

**NILZO IVO LADWIG  
THAISE SUTIL  
DANRLEI DE CONTO  
(Organizadores)**

# **PAISAGEM E TERRITÓRIO NO GEOPROCESSAMENTO**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



**NILZO IVO LADWIG  
THAISE SUTIL  
DANRLEI DE CONTO  
(Organizadores)**

# **PAISAGEM E TERRITÓRIO NO GEOPROCESSAMENTO**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

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

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador  
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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
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  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



# Paisagem e território no geoprocessamento

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Nilzo Ivo Ladwig  
Thaise Sutil  
Danlei De Conto

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P149 Paisagem e território no geoprocessamento / Organizadores Nilzo Ivo Ladwig, Thaise Sutil, Danlei De Conto. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-258-0550-4  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.504221609>

1. Geografia política. 2. Território. 3. Paisagem. I. Ladwig, Nilzo Ivo (Organizador). II. Sutil, Thaise (Organizadora). III. Conto, Danlei De (Organizador). IV. Título. CDD 320.12

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**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)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.





## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## PREFÁCIO

Ao receber o presente livro para escrever seu prefácio, percorri os diferentes capítulos e ficou claro o caráter interdisciplinar da temática Paisagem e Território que dá título à obra.

A paisagem nos mostra que cada lugar é único e sua interpretação está associada à experiência de vida e à formação de cada observador. O território, por sua vez é uma discretização do espaço em função de objetivos específicos, associados, por exemplo à gestão de uma determinada área, região, municípios, bacias hidrográficas, entre outras. O que une esses conceitos é o seu caráter espacial. Já os objetivos com os quais analisamos esses espaços é que definem a escala espacial e temporal de análise e as variáveis a serem contempladas.

Temos nesse livro exemplos de estudos voltados para áreas urbanizadas cuja escala é de grande detalhe, assim como de outros voltados a unidades de conservação, municípios ou bacias hidrográficas contemplando via de regra escalas de menor detalhe. Também do ponto de vista metodológico temos diferentes estratégias seja na aquisição, análise dos dados e visualização.

É importante ressaltar aqui os benefícios do desenvolvimento da tecnologia da informação, a qual proporcionou a aquisição de informação espacial bastante diversificada quanto à resolução espacial, temporal e espectral, quanto nas ferramentas de processamento e visualização de dados hoje acessíveis publicamente e em plataformas de fácil acesso também ao público leigo o que vem facilitar tanto o ensino como nas estratégias de comunicação dos resultados de pesquisa ou de estratégias de planejamento e gestão territorial.

Estão de parabéns os organizadores da obra e os autores dos capítulos por nos proporcionarem essa leitura.

Heinrich Hasenack

Professor do Departamento de Ecologia e do PPG em Agronegócios da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul



## APRESENTAÇÃO

O livro que apresentamos à comunidade acadêmica é resultante do XII Seminário de Pesquisa em Planejamento e Gestão Territorial (SPPGT), que ocorreu em 2021, de forma remota, em função da pandemia COVID-19. O evento é organizado anualmente pelo Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial (LabPGT) e pelo Laboratório de Arqueologia Pedro Ignácio Schmitz (LAPIS).

A edição de 2021 teve como temática Paisagem e Território, termos que são normalmente aceitos como um caminho na promoção do desenvolvimento sustentável em diferentes escalas de planejamento, do local ao regional.

O XII SPPGT foi organizado em formato de Grupos de Trabalhos (GTs), sendo que o GT Paisagem e Território no Geoprocessamento, promoveu debate considerando o uso de geotecnologias e suas aplicações na análise da evolução da fragmentação da paisagem, como suporte no planejamento e na gestão de território urbano e rural, erosão, escorregamentos, ocupação irregular, cobertura vegetal e impactos decorrentes do uso e ocupação da terra.

A socialização dos resultados do Seminário é peça fundamental na construção de uma ponte entre as universidades, os pesquisadores e a comunidade. O evento continua mantendo a proposta inicial desde a primeira edição do SPPGT, em 2010, que sempre foi a de trabalhar interdisciplinarmente, buscando sua consolidação e o reconhecimento nacional, e recebendo participantes, apresentadores e palestrantes de diversas áreas científicas e regiões do País. Fruto disso, foi o apoio da Capes e da Fapesc, juntamente com outros apoiadores, mostrando um caminho de excelência em pesquisa. O livro está dividido em 13 capítulos, o capítulo de abertura relata uma experiência interdisciplinar no planejamento urbano e da paisagem para cidades e projetos inteligentes.

O livro segue abordando planejamento urbano e rural, alterações antrópicas na paisagem e no patrimônio decorrentes do uso e ocupação da terra, análises espaciais de erosão, escorregamentos, ocupações irregulares, cobertura vegetal e unidades de conservação.

Nosso singelo agradecimento a todos e todas que estão desde o início nessa empreitada, bem como àqueles que vêm se incorporando ao nosso projeto de debate e divulgação científica. Vale destacar também a grata participação da Capes e da Fapesc, o fomento disponibilizado por ambas foi importante para a qualificação do evento. Nossos cordiais agradecimentos aos apoiadores institucionais, às empresas, às pessoas e às entidades, pois, destes dependemos para a correta harmonia entre o planejamento e a execução do seminário e desta publicação.

Uma boa leitura e até a próxima publicação!


Nilzo Ivo Ladwig, Thaise Sutil, Danrlei De Conto - Organizadores

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO AO ENSINO-APRENDIZAGEM: UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR NO PLANEJAMENTO URBANO E DA PAISAGEM PARA CIDADES E PROJETOS INTELIGENTES


Daiane Regina Valentini  
Renata Franceschet Goettems  
Ernestina Rita Meira Engel  
Andreia Saugo  
Angela Favaretto  
Raquel Becker Miranda  
Rafaela Tedeschi Zonatto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216091>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (APASUL-RMBH) COM AUXÍLIO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM


Daniilo Marques de Magalhães  
Daniel Lucas Costa e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216092>

### **CAPÍTULO 3..... 31**

IMPACTOS DA GEOVISUALIZAÇÃO COMO SUPORTE NA CONSTRUÇÃO DE UM PLANO DIRETOR


Camila Marques Zyngier

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216093>

### **CAPÍTULO 4..... 52**

DETERMINANDO O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO LOCAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS


Fernanda Simoni Schuch  
Samuel João da Silveira  
Maurília de Almeida Bastos  
Tháís Moreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216094>

### **CAPÍTULO 5..... 71**

PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO AO CLIMA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Tiago Augusto Gonçalves Mello  
Camila Fernandes de Moraes  
Ana Clara Mourão Moura

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216095>

**CAPÍTULO 6..... 96**

ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS NA PAISAGEM AGRÍCOLA DE UM MUNICÍPIO RIZICULTOR NO SUL DE SANTA CATARINA - BRASIL

José Gustavo Santos da Silva

Juliana Debiassi Menegasso

Thaise Sutil

Nilzo Ivo Ladwig

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216096>


**CAPÍTULO 7..... 114**

A EROSIÃO PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIO SANTA CRUZ, SÃO FRANCISCO DE PAULA/RS

Ana Paula Paim Almeida

Márcia dos Santos Ramos Berreta

Mateus da Silva Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216097>

**CAPÍTULO 8..... 131**

AMEAÇAS ANTRÓPICAS AO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO SAMBAQUI DA PRAIA DO BÍO - BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA- SANTA CATARINA - BRASIL

Nilzo Ivo Ladwig

Tayse Borghezan Nicoladelli

Gislaine Beretta

Danrlei De Conto

Roselene Vargas de Oliveira

Ana Paula Cittadin

Fabiano Alves


Thaise Sutil

José Gustavo Santos da Silva

Paola Vieira da Silveira

Jairo José Zocche

Juliano Bitencourt Campos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216098>

**CAPÍTULO 9..... 152**

ANÁLISE ESPACIAL DAS UNIDADES DE SAÚDE NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA

Gabriel Guerra Guaragna

Lia Caetano Bastos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216099>

**CAPÍTULO 10..... 163**

METODOLOGIA PARA ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL EM UM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL

Ítalo Sousa de Sena

Nicole Andrade da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160910>


**CAPÍTULO 11..... 182**

ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA RESTITUIÇÃO MULTITEMPORAL DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À ESCORREGAMENTOS

William de Oliveira Sant Ana

Álvaro José Back

Gean Paulo Michel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160911>

**CAPÍTULO 12..... 202**


INFLUÊNCIA DOS ASSENTAMENTOS NO DESFLORESTAMENTO DO MUNICÍPIO AMAZÔNICO DE CONFRESA-MATO GROSSO, BRASIL

Alexander Webber Perlandim Ramos

Úrsula de Azevedo Ruchkys

Fernanda Vieira Xavier

Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160912>

**CAPÍTULO 13..... 215**

OCUPAÇÃO IRREGULAR EM FAIXA DE DOMÍNIO DE RODOVIA NO CONTORNO RODOVIÁRIO DE FLORIANÓPOLIS/SC

Marília Simoni Dordete da Silva

Francisco Henrique de Oliveira

Renan Furlan de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160913>

**SOBRE O AUTOR..... 231**

## DETERMINANDO O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO LOCAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS

### **Fernanda Simoni Schuch**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil

### **Samuel João da Silveira**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil.

### **Maurília de Almeida Bastos**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil

### **Thais Moreira dos Santos**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil

**RESUMO:** O processo de impermeabilização do solo decorrente da ocupação urbana, provoca alterações no ciclo hidrológico, seja na quantidade de água que infiltra no solo, na quantidade de água que escoar sobre a superfície ou no tempo que a água da chuva leva para percorrer o ponto mais distante de uma bacia hidrográfica, até o seu exutório. Buscando-se quantificar as modificações mencionadas, identificou-se através de técnicas de sensoriamento remoto, alterações no uso e ocupação do solo e, a partir daí, calculou-se as variações ocorridas no ciclo hidrológico local da mesma. O estudo ocorreu na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHRC) localizada na Ilha de Santa Catarina/SC e abrangeu três diferentes datas (com 21

anos de intervalo), quantificando-se os seguintes parâmetros hidrológicos: tempo de concentração ( $T_c$ ), precipitação efetiva ( $P_e$ ) e infiltração potencial ( $S$ ). Ao final, observou-se um aumento de 133% na área urbana, a qual provocou um aumento de 7,5% na precipitação efetiva, uma diminuição de 27% na infiltração potencial e, uma diminuição do tempo de concentração entre 22% e 25% para a área estudada, variando de acordo com o método de cálculo empregado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tempo de concentração, Bacia Hidrográfica Urbana, SIG, QGIS.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com o censo do IBGE em 2010 aproximadamente 85% da população brasileira residia em área urbana (IBGE, 2020), e no Estado de Santa Catarina o padrão nacional se repete, tendo aproximadamente 84% da população vivendo em área urbana. O processo de urbanização produz, entre outros efeitos, a impermeabilização do solo, que, aliada ao déficit na infraestrutura urbana, produz como consequência desastres hidrológicos (alagamentos, inundações, deslizamentos, entre outros), pois altera o ciclo hidrológico local. Segundo BRASIL (2013), Santa Catarina sofreu de 1991 e 2012 com estes fenômenos, e, na Região da Grande Florianópolis as enxurradas (inundações bruscas) predominam.

O acontecimento destes desastres

hidrológicos é desencadeado por chuvas intensas e concentradas, frequentes em regiões acidentadas e bacias hidrográficas de dimensões reduzidas, sendo agravado por processos de impermeabilização do solo ocasionados pela urbanização desordenada. Em suma, quanto menor a permeabilidade da superfície, menor a capacidade de infiltração das águas das chuvas o que, conseqüentemente, aumenta os picos e a velocidade das cheias tendo um maior poder destrutivo nos escoamentos superficiais resultantes (BRASIL, 2012).

A análise desta problemática vai ao encontro do demonstrado no último relatório do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) em 2021, o qual faz apontamentos sobre a influência do homem em alterações nos processos de precipitação, ocorridas no globo desde 1950 (Capítulo 3). O mesmo relatório, em seu capítulo 10, trata da relevância dos estudos de observação e uso da terra em escala regional e ressalta que o uso de produtos satelitários são um complemento valioso às medidas obtidas em campo, particularmente, àquelas regiões em que tais medições estão indisponíveis. Satélites de baixa órbita (*Low Earth Orbit* – LEO) como Landsat, Sentinel, ALOS-2, entre outros, possuem muitos dados acumulados de uso e ocupação do solo, propiciando análises urbanas, de cobertura da terra, temperatura da superfície ou superfície de reflexão.

Utilizando-se deste valioso conjunto de dados espaciais e, buscando-se analisar o impacto no ciclo hidrológico local, provocado pela expansão da área urbana em bacias hidrográficas costeiras. Este presente estudo tem como principal objetivo quantificar parâmetros hidrológicos como tempo de concentração, precipitação efetiva e infiltração potencial, em três datas distintas, com intervalo aproximado de 10 anos entre si (1997, 2008 e 2018). A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHRC), em Florianópolis/SC. Para atingir os objetivos, partiu-se da evolução do uso e ocupação do solo obtido por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Com os quais foi possível determinar variáveis importantes para a conclusão da pesquisa.

Nesse contexto, temos que o tempo de concentração, bem como, precipitação efetiva e o potencial de infiltração, são elementos importantes para embasar o dimensionamento de obra de infraestrutura de intervenção hidráulica em área que apresentam dificuldade com represamento de águas pluviais. A identificação destas variáveis reflete as características da área de contribuição da chuva efetiva. O tempo de concentração e o potencial de infiltração, possibilitam estimar o volume e vazão de contribuição para dimensionar a obra hidráulica que possa atender aos desafios da área afetada (COLLISCHONN e DORNELLES, 2015). Estes assuntos são aprofundados nos itens abaixo:

### **1.1 Alterações no ciclo hidrológico urbano**

O ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é composto de entradas e saídas em quantidades de água, os quais são alterados quando ocorre o processo de urbanização. A demanda de água e as superfícies impermeáveis alteram radicalmente o fluxo de água, aumentam entradas e saídas e reduzem a reciclagem e o armazenamento local. Identificam-

se três principais fatores que contribuem para as mudanças do ciclo urbano da água: (i) a substituição da vegetação por superfícies impermeáveis aumenta o escoamento, acelera o movimento da água e reduz a infiltração, evaporação e transpiração; (ii) a canalização de rios e cursos d'água, geralmente para o controle de enchentes, também acelera o fluxo da água através e para fora da cidade e; (iii) o elevado uso urbano da água na manufatura, em necessidades domésticas e na irrigação alteram a extensão, a periodicidade e a localização da entrada e gera o aumento da saída (ADLER e TANNER, 2015).

A figura 1 mostra as entradas, saídas e armazenamento da água no ciclo hidrológico não urbano de uma bacia hidrográfica, onde as superfícies não estão impermeabilizadas. Tem-se como entradas: a precipitação e a entrada a montante, a infiltração que permite o armazenamento e, como saídas: o escoamento, a recarga da água subterrânea, a transpiração e a evaporação.

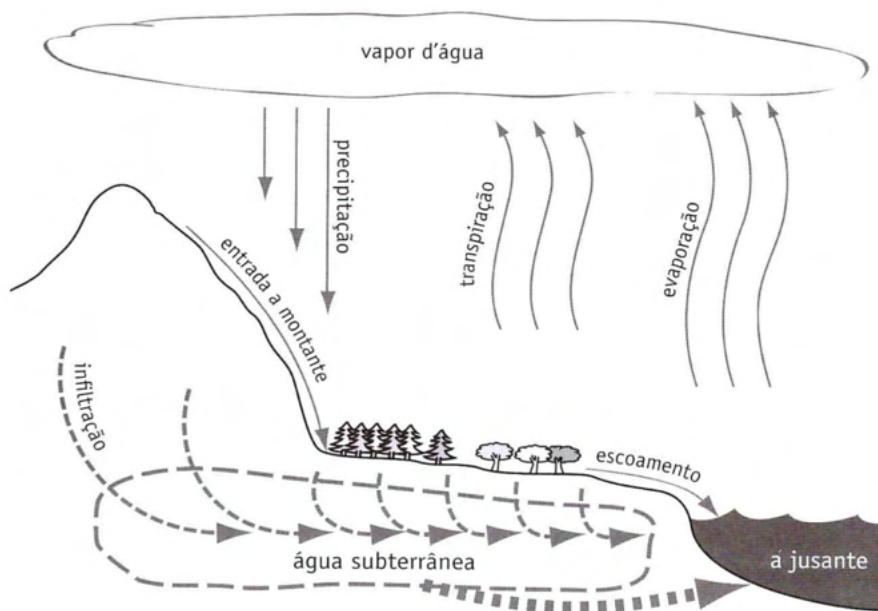


Figura 1 – Ciclo hidrológico não urbano.

Fonte: adaptado de Adler e Tanner (2015).

Já no ciclo hidrológico urbano (figura 2) observa-se uma entrada antropogênica vindo à montante, chegando na superfície impermeabilizada, que acrescenta fluxo da água no escoamento à jusante, o qual também é aumentado pelas superfícies impermeáveis.



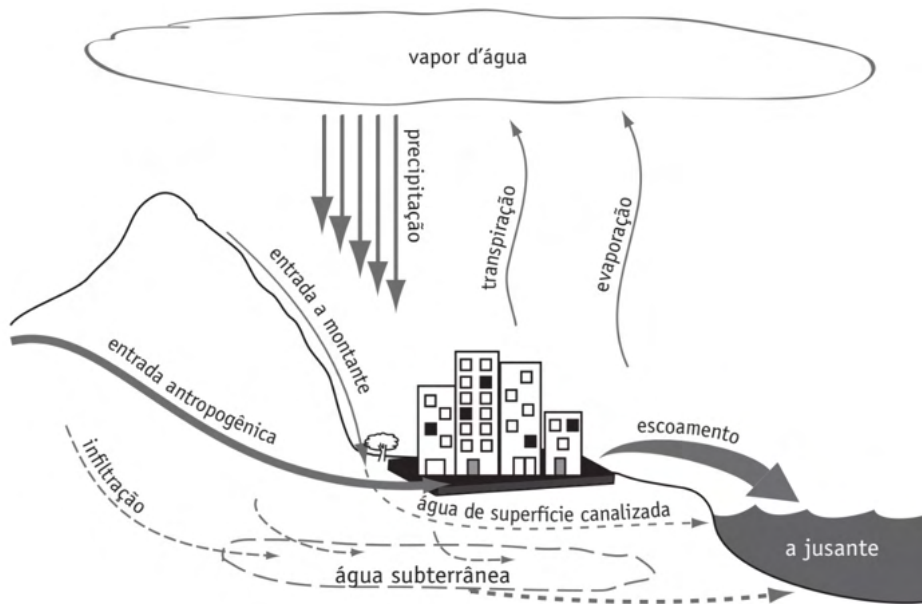


Figura 2 – Ciclo hidrológico urbano.

Fonte: adaptado de Adler e Tanner (2015).

Em comparação à figura 1, observa-se na figura 2 uma alteração na quantidade de água que precipita bem como observa-se o aumento do vetor indicativo do escoamento superficial.

## 1.2 Parâmetros hidrológicos de bacias hidrográficas

Seguindo o contexto de análise das bacias hidrográficas, discorre-se aqui sobre alguns parâmetros hidrológicos como: a precipitação efetiva ( $P_e$ ), a infiltração potencial ( $S$ ) e o tempo de concentração ( $T_c$ ).

O  $T_c$  é o tempo contado do momento que a água da chuva que cai na região mais remota de uma bacia hidrográfica até o exutório da mesma (TARGA et al, 2012). Este tempo pode diferir em função da variação do uso e ocupação do solo. Na medida em que a vegetação é suprimida e o solo é impermeabilizado, mudam-se as quantidades de água que infiltram, que escoam superficialmente e que evaporam, ou seja, necessita-se analisar o uso e ocupação do solo (UOS).

A literatura aponta fórmulas para o cálculo do  $T_c$ . Mata-Lima et al. (2007) separa os métodos em dois grupos: estritamente empíricos e semiempíricos. Os métodos empíricos se baseiam em grandes quantidades de dados, que conduzem à equações de regressão, sendo considerados por isso métodos estáticos e rígidos, que não consideram a variabilidade temporal e espacial da bacia hidrográfica. Os semiempíricos são aqueles

que levam em conta a heterogeneidade espaço-temporal de suas características biofísicas como vegetação, topografia, uso e ocupação do solo, entre outros e, serão os abordados neste trabalho.

A precipitação efetiva ( $P_e$ ) é aquela parcela da precipitação que causa o escoamento superficial. É função da precipitação máxima ( $P$ ) num determinado tempo de retorno e da infiltração potencial ( $S$ ), que por sua vez, se baseiam nos valores do coeficiente de escoamento ( $C$ ) e no valor de curva número ( $CN$ ), sendo o  $CN$  calculado de forma ponderada ( $CN_{pond}$ ), levando em consideração, assim, variações de uso e ocupação do solo. (TARGA et al., 2012).

A infiltração potencial do solo ( $S$ ) tem relação com a capacidade de armazenamento de água de uma dada região. Ao avaliar diferentes cenários, Silva e Luz (2020) observaram que o processo de impermeabilização do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe provoca uma redução de até 80% se comparado com a condição de uso e ocupação ocorrido na década de 70 desta mesma bacia. Este resultado mostra a relação direta entre o planejamento do uso do solo e o ciclo hidrológico local.

### 1.3 Sensoriamento Remoto aplicado à análise de Bacias Hidrográficas

O sensoriamento remoto (SR) possui extensa aplicação na área ambiental, destaca-se aqui, em especial, o monitoramento da superfície da Terra em áreas do conhecimento como geologia, geografia, agronomia, limnologia, florestas, uso e cobertura do solo, etc. (LORENZZETTI, 2015). A partir dos dados obtidos por SR e manipulados em ferramentas computacionais como software de processamento de imagem e software SIG, é possível compreender o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica provocada pelas alterações do UOS ao longo do tempo .

Em análises de bacias hidrográficas, tem-se um grande campo de aplicação. Miguel, Medeiros e Gomes (2018), por exemplo, utilizaram imagens do satélite Landsat 8 e Radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), no software livre QGIS (software de sistema de informações geográfica - SIG) para avaliar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Pedro.

Antunes & Ross (2018) utilizaram SR para interpretar as fisionomias da paisagem e sua fisiologia para a sub-bacia hidrográfica do Rio Botucaraí, utilizando os softwares ENVI e ArcGIS, com dados do satélite Landsat TM8 e RapidEye, conseguindo individualizar características das feições analisadas pela técnica de Análise por Componentes Principais (ACP).

## 2 | MÉTODO DA PESQUISA

O quadro 1 mostra as etapas seguidas para se atingir o objetivo proposto.

<b>Etapas</b>	<b>Atividades</b>
1. Delimitação da área de estudos	a) coleta dados SRTM; b) manipulação no software livre QGIS; c) testes para geração dos limites da bacia hidrográfica e rede de drenagem com diferentes quantidades de pixels; d) definição dos dados finais a serem utilizados;
2. Mapeamento do uso do solo	e) escolha de 3 imagens de satélite gratuitas com intervalos de mais ou menos 10 anos entre si; f) georreferenciamento das imagens; g) testes de composição de bandas e análise de histograma; h) testes de algoritmos de classificação; i) classificação das imagens; j) reambulação e aferição da qualidade temática; k) elaboração layouts dos mapas;
3. Cálculo do Tempo de Concentração (TC)	l) segmentação da rede de drenagem usando a classificação de Strahler; m) análise do uso do solo predominante de cada trecho; n) análise do tipo de solo predominante em cada trecho; o) cálculo do valor de TC por três distintos métodos; p) comparação dos valores obtidos;
4. Avaliação do escoamento da água na bacia	q) cálculo da infiltração potencial (S); r) cálculo da precipitação efetiva (Pe);
5. Análise dos resultados	s) geração de tabelas e gráficos.

Quadro 1 – Etapas da pesquisa.

Fonte: autores.

Os subitens abaixo descrevem as etapas acima e suas atividades de modo mais detalhado.

## 2.1 A área de estudo

A área de estudos, Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHRC), foi escolhida por estar localizada na faixa litorânea de o estado de Santa Catarina e estar sujeita a recorrentes eventos de alagamentos e inundações noticiadas na mídia. Nesta região, ilustrada na Figura 3, o clima é quente e temperado, Cfa de acordo com a classificação de Köepen, com uma temperatura média de 21,1°C e 1462 mm é a pluviosidade média anual (Climate-Data, 2020).

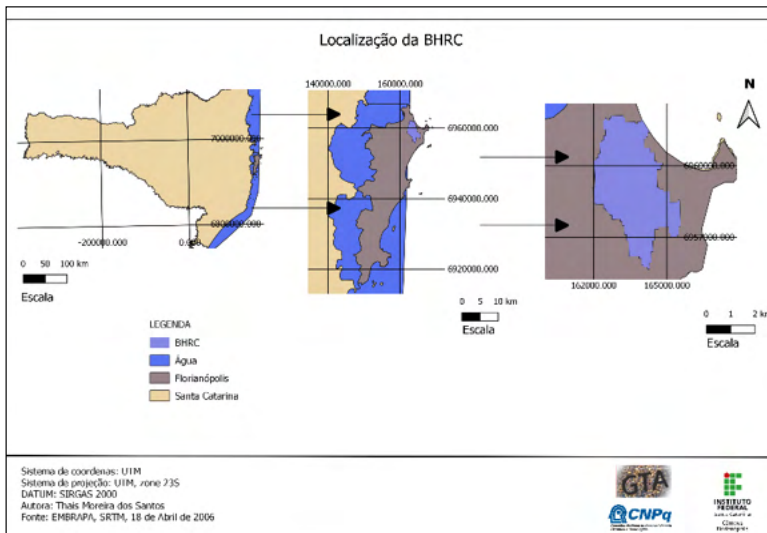


Figura 3 – Ilustração da localização da BHRC.

Fonte: autores.

Trata-se de uma bacia de terceira ordem de acordo com a classificação de hierarquia fluvial de Strahler (Figura 4).

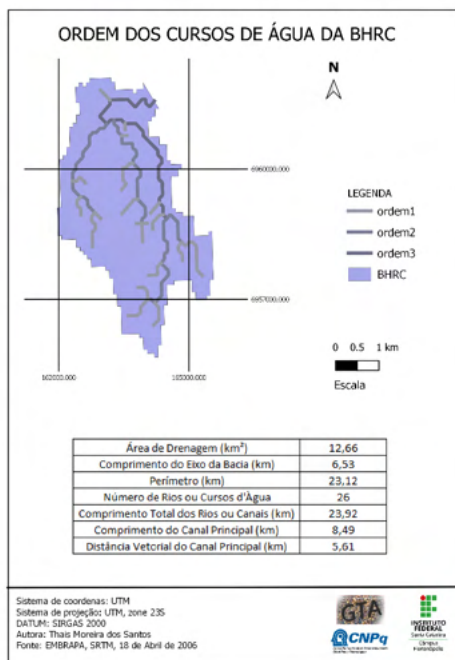


Figura 4 – Mapa da Ordem dos cursos d'água da BHRC.

Fonte: autores.

Possui aproximadamente 12,66 km<sup>2</sup> de área e 23,12 km de perímetro sendo uma bacia hidrográfica urbana e costeira, ou seja, deságua diretamente no oceano.

A partir de imagem SRTM, gerou-se curvas de nível e com essas curvas obteve-se o mapa de declividade de onde se verifica ter 5,06 km<sup>2</sup> da área da bacia na declividade de 0% a 3%, 5,21 km<sup>2</sup> na declividade de 3% a 8% e 1,89 km<sup>2</sup> na classe de 8% a 20%, o que, de acordo com Sousa, Arantes e Ferreira (2015), corresponde a uma região com relevo plano a suave ondulado.

## 2.2 Delimitação da bacia hidrográfica e caracterização fisiográfica

Na delimitação da bacia hidrográfica e obtenção de seus cursos de água utilizou-se o software QGIS (Quantum GIS), e imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), obtida no site da EMBRAPA.

A partir daí, obteve-se a área, o perímetro da bacia e os comprimentos dos rios. Uma série de análises podem ser realizadas numa bacia hidrográfica sejam elas geométricas e da rede de drenagem. Dentre as geométricas estão a área, perímetro, fator de forma (F – fórmula 1), coeficiente de compacidade (Kc – fórmula 2), Índice de circularidade (Ic – fórmula 3). E, dentre as características da rede de drenagem estão a ordem dos cursos d'água, a densidade de drenagem (Dd – fórmula 4) (TONELLO, 2005) e índice de sinuosidade (Is – fórmula 5) (CHRISTOFOLETTI, 1980). Estas últimas seguem citadas abaixo:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Onde: F- fator de forma; L – comprimento do eixo da bacia; A – área de drenagem.

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Onde: Kc – coeficiente de compacidade; P – perímetro; A- área de drenagem

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Onde: Ic – índice de circularidade; A – área de drenagem; P – perímetro.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Onde: Dd – densidade de drenagem; L – comprimento total dos rios ou canais; A –

área de drenagem.

$$I_s = \frac{L}{D_v} \quad (5)$$

Onde:  $I_s$  – índice de sinuosidade;  $L$ - comprimento do canal principal;  $D_v$  – distância vetorial do canal principal.

Os valores dos índices são analisados separadamente.

$F$ ,  $K_c$  e  $I_c$ , os quais são relacionados com o formato da bacia, analisa-se a propensão a cheias e enchentes. Segundo Carvalho e Silva (2006), o  $K_c$  é sempre um valor  $> 1$  (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o  $K_c$  (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, implicando num menor  $T_c$  e maior a tendência de haver picos de enchente.

O índice  $F$  foi analisado observando os dados abaixo:

1,00 - 0,75 → sujeito a enchentes;

0,75 - 0,50 → tendência mediana a enchentes;

$< 0,50$  → não sujeito a enchentes.

Os valores de  $I_c$  mais próximos à 1 correm risco de enchentes, e segundo Alves e Castro (2003) para o  $I_s$  valores próximos de 1 os canais de drenagem tendem a ser retilíneos e maiores que 2 os canais são sinuosos.

Segundo Christofolletti (1980) o índice  $D_d$  pode ser analisado da seguinte forma:

Bacias com drenagem pobre →  $D_d < 0,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem regular →  $0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem boa →  $1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem muito boa →  $2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$

Bacias excepcionalmente bem drenadas →  $D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

### 2.3 Determinando o Uso e Ocupação do Solo

Sendo uma das premissas da pesquisa desenvolver um método de análise com produção de dados e mapas de UOS sem custos de aquisição, utilizou-se somente imagens de satélite gratuitas disponibilizadas pelo INPE (Quadro 2) e, o processamento digital das imagens foi realizado em software livre e gratuito QGIS versão 3.4. Outra premissa foi a de se analisar três diferentes datas com UOS distintos, utilizando-se imagens sem nuvens. Isto resultou na utilização de imagens com diferentes resoluções espaciais. Esta diferença no tamanho do pixel foi admitida como aceitável, uma vez que se utiliza o UOS predominante, no trecho de rio analisado, para determinar  $T_c$ ,  $S$  e  $P_e$ .

Satélite	Ano da Imagem	Resolução Espacial	Data da Imagem
LANDSAT5	1997	30 metros	10 de abril de 1997
CBERS2B	2008	20 metros	11 de junho de 2008
CBERS4	2018	20 metros	09 de junho de 2018

Quadro 2 – Dados utilizados.

Fonte: autores.

Iniciou-se realizando o georreferenciamento das imagens e a reprojeção das mesmas. Em seguida foi realizada a composição da imagem em RGB (Red, Green, Blue), para a imagem de 1997 a melhor composição gerou-se utilizando as bandas 3, 5 e 7, formando o RGB754, já para o ano de 2008 gerou-se o RGB432 e para 2018 a composição foi o RGB876.

Após, definiu-se as classes a serem obtidas no processo de classificação, tendo-se em mente os usos do solo, apontados na literatura, para a determinação do Tc de cada imagem da área de estudos e as características da área, sendo adotadas as classes: água, mangue, vegetação rasteira, vegetação de grande porte, solo exposto e área urbana.

Utilizou-se o *plug-in SCP (Semi-Automatic Classification Plugin)*, o qual disponibiliza três algoritmos classificadores, *distância mínima*, a qual avalia a distância entre os pixels e agrupa em uma mesma classe os pixels que estão mais próximos, *vizinho mais próximo*, também leva em consideração a distância entre os pixels, mas também considera sua similaridade e *ângulo espectral*, que utiliza os ângulos entre os pixels das imagens. Os três algoritmos foram testados em cada imagem para avaliar o que melhor distinguia as classes. Para a imagem do ano de 1997 e 2018 o melhor algoritmo foi o da distância mínima, já para a imagem de 2008 o classificador que gerou uma melhor visualização foi o ângulo espectral.

Após a classificação foi necessário analisar a qualidade do produto temático e, para tanto, utilizou-se o Índice Kappa (IK). Esse índice é obtido a partir da geração de uma matriz confusão para avaliar a qualidade da classificação feita. Segundo Lillesand et al. (2004) a matriz de erro, também denominada matriz confusão ou tabela de contingência, compara basicamente, categoria por categoria, a relação entre os dados de referência conhecidos e os resultados correspondentes de uma classificação automatizada.

## 2.4 Cálculo do Tempo de Concentração e Precipitação Efetiva

Determinou-se o valor de Tc por 4 métodos para o cálculo de Tc, sendo eles FAA (*Federal Aviation Administration*), SCS (*Soil Conservation Service*), *Kirpich*, e *Kirpich DER* (Departamento de Estradas de Rodagem) o qual possui uma fórmula diferenciada em relação ao anterior. Os métodos FAA e SCS são semiempíricos enquanto Kirpich é empírico.

O método FAA (formula 7) leva em consideração o desnível do terreno, o comprimento



do plano de escoamento e o índice de escoamento, que se baseia no uso e ocupação do solo.

$$Tc = 1,8 \cdot (1,1 - C) \cdot L^{0,5} \cdot i^{-0,333} \quad (7)$$

C = índice de escoamento

L = comprimento do plano de escoamento

i = inclinação do terreno

O método SCS (fórmula 8) leva em consideração os mesmos itens do FAA mas, utiliza a fórmula abaixo:

$$Tc = \frac{L}{(k \cdot \sqrt{i})} \quad (8)$$

L = comprimento do plano de escoamento

k = coeficiente relacionado com o uso e ocupação do solo

i = inclinação do terreno

Os cálculos pelos métodos de Kirpich (fórmula 9 e 10) são considerados estritamente empíricos.

$$Tc = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot i^{-0,385} \quad (9)$$

L = comprimento do plano de escoamento

i = inclinação do terreno

$$Tc = 85,2 \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (10)$$

L = comprimento do plano de escoamento

$\Delta H$  = altura do terreno

Para calcular  $P_e$  primeiramente observou-se o volume de chuva em cada mês do período analisado (1997 a 2018), dados obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Posteriormente, analisou-se o UOS e a tabela de *TUCCI* (1994), para o índice de valor de número de curva. Com o valor de CN e a área de cada classe do mapa, calculou-se o  $CN_{pond}$  (fórmula 11):

$$CN_{pond} = CN \cdot A \quad (11)$$

Esse valor de  $CN_{pond}$  possibilitou o cálculo da infiltração potencial (S) (fórmula 12):

$$S = \left( \frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (12)$$

A precipitação máxima (P) que é obtida através da análise dos dados do INMET (2020) é igual a 610 mm, aplicando esses valores na fórmula abaixo teve-se os valores da precipitação efetiva (Pe) (fórmula 13).

$$Pe = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S} \quad (13)$$

### 3 | RESULTADOS E ANÁLISES

A partir da delimitação da BHRC e sua rede de drenagem, analisou-se as características. Tal análise foi elementar para se saber se a variação da escala de representação dos dados forneceria resultados similares ou distintos entre si. No caso do cálculo da área e perímetro, comparou-se os dados gerados com diferentes grupos de pixel (500, 50, 25 e 10) e, como base a área de 12.679.699,355m<sup>2</sup>, área da bacia de 500 pixels, a variação em comparação com a bacia de 10 pixels é de 0,15%, com a bacia de 25 pixels de 0,17% e com a bacia de 50 pixels é de 0,20 %. Considerou-se esta variação muito pequena e, adotou-se os limites gerados com 500 pixels para dar continuidade na pesquisa. Para a rede de drenagem, esta fase de testes, mostrou, na verdade, que, embora haja valores numéricos de resultados distintos, a escala de representação da rede de drenagem e da própria bacia hidrográfica, não altera a análise dos dados gerados (SANTOS et al, 2019). Os resultados obtidos para a bacia do presente estudo podem ser observados na tabela 1.

Variáveis	Resultados	Unidades
Dd	1,89	km/km <sup>2</sup>
F	0,035	adimensional
lc	0,30	adimensional
ls	1,51	adimensional
Kc	1,82	adimensional

Tabela 1 - Dados fisiográficos geométricos.

Fonte: autores, 2021.



De acordo com a classificação do índice kappa apontado por Landis e Koch (1997) os resultados obtidos são considerados muito bons.

Pode-se observar a localização das classes na figura 5 com a área urbana (em vermelho) na porção nordeste. Já a vegetação de grande porte está compreendida, em sua maior parte, numa faixa a oeste. A classe solo exposto representa uma área de dunas móveis existente na BHRC.

Comparando-se os MUOS de 1997 e 2008 percebe-se que a área urbana teve um aumento significativo. Na data mais antiga a área urbana está fragmentada enquanto em 2008 está mais densa. Isto pode ser comprovado através dos valores apresentados na tabela 3, onde a vegetação de grande porte também mostra um incremento.

Analisando-se as imagens de 2008 e 2018 percebe-se que a ocupação urbana se mostra ainda maior, com fragmentos existentes em áreas onde antes predominava a vegetação (ao Sul da BHRC e a oeste).

<b>Classes</b>	<b>Área (km²) - 1997</b>	<b>Área (km²) - 2008</b>	<b>Área (km²) - 2018</b>
Mangue	1,115	0,784	0,619
Vegetação Rasteira	1,976	2,289	1,151
Floresta	4,167	3,460	4,031
Solo Exposto	0,883	0,932	0,567
Área Urbana	1,278	1,827	2,973
Água	3,231	3,358	3,309
Total	12,650	12,650	12,650

Tabela 3 - Área ocupada pelas classes de UOS na BHRC no período estudado.

Fonte: autores.

A área urbana aumentou em 133% nesses e a vegetação de grande porte teve uma diminuição entre os anos 1997 e 2008 em 17%, mas de 2008 para 2018 teve um pequeno aumento (14%). Já o solo exposto e o mangue, assim como a vegetação rasteira, diminuíram suas áreas com o passar dos anos.

A Figura 6 mostra a evolução do UOS por classe. É nítido o aumento da área urbana, a redução das áreas de mangue e a variação ocorrida nas classes de vegetação rasteira e vegetação de grande porte, ora menores, ora maiores.

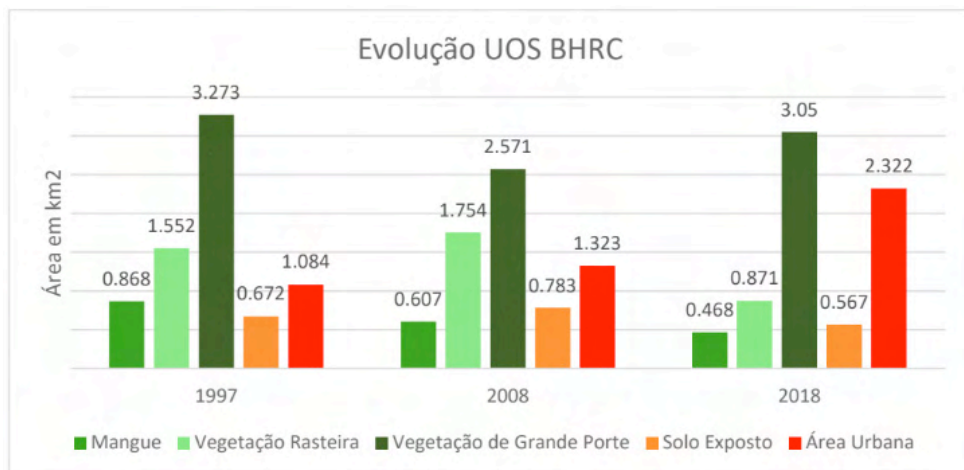


Figura 6 – Gráfico da evolução do uso e ocupação do solo da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

Observando-se isoladamente a variação das classes área urbana e vegetação de grande porte nas duas últimas décadas, percebe-se que, o aumento da primeira vem acompanhado da diminuição da segunda. Ao somar as áreas verdes também se verifica uma diminuição de 1997, 2008 e 2018, sendo 5,59 km<sup>2</sup>, 4,93 km<sup>2</sup> e 4,39 km<sup>2</sup> respectivamente.

Os dados gerados neste mapeamento são utilizados para os cálculos de Tc, Pe e S já que necessitam do uso e ocupação do solo para tal. A ordem dos cursos d'água foi utilizado como fator de segmentação da rede de drenagem da BHRC, onde, a partir destes, analisou-se trecho a trecho os dados envolvidos nos cálculos anteriormente descritos, ou seja, para cada trecho correspondente a um segmento representativo da ordem de Strahler, se associou o UOS predominante no seu entorno.

### 3.2 Tempo de Concentração e Precipitação Efetiva

Através da aplicação das fórmulas 7, 8, 9 e 10, chegou-se aos resultados expressos na tabela abaixo (tabela 4):

	Ano	FAA	SCS	Kirpich	Kirpich DER
	1997	1921,14	2704,23		
Tc (mm)	2008	1671,53	2278,95	633,12	948,23
	2018	1576,00	2159,61		

Tabela 4 - Tempos de concentração (Tc) da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

Traduzindo os números em representação gráfica, temos os Tc evoluindo no tempo da forma a seguir (figura 7):

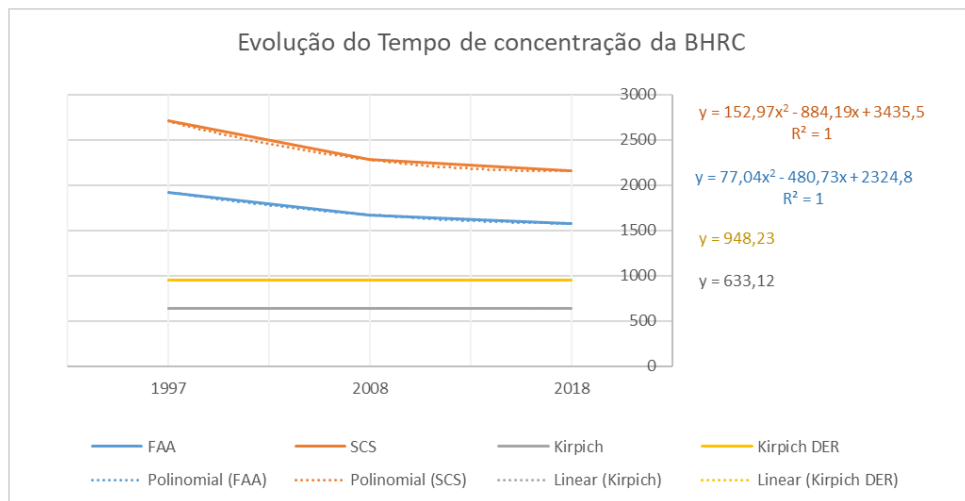


Figura 7 – Gráfico com a evolução do Tc da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

A figura 7 explicita os valores da tabela 4 onde, para as fórmulas de Kirpich, tem-se um valor de Tc constante já que as formulações não levam em consideração a variação do UOS. Para os demais métodos de cálculo, é explícita a diminuição do Tc, ou seja, a água precipitada leva menos tempo para chegar ao exutório da bacia hidrográfica.

Com os métodos FAA e SCS percebe-se uma diminuição no valor do Tc ao longo do tempo de forma exponencial. Em valores absolutos, o método FAA mostrou ter havido uma redução no valor de Tc de aproximadamente 345 minutos ou 18% e, o método SCS mostrou uma redução de aproximadamente 544 minutos ou 20%. Comportamento enfatizado pelo paralelismo entre as curvas dos modelos FAA e SCS.

Os cálculos feitos para Pe e S geraram os seguintes valores da tabela 5:

Ano	Pe(mm)	S (mm)	C
1997	462,88	147,51	0,76
2008	481,98	125,04	0,79
2018	497,59	107,52	0,82

Tabela 5 - Valores de Pe e S para a BHRC.

Fonte: autores, 2021.

Observa-se que Pe e S aumentam com o passar do tempo, enquanto a infiltração

potencial diminui, isso se deve ao aumento da mancha urbana e consequentemente a impermeabilização do solo. Colocando-se de modo gráfico os valores obtidos, tem-se uma evolução linear ao longo do tempo (figura 8).

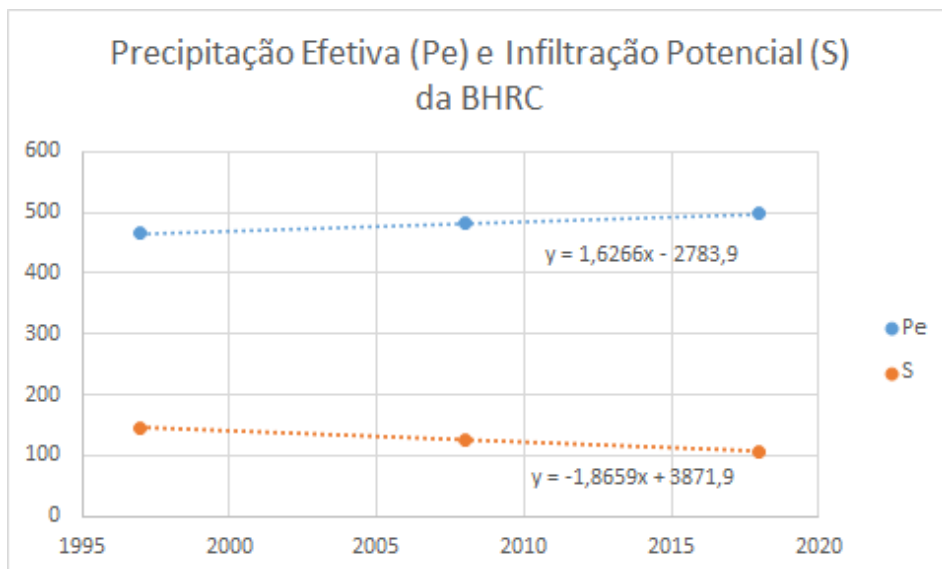


Figura 8 – Gráfico com a evolução da Pe e S da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

O gráfico anterior mostra o comportamento linear do aumento da Pe na ordem de 7,5% e, da diminuição de S, na ordem de 27%, fato este que está diretamente relacionado à variação do UOS ocorrido na BHRC.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para um mesmo padrão de variação do UOS o Tc decresce exponencialmente enquanto a infiltração decresce linearmente. A quantidade de água que esco superficialmente aumenta também linearmente em relação ao aumento da mancha urbana.

Pode-se observar que a precipitação efetiva e o coeficiente de escoamento aumentam com o passar dos anos, enquanto a infiltração potencial diminui, isso se deve ao aumento da impermeabilização do solo. A área urbana cresceu 133% no período analisado.

O Tc da BHRC sofreu uma redução entre 18% e 20% ou seja de 345 a 544 minutos no tempo que a chuva leva para chegar ao exutório, isto implica num escoamento mais rápido das águas da chuva e, consequentemente, na maior possibilidade de alagamentos.



A Pe aumentou em 7,5% e S diminuiu em 27%, ou seja, verifica-se um aumento na precipitação que causa o escoamento superficial. Estes valores justificam a observação de que mesmo bacias hidrográficas que, por sua morfometria, não estariam sujeitas à inundações, podem tornar-se sujeitas à elas através das alterações no UOS. Na prática, isto significa uma diminuição na quantidade de água que infiltra no solo para abastecimento dos aquíferos.

Então, avaliando-se a variação do tempo de concentração, da precipitação efetiva e infiltração potencial de uma bacia hidrográfica, levando-se em consideração o histórico de ocupação, é possível se observar como a expansão das áreas urbanas interfere no ciclo hidrológico local, pelo menos no que concerne à parcela de água que escoar e infiltra no solo. Estes dados são cruciais ao se planejar o uso e ocupação do solo de um município, seus índices construtivos e projetos de infraestrutura.

Por fim, verifica-se que os dados produzidos pela pesquisa corroboram com o afirmado por Brasil (2012), sendo um reflexo do processo de urbanização das bacias hidrográficas costeiras brasileiras das últimas décadas.

## REFERÊNCIAS

ADLER, FREDERICK R.; TANNER COLBY J. **Ecosistemas urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2015.

ALVES, J.M.P; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos. **Rev. Brasileira de Geociências**, p. 117-1245, jun. 2003.

ANTUNES, R. L. dos S.; ROSS, J. L. S. Interpretação das Fisionomias da Paisagem e sua Fisiologia a Partir do Sensoriamento Remoto no Sul do Brasil. **Geoambiente On-Line**, (30). 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i30.52828>. Acesso em 15 mai. 2021.

BRASIL, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil**/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012** / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. - Brasília:CENAD, 2012.

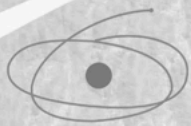
CARVALHO, D. F. C; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

CLIMATE-DATA, **Clima Florianópolis (Brasil)**. Disponível em <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/florianopolis-1235/>. Acesso em 21 jun. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo, Edgard Bluncher, 2 ed, 1980.

COLLISCHONN, W; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciência ambientais**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre, 2015

- IBGE, **População Rural e Urbana**. 2020. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens%20conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em 15 de jul. 2020.
- INMET, **Dados históricos anuais**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acessado em 20 ago. 2020.
- IPCC, International Panel for Climate Change, **AR6 Climate Change 2021 - Full Report**, Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>. Acesso em 15 dez. 2021.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, 1, p. 159-174, 1997.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. New York: John Miley & Sons. 5. ed. 2004.
- LORENZZETTI, João A. **Princípios Físicos do Sensoriamento Remoto**. Ed. Blucher. 1ª Ed., 2015.
- MATA-LIMA, H.; et al; Comportamento Hidrológico de Bacias Hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 60(3): p. 525-536, jul./set. 2007.
- MIGUEL, A. E. S.; MEDEIROS, R. B.; GOMES, W. M. Emprego do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Pedro, Santa Rita do Pardo/MS, **Revista Cerrados**, Montes Claros – MG, v.16, n.2, p. 31-50, ago./dez. 2018.
- SANTOS, Thaís Moreira; BASTOS, Maurília de Almeida; SCHUCH, Fernanda Simoni. O Uso de Geotecnologias Livres para a Caracterização Fisiográfica com Dados SRTM, **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Foz do Iguaçu, 2019.
- SILVA, U. R. S.; LUZ, L. D. Efeitos Quantitativos da Adoção do Índice de Permeabilidade no Planejamento do Uso do Solo numa Bacia Urbana; **XV Simpósio de Recursos hídricos do Nordeste**. Anais. Evento on-line. 2000. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6751>. Acesso em 05out. 2021.
- SOUSA, S. B. de; ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G. Modelagem e estimativa dos tipos de relevo das pastagens brasileiras. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015. Anais [...]. João Pessoa, PB, 2015.
- TARGA, Marcelo dos Santos; BATISTA, Getulio Teixeira; DINIZ, Hélio Nóbile; DIAS, Nelson Wellausen; MATOS, Fernando Cardoso de. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. Taubaté/SP. v. 7, n.2, p. 120-142. 2012.
- TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas**. 2005. 69 f. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2005.
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia – Ciência e aplicação**. Porto Alegre, UFRGS/EDUSP. 1994.



CAPES



LABPGT

LABORATÓRIO DE  
PLANEJAMENTO E  
GESTÃO TERRITORIAL



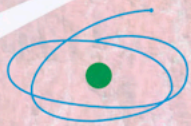
fapesc

Fundação de Amparo à  
Pesquisa e Inovação do  
Estado de Santa Catarina



**Atena**  
Editora  
Ano 2022





CAPES



LABPGT

LABORATÓRIO DE  
PLANEJAMENTO E  
GESTÃO TERRITORIAL



fapesc

Fundação de Amparo à  
Pesquisa e Inovação do  
Estado de Santa Catarina



**Atena**  
Editora  
Ano 2022