

# 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>

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

### **Francisco Lorenzini Neto**

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Instituto Federal Sul-rio-grandense  
Passo Fundo - RS

### **Marcelo Jorge de Oliveira**

Universidade Federal do Pampa  
Itaqui - RS

### **Nájila Souza da Rocha**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto  
Porto Alegre - RS

### **Raul Todeschini**

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Santa Maria - RS

### **Rafael Cabral Cruz**

Universidade Federal do Pampa  
São Gabriel - RS

**RESUMO:** Este estudo objetivou desenvolver um modelo de fragilidades ambientais que pudesse ser utilizado como instrumento de tomada de decisão para o controle de cheias na área urbana do município de Itaqui-RS. Para isso, foi realizada uma análise multicritério de fragilidade ambiental da população urbana de Itaqui-RS frente às cheias históricas do Rio Uruguai. As variáveis utilizadas nessa análise

foram cota de inundação, uso e ocupação do solo, e variáveis socioeconômicas. Para cada das variáveis, definiram-se classes de fragilidades ambientais. Para a variável cota de inundação, foram definidas classes em função da frequência e duração de intervalos de cota de inundação para o período compreendido entre os anos de 1983 e 2014; para a variável uso e ocupação do solo, a partir de imagens de satélite; e para as variáveis socioeconômicas, através de informações disponibilizadas pelo IBGE. Os cenários encontrados nessa análise demonstram que as populações ribeirinhas possuem alta fragilidade frente às cheias do Rio Uruguai, situação que também ocorre em parte da região central da cidade. Portanto, pode-se concluir que o modelo de fragilidades ambientais desenvolvido atingiu o objetivo inicial e almeja contribuir para o planejamento e tomada de decisões dos poderes públicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise Multicritério, SIG, Planejamento Urbano.

**ABSTRACT:** This study aimed to develop an environmental fragility model that could be used as decision-making tool for flood control in the urban area of Itaqui-RS. Then, was accomplished a multi-criteria analysis of environmental fragility of the urban population of Itaqui – RS front to the historic floods of the Rio Uruguai River. The variables used in this

analysis were flood elevation, land use and occupation, and population socioeconomic level. For each variable, were defined environmental fragility classes. For the flood elevation variable, classes were defined in terms of the frequency and duration of flood elevation intervals for the period between the years 1983 and 2014; for the land use and occupation variable, through satellite images; and for the population socioeconomic level variable, through information provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The scenarios found in this analysis demonstrate that riverside populations have high fragility front to the Rio Uruguai River floods, same situation occurs in part of the downtown area. Thus, it can be concluded that the developed environmental fragility model reached the initial aim and expects to contribute to the public authorities' planning and decision-making.

**KEYWORDS:** Multi-criteria analysis, GIS, Urban Planning.

## 1 | INTRODUÇÃO

Análises de fragilidades ambientais são realizadas com o propósito de se evitar a degradação de sistemas autoorganizativos frente a alterações no meio ambiente, decorrentes de ações perturbadoras. Essas alterações, principalmente aquelas relacionadas às cheias, podem causar grandes danos e prejuízos a uma sociedade (sistema). Entre as perturbações, destacam-se as enchentes, inundações, alagamentos.

Em se tratando de áreas urbanas, os impactos relacionados às cheias podem ser decorrentes da intensidade e da frequência desses eventos, uma vez que grandes volumes de chuva não conseguem escoar ou ser drenado e acabam acumulando nas áreas mais frágeis a esse tipo de situação. A urbanização, nesse caso, efeito da alteração humana, altera a topografia, impermeabiliza o solo, diminuindo a capacidade de infiltração, assim, aumentando o escoamento superficial nessas áreas (TARGA *et al.*, 2012).

Diversos fatores podem ser relacionados à ocorrência dessas situações, sendo a falta de planejamento para ocupação de bacias hidrográficas um dos mais evidentes, ocasionando a ocupação de áreas urbanas de risco (BARBOSA, 2006). Outro fator, citado por Pereira *et al.* (2003), é a falta de infraestrutura, que em conjunto com outras intervenções poderiam diminuir os danos sociais, econômicos e ambientais. Dessa forma, algumas medidas preventivas podem auxiliar na minimização ou redução dos impactos negativos causados pelas cheias. De acordo com Tucci (2013), essas medidas podem ser classificadas em estruturais e não-estruturais.

As estruturais são caracterizadas por modificar o sistema fluvial e consistem em evitar os prejuízos provenientes das cheias, podendo ainda ser classificadas em extensivas (atuam sobre a bacia hidrográfica, reduzindo e retardando os picos de cheia, como o reflorestamento) ou intensivas (obras hidráulicas em rios, como diques, barragens e ampliação das seções). Apesar de minimizarem os problemas

em curto prazo, essas medidas são caras, paliativas e podem gerar outros impactos negativos.

As não-estruturais, apesar de não evitarem, reduzem os efeitos das cheias, objetivando um melhor convívio da população com os impactos negativos causados por elas. Essas medidas são destinadas ao controle do uso e ocupação do solo, bem como à minimização da vulnerabilidade das áreas ocupadas em zonas de risco (RAMOS *et al.*, 1999), portanto, possuem caráter preventivo e apresentam resultados de médio à longo prazo. Entre elas, destacam-se o zoneamento das áreas de risco, análises de vulnerabilidade, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, e previsão e alerta de inundação.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de fragilidades ambientais como instrumento para tomada de decisão no controle de cheias na área urbana do município de Itaqui-RS.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Itaqui está localizado na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Uruguaiana e São Borja, e tem fronteira fluvial através do Rio Uruguai com a Argentina. Segundo dados do IBGE (2014), o município de Itaqui possui uma população estimada em 39.129 habitantes. A economia municipal é baseada principalmente na rizicultura e na pecuária, apesar de haver o cultivo de outras culturas, como a da soja.

### 2.2 Metodologia

A análise de fragilidade ambiental consistiu em se compilar variáveis quantitativas e qualitativas sobre a área urbana de Itaqui que influenciariam na resistência e resiliência da população frente às cheias históricas da cidade. Inicialmente fez-se necessário uma revisão bibliográfica sobre o assunto e consequente escolha das variáveis que seriam utilizadas nas análises, considerando informações disponíveis pelos órgãos públicos competentes e que contemplam suficientemente as discussões do tema.

As variáveis selecionadas foram cota de inundação, uso e ocupação do solo, e variáveis socioeconômicas da população, para as quais, então, foi realizada uma análise multicritério, mesma metodologia utilizada pelo projeto FRAGRIO (UNIPAMPA/UFES, 2011), ao qual atribuem-se pesos e notas para posterior processo de álgebra de mapas. Nesse sentido, quanto maior o peso, maior é a importância dada para determinada variável, e quanto maior a nota, maior é a fragilidade da classe frente às perturbações.

As notas e pesos foram estudadas (os) e adaptadas (os) pelos pesquisadores/ autores desta pesquisa, que possuem conhecimento prévio da área de estudo e, por serem de diferentes formações, procuraram abranger de forma coerente e interdisciplinar as análises. Para a certificação de que o modelo desenvolvido seria representativo, antes e após a determinação dos resultados foram realizadas visitas à campo. Além disso, conversas com servidores da prefeitura, da defesa civil e moradores da cidade foram fundamentais para a classificação das notas. Para fins de melhor compreensão dos ambientes estudados, das variáveis utilizadas e das classes de cada variável, esses são apresentados a seguir de forma desagregada.

Ao agrupar todas as variáveis em apenas um mapa (análise agregada), foram considerados dois cenários correspondentes a duas hipóteses: a Hipótese0/Cenário1 considera que todas as variáveis possuem um mesmo peso e são igualmente importantes nas análises de cheias; a Hipótese1/Cenário2 considera que a variável “Cota de Inundação” é a mais importante, assim, possui um maior peso na avaliação, conforme a figura 1.

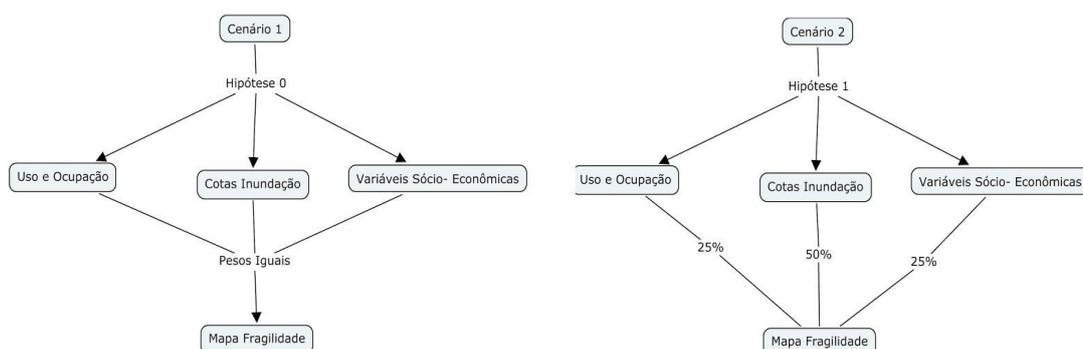


Figura 1 – Cenário 1 e 2 – Análise Agregada.

## 2.3 Uso e Ocupação do Solo

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo da área urbana do município de Itaqui-RS, utilizaram-se imagens disponibilizadas pelo Google Earth (2014), assim como dados vetoriais fornecidos pelo IBGE (2010). No tratamento dessas imagens e dados, utilizou-se um *software* de sistema de informação geográfica (SIG), com projeção geográfica e Datum SIRGAS 2000.

Consideraram-se quatro classes temáticas de uso e ocupação do solo, sendo elas: Área Urbana, Curso Hídrico, Solo Exposto e Vegetação. Para cada classe atribuiu-se uma nota com escala variando de 0 a 255: a Área Urbana recebeu nota máxima, sendo essa de 255, por ser a classe que representa maior fragilidade; a classe Curso Hídrico teve nota igual a 0, pelo fato de ser o causador da perturbação em estudo; ao Solo Exposto foi atribuída nota igual a 192, uma vez que está sujeito à processos de erosão e de deslizamentos, sendo pouco resistente frente às cheias; a classe Vegetação recebeu nota igual a 127, tendo essa classe maior capacidade de resiliência e resistência.

## 2.4 Cotas de Inundação (Frequência e Duração)

Para a análise de fragilidade ambiental, considerando a variável perturbadora “Cota de Inundação”, utilizaram-se dados da série histórica das cotas do Rio Uruguai, da estação fluviométrica Itaqui 75900000, correspondentes ao período de 1983 a 2014 (ANA, 2014). Nesse período observaram-se 10 picos de cheia considerados relevantes, para os quais decretou-se estado de emergência no município (Tabela 1). As cotas de inundação relativas a esses picos foram classificadas em intervalos, os quais, dessa forma, puderam ser associados a sua frequência no período descrito previamente. Além da frequência dos intervalos de cota de inundação, a série foi analisada de modo a obter-se as suas durações (Tabela 2).

Ano de Inundação	Cota de Inundação (m)
1983	14,51
1990	13,63
1992	12,39
1993	9,19
1994	10,11
1997	13,29
2003	10,22
2005	11,69
2008	10,80
2014	13,20

Tabela 1 Registros históricos dos picos de cheias do Rio Uruguai de 1983 a 2014.

Intervalo de Cota de Inundação (m)	Frequência	Duração (dias)
8,00 a 9,19	10	307
9,19 a 10,11	9	190
10,11 a 10,22	8	136
10,22 a 10,80	7	131
10,80 a 11,69	6	95
11,69 a 12,39	5	52
12,39 a 13,20	4	35
13,20 a 13,29	3	14
13,29 a 13,69	2	10
13,63 a 14,51	1	6

Tabela 2 Frequência e duração de cada intervalo de cota de inundação entre 1983 a 2014.

A partir da análise da tabela 2, observou-se que ao longo de 32 anos, em 307 dias a cota de inundação igualou ou superou 8,00 metros, considerando essa cota correspondente ao início do processo de perturbação da população urbana de Itaqui-RS.

Posteriormente à determinação da duração e frequência de cada intervalo de cota de inundação, realizou-se a elaboração do modelo digital de elevação hidrologicamente

condicionado (MDEHC) para a área urbana de Itaqui-RS utilizando-se o SIG, o modelo digital de elevação do SRTM (INPE), a rede hidrográfica (IBGE, 2010) e o perímetro urbano (IBGE, 2010) relativos à área de estudo.

O MDEHC, desenvolvido para a análise de fragilidades ambientais, foi calibrado para as cotas de inundação tomando como referência a cota zero do nível de água do Rio Uruguai, o qual possui uma altitude de 45,31 metros em relação ao Datum vertical do IBGE localizado em Imbituba-SC.

Utilizando-se o SIG, o MDEHC foi classificado para os intervalos de cota de inundação, obtendo-se 10 classes entre 8,00 e 14,51 metros, e posteriormente reclassificado utilizando notas de fragilidades entre 0 e 255 de acordo com a frequência de cada intervalo de cota de inundação. A partir da classificação, gerou-se um mapa de fragilidades ambientais inicial. Gerado o mapa de fragilidades ambientais, o MDEHC foi reclassificado novamente adotando-se, para os intervalos de cotas de inundação, pesos definidos em função das suas durações (Tabela 3).

Nota Mapa Fragilidade Inicial	Peso	Nota Mapa Fragilidade Final
0	0	0
26	0,04	1
52	0,04	2
77	0,05	4
102	0,12	12
128	0,17	22
153	0,31	47
179	0,42	76
204	0,44	90
230	0,62	142
255	1	255

Tabela 3 Pesos em função do tempo de duração do evento dentro de cada intervalo de cota de inundação.

## 2.5 Variáveis Socioeconômicas

As variáveis socioeconômicas utilizadas para análise foram “Densidade Demográfica” e “Saneamento Básico”. No caso da cidade de Itaqui, não há dados de saneamento por setores censitários, apenas para o município como um todo, desta forma esses dados foram extrapolados. A obtenção da variável “Densidade Demográfica” se deu a partir de dados brutos do IBGE (IBGE, 2014), considerando o número de pessoas residentes em cada setor. Dessa forma, foi permitindo a análise socioeconômica, na qual consideraram-se pesos iguais para as duas variáveis.

Para a variável “Densidade Demográfica”, atribuíram-se notas conforme a tabela 4, seguindo o mesmo critério de que quanto maior a nota, mais frágil é o sistema, ou seja, quanto mais a população está sujeita à perturbação pelas cheias, maior é a fragilidade do setor.

Setor	População	Nota
32	560	42,5
2;3;11;29;31;35	1960	85
1;12;13;17;28;30;34	2622	127,5
5;8;10;19;24;27;33	3997	170
0;4;5;20;25;26	5242	212,5
7;9;14;15;16;18;21;22;23	13540	255

Tabela 4 Notas Fragilidades para a variável “Densidade Demográfica”.

Em relação à variável “Saneamento Básico”, a proporção de moradores por tipo de instalação sanitária no município de Itaqui-RS é dada conforme a tabela 5 (IBGE, 2014), sendo importante ressaltar que na cidade de Itaqui não há tratamento do esgoto, apenas coleta. Sendo assim, para entender a fragilidade ambiental da população por setor censitário, considerou-se a densidade demográfica por setor e multiplicou-se pelo percentual observado na tabela 5 para o ano de 2000, sendo esse o dado mais recente obtido.

Proporção de Moradores por Tipo de Instalação Sanitária (%)		
Instalação Sanitária	1991	2000
Rede geral de esgoto ou pluvial (EP)	0,2	24,9
Tanque séptico (TS)	43,6	43,7
Fossa rudimentar (FR)	52,2	25,1
Vala	1,0	3,1
Rio, lago ou mar	-	0,1
Outro escoadouro	0,0	1,0
Não sabe o tipo de escoadouro	0,1	-
Não tem instalação sanitária (NP)	2,9	2,0

Tabela 5 Dados de Saneamento de Itaqui - RS. Fonte: IBGE/Censos Demográficos.

Para a classificação das notas, sabe-se que como não há o tratamento do esgoto cloacal e pluvial, esses são despejados diretamente no Rio Uruguai ou em um de seus afluentes. Sendo assim, em cheias, o que “volta” para as casas é justamente esse esgoto despejado no rio. Nesse tipo de perturbação, os moradores que possuem instalação na rede de esgoto (24,9%) foram considerados mais frágeis, em contraponto, os moradores atendidos por tanques sépticos (43,7%), nas quais o esgoto fica armazenado com um mínimo de infiltração, foram consideradas menos frágeis frente às cheias. Nessa construção de pensamento, distribuíram-se as notas linearmente conforme a tabela 6.

<b>Classes</b>	<b>EP</b>	<b>Rio</b>	<b>Vala</b>	<b>NP</b>	<b>FR</b>	<b>TS</b>
1	255	212,5	170	127,5	85	42,5
2	246,5	204	161,5	119	76,5	34
3	238	195,5	153	110,5	68	25,5
4	229,5	187	144,5	102	59,5	17
5	221	178,5	136	93,5	51	8,5

Tabela 6 Distribuição de notas de fragilidade, variável “Saneamento Básico”.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise Agregada

#### 3.1.1 Cenário 1 Todas as variáveis com pesos iguais

Conforme figura 2, a cidade de Itaquí possui fragilidades que variam de 48,9 a 220,2 em toda a sua extensão, nesse sentido não há nenhum local que não há fragilidade e que não ocorra algum risco frente às cheias. Porém, ressalta-se que as regiões centrais, as quais no mapa aparecem em amarelo, não possuem frequência de cheias e, portanto, não deveriam resultar mais frágeis que algumas áreas periféricas. Esse mapa servirá como base na análise de sensibilidade.

#### 3.1.2 Cenário 2 Variáveis com pesos diferentes

No cenário 2 da análise agregada (Figura 3), as regiões mais próximas ao rio possuíram notas maiores de fragilidade, havendo uma maior discriminância entre as regiões mais frágeis e menos frágeis. Assim, representando a realidade de maneira mais coerente, o que não significa dizer que as áreas em verde não possuem nenhum tipo de fragilidade, apenas são mais resilientes e resistentes frente às perturbações.

Devido ao fato do alto grau de fragilidade, a população residente nas áreas mais frágeis desenvolveu mecanismos para aumentar a sua resiliência frente à fonte perturbadora, sendo uma delas a utilização de casas volantes, as quais podem ser deslocadas para regiões da cidade onde não existe perturbação pela cota de inundação do Rio Uruguai. Entretanto, o fato das pessoas residirem nesse tipo de habitação, tornam as mesmas ainda mais frágeis, principalmente no que diz respeito ao saneamento e à renda.

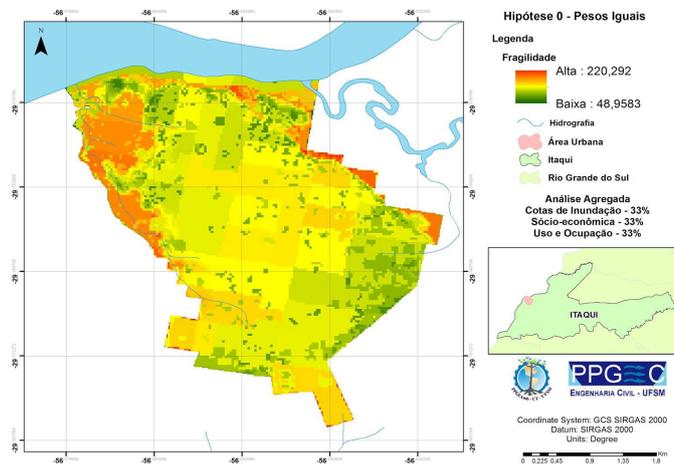


Figura 2 Análise Agregada - Cenário 1.

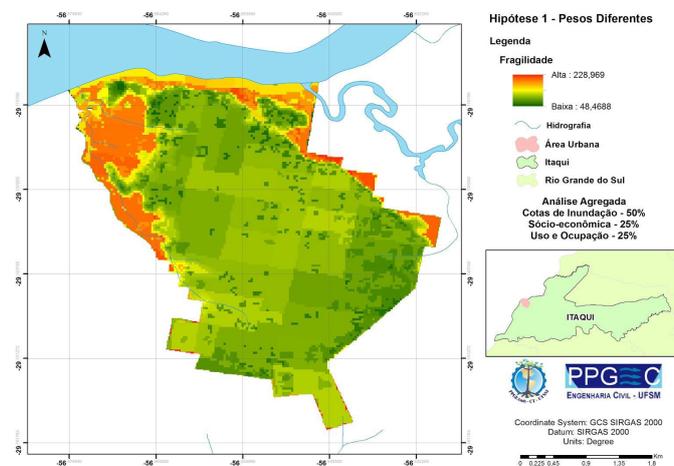


Figura 3 Análise Agregada - Cenário 2.

## 4 | CONCLUSÃO

Na área urbana de Itaqui existe a situação de conflito de uso do solo para moradia com as áreas de preservação permanente (APPs) do Rio Uruguai, Arroio Cambaí e Arroio Olaria. As regiões de maior conflito estão situadas à margem do Rio Uruguai, que limitam com o perímetro urbano ao norte, e ao longo de toda a bacia hidrográfica do Arroio Olaria, que limita com o perímetro urbano ao noroeste. O Arroio Olaria também é agredido pelo alto índice de quantidade de esgoto despejado diretamente *in natura*.

Recomenda-se que haja uma política pública planejada para remoção da parcela da população urbana de Itaqui que ocupa as APPs do Rio Uruguai e do Arroio Olaria, levando em consideração os resultados desse trabalho. No entanto, nesse processo de remoção para outras áreas, menos frágeis, entendese que a população sofrerá impactos histórico-sociais que dificultam o planejamento e a organização. Sendo assim, é preciso que as pessoas tenham moradias dignas, com infraestrutura e saneamento básico adequados, diminuindo sua fragilidade. Além disso, é necessário que as pessoas entendam a importância dessas mudanças, não só para a saúde de

sua família, como para a economia e sustentabilidade de toda a cidade de Itaqui-RS.

## REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 10 de maio de 2014.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

GOOGLE EARTH. **Itaqui-RS**. Disponível em: <[earth.google.com/intl/pt](http://earth.google.com/intl/pt)>. Acesso em: dezembro de 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul**. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2014.

PEREIRA, L.C.C.; JIMÉNEZ, J.A.; MEDEIROS, C.; COSTA, R.M. **The influence of the environmental status of Casa Caiada and Rio Doce beaches (NE-Brazil) on beaches users**. *Ocean & Coastal Management*, 46:1011-1030, 2003.

RAMOS, C. L. et al. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: FCTH (reedição eletrônica), 1999.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. **Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil**. *Revista Ambiente e Água, Taubaté*, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: ed. ABRH e Editora da UFRGS, 2013.

UNIPAMPA/UFSM. **Desenvolvimento metodológico e tecnológico para a avaliação ambiental integrada aplicada ao processo de análise de viabilidade de hidrelétricas – FRAGRIO**. Relatório da Etapa 2. Santa Maria: MMA/FATEC/UNIPAMPA/UFSM, 2011, 270 p.

## **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

