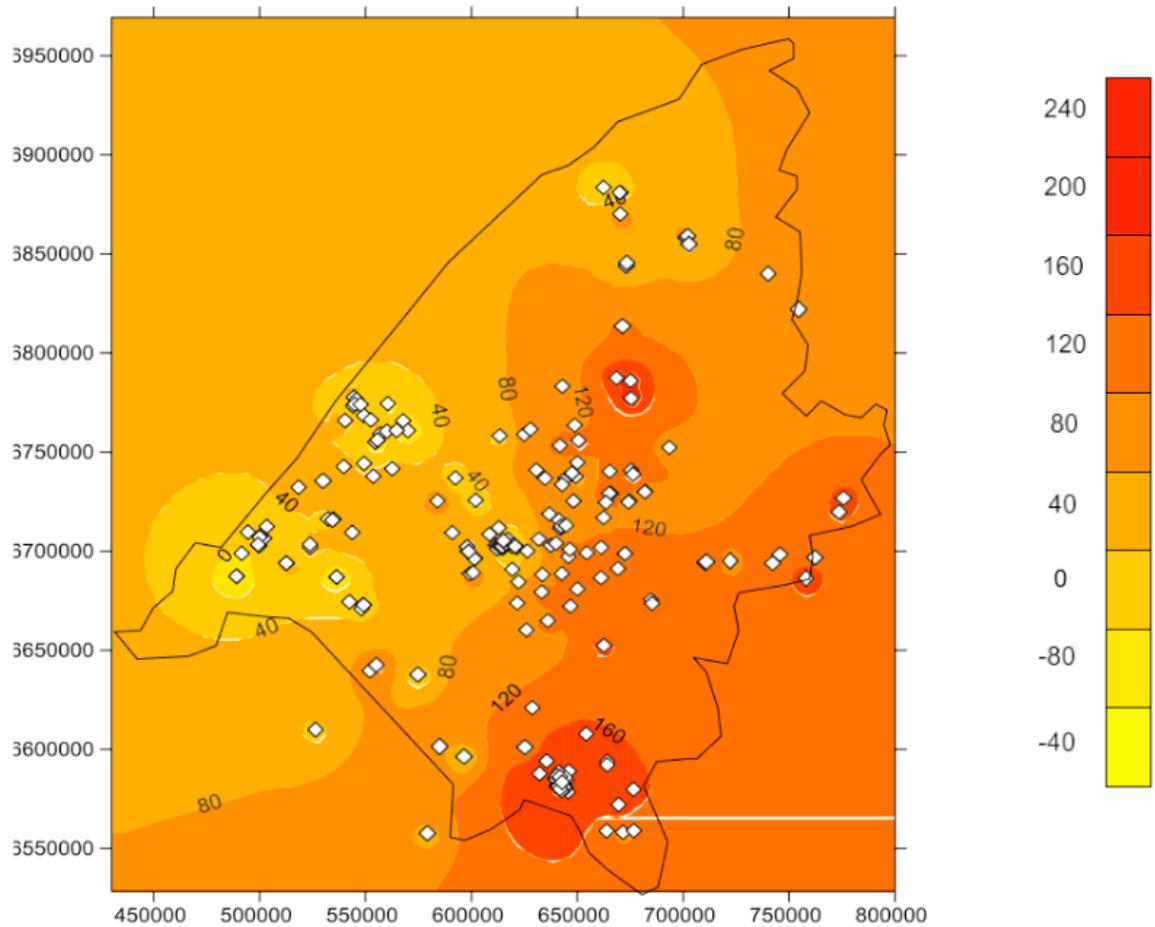


Figura 5: Mapa com as cotas altimétricas (m) do topo do SAG. Cores vermelhas mostram cotas mais elevadas, as quais ocorrem na porção leste-sudeste da área. Os losangos brancos representam os poços tubulares que alcançam o SAG.

## 5 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir o que segue:

- Os lineamentos tectônicos com mais de 5.000 metros de comprimento registrados na área de estudo apresentam preferencialmente direções NW-SE e NE-SW.
- Os grandes lineamentos, com mais de 10.000 metros de comprimento, tem direções NW- SE predominantes.
- Lineamentos menores com menos de 5.000 metros de comprimento ocorrem em todas as direções, com excessão da direção N-S.
- Os poços do Sistema Aquífero Serra Guarani apresentam altas vazões independentemente das estruturas rúpteis.
- Os poços do Sistema Aquífero Serra Geral possuem vazões muito variadas, sendo as maiores relacionadas a zonas de alta densidade de fraturas.
- Movimentos verticais de blocos foram identificados na área, com soerguimento da porção Leste-Sudeste em relação ao lado Oeste e rejeito vertical de pelo menos 100 metros.

## REFERÊNCIAS

- BANKS, D.; RHOR-TORPE, E.; SKHARPAGEN, H. **Groundwater resources in hard rock: experiences from the Hvaler study, Southeastern Norway**. Applied Hydrogeology, 2(2), pp. 33-42. 1994
- BARTON, C. A.; ZOBACK, M. D.; MOOS, D. **Fluid flow along potentially active faults in crystalline rock**. Geology, 23(8), pp.683-686. 1995.
- FERNANDES, A. J. **Aquíferos Fraturados: Uma revisão dos Condicionamentos Geológicos e dos Métodos de Investigação**. Revista do Instituto Geológico 29 (1/2), pp. 49-72. 2005
- HESENACK, H.; WEBER, E.(2004). **Manual do usuário do Idrisi: Exercícios tutoriais**. UFRGS, Porto Alegre, 1998. In: ROSA, R. Sistema de Informação Geográfica. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento. Uberlândia.
- MACHADO, J. L. F. **Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul, RS**. São Leopoldo: Unisinos. 2005. 237p. 2005. Tese de doutoramento.
- TIREN, S. **Geological setting and deformation of a low-angle fracture zone at Finnsjon, Sweden**. Journal of Hydrology, v.126, pp.17-43. 1991

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

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

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

