

# 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	
<p>Fabiane Andressa Tasca  Roberto Fabris Goerl  Jakcemara Caprário  Aline Schuck Rech  Alexandra Rodrigues Finotti</p>	
<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	
<p>Eva Faustino da Fonseca de Moura Barbosa</p>	
<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	
<p>Carlos Eugenio Pereira  Maria Teresa Viseu  Marcio Ricardo Salla  Kevin Reiny Rocha Mota</p>	
<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	
<p>Fernanda Soares de Miranda Torres  Enjôlras de Albuquerque Medeiros Lima  Margarida Regueira da Costa  Alexandre Luiz Souza Borba  Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff  Roberto Quental Coutinho</p>	
<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	
<p>Guilherme Vargas Teixeira  Antonio Pedro Viero  Romelito Regginato</p>	
<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	
<p>Fernán Enrique Vergara  Viviane Basso Chiesa  Cecília Amélia Miranda Costa</p>	
<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>



## CONCEPÇÃO SISTÊMICA PARA SOLUÇÕES DE CONTROLE DE CHEIAS URBANAS EM VILA VELHA, ES

### **Paulo Canedo de Magalhães**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

### **Matheus Martins de Sousa**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

### **Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

### **Oswaldo Moura Rezende**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

### **Victor Augusto Almeida Fernandes de Souza**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

### **Marcelo Gomes Miguez**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento  
Cidade – Estado

**RESUMO:** O município de Vila Velha, localizado na região metropolitana de Vitória, estado do Espírito Santo, Brasil, apresenta uma situação crônica de inundações urbanas, intensificada pela sua localização em uma região urbana com cotas muito baixas e próximas ao nível do mar, onde a drenagem ocorre por uma rede de

canais com capacidade de descarga limitada pelas variações de maré. Nesse contexto, foi realizado um extenso estudo da região, com uso de ferramenta de modelagem matemática para simulação do funcionamento do sistema e diagnóstico da situação atual, que mostra como a ocupação urbana não adequadamente planejada criou situações de risco para a cidade. O objetivo consequente buscou propor soluções distribuídas, concebidas de maneira sistêmica, baseadas na concepção de armazenagem das águas pluviais, propondo um novo zoneamento da cidade, preservando áreas estratégicas para o amortecimento das cheias. Portanto, este capítulo apresenta uma análise da situação atual do sistema de macrodrenagem de Vila Velha, a solução sistêmica adotada com a integração dos canais a duas áreas inundáveis e demonstra a sua capacidade de absorver os efeitos das cheias sobre o sistema, de maneira mais eficiente que uma solução de concepção clássica baseada no aumento da capacidade de condução dos canais.

**PALAVRAS-CHAVE:** controle de inundações, modelo de células, MODCEL.

**ABSTRACT:** The municipality of Vila Velha, located in the the Vitória metropolitan region, at Espírito Santo state, suffers from intense and frequent urban flooding. This situation is aggravated by the fact that this region developed

into an urban area almost at the sea level, where the drainage occurs through a water channels network limited by tides movement. In this context, a complete study of the region has been done using mathematical modeling tools in order to simulate the current situation, showing how an inadequate urban planning put the city in risky conditions. The objective of this research was to propose distributed solutions conceived on a systematic way, based on the rainwater storage concept. The research also proposed a new urban zoning that preserves strategic areas to dampen flood peaks. Therefore, this chapter presents: an analysis of the current Vila Velha drainage system situation; the systemic solution adopted, functionally integrating the water channels two new controlled flooding areas, demonstrating the efficiency of this approach to mitigate the floods when compared to the classic drainage concept, based only in end-of-pipe measures.

**KEYWORDS:** flood control, cell modelling, MODCEL.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a vida e desempenha um papel central na história da cidade. As inundações urbanas, no entanto, são capazes de causar perdas severas, degradar os ambientes natural e construído e aparecem como um dos mais importantes desastres “naturais”, totalizando 43% de todos os desastres registrados no mundo, entre 1995 e 2015, tendo afetado 56% de todas as pessoas atingidas nesse período (UNISDR, 2015). Note-se que a utilização do termo desastres “naturais” segue uma tendência de nomenclatura histórica, que corresponde a forma como esse desastre aparece nas bases de dados internacionais. É importante destacar, porém, que as inundações são fenômenos naturais, mas que são modificados e intensificados pelas ações antrópicas. A transformação de chuva em vazão, que determina a consequente inundação, depende da bacia que recebe a chuva. Quanto mais urbanizada a bacia, em geral, devido às importantes mudanças de uso do solo inerentes ao processo de urbanização, com a substituição de vegetação por área construída, maiores são as vazões gerados. Por esse motivo, as inundações podem, de fato, ser classificadas como desastres sócio-naturais.

Segundo a Base de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), as catástrofes hidrológicas estão entre os acidentes naturais mais prejudiciais e foram as que mais contribuíram para a ocorrência de desastres naturais em 2015 (GUHA-SAPIR *et al.*, 2016), totalizando 156 inundações e 19 movimentos de massa de origem hidrológica. Uma catástrofe é registrada na EM-DAT se, pelo menos, um dos seguintes critérios for cumprido: 10 ou mais pessoas declaradas mortas; 100 ou mais pessoas relatadas como afetados; estado de emergência declarado; assistência internacional chamada (*ibid.*). Estatísticas da indústria de seguros também mostram regularmente que as inundações estão entre os mais prejudiciais desastres naturais (MONTGOMERY e KUNREUTHER, 2017). A publicação do Banco Mundial intitulada “Cidades e

Inundações: Um Guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI” (JHA *et al.*, 2012), destaca que o número de grandes eventos de inundações tende a aumentar ao longo do tempo e, considerando apenas o ano de 2010, 178 milhões de pessoas foram afetadas pelas inundações.

A ocorrência de inundações afeta sensivelmente as cidades e seus sistemas, induzindo uma tendência atual de integração do gerenciamento do risco de inundações com o processo de planejamento urbano. De fato, as inundações fazem parte do ciclo natural da água num processo sazonal que desempenha um papel ambiental importante. No entanto, as ações feitas pelo homem são capazes de agravar este processo, aumentando picos de inundação, volumes e velocidades de escoamento. Além disso, o processo de urbanização expôs mais bens e pessoas à ocorrência de inundações, especialmente devido ao planejamento urbano inadequado e à ocupação descontrolada do território, sem a devida atenção para os limites impostos pela própria natureza, que precisa também de espaço para desenvolver seus processos, como no caso das inundações. Neste contexto, as inundações podem perturbar os sistemas urbanos, afetando habitação, saneamento, mobilidade, saúde pública e atividades econômicas. Por outro lado, a própria urbanização pode, como já discutido, agravar as inundações que, conseqüentemente, degradam o ambiente da cidade, que havia sido responsável pelo próprio incremento destas inundações. Forma-se um ciclo de degradação que precisa ser quebrado.

As inundações em ambientes urbanos estão geralmente associadas a uma configuração complexa. Os ambientes urbanos podem ser responsáveis por uma infinidade de possibilidades de escoamentos quando os sistemas de drenagem falham. É bastante comum que a água que extravasa do sistema de drenagem possa causar inundações em vastas áreas, neste caso, estruturas urbanas podem interagir com as estruturas hidráulicas, compondo uma rede de escoamentos não planejada sobre as superfícies urbanas, principalmente através de ruas, as quais passam a funcionar como canais (MIGUEZ *et al.*, 2015). Ao mesmo tempo, vários reservatórios indesejados são criados no sistema, com parques, praças públicas e edifícios temporariamente alagados de uma forma indesejável, uma vez que não foram concebidos para esta função.

Essa complexidade demanda o apoio de modelos matemáticos para uma melhor compreensão do comportamento sistêmico que integra a rede de drenagem e a paisagem urbana, bem como para posterior proposição de medidas de controle, cujo efeito também sistêmico precisa ser avaliado.

Outro aspecto em relação às discussões sobre o manejo das águas pluviais é o paradigma de mudança associado com o dimensionamento de alternativas de controle de inundação. Burian e Edwards (2002) revisaram a evolução dos sistemas de drenagem de 3000 AC até o presente. Neste trabalho, os autores apontam duas teorias interessantes: os sistemas de drenagem urbana muitas vezes evoluíram através de modificações de tentativa e erro, após a construção inicial dos sistemas;

e as mudanças na perspectiva da drenagem urbana em uma cidade foram causadas mais frequentemente por surtos de doenças, descobertas científicas, ou avanços técnicos em planejamento, projeto e construção.

A abordagem tradicional utilizada no projeto de drenagem busca o aumento da capacidade hidráulica do sistema, o que frequentemente recai sobre o uso de obras de canalização e retificação dos cursos de água (focando na adaptação da rede de drenagem às novas descargas geradas pelo processo de urbanização). Esta abordagem ganhou força durante o desenvolvimento da cidade industrial, quando os sistemas de drenagem foram concebidos para enfrentar problemas de saneamento, transportando conjuntamente águas pluviais e águas residuais. O crescimento urbano da cidade industrial ocorreu com poucos controles (BENEVOLO, 2006), levando a várias deficiências na infraestrutura urbana. Embora o conceito higienista relacionado com o projeto tradicional de drenagem urbana fosse importante para enfrentar problemas de saúde pública, naquela época, esta abordagem mostrou-se insustentável. A própria urbanização limita os alargamentos da canalização fluvial, por exemplo. Além disso, uma vez que o crescimento da cidade aumenta a geração de escoamento superficial, esta aproximação tende a transferir problemas à região mais a jusante da bacia hidrográfica.

Andoh (2002) revisou as práticas de drenagem urbana e de esgoto, afirmando a necessidade de uma mudança de um quadro reativo da abordagem tradicional, que trabalhava nas consequências das vazões crescentes, para uma abordagem preventiva, centrada em princípios sustentáveis. Para tanto, este autor discute a adoção de medidas distribuídas sobre a bacia, para atenuar e/ou armazenar e gerenciar as águas pluviais urbanas, lidando com o problema em seus estágios iniciais.

Nesse contexto, nas últimas décadas, foram desenvolvidas diversas abordagens, a fim de melhor ajustar os padrões de escoamento superficial no espaço e no tempo. Entre essas abordagens, é possível mencionar (não sendo exaustivo): desenvolvimento de baixo impacto (US EPA, 2000; AHIABLAME *et al.*, 2012); sistemas de drenagem urbana sustentáveis (WOODS-BALLARD *et al.*, 2007, CHOCAT *et al.*, 2007, BARBOSA *et al.*, 2012, MIGUEZ *et al.*, 2012); e cidades sensíveis à água (ARGUE, J.R., 2004, WONG e BROWN, 2008; JOHNSTONE, 2011); entre outros, com objetivos semelhantes.

Assim, as novas tendências da drenagem urbana apontam para medidas distribuídas na bacia hidrográfica (não apenas na rede de drenagem) com o objetivo de gerenciar a geração de fluxo e minimizar os impactos da urbanização sobre os padrões de escoamento natural.

As cidades costeiras enfrentam um problema adicional: apresentam uma alta vulnerabilidade a possíveis consequências de mudanças climáticas, especialmente quando se trata de risco de inundação. Mudanças nos padrões hidrológicos, com aumento de 20% no volume das chuvas, juntamente com uma elevação média do

mar entre 18 cm e 59 cm até o final do século XXI, segundo o IPCC (2007), agravam problemas e dificuldades dessas cidades no manejo de águas pluviais. Essa situação é ainda mais ameaçadora em países periféricos, que sofreram o processo de industrialização tardio e acelerado, mudando sensivelmente o uso do solo nos centros urbanos como consequência de um êxodo rural também acelerado. O aumento vertiginoso na população das cidades ocorreu sem investimentos adequados em infraestrutura urbana devido à falta ou à ineficiência do planejamento urbano. Essa situação trouxe diversos impactos negativos para a qualidade de vida, entre eles, um crescente risco de inundação. Os maiores riscos ocorrem, principalmente, devido a mudanças no uso do solo, com a disseminação de áreas impermeáveis, o que aumenta o volume e a velocidade do escoamento de águas pluviais no sistema de drenagem, bem como o aumento do número de pessoas e bens materiais expostos a inundações.

O desenvolvimento urbano nas cidades costeiras brasileiras, em geral, não ocorreu de forma comprometida com o manejo sustentável de águas pluviais. O projeto dos sistemas de drenagem urbana nestas cidades tem sido historicamente tratado através da concepção clássica de canalização, visando a melhoria da capacidade hidráulica do sistema. A cidade de Vila Velha, localizada na região metropolitana de Vitória, no estado do Espírito Santo, não escapou a esse padrão de desenvolvimento e apresenta uma situação crítica de inundação urbana. Não é possível aumentar a capacidade do sistema de forma livre, uma vez que o mar atua na restrição desta capacidade, limitando as saídas finais de drenagem.

O município abrange uma área de 210 km<sup>2</sup>, dos quais 55 km<sup>2</sup> estão situados em perímetro urbano, que concentra a maior parte dos seus quase 500 mil habitantes, a segunda maior população do estado.

A cidade, assentada em uma região de planície costeira, tem uma área muito densamente ocupada, limitada pelo oceano, a leste, pelo estuário do rio Santa Maria, ao norte, pelo Rio Jucu, ao sul e por uma região montanhosa a oeste. Uma parte das terras urbanas possui altitude muito baixa, em alguns pontos até abaixo do nível médio do mar, e é drenada por uma rede razoavelmente integrada de canais, que pode ser subdividida em quatro sub-bacias principais: bacia do Canal Guaranhuns; bacia do Canal de Ariribi; bacia do Canal da Costa; e bacia do Canal Marinho. Essa região e os principais canais podem ser vistos na Figura 1.

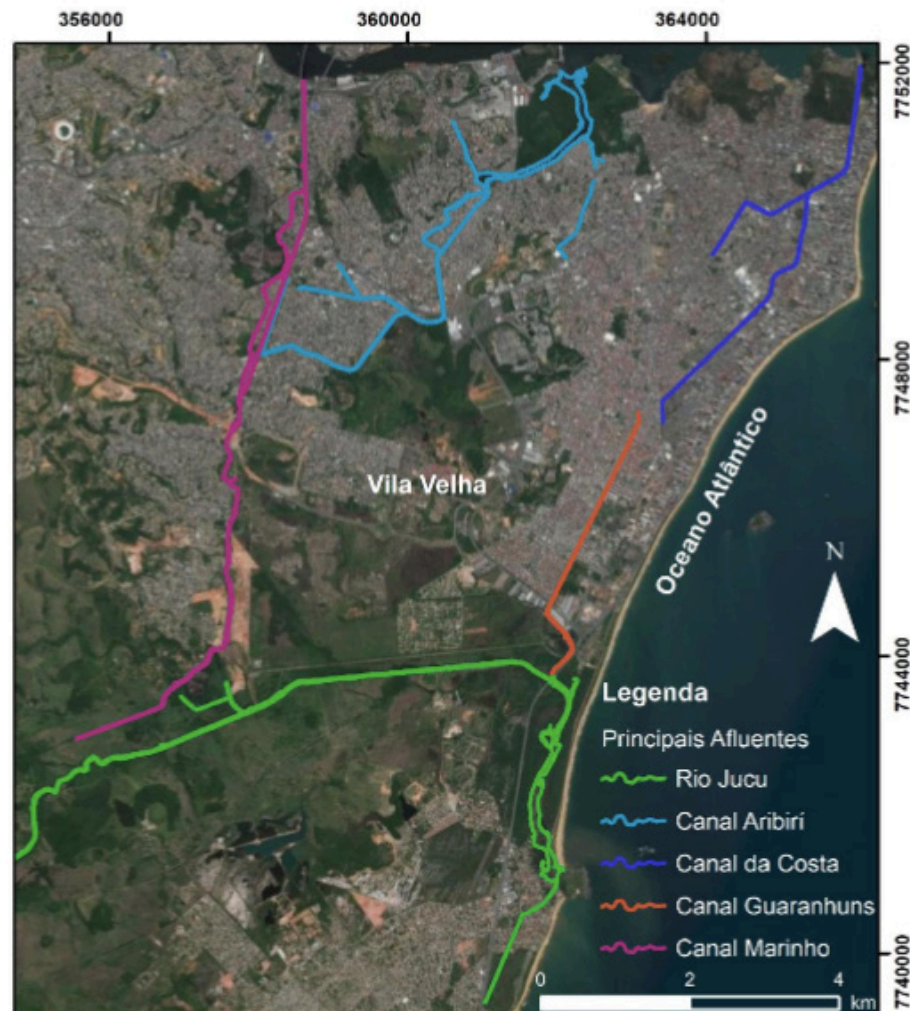


Figura 1. Imagem de satélite que mostra em destaque os principais canais do município.

Em 2013, um intenso evento de tempestade na cidade inundou grande parte da região ocupada por várias semanas, mostrando uma falha evidente das soluções convencionais de drenagem adotadas para proteger as áreas urbanas das inundações. Neste sentido, realizou-se um estudo de eventos de enchente, utilizando uma ferramenta de modelagem matemática para simular o funcionamento do sistema e diagnosticar a situação atual. O objetivo principal foi propor soluções distribuídas projetadas de forma sistêmica, baseadas no conceito de armazenamento de águas pluviais, evitando depender substancialmente da descarga (quase sempre limitada) no mar. Primeiramente, foi feito o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação e, considerando este mapa, foi proposto um novo zoneamento urbano, preservando áreas estratégicas para o armazenamento das cheias.

Na sequência do zoneamento, as medidas propostas, propriamente ditas, visam aproveitar a operação integrada dos canais que drenam a cidade, maximizando essa integração quando necessário e otimizando a operação de duas áreas selecionadas para o armazenamento de águas excedentes. A capacidade de armazenamento introduzida no sistema é muito importante para gerenciar o período de cheia do Rio Jucu, que limita a drenagem da região urbana quando eleva seus níveis d'água,

e/ou marés altas. Portanto, a saída direta dos canais para o Rio Jucu deve ser controlada por comportas unidirecionais (tipo *flap-gate*) e o Canal da Costa deve ser integrado ao Canal Garunhus, por meio de uma estação de bombeamento, para aliviar excedentes deste canal. A conexão entre os canais de Marino e Aribiri precisa ser otimizada e os sistemas Marinho / Aribiri e Canal da Costa / Garunhus devem operar juntos através da criação de um parque inundável. Além disso, o Canal Aribiri, que drena uma das áreas mais baixas da cidade, precisa de um segundo parque inundável, para reduzir os níveis locais de inundação.

A premissa norteadora do projeto visa mitigar os efeitos combinados de uma intensa tempestade local com uma grande duração de inundação na bacia do Rio Jucu e uma situação de maré alta, situação semelhante ao evento que resultou no desastre de janeiro de 2013. Ao adotar essa situação crítica como referência, a solução proposta é capaz de lidar com os principais efeitos danosos à macrodrenagem observados na ocasião.

## 2 | METODOLOGIA

Para a simulação do sistema com as soluções distribuídas de controle de cheias de Vila Velha, foi utilizado como ferramenta de modelagem o Modelo de Células de Escoamento para bacias urbanas – MODCEL (MIGUEZ, 2001), com apoio de um modelo hidrológico capaz de gerar vazões a partir de chuvas de projeto, o sistema HIDROFLU, desenvolvido por Magalhães (2005). O MODCEL é basicamente um modelo *quasi-2D* (CUNGE *et al.*, 1980) que representa o espaço urbano através de compartimentos homogêneos, denominados por células e interligados por meio de equações hidráulicas, compondo uma rede hidrodinâmica de escoamentos. O conceito de células de inundação foi inicialmente desenvolvido por Zanobetti e Lorgeré (1968) e consagrado por Cunge *et al.* (1980). Uma célula ou um grupo de células pode representar as características topográficas e urbanas de uma região, permitindo a simulação do escoamento de águas pluviais, tanto no leito dos rios quanto em suas planícies marginais, sejam elas urbanizadas ou não.

A primeira versão de um modelo celular desenvolvido no Brasil foi construída para representar o pantanal matogrossense, um grande pântano na região centro-oeste do Brasil (MASCARENHAS e MIGUEZ, 1993). Posteriormente, este modelo foi adaptado a um ambiente urbano, ganhando uma série de novas instalações, sendo apresentado em uma versão inicial por Mascarenhas e Miguez (2002), que está em contínuo aperfeiçoamento, se apresentando como uma alternativa consistente para simular eventos hidrológicos em áreas urbanas complexas. Algumas aplicações anteriores deste modelo podem ser encontradas na literatura (ver, por exemplo, MIGUEZ *et al.*, 2014; BARBEDO *et al.*, 2015, MIGUEZ *et al.*, 2015, NARDINI e MIGUEZ, 2016). Uma descrição mais atual do MODCEL pode ser encontrada em

Miguez et al. (2017).

O seguinte processo metodológico foi adotado:

1. Levantamento de dados em campo;
2. Definição do Modelo de Células de Escoamento como ferramenta de simulação;
3. Simulação do projeto considerando a situação atual e calibração com base nas manchas de inundação da cheia de 2013.
4. Simulação dos cenários de drenagem clássica e do sistema proposto, funcionando integrado e com reservatórios temporários de detenção dos escoamentos;
5. Otimização de projeto.

### 3 | MODELAGEM HIDROLOGICA

Os cálculos das chuvas de projeto consideraram os estudos hidrológicos elaborados para o Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável de Vila Velha, desenvolvido pela Fundação Vale. Para obtenção das relações IDF, foi utilizada a equação de Vila Velha, dada por:

$$I = \frac{973,47 \cdot TR^{0,19}}{(t + 20)^{0,77}}$$

Onde:

I – intensidade da chuva em mm/h

TR – tempo de recorrência em anos

t – duração da chuva em min

As premissas para o cálculo das vazões de projeto foram:

- Tempo de recorrência de 25 anos para a chuva precipitada sobre a área das bacias urbanas;
- Duração da chuva de projeto aproximadamente igual a 3,50 horas, equivalente ao maior tempo de concentração encontrado, no caso, para a Bacia do Rio Aribiri, que possui tempo de concentração igual a 3,39 horas;
- A distribuição temporal das precipitações foi realizada através do Método dos Blocos Alternados, que propõe a distribuição de totais de chuvas em intervalos de tempo contidos na duração total. No caso, a chuva total foi discretizada em intervalos regulares de 10 minutos, para duração total de 3,50 horas. Essa configuração tem por objetivo avaliar diversas intensidades em um mesmo evento, simulando eventos com duração equivalente a tempos de concentração inferiores e, assim, testando sub-bacias de drenagem sob um maior estresse de funcionamento. A Figura 2 apresenta a chuva de projeto calculada.



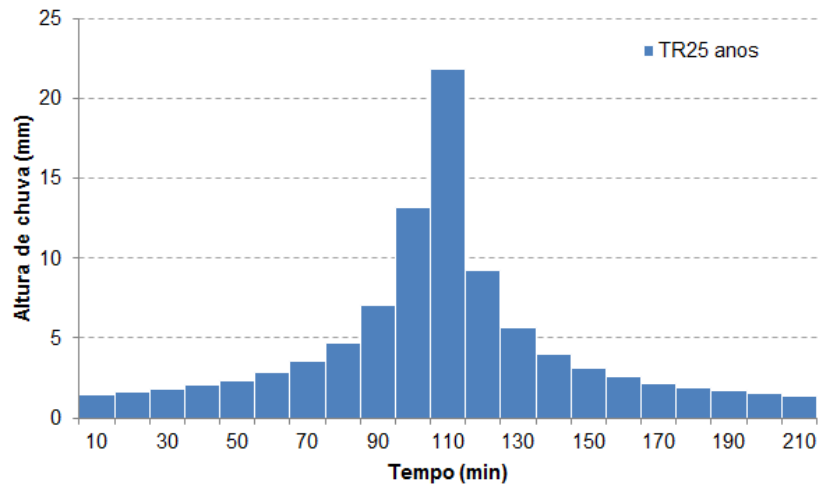


Figura 2. Chuva de projeto com TR25 anos e 3,50 horas de duração

#### 4 | MODELAGEM MATEMÁTICA

A região das bacias urbanas foi dividida em 340 células, ligadas conforme as características topográficas analisadas nas cartas topográficas, apresentada na Figura 4, com destaque para ligações do tipo escoamento em canal, escoamento superficial, escoamento em galerias, escoamento sobre vertedouros, escoamento através de comportas flap e bombeamento.



Figura 3. Esquema de divisão de células.

## 5 | ESTUDO DE SOLUÇÕES

A solução proposta visa aproveitar o funcionamento integrado dos canais que drenam a cidade, maximizando essa integração quando necessário, cortando a comunicação do sistema com o rio Jucu, de grande porte, quando comparado com os rios e canais urbanos, e que tem potencial para alagar a cidade com suas cheias, e otimizando o funcionamento de duas áreas alagáveis selecionadas para o armazenamento temporário das águas precipitadas na cidade, durante períodos de cheias no rio Jucu e/ou de maré alta. Para isso, a saída direta dos canais para o rio Jucu é interrompida por comportas de sentido único (tipo FLAP), o canal da Costa é integrado ao canal Garanhus, por meio de uma estação de bombeamento, a ligação entre os canais Marinho e Aribiri é otimizada e os sistemas Marinho/Aribiri e Canal da Costa/Garanhus passam a funcionar juntos pela área do Parque Inundável 1. Além disso, o canal Aribiri, que drena uma das regiões mais baixas da cidade,

passa a contar com o Parque Inundável 2, para reduzir seus níveis de cheia locais. A localização dos parques inundáveis pode ser observada na Figura 4.



Figura 4 – Mapa das Intervenções na bacia urbana de Vila Velha.

Com isso, foram elaborados três cenários, utilizados para apoio no processo de tomada de decisões, para definição do projeto de mitigação de inundações mais apropriado para o caso de estudo. Os cenários de simulação são:

**Cenário 0:** Situação atual do sistema de drenagem de Vila Velha.

**Cenário 1:** Projeto de canalização convencional voltada à implantação de canais em solo e com o uso de bombeamento. As principais intervenções adotadas nesse cenário são:

- O canal marinho será interrompido junto a foz do rio Formate, que passa a estar ligado ao rio Jucu e separado dos demais rios urbanos.
- O canal Aribiri está parcialmente ligado ao canal Marinho por uma comporta já existente.
- O Canal Marinho será dragado, desde seu novo início, próximo à foz do rio Formate, até a foz no estuário do rio Santa Maria. Os canais da Costa, Guaranhus e Aribiri serão dragados em toda a sua extensão com as seções máximas compatíveis com a urbanização.
- O Canal da Costa terá uma estação de bombeamento de  $2\text{m}^3/\text{s}$ , junto à av. Champagnat, para o mar.
- O Canal Guaranhus terá uma estação de bombeamento de  $2\text{m}^3/\text{s}$ , junto à rua Itapetinga, para o mar.
- O Canal Guaranhus terá sua foz isolada da cheia do rio Jucu por meio de um conjunto de 3 comportas *flap*.

**Cenário 2:** Projeto sistêmico das bacias urbanas de Vila Velha, onde os cinco principais canais funcionam de forma integrada e com áreas de amortecimento temporárias. Serão acrescentados ao cenário 1 as seguintes medidas:

- Dragagem de um canal de drenagem ligando o canal Marinho à foz do canal Guaranhuns. Esse canal permite que as vazões excedentes de ambos os canais possam acessar a região de baixa cota absoluta que será considerada como Parque Inundável 1.
- A ligação entre o canal marinho e Aribiri será restaurada permitindo o escoamento livre entre os canais.
- A margem esquerda do canal Aribiri será rebaixada no trecho junto à rua Grande Vitoria, permitindo a vazão excedente do canal acessar a região de baixa cota absoluta que será considerada como Parque Inundável 2.
- O Canal da costa será integrado ao Canal Guaranhuns por meio de uma estação de bombeamento de  $2\text{m}^3/\text{s}$ , ao longo da rua 34.

## 6 | RESULTADOS

Após simulações dos cenários, foram avaliados os níveis d'água ao longo dos canais do sistema. As envoltórias de níveis d'água máximos foram obtidas para os três cenários. Os canais Garunhus e Marinho são apresentados na Figura 5 e os canais da Costa e Aribiri, na Figura 6.

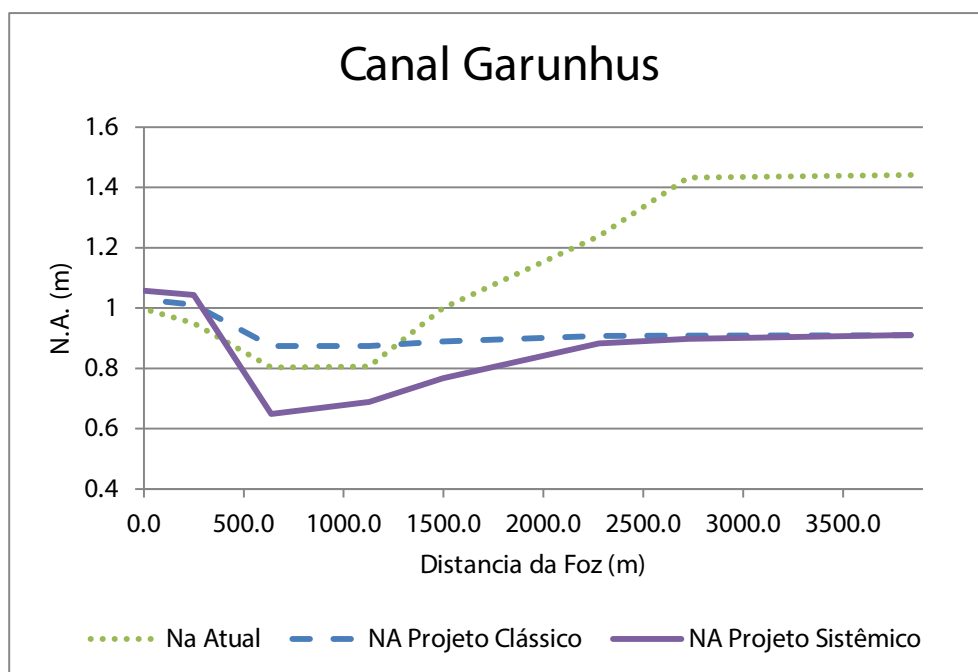


Figura 5 – Comparação entre os três cenários no Canal Garunhus.

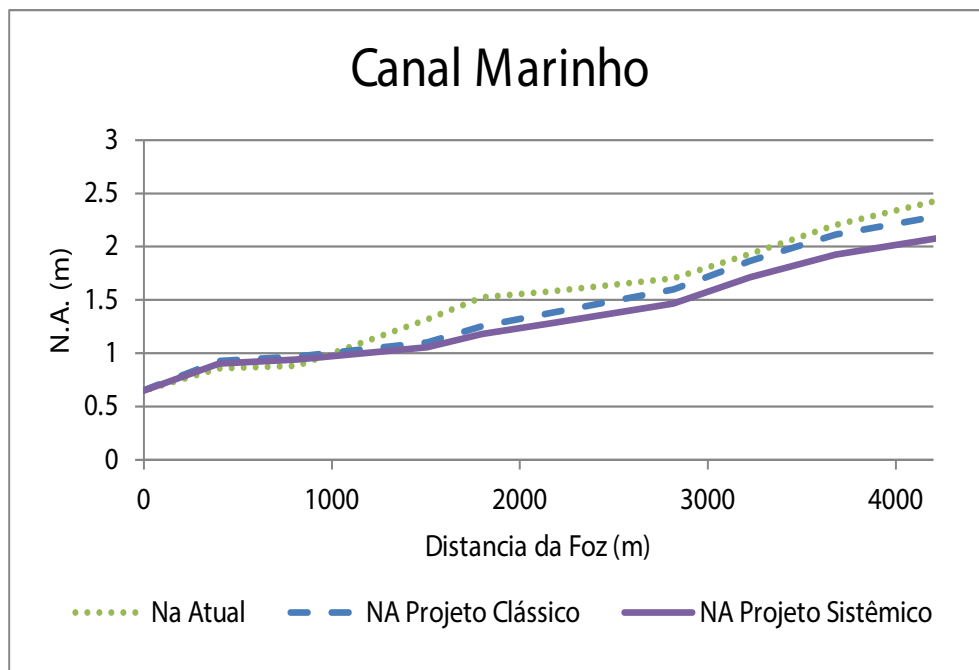


Figura 6 – Comparação entre os três cenários no Canal Marinho.

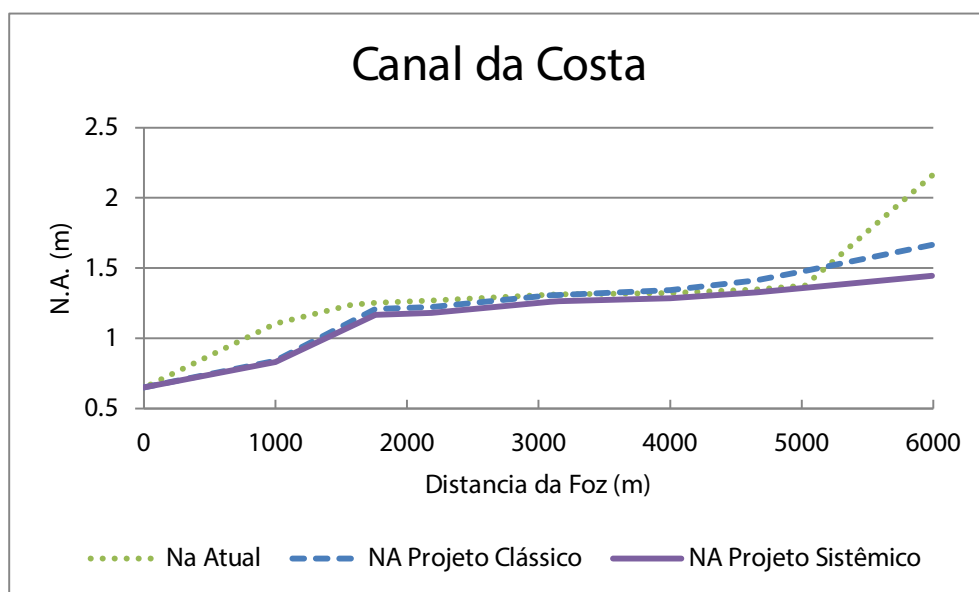
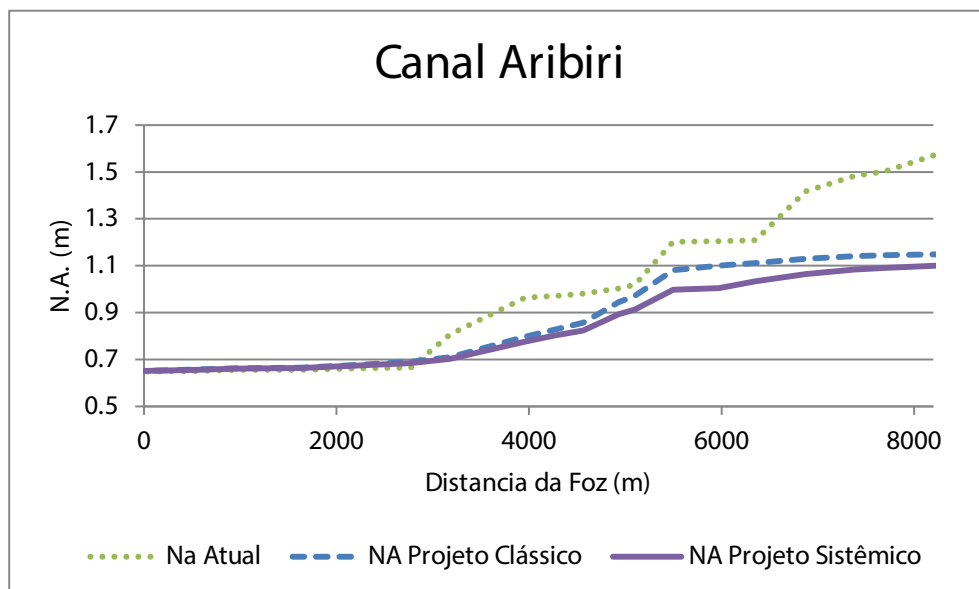


Figura 7 – Comparação entre os três cenários no Canal da Costa.



## 7 | CONCLUSÃO

Levando-se em consideração os resultados apresentados neste estudo, concluímos que, para a complexa bacia urbana hidrográfica do município de Vila Velha, a solução clássica de projetos de drenagem, simulada no Cenário 1, não se mostra tão eficiente quanto a solução apresentada no projeto com armazenagem. O Cenário 2 ainda se mostra mais viável, uma vez que, integrando o sistema, permite a implantação de seções mais econômicas. Com o uso da ferramenta de modelagem, foi possível otimizar os reservatórios do projeto sistêmico e verificar que a melhoria não ocorre somente nas planícies de inundação dos canais, mas também na grande maioria do território da cidade, onde são verificados alguns alagamentos pontuais que sinalizam falta ou falha de microdrenagem. Apesar disso, o projeto sistêmico se mostrou eficiente para uma chuva de tempo de recorrência de 25 anos.

O processo de avaliação das cheias na região de Vitória mostra a importância do uso de ferramentas com capacidade de representação de toda a bacia funcionamento como um sistema integrado. Regiões de baixa declividade, com grande influência de níveis d'água de jusante e complexa rede de drenagem não podem ser representadas parcialmente, inviabilizando a abordagem clássica de avaliação de redes de macrodrenagem, a qual trata isoladamente cada bacia.

Destaca-se ainda que a cidade de Vila Velha é representativa de outras tantas cidades costeiras, cujos sistemas de drenagem sofrem influência do mar, limitando, em maior ou menor escala, suas descargas. Portanto, a concepção de projeto aqui proposta contém contribuições e conceitos que podem ser úteis em situações semelhantes, em outras aplicações.

## REFERÊNCIAS

AHIABLAME, L. M.; ENGEL, B. A.; CHAUBEY, I. Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Water, Air e Soil Pollution*, 2012, Vol. 223, n.7. Netherlands.

ANDOH, R.Y.G. Urban Drainage and Wastewater Treatment for the 21st Century. In: 9th International Conference on Urban Drainage - ICUD, 8-13 September, Portland, OR/USA International Water Association (IWA), 2002.

ARGUE, J.R. **WSUD: Basic Procedures for 'Source Control' of Stormwater – a Handbook for Australian practice**. Adelaide: Urban Water Resources Centre, University of South Australia, 2004.

BARBEDO, J. MIGUEZ, M., VAN DER HORST, D., CARNEIRO, P., AMIS, P., e IORIS, A. Policy dimensions of land-use change in peri-urban floodplains: the case of Paraty. *Ecology and Society*, v. 20, n. 1, 2015.

BARBOSA, A.E.; FERNANDES, J. N.; DAVID, L. M. Key issues for sustainable urban stormwater

management. In: **Water Research**. In Press, Corrected Proof, Available online 25 May 2012.

BENEVOLO, L. **Storia della città. Vol. 4: La città contemporânea**, 2nd ed.; Gius. Laterza & Figli, Roma-Bari, Italia, 2006; p. 332.

BURIAN, S. J.; EDWARDS, F. G. Historical Perspectives of Urban Drainage. In: 9th International Conference on Urban Drainage - ICUD. 8-13 September, Portland, OR/USA. International Water Association (IWA), 2002.

CHOCAT, B.; ASHLEY, R. ; MARSALEK, J.; MATOS , M. R.; RAUCH , W.; Schilling, W.; Urbonas , B. Toward the Sustainable Management of Urban Storm-Water. **Indoor and Built Environment**, 2007, 16 (3), 273-285.

CUNGE, J. A., HOLLY, F. M.; VERWEY, A. **Practical aspects of computational river hydraulics**. 1980

GUHA-SAPIR D.; HOYOIS Ph; Below R.. EM-DAT. **Annual Disaster Statistical Review 2015**, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). 2016.

JHA, A. K.; BLOCH, R.; Lamond, J. **Cities and flooding: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century**. The World Bank, 2012

JOHNSTONE, P. Water Sensitive Cities – Science-Policy Partnership. In: 12th International Conference on Urban Drainage - ICUD, 10-15 September, Porto Alegre/Brazil. International Water Association (IWA), 2011.

MAGALHÃES, P. C.; COLONESE, B. L.; BASTOS, E. T.; MASCARENHAS, F. C. B.; MAGALHÃES, L. P. C.; MIGUEZ, M. G. Sistema HIDRO-FLU para apoio a Projetos de Drenagem. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, 2005.

MASCARENHAS, F. C. B., MIGUEZ, M. G. Large Flood Plains Modeling by a Cell Scheme: Application to the Pantanal of Mato Grosso. In: **Engineering Hydrology**. ASCE, 1993. p. 1212-1217.

MASCARENHAS, F. C. B., MIGUEZ, M.G. Urban flood control through a mathematical cell model. **Water International**, v. 27, n. 2, p. 208-218, 2002.

MIGUEZ, M. G., 2001, Modelo Matemático de Células de escoamento para Bacias Urbanas. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.

MIGUEZ, M. G.; MASCARENHAS, F. C. B.; MAGALHÃES, L.P.C. Multifunctional landscapes for urban flood control in developing countries. WIT Transactions on **Ecology and the Environment**, v. 2, 2007.

MIGUEZ, M.G.; VERÓL, A.P.; CARNEIRO, P.R.F., Sustainable Drainage Systems: An Integrated Approach, Combining Hydraulic Engineering Design, Urban Land Control and River Revitalisation Aspects. In: Muhammad Salik Javaid. (Org.). **Drainage Systems**. 1ed.Rijeka/Croatia: InTech - Open Access Publisher, 2012, v. 1, p. 21-54.

MIGUEZ, M. G., REZENDE, O. M., & VERÓL, A. P. City growth and urban drainage alternatives: Sustainability challenge. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 141, n. 3, p. 04014026, 2014.

MIGUEZ, M. G., VERÓL, A. P., SOUSA, M. M., & REZENDE, O. M. Urban floods in lowlands—levee systems, unplanned urban growth and river restoration alternative: a case study in Brazil. **Sustainability**, v. 7, n. 8, p. 11068-11097, 2015.

MIGUEZ, M. G.; REZENDE, O. M.; VERÓL, A. P. **Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à**

**Sustentabilidade.** Elsevier Brasil, 2015.

MIGUEZ, M.G., BATTEMARCO, B.P., SOUSA, M.M., REZENDE, O.M., VERÓL, A.P., & GUSMAROLI, G. Urban Flood Simulation Using MODCEL—An Alternative Quasi-2D Conceptual Model. **Water**, v. 9, n. 6, p. 445, 2017.

MONTGOMERY, M.; KUNREUTHER, H. Pricing storm surge risks in Florida: Implications for determining flood insurance premiums and evaluating mitigation measures. 2017

NARDINI, A., & MIGUEZ, M. G. An Integrated Plan to Sustainably Enable the City of Riohacha (Colombia) to Cope with Increasing Urban Flooding, while Improving Its Environmental Setting. **Sustainability**, v. 8, n. 3, p. 198, 2016.

US EPA – United States Environmental Protection Agency. **Low Impact Development – A Literature Review**. EPA-841-B-00-005. Washington, DC: Office of Water USA, 2000.

WONG, T.; BROWN, R. Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience through a new Hydro-Social Contract. In: 11th International Conference on Urban Drainage, 31 August-5 September, Edinburgh, UK. International Water Association (IWA), 2008.

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; MARTIN, P.; BRAY, R.; SHAFFER, P. **The SUDS Manual**. CIRIA C697. London: CIRIA, 2007.



## **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

