

Maria Elanny Damasceno Silva  
(Organizadora)



# Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

Atena  
Editora  
Ano 2020

Maria Elanny Damasceno Silva  
(Organizadora)



# Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Barão

### **Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima

Luiza Batista 2020 by Atena Editora

Maria Alice Pinheiro Copyright © Atena Editora

**Edição de Arte** Copyright do Texto © 2020 Os autores

Luiza Batista Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Revisão** Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora

Os Autores pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima



Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

#### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional

Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais

Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo

Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas

Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia

Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil

Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita

Prof. Me. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí

Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé

Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina

Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro

Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College

Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social

Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay

Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA

Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará

Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe

Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná

Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental

2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário:** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Edição de Arte:** Luiza Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Maria Elanny Damasceno Silva

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

M514 Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-219-7

DOI 10.22533/at.ed.197202407

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva, Maria Elanny Damasceno.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

  
Ano 2020



## APRESENTAÇÃO

Prezado leitor (a), a obra Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Básico da série 2 e 3, englobam a temática das ciências ambientais no contexto teórico e prático de pesquisas voltadas para a discussão da preservação e recuperação dos recursos naturais, bem como a criação de métodos e tecnologias que contribuem para a redução dos impactos ambientais oriundos dos desequilíbrios das ações humanas.

O volume 2 contém capítulos que tratam da educação ambiental por meio de projetos interdisciplinares em ambientes educacionais e comunitário. Além disso, as pesquisas apresentadas apontam tecnologias diversas que auxiliam no monitoramento de áreas protegidas, risco de queimadas em florestas e simuladores de erosão em solo para formulação de dados sedimentológicos.

Em relação as tecnologias sustentáveis são divulgados estudos sobre os benefícios dos telhados verdes para captação de águas pluviais e o uso de biodigestores em propriedades rurais e zonas urbanas para o tratamento de matérias orgânicas utilizadas na geração de energia, gás e biofertilizantes. Sobre efluentes industriais e domésticos é indicado método de depuração aplicado em Estações de Tratamentos de Esgotos, assim como *Wetlands* construídas para eliminar a deterioração das bacias hídricas.

Diante do crescimento populacional em zonas urbanas é mostrado a necessidade de redimensionamento de área urbana próxima às áreas de inundações, complementando com o estudo sobre a atualização de Plano de Saneamento Básico municipal para controle de enchentes. E por fim, acerca de inundações em locais impermeáveis é evidenciado um sistema de infiltração de águas de chuvas que facilita o escoamento no solo.

No volume 3 é tratado da parceria entre gestores nacionais e internacionais de recursos hídricos a fim de fomentar a Rede Hidrometeorológica do país. As questões jurídicas ganham destaque na gestão ambiental quando se refere ao acesso à água potável na sociedade. E como acréscimo é exposto um modelo hidro econômico de alocação e otimização de água. As águas fluviais compõem uma gama de estudos contidos neste exemplar. Os assuntos que discutem sobre rios e praias vão desde abordagens metodológicas para restaurar rios, análises das características das praias de águas doces sobre o desenvolvimento do zooplâncton e composição granulométrica dos sedimentos dos corpos hídricos.

É destaque para a importância e conservação das Bacias de Detenção de águas de chuvas em zona urbana, como também os sistemas de controle da vazão das águas pluviais na prevenção de enchentes, assoreamento e erosões nas margens de rios. Os modelos matemáticos, hidrogramas e suas correlações são fatores que estimam volume das vazões nas áreas atingidas e servem como instrumentos eficazes preventivos contra inundações inesperadas. Similarmente, a modelagem pode ser bem inserida em um estudo que trata dos componentes aquáticos na qualidade das águas de rios.

A respeito da qualidade da água são mencionados ensaios físico-químicos e microbiológicos coletados em um rio e averiguados com base nos parâmetros das portarias e resoluções nacionais. No quesito potabilidade da água é exibido uma pesquisa com foco nas águas pluviais captadas e armazenadas em cisternas de placas.

Por último, salienta-se os estudos que substituem aparelhos hidrosanitários por modelos que reduzem a quantidade de água descartada, da mesma forma tem-se a substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo geradores a fim de verificar a viabilidade financeira e energética em uma Companhia de Abastecimento metropolitano.

Portanto, os conhecimentos abordados e discutidos sem dúvidas servirão como inspiração para trabalhos futuros, replicação em outras regiões como também favorecerá para a minimização dos impactos ambientais provocados a longo prazo, além de ser modelos norteadores de consciência ecológica na sociedade.

Excelente leitura!

Maria Elanny Damasceno Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ORTA ESCOLAR COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA E INTERDISCIPLINAR DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NUMA ESCOLA ESTADUAL DE ARAPUTANGA-MT	
Leiliane Erminia da Silva Stefanello Victor Hugo de Oliveira Henrique Dhiogo Mendes de Andrade Renata Cristina Cordeiro Gilmara Matos Centeno Ana Paula Batista Silva de Lima José Antônio da Silva Andrade Juliana Alves de Jesus Quevedo Jeferson dos Santos Capelletti Maria das Dores Pereira de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
PROJETO ENGENHEIROS DO FUTURO: O LÚDICO COMO PRINCÍPIO DE APRENDIZAGEM DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Leonardo Di Paulo da Silva Chaves Luciana Andréa Tiberi Moreira Raphaela Tacine Pinto Modesto Gabriel Vinícius Fernandes Miranda Gleicy Karen Abdon Alves Paes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
PROJETO AQUARELA: A ECOTÉCNICA DE PRODUÇÃO DE TINTAS DE SOLO COMO MÉTODO PARA REVITALIZAÇÃO DE AMBIENTES	
Jeane de Fátima Cunha Brandão Lívia Ferreira Coelho Kelly Mesquita Clemente Isac Jonatas Brandão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ALTERNATIVA DE RENDA PARA A COMUNIDADE RIBEIRINHA DO RIO JARUMÃ NA AMAZÔNIA TOCANTINA: UMA EXPERIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO	
Josiel do Rego Vilhena	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>35</b>
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO: UMA ANÁLISE DAS SOBREPOSIÇÕES COM EMPREENDIMENTOS DE 1998 A 2016	
Marília Teresinha de Sousa Machado Francisca Deuzilene Nobre de Lima Camila Santana da Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024075</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>47</b>
ANÁLISE DO RISCO DE QUEIMADA COM USO DO MAPA DE KERNEL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA	
Layla Bianca Almeida Dias	
Thiago dos Reis Lima	
Gleidson Marques Pereira	
Glauber Epifanio Loureiro	
Gleicy Karen Abdon Alves Paes	
Seidel Ferreira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024076</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>56</b>
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS APÓS INCORPORAÇÃO DE PALHA DE CAFÉ	
Daniel Lucas Prudêncio	
Aurélio Azevedo Barreto Neto	
Vinícius Pedro de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024077</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>64</b>
TELHADO VERDE UMA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: UMA REVISÃO	
Janine Farias Menegaes	
Toshio Nishijima	
Rogério Antônio Bellé	
Fernanda Alice Antonello Londero Backes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024078</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>78</b>
SISTEMA PARA INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO SOLO E SUBSOLO DE CURITIBA EM VIAS URBANIZADAS	
Vinicios Hyczy do Nascimento	
Ernani Francisco da Rosa Filho	
Luiz Eduardo Mantovani	
Eduardo Chemas Hindi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1972024079</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>90</b>
NECESSIDADE DE ESTUDOS DE REDIMENSIONAMENTO DIANTE DE INUNDAÇÕES URBANAS: UM ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ/SP	
José Roberto Rasi	
Roberto Bernardo	
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo	
Valentim Cesar Bigeschi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19720240710</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>104</b>
SANEAMENTO BÁSICO E O SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES: ESTUDO DE CASO EM ARRAIAL DO CABO - RJ	
Aline Pires Veról	
Bruna Peres Battemarco	
Leonardo Henrique Silva dos Santos	
Victória de Araújo Rutigliani	
Camilla Fernandes da Silva	
Daniel Carvalho da Costa	
Marcelo Gomes Miguez	
Raquel Hemerly Tardin-Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19720240711</b>	



<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>115</b>
SISTEMA DE TRATAMENTO <i>COMMUNITY ON-SITE</i> DE EFLUENTES POR MEIO DE WETLANDS CONSTRUÍDAS: METODOLOGIA DE CÁLCULO E IMPLANTAÇÃO	
Mateus Francisquini Bruna Pereira da Silva Regiane Soares Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19720240712</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>137</b>
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO NO MODELO DE AUTODÉPURAÇÃO UTILIZANDO EFLUENTES DE LATICÍNIO	
Duwylho Moraes Guedes Francisco Javier Cuba Teran Priscila Gracielle dos Santos Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19720240713</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>152</b>
APLICABILIDADE DE BIODIGESTORES (REATORES ANAERÓBIOS) PARA O SANEAMENTO AMBIENTAL	
Ricardo Salles Hermanny Carin von Mühlen Carlos Eduardo de Souza Teodoro Rodrigo José Marassi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19720240714</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>164</b>
USO DE BIODIGESTOR EM COMUNIDADES RURAIS DA GUINÉ-BISSAU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA, BIOFERTILIZANTE E SANEAMENTO	
Nino Júlio Nhanca Carlos Alberto Mendes Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19720240715</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>178</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>179</b>

## NECESSIDADE DE ESTUDOS DE REDIMENSIONAMENTO DIANTE DE INUNDAÇÕES URBANAS: UM ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ/SP

*Data de aceite: 01/07/2020*

### **José Roberto Rasi**

Universidade Federal de São Carlos – Mestrado em Estruturas e Construção Civil – São Carlos – SP

### **Roberto Bernardo**

Universidade Federal de São Carlos – Doutorado em Engenharia de Produção – São Carlos – SP

### **Cristiane Hengler Corrêa Bernardo**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Coordenadora do curso de Administração – Doutorado em Ciências

### **Valentim Cesar Bigeschi**

Faculdades Faccat de Tupã - Coordenador do curso de Arquitetura – Arquiteto e Urbanista - Especialista em Engenharia de Avaliação de Bens e Perícias

**RESUMO:** O crescimento acelerado da população resulta inevitavelmente no aumento da ocupação das áreas periféricas aos centros urbanos aumentando o nível de impermeabilização do solo e como consequência grande parcelas de chuvas passam a escoar sobre o solo, provocando enchentes, com grandes danos materiais. O objetivo central deste artigo é verificar os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica

e seus impactos. Especificamente, buscou-se checar se o projeto original da ponte sobre o Córrego Afonso XIII, estava corretamente dimensionado para atender a nova demanda de vazão criada com a maior impermeabilização do solo e ao aumento da população urbana de Tupã e determinar a vazão de pico. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, englobando os problemas existentes na passagem sobre o córrego em estudo, levando em consideração o evento de inundação ocorrido em abril de 2013, e as soluções estruturais adotadas para sanar esse problema de enchente. Identificou-se um subdimensionamento importante na vazão da ponte analisada e, portanto, recomenda-se que sejam realizados estudos em outras áreas do município para prevenção de futuras inundações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Enchente urbana. Aspectos hidrológicos. Soluções estruturais.

**ABSTRACT:** The accelerated growth of the population inevitably results in an increase in the occupation of areas peripheral to urban centers, increasing the level of waterproofing of the soil and, as a consequence, large amounts of rain start to drain over the soil, causing floods, with great material damage. The main objective of this article is to verify the effects of urbanization

on a hydrographic basin and its impacts. Specifically, it was sought to check if the original design of the bridge over the Afonso XIII stream was correctly sized to meet the new demand for flow created with the greater waterproofing of the soil and the increase in the urban population of Tupã and to determine the peak flow. To this end, a case study was carried out, encompassing the problems existing in the passage over the stream under study, taking into account the flood event that occurred in April 2013, and the structural solutions adopted to remedy this flood problem. An important undersize was identified in the flow of the analyzed bridge and, therefore, it is recommended that studies be carried out in other areas of the municipality to prevent future flooding.

**KEY WORDS:** Urban floods. Hydrological aspects. Structural solutions.

## 1 | INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial, a população mundial cresceu num ritmo nunca antes alcançado. A população mundial, que era de ‘Um Bilhão’ de habitantes em 1804, duplica em 1927 e atinge ‘Dois e meio Bilhões’ em 1950. A partir dessa data o crescimento acelera, chegando a quatro bilhões em 1975 e ultrapassa os seis bilhões de habitantes na passagem para o século XXI. Em 2020 está com sete bilhões e oitocentos milhões de habitantes.

O Brasil vem apresentando ao longo das últimas décadas, um significativo crescimento da sua população urbana, com uma taxa que tem atingido por volta de 80%, muito próximo da sua saturação. Após a década de 1960, houve uma urbanização acelerada, gerando uma população urbana com infraestrutura precária, em especial, na década de 1989, quando foram reduzidos de forma significativa os investimentos na área. Os efeitos desse processo recaíram sobre todo o aparelhamento urbano com reflexos sobre os recursos hídricos tais como: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgoto e drenagem pluviais. As enchentes urbanas têm sido cada vez mais constantes, trazendo impactos negativos importantes sobre a sociedade (TUCCI, 2005).

Essas enchentes são resultado, entre outras coisas, do aumento da ocupação dos centros urbanos devido ao rápido crescimento da população e que traz como consequência, um importante crescimento do nível de impermeabilização, prejudicando sua capacidade de infiltração de água no solo. Durante os períodos de chuvas intensas, como resultado da impermeabilização do solo, parte da água que antes se infiltrava, agora passa a escoar superficialmente no solo (*runoff*), seguem os declives topográficos, concentram-se preferencialmente nos fundos de vales e atingem, de maneira mais rápida, os canais naturais e artificiais. (ALAMY FILHO *et al.*, 2017).

O aquecimento global tem alterado significativamente o clima, como consequência, tem ocorrido chuvas intensas, com grande volume de precipitação e num período curto de tempo em todo o planeta. As instalações de controle de inundação e drenagem urbana,

se tornaram subdimensionadas para o incremento de vazões exigidas atualmente, acarretando inundações em muitas cidades com grandes perdas econômicas e de vidas humanas (ZHU *et al.*, 2016). Muitas obras civis, como passagens e pontes sobre córregos e rios, que tinham dimensões suficientes no passado, para as vazões de determinadas bacias e/ou sub bacias, após a expansão das cidades tornaram-se insuficientes. Para realizar dimensionamento de obras de infraestrutura em engenharia, faz-se necessário estudos das fases do ciclo hidrológico, em especial, estudos sobre escoamento superficial. Quantificar esse escoamento é tarefa complexa e depende de outros fatores como: estudos topográficos da região; tipo e cobertura do solo e distribuição e intensidade das chuvas como sendo os principais (SARTORI *et al.*, 2005).

Como consequência da crescente ocupação dos centros urbanos, e da maior impermeabilização das cidades, frequentemente têm ocorrido casos como a da enchente na cidade de Tupã - SP, que ocasionou inundação de uma ponte urbana, que destruiu a pavimentação asfáltica, provocou desmoronamento de postes de alta tensão, desmoronamento parcial de muros, erosão no canal, destruição de rede de galeria de águas pluviais, destruição de rede e caixas de distribuição de telefonia e rompimento de rede coletora de esgoto (Figura 1).



Figura 1: Danos causado na Rua Aimorés esquina com a Rua Miguel Gantus.

Fonte: TERRA (2013)

Para melhor compreender alternativas que estão sendo utilizadas no sentido de mitigar os efeitos nocivos causados pela crescente ocupação dos centros urbanos, e da maior impermeabilização das cidades, este artigo realizou um estudo hidrológico para determinação de vazão de dimensionamento de uma nova ponte sobre o córrego Afonso XIII, na Rua Miguel Gantus em Tupã área de enchente na cidade de Tupã – SP.



## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste artigo é verificar os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica e seus impactos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Checar se o projeto original da ponte sobre o Córrego Afonso XIII, estava corretamente dimensionado para atender a nova demanda de vazão criada com a maior impermeabilização do solo e ao aumento da população urbana de Tupã.
- Elaborar um estudo hidrológico do trecho do braço esquerdo do Córrego Afonso XIII, junto à nova ponte a Rua Miguel Gantus, para a determinação da vazão de pico.

## 3 | METODOLOGIA DE PESQUISA E DE ANÁLISE

Esta seção apresenta uma descrição breve dos procedimentos metodológicos para cumprir os objetivos deste trabalho.

- Inicialmente, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica, seus impactos, os riscos ambientais, as medidas de controle de enchentes e os estudos das vazões de enchentes;
- Posteriormente, foram feitos levantamentos de campo, com propósito de avaliar a situação antes das medidas de controle de enchentes, determinação de vazão de pico, e análises dos efeitos da inundação.
- Finalmente, foi apresentar um estudo de caso, englobando os problemas existentes na passagem sobre o córrego em estudo, levando em consideração o evento de inundação ocorrido em abril de 2013, e as soluções estruturais adotadas para sanar esse problema de enchente.

### 3.1 Local de estudo

A área de estudo está localizada a Centro-Oeste do Estado de São Paulo (Figura 2). O município de Tupã faz divisa com os Municípios de Arco-Íris, Herculândia, Quintana, Quatá, Bastos, João Ramalho e Iacri, localizado na latitude 21° 56' 05" S "e longitude 50° 30' 49" O.

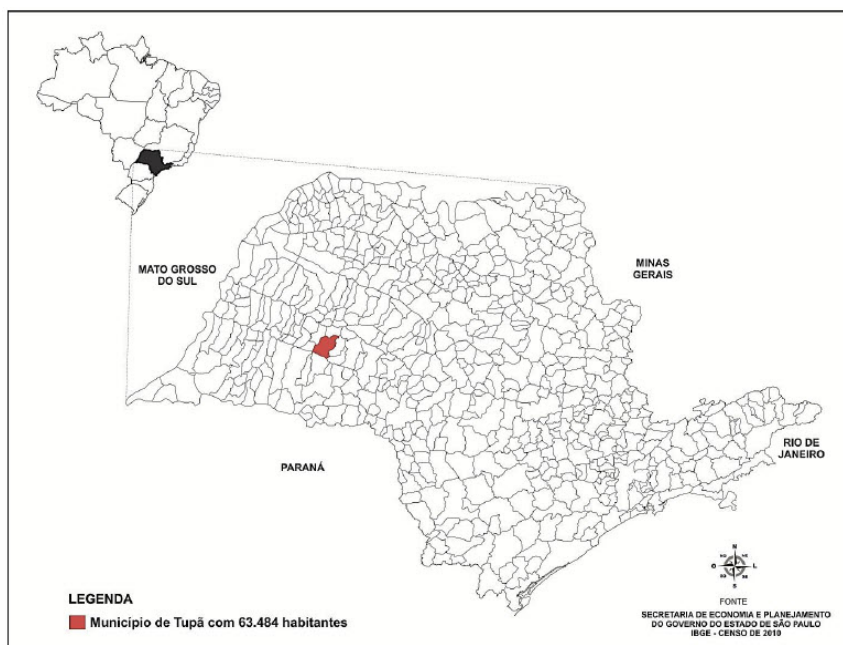


Figura 2: Localização do município de Tupã / SP

Fonte: Benini (2015)

Segundo Benini (2015), a cidade de Tupã foi projetada inicialmente como a maioria das cidades do Estado de São Paulo, tendo o traçado urbano original orientado por uma morfologia, em que pode ser identificada por sua disposição quadrática.

As nascentes do córrego Afonso XIII estão situadas na região central do município de Tupã. O córrego Afonso XIII é formado pelos braços esquerdo e direito, em forma de “Y”, seguindo em direção norte, com extensão total de aproximadamente 17,5 km. Benini (2015), relata também que o braço esquerdo e o direito nascem em região densamente urbanizada e seguem no sentido Norte do município até a confluência próximo à Rua Timborés, a partir daí o ribeirão Afonso XIII segue por região menos urbanizada, em direção ao norte até descarregar na margem esquerda do rio Jacri.

De acordo com levantamento topográfico da região, a área de contribuição das águas pluviais que escoam sobre a travessia da Rua Miguel Gantus (ponto nº 7) é formado por parte da bacia hidrográfica do tramo esquerdo do Córrego Afonso III, com extensão de 4,17 km<sup>2</sup>. A área pode ser considerada totalmente urbanizada, conforme mostra a Figura 3.

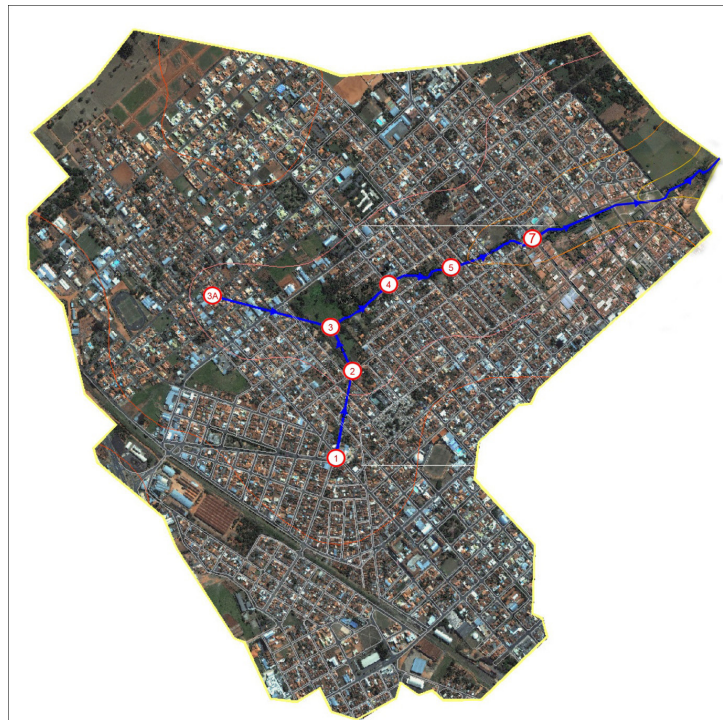


Figura 3: Foto da bacia do córrego Afonso XIII, braço esquerdo

Fonte: FCTH/USP (2008)

## 3.2 Climatologia

De acordo com Sant'Anna Neto (1995), a região onde se localiza o município de Tupã, é caracterizada por clima tropical quente e úmido, com chuvas de verão e com 1 a 2 meses de estação seca. Toda esta região situa-se em zona de transição climática, onde a circulação atmosférica é controlada pela dinâmica das massas tropicais, setentrionais e meridionais.

A principal responsável pela produção da maior quantidade de precipitações na região é a frente polar Atlântica. As massas tropicais setentrionais, responsáveis por instabilidades, são correntes oriundas da Amazônia e provocam chuvas intensas, de curta duração, com alta capacidade erosiva. A intensidade das precipitações chega a atingir mais de 1,6 mm/minuto durante períodos de 15 minutos.

### 3.2.1 Dados Hidro meteorológicos

Para a região que abrange a área do presente estudo hidrológico estão disponíveis dados de pluviometria para quatro postos. O município mais próximo a Tupã que possui dados hidro meteorológicos é Iacri, sendo dois postos pluviométricos e um posto fluviográfico.

A figura 4, apresenta a localização dos postos hidro meteorológicos existentes na região objeto do estudo hidrológico.

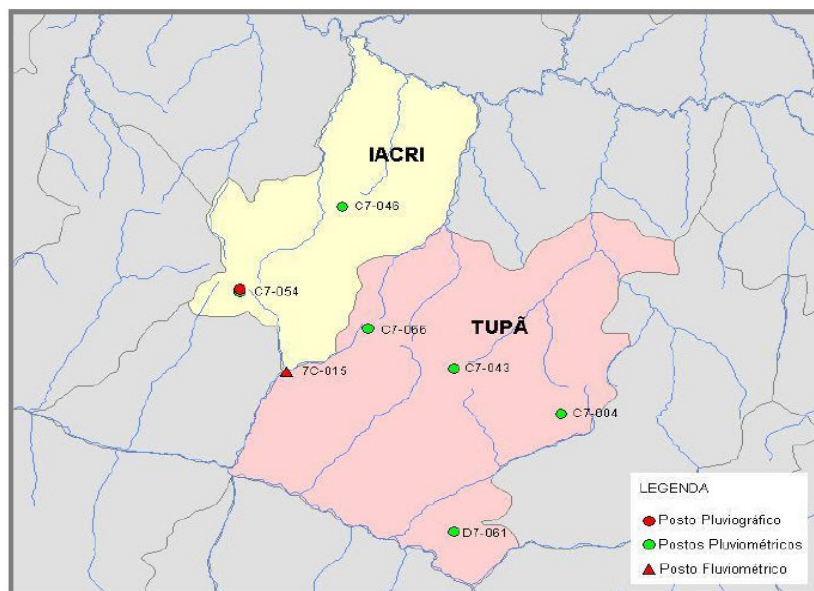


Figura 4: Postos hidro meteorológicos na região de Tupã.

Fonte: INMET (2020)

O Quadro 1, apresentam os postos pluviométricos a serem considerados neste trabalho.

Prefixo do Posto	Nome	Município	Bacia	Altitude (m)	Localização	
					latitude	longitude
C7 - 046	Extremadura	Iacri	Jurema	440	21°48'	50°37'
C7 - 054	Iacri	Iacri	Peixe	510	21°52'	50°42'
C7 - 064	Faz. Bom	Luisiania	Aguapeí	420	21°42'	50°18'
C7 - 077	Novo Cravinhos	Pompéia	Caingangue	460	21°59'	50°06'
D7 - 003	Pompéia	Pompéia	Futuro	580	22°07'	50°12'
D7 - 029	Paulópolis	Pompéia	Peixe	580	22°06'	50°15'
D7 - 034	Pompéia (Acco)	Pompéia	Caingangue	580	22°06'	50°11'
D7 - 037	Pompéia (Sanbra)	Pompéia	Caingangue	440	22°06'	50°11'
D7 - 059	Vila Audenia	Pompéia	Peixe	420	22°13'	50°14'
C7 - 074	Queiros	Queiros	Caingangue	430	21°48'	50°14'
C7 - 004	Bairro Sabiá	Herculândia	Pitangueiras	480	21°58'	50°27'
C7 - 043	Tupã	Tupã	Peixe	510	21°56'	50°32'
C7 - 066	Universo	Tupã	Copaiba	510	21°54'	50°36'
D7 - 061	Varpa	Tupã	Peixe	430	22°04'	50°32'
CAT	CAT	Tupã	Corr. Afonso XIII B. Direito	511	21°56'	50°30'
CAMAP	CAMAP	Tupã	Peixe	512	21°57'	50°29'

Quadro 1: Postos pluviométricos na região de Tupã.

Fonte: INMET (2020)

### 3.2.2 Equação Intensidade - Duração – Frequência

O município de Tupã não possui equação de chuvas intensas, porém o convênio DAEE-USP publicou em junho de 1999 uma síntese dos estudos que contemplaram a análise das precipitações intensas para trinta localidades do Estado de São Paulo. Dentro



as localidades estudadas, Tupã está inserida na área de influência do município de Iacri, um dos seus municípios limítrofes.

A região é hidrologicamente homogênea e não apresenta influência orográfica, ou seja, não há alterações altimétricas significativas, em relação ao regime pluviométrico. Deste modo, optou-se por adotar a Equação I-D-F de Iacri (DAEE-USP, 1999) neste estudo hidrológico do braço esquerdo do córrego Afonso XIII.

A Equação I-D-F desenvolvida para o posto pluviométrico da Cidade de IACRI:

- Nome da estação: Iacri - C7 - 054;
- Município: Iacri;
- Altitude: 510m;
- Coordenadas geográficas: Lat. 21° 52'S - Long. 50° 42'W;
- Período de dados utilizados: 1990-91; 1993-98.

Esta equação (Expressão 1) foi publicada em 1999 e possui o seguinte formato, para  $10 \leq t \leq 1440$ :

$$i, T = 33,3984(t+20)^{-0,8486} + 2,2482(t+5)^{-0,6276} \cdot [-0,5009 - 1,03 \ln \ln(T/T-1)], \quad (1)$$

onde:

i: é a intensidade da chuva, correspondente à duração de tempo t e o período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos; e

T: período de retorno em anos.

A Tabela 1 mostra as previsões de máximas alturas de chuvas de Iacri.

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	108,8	137,7	156,8	167,6	175,2	181,0	199,0	216,8	234,5
20	85,4	106,4	120,3	128,1	133,6	137,8	150,8	163,8	176,6
30	70,7	87,7	98,9	105,3	109,7	113,1	123,7	134,1	144,6
60	47,4	59,0	66,6	70,9	73,9	76,2	83,4	90,5	97,5
120	29,5	37,1	42,2	45,0	47,0	48,5	53,3	58,0	62,7
180	21,7	27,7	31,7	33,9	35,5	36,7	40,4	44,0	47,7
360	12,6	16,5	19,0	20,5	21,5	22,3	24,7	27,1	29,5
720	7,1	9,6	11,3	12,3	12,9	13,4	15,0	16,6	18,1
1080	5,1	7,0	8,3	9,1	9,6	10,0	11,2	12,4	13,6
1440	4,0	5,6	6,7	7,3	7,7	8,1	9,1	10,1	11,1

Tabela 1: Previsão de máximas intensidade de chuva em mm para Iacri

Fonte: DAEE-USP (1999)

A Figura 5 ilustra a curva I - D - F em função da chuva.

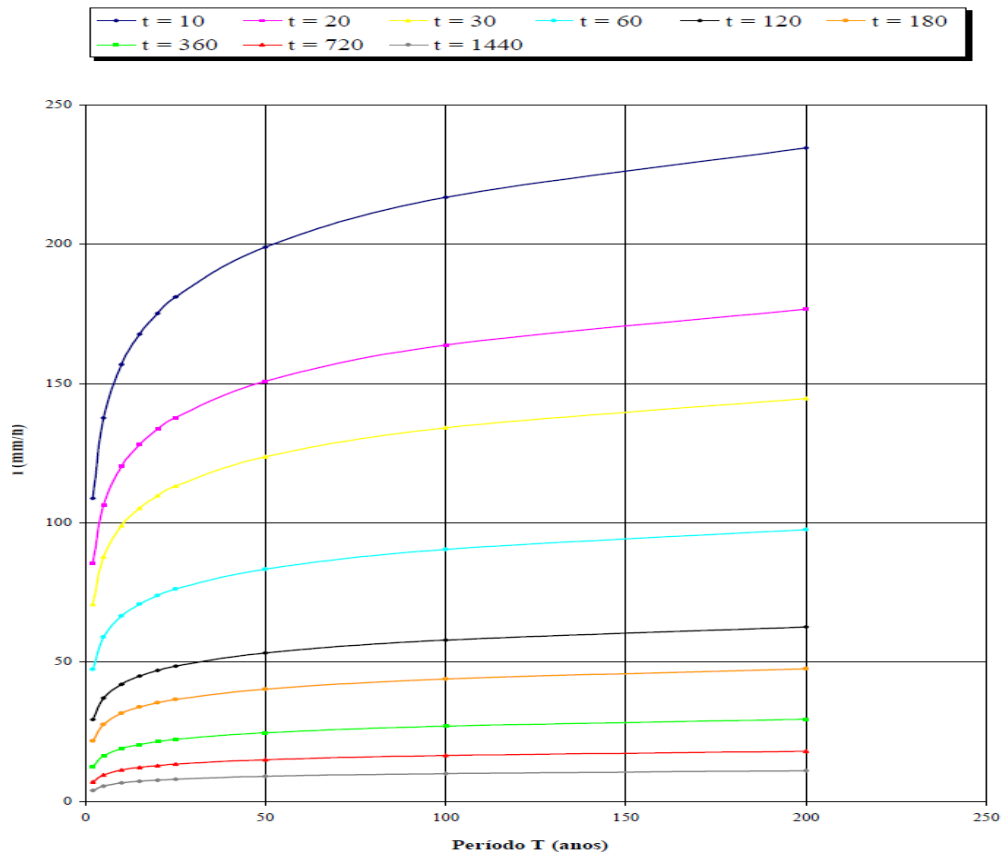


Figura 5: Curva I-D-F em função da duração (min)

Fonte: DAEE-USP (1999)

### 3.2.3 Determinação da vazão sob a ponte da rua m. gantus

Para se analisar as causas da enchente, faz-se necessária a determinação da vazão máxima provável da travessia de águas pluviais sob a ponte do braço esquerdo do córrego Afonso XIII, na rua Miguel Gantus. A Figura 6, mostra a localização da ponte a ser analisada.

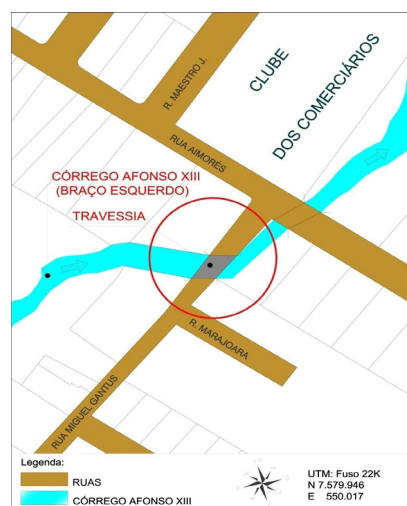


Figura 6: Localização da ponte (travessia) da Rua Miguel Gantus.

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi utilizado neste estudo hidrológico a Instrução Técnica DPO nº 001 do DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica da Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos / SP (2005).

Devido à localização urbana e tratando-se de travessia, foi adotado período de retorno  $T_r = 100$  anos.

O tempo de concentração foi determinado pela fórmula de Kipich:

$$t_c = 57 \times \left[ \frac{L^{2,7}}{S} \right]^{0,385} \quad (2)$$

Onde:

$t_c$ : tempo de concentração (min);

L: comprimento do talvegue;

S: declividade equivalente ou média (m/km)

As vazões de projeto são calculadas a partir de métodos empíricos baseados em equações de chuvas intensas representativas da região. O Quadro 2 indica os métodos indiretos recomendados pelo DAEE (2005) em função das dimensões da área de drenagem da bacia contribuinte.

Área de Drenagem	Método
Pequenas bacias ( $A \leq 2,00 \text{ km}^2$ )	Racional
Grandes bacias ( $A > 2,00 \text{ km}^2$ )	I - Pai - Wu

Quadro 2: Métodos de cálculo empíricos de vazões

Fonte: DAEE, 2005

A área do braço esquerdo do córrego Afonso XIII, até o ponto 7, onde situa-se a passagem, é de  $4,12 \text{ km}^2$ , os cálculos das vazões serão feitos pelo método I-PAI-WU. Este método constitui em um aprimoramento do método Racional, sendo indicado para bacias com áreas de drenagem superiores a  $2,0 \text{ km}^2$ .

A equação básica do Método I - PAI - WU é dada pela equação 4:

$$Q = (0,278 \times C \times i \times A^{0,9}) \times K \quad (4)$$

$$Q_{\text{pico}} = Q_b + Q$$

Onde:

Q: vazão de cheia ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_b$ : vazão base ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) adotado  $0,1 \times Q$ ;

i: intensidade de chuva ( $\text{mm}/\text{h}$ );

C: coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A: área da bacia ( $\text{km}^2$ )  $\leq 200 \text{ km}^2$ ;

K: coeficiente de distribuição espacial da chuva (adimensional).

Cálculo do coeficiente C de escoamento superficial

O coeficiente C é calculado pela equação 5:

$$C = (C_2 / C_1) \times 2 / (1 + F) \quad (5)$$

Onde:

C: coeficiente de escoamento superficial;

C<sub>1</sub>: coeficiente de forma; C<sub>2</sub>: coeficiente volumétrico de escoamento;

F: fator de forma da bacia.

Coeficiente de forma C<sub>1</sub>:

Conforme Kather (2005), em bacias alongadas, o tempo de concentração é superior ao tempo de pico, pois a chuva que cai no ponto mais distante da bacia chegará tarde o suficiente para não contribuir para a vazão máxima. Assim em bacias alongadas, deve-se esperar um valor de C<sub>1</sub> <, de acordo com a equação 6:

$$C_1 = t_p / t_c = 4 / (2 + F) \quad (6)$$

Onde:

t<sub>p</sub>: tempo de pico de ascensão (h);

t<sub>c</sub>: tempo de concentração (h).

Pelo SCS, t<sub>p</sub> = 0,6 x t<sub>c</sub>, ou seja, t<sub>p</sub> / t<sub>c</sub> = 0,60 = C<sub>1</sub>

Fator de forma da bacia F, de acordo com a equação 7:

$$F = L / \left[ 2 \left( \frac{A}{\pi} \right)^{0,5} \right] \quad (7)$$

Onde:

L: comprimento do talvegue (km);

A: área da bacia (km<sup>2</sup>);

F: fator de forma da bacia, conforme MORANO (2006), quando:

F=1; a bacia tem formato circular perfeito; F<1; a bacia tem forma circular para elíptica e o seu dreno principal está na transversal da área;

F>1; a bacia tem forma circular para elíptica e o seu dreno principal está na longitudinal da área.

Coeficiente de forma C<sub>2</sub>:

O coeficiente volumétrico de escoamento ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície, conforme DAEE SP (1994). Podemos adotar C<sub>2</sub> = 0,30 para grau baixo de impermeabilização; C<sub>2</sub> = 0,50 para grau médio e C<sub>2</sub> = 0,80 para grau alto, conforme o Quadro 3.

Grau de impermeabilização da superfície	Coeficiente volumétrico de escoamento C <sub>2</sub>
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

Quadro 3: Grau de impermeabilização do solo em função do uso.

Fonte: DAEE (1994)

Coeficiente K:

O coeficiente K é extraído do ábaco, mostrado na figura 7.

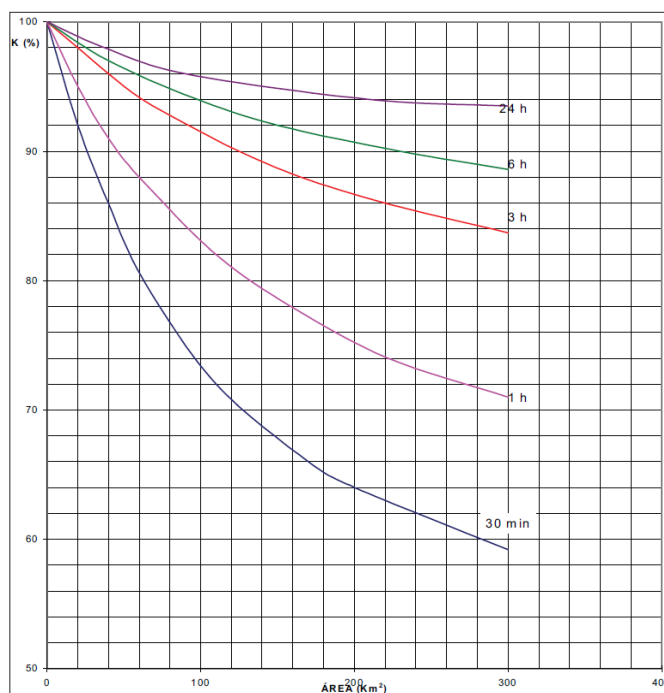


Figura 7: Abaco para determinar o coeficiente K

Fonte: DAEE (1994)

## 4 | RESULTADOS

Considerando o braço esquerdo do córrego Afonso XIII, até o ponto 7, a área é de 4,12 km<sup>2</sup>. Os cálculos das vazões foram feitos pelo método I-PAI-WU. O comprimento do talvegue é de 5,04 km. O ponto da travessia do braço esquerdo do córrego Afonso XIII sob a ponte da Rua Miguel Gantus, denominando ponto 7, possui as coordenadas UTM (fuso 22K): N7.579.946; E 550.017.

A Tabela 2 mostra as vazões calculadas até o ponto 7 onde se localiza a ponte da Rua Miguel Gantus, sobre o braço esquerdo do córrego Afonso XIII, com a vazão de pico QP, igual a 85,60 m<sup>3</sup>/s.

Trecho	Talvegue	Área	Área acumulada	Cota M	Cota J	Desnível	Declive	C <sub>2</sub>	t	i	F	C <sub>1</sub>	C	K	t <sub>c</sub>	Q <sub>e</sub> trecho	Q <sub>c</sub> acum.	Q <sub>p</sub> acum.
	(km)	(km <sup>2</sup> )	(km <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m/km)		(min)	(mm/h)					(min.)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
1 - 2	1,40	1,62	1,62	525	487	38,0	27,143	0,60	120	168,744	0,975	1,345	0,452	0,98	20,72	32,07	32,07	35,28
2 - 3	0,21	0,07	1,69	483	480	3,0	14,286	0,60	120	142,034	0,703	1,480	0,476	0,98	1,68	1,68	33,75	37,13
3A - 3	1,15	1,52	3,21	505	484	21,0	18,261	0,60	120	142,034	0,827	1,415	0,464	0,98	26,19	26,19	59,94	65,93
3 - 4	0,31	0,39	3,60	484	480	4,0	12,903	0,60	120	142,034	0,440	1,639	0,508	0,98	10,00	8,43	68,37	75,21
4 - 5	0,97	0,24	3,84	517	476	41,0	42,268	0,60	120	142,034	1,755	1,065	0,409	0,98	13,17	4,38	72,75	80,02
5 - 7	1,00	0,28	4,12	517	474	43,0	43,000	0,60	120	142,034	1,675	1,088	0,412	0,98	13,40	5,07	77,82	85,60

Tabela 2: Vazões calculadas – Tr=100 anos – até ponto 7 – Ponte Rua Miguel Gantus

Fonte: elabora pelos autores



A Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH / USP, realizou estudos hidrológicos no trecho urbano do córrego Afonso XIII, cujos resultados mostram que a passagem do Córrego Afonso XIII, braço esquerdo, existente sob a Rua Miguel Gantus (travessa 7) possui a área de apenas 4,00 m<sup>2</sup> e capacidade máxima de descarga **31,56** (m<sup>3</sup>/s). Assim, a vazão original é muito inferior a vazão de pico ( $Q_p$ ) de 85,60 (m<sup>3</sup>/s), calculada pelo método I-PAI-WU.O. A forte chuva ocorrida por volta da 7:00h, no dia 06 de abril de 2013, que atingiu o índice de 87,4 mm em um período de 45 minutos, ocasionou o transbordamento do córrego.

## 5 | CONCLUSÕES

Os resultados apresentados da vazão de pico indicam que a causa da inundação no dia 06 de abril de 2013, deveu-se à reduzida área de passagem existente, que possuía apenas 42,2% da área necessária para escoar o caudal devido e ocasionou o transbordamento na entrada da ponte existente. Portanto, houve a necessidade de uma nova seção da travessia para o córrego Afonso XIII – braço esquerdo, sob a Rua Miguel Gantus, composto por duas células com largura transversal útil de 5,92 m, cada e altura de 2,00 m, dimensionada para vazão de pico de 91,50 (m<sup>3</sup>/s), que suporta a vazão da bacia contribuinte com área 4,12 km<sup>2</sup> e vazão de pico de 85,60 (m<sup>3</sup>/s). Portanto, em virtude da crescente ocupação dos centros urbanos, e da maior impermeabilização das cidades, os resultados apontam para a necessidade de se realizar novos estudos hidrológicos para o cálculo de vazão de pontes urbanas no município de Tupã para evitar novas inundações como a que ocorreu na ponte sobre o córrego Afonso XIII, na Rua Miguel Gantus.

## REFERÊNCIAS

ALAMY FILHO, José Eduardo et al. **Influência da progressiva ocupação urbana na ocorrência de áreas inundáveis**. Ciências e Engenharia, v. 26(2), p. 21-31, 2017.

BENINI, Sandra Medina. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: Estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2015.

BRUBACHER, João Paulo. **Inundações e enxurradas, município de Esteio - RS**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CANHOLI, Alúcio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 1ª Ed. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

CONVENIO DAAE – USP. **Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo**. São Paulo, 1999.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELETRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAAE. **Instrução Técnica DPO 001**. São Paulo 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES – DNIT. **Manual de drenagem de rodovias. Publicação IPR – 724**, 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006.

FRITSCH, Fabricius Eduardo Danieli. **Influência do uso e ocupação do solo nas vazões de pico na bacia hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco** – PR. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRAULICA - USP. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. São Paulo, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual> - – Acesso em 13/03/2020.

KARTHER, Christian. **Escoamento superficial e o uso do solo e da água na bacia do Ribeirão da Serragem – Vale do Paraíba**. Dissertação de mestrado. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2005.

RAPOSO, Isabel. Explosão urbana em África. **Meio século de independências africanas**, p. 184-185, 2010.

LEOPOLD, Luna Bergere. **Hydrology for urban land planning** - A guidebook on the hydrologic effects of urban land use. Geological Survey Circular 554. U. S. Govern. Wasington, 1968.

MORANO, José Roberto – **Pequenas barragens de terra**. Metodologia para projetos e obras. Edição Codasp. São Paulo, 2006.

OLIVEIRA, Gabriel Araújo De. **Desastres hidrológicos e informações geográficas voluntárias: concepção de sistema colaborativo para o mapeamento de áreas de riscos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: A Variabilidade Pluvial nos Últimos 100 Anos**. In: Sant'Anna Neto, J. L. & Zavatini, J. A. (Orgs). Variabilidade e Mudanças Climáticas. Rduem, Maringá. 2000.

SARTORI, Aderson; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, Abel Maia. **Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

TERRA.COM.BR – <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/vc-reporter-temporal-derruba-ponte-em-tupa-no-interior-de-sp,37e13c79001ed310VgnVCM5000009ccceb0aRCRD.html> – Acesso em 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Modelos Hidrológicos**. Colaboração da Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH. 2ª edição. Porto Alegre, 2005.

ZHU, Zhihua *et al.* **Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems**. Science of the Total Environment, v.553, p. 1-12. Elsevier, 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agropecuária 153, 157, 164

Água Residuária 104, 107, 125

Águas Pluviais 8, 64, 65, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 92, 94, 98

Alimentação Saudável 1, 9, 11

Ambiente Escolar 3, 10

Artesanato 21, 27, 29, 30, 33

Assoreamentos 78, 79, 89

### B

Bacia Sedimentar 78, 81, 89

BDQueimadas 47, 48, 50, 51

Biodegradação Anaeróbia 142

Bioengenharia 64

### C

Chorume 160

Conservação da Biodiversidade 35, 37, 38, 39, 45, 46

Controle de Inundação 91

Cores da Terra 21, 26

Cultura Alimentar 3

Curso Técnico em Meio Ambiente 33

### D

Déficit de Energia e Gás 153

Déficit de Saneamento 104, 109

Descarte Correto de Resíduos 13

Drenagem Urbana 76, 91, 102

### E

Efluente Industrial 126, 137

Erosão de Solo 56

Escoamento das Águas Pluviais 77, 78, 80

Estações de Tratamento de Esgoto 120, 122, 148

Estudo Geológico 78

Estudo Hidrológico 92, 93, 95, 97, 99

## F

Futuras Gerações 14

## G

Gases do Efeito Estufa 141

Geoprocessamento 35, 41, 54, 55

## I

Impactos Socioambientais 27, 29

Impermeabilização 65, 72, 78, 79, 81, 89, 90, 91, 92, 93, 100, 102

Incêndios Florestais 47, 48, 51, 54

## J

Jardins Suspensos da Babilônia 68

## L

Levantamento Topográfico 94

## M

Matéria Orgânica 59, 105, 109, 118, 128, 133, 137, 139, 140, 141, 143, 144, 161, 163

Modelo de Streeter-Phelps 128, 134

## N

Nutrientes 8, 23, 48, 57, 58, 72, 105, 106, 109, 131, 148

## O

Oficinas de Empreendedorismo 27, 30

Oxigênio Dissolvido 126, 128, 130, 133, 134, 138, 139

## P

Parâmetros Físicos 56, 62

Percepção Ambiental 13, 15

Política Pública 31, 35, 36, 37, 42, 43

Público Infantil 13

## Q

Qualidade de Vida 5, 15, 25, 43, 68, 141

Questões Culturais 159

## R

Recuperação Sustentável 56, 58



# Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 