

## **MODELO DIGITAL DE TERRENO APLICADO A SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ (PR)**

### *Digital Terrain Model applied to flood simulation in the city of Pontal do Paraná (PR)*

**Marina Seccon de Carvalho Silva**  
**Universidade Federal do Paraná – UFPR**  
Campus Pontal do Paraná – Curso de Engenharia Civil  
marinasecon@gmail.com

**Jéssica Busato de Cristo**  
**Universidade Federal do Paraná – UFPR**  
Campus Pontal do Paraná – Curso de Engenharia Civil  
jessicabxp@gmail.com

**Alexandre Bernardino Lopes**  
**Universidade Federal do Paraná – UFPR**  
Campus Pontal do Paraná  
ablopesrp@ufpr.br

**Gustavo Pacheco Tomas**  
**Universidade Federal do Paraná – UFPR**  
Campus Pontal do Paraná  
gustavo.tomas@ufpr.br

#### **Resumo:**

O balneário de Praia de Leste, na cidade de Pontal do Paraná (PR), nos períodos de chuvas intensas ou de longas durações sofre com a inundação decorrente do canal DNOS presente na região. O canal não suporta grandes vazões e acaba transbordando, ocasionando transtornos para a população local. Neste trabalho foi realizada a caracterização topográfica com dados GNSS oriundos de levantamento relativo cinemático e estático, os quais foram pós processados e interpolados para a elaboração de um Modelo Digital de Terreno. Os mapas de inundação foram realizados através de modelagem hidrodinâmica realizada no software HEC-RAS com inserção de parâmetros locais. As cotas de inundação foram observadas para as vazões de 0,5 m<sup>3</sup>/s, 1,5 m<sup>3</sup>/s, 2,5 m<sup>3</sup>/s, 3,22 m<sup>3</sup>/s, 4,0 m<sup>3</sup>/s, 5,0 m<sup>3</sup>/s e 6,0 m<sup>3</sup>/s. Como resultado as vazões de 0,5 m<sup>3</sup>/s e 1,5 m<sup>3</sup>/s representaram bem as inundações para a região, enquanto que a vazão de 6,0 m<sup>3</sup>/s inundou quase que em sua totalidade toda a área de estudo, demonstrando que a chuva que gera esta vazão está ligada a um evento extremo.

**Palavras-chave** Mapas de inundação; Modelo Digital de Terreno; Modelo hidrodinâmico; Inundação.

#### **Abstract:**

The neighborhood of Praia de Leste, in the city of Pontal do Paraná (PR) in Brazil, suffers from periods of intense or long durations of rainfalls with flooding due to the DNOS Channel's presents in the region. The channel does not support big discharges and ends up overflowing, causing a nuisance to the local population. In this paper was

made topographic characterization through GNSS data was obtained from the kinematic relative and static surveying, which was post-processed and interpolated to the elaboration of a Digital Terrain Model (DTM). The flooding maps were made from hydrodynamic modeling realized in the software HEC-RAS with local parameters. The flood levels were observed to the discharges of 0,5 m<sup>3</sup>/s, 1,5 m<sup>3</sup>/s, 2,5 m<sup>3</sup>/s, 3,22 m<sup>3</sup>/s, 4,0 m<sup>3</sup>/s, 5,0 m<sup>3</sup>/s and 6,0 m<sup>3</sup>/s. As result the floods of 0,5 m<sup>3</sup>/s and 1,5 m<sup>3</sup>/s represented well the flooding in the region, whereas the discharge of 6,0 m<sup>3</sup>/s flooded almost all of the study area, demonstrating that the rainfall that generates this discharge is linked to an extreme event.

**Keywords:** Flooding maps; Digital Terrain Model; Hydrodynamic model; Flooding

## 1 INTRODUÇÃO

A inundação urbana está presente em várias cidades, principalmente em países em desenvolvimento. É o resultado da falta de planejamento urbano atrelado ao crescimento desenfreado em áreas de risco. Em grandes períodos de chuvas o nível de água pode atingir áreas não habituais e pode ser amplificado pelo despejo incorreto de entulhos, pela vegetação e impermeabilização do solo (BRASIL, 2005).

O município de Pontal do Paraná, no litoral paranaense, possuía 20.920 habitantes (IBGE, 2010), segundo o último censo do IBGE realizado em 2010, tendo como estimativa 27.915 habitantes para 2020, dispendo de 200,410 km<sup>2</sup> de área territorial (IBGE, 2021). Sendo que na temporada de verão a população aumenta consideravelmente devido ao recebimento dos turistas. A cidade está localizada a cerca de 25km do porto de Paranaguá, um dos principais portos de exportação e importação do país, e mesmo sendo bem localizada carece de infraestrutura de drenagem urbana e saneamento.

O canal artificial denominado de “Canal do DNOS”, construído pelo antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) em meados dos anos 50, recebe um grande volume de escoamento superficial principalmente nos períodos de grandes precipitações, através da Figura 1 é possível observar como ficam as ruas nas situações de inundação nestes momentos. Atualmente, o Canal do DNOS sofre com o descarte incorreto de lixo e esgoto (PARANÁ, 2019a).

A influência do descarte incorreto somado ao crescimento urbano e as baixas declividades, resultam no processo de inundação ocasionando prejuízos materiais e privados para a população, demonstrando a necessidade da análise de inundabilidade nos balneários do município. Outros problemas que podem ser ocasionados devido a precariedade na drenagem como no município de Matinhos, adjacente a Pontal do Paraná, são a ampliação das doenças de dengue e leptospirose devido a vulnerabilidade gerada pela falta de mobilidade em períodos de inundação (ESTEVES, 2011).

Figura 1 - Inundações no entorno do canal



Fonte: Os autores (2022)

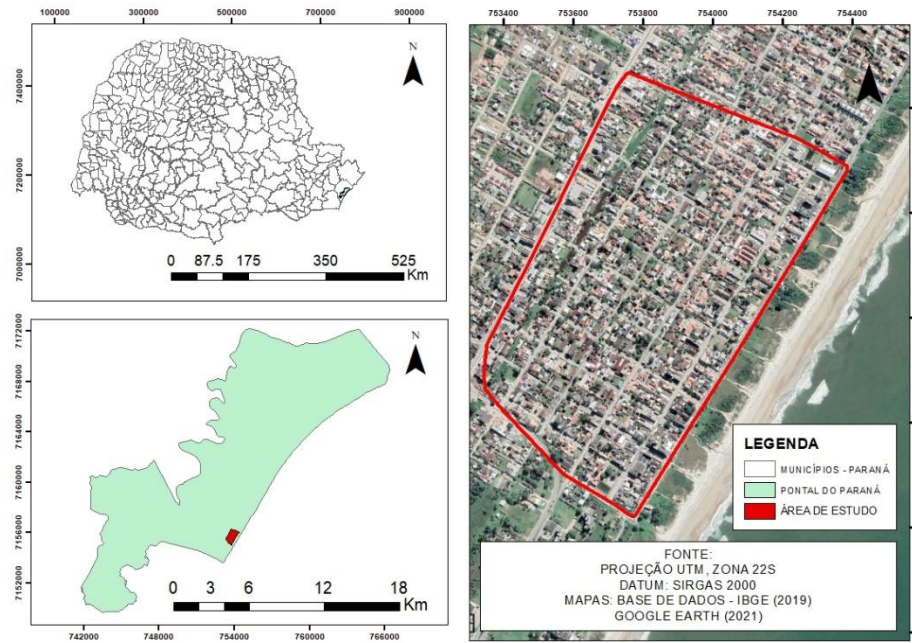
A análise de inundabilidade abrange diversas caracterizações. Nesse estudo foi utilizado caracterização hidrológica, topográfica e hidráulica visando o entendimento das condições iniciais de inundação e a avaliação de possíveis soluções. A caracterização topográfica e hidráulica é utilizada para verificar as cotas de inundação local, através de modelos físicos ou numéricos. Para se garantir um modelo mais fidedigno, o modelo deve conter os dados medidos em campo (MIGUEZ; GREGORIO; VERÓL, 2018).

O método topográfico, como os Modelos Digitais de Terreno (MDT) é obtido através da interpolação de dados topográficos (coordenadas planialtimétricas). Podem ser realizadas diversas técnicas para a obtenção destas coordenadas, nesse estudo foi utilizado o método de levantamento por GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Por outro lado, com o modelo hidrodinâmico é possível avaliar o escoamento superficial de canais, estabelecendo suas características físicas e hidrológicas. A junção dos modelos topográficos e hidrodinâmicos resultam em mapas que caracterizam as áreas inundáveis através das suas cotas de inundação. Com as informações obtidas pelo estudo é possível realizar o planejamento urbano, como as obras de drenagem, de infraestrutura e manejo de águas pluviais.

Neste trabalho foi analisada a inundabilidade de um trecho do canal artificial do DNOS localizado no município de Pontal do Paraná. Os resultados obtidos apresentam aspectos topográficos e hidráulicos da região, em que foram utilizados dados secundários hidrológicos (altura do nível da água, precipitação e vazão) para a construção do modelo.

A área de estudo está inserida dentro do município de Pontal do Paraná, no litoral do estado do Paraná, Brasil, conforme demonstra a Figura 2. Compreende o bairro de Praia de Leste e corresponde a uma área de 713.376,7 m<sup>2</sup>, contemplando zona residencial e comercial.

Figura 2 - Área de estudo



Fonte: Os autores (2022)

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram realizados levantamentos topográficos de campo para a caracterização da área de estudo, como a determinação das cotas da região e profundidades do canal. Para a análise foram utilizados diferentes softwares: (1) ArcGis para elaboração dos mapas topográficos e Modelo Digital de Terreno; (2) GeoPEC para validação do MDT; (3) A extensão Hec-GEORAS para delimitação do canal; (4) HEC-RAS para desenvolvimento dos mapas de inundação.

A primeira parte realizada do trabalho foi a elaboração do Modelo Digital de Terreno. Os dados utilizados foram obtidos através de levantamento topográfico GNSS com o método cinemático, utilizando dois receptores L1/L2 (base e rover). O equipamento foi posicionado na caminhonete e então foram percorridas todas as ruas pertencentes à área de estudo.

Para a validação do mapa topográfico foi realizado outro levantamento topográfico GNSS, em que foi utilizado o método estático, visto que o nível de precisão é maior. Com estes dados foi possível realizar a comparação da altitude obtida pelo MDT com a altitude do ponto de controle para observação da acurácia do interpolador. Os dados obtidos dos levantamentos podem ser observados através do mapa abaixo.



mais baixos da seção transversal, por fim foram inseridas as vazões definidas para processar o programa.

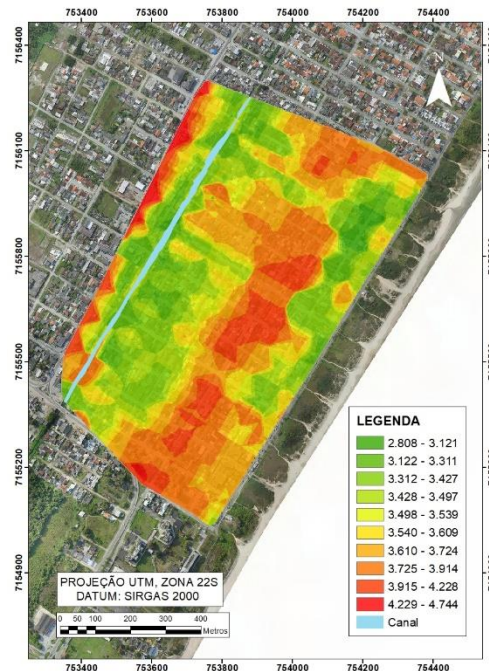
Os valores para o coeficiente de rugosidade de Manning levaram em consideração as características do canal e das ruas do entorno. O canal do DNOS, nesta região, pode ser considerado como de terra escavado, lento, com vegetação e grama presente, conforme CHOW (1959) o valor de  $n$  pode ser considerado de  $0,035 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ . Já para as ruas, que na grande maioria são de blocos de concreto, foi considerado o coeficiente do concreto rugoso com  $n = 0,020 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ .

A cidade de Pontal do Paraná possui manual de micro e macrodrenagem, que informa os dados técnicos da drenagem do município. A região de estudo está inserida em uma bacia hidrográfica que possui hidrograma relativo com tempo de recorrência de 3 anos e vazão de pico de  $37,03 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para determinação da vazão de pico da área de estudo, foi ponderado os valores da bacia hidrográfica na qual o canal está contido para a área de interesse e obtido a vazão de pico de  $3,22 \text{ m}^3/\text{s}$ . Além disso, foram adicionadas as vazões de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para visualização da evolução da mancha de inundação na região.

### 3 RESULTADOS

O MDT foi gerado através da interpolação dos pontos obtidos por dados coletados em campo pelo levantamento GNSS. No total foram utilizados 9192 pontos para gerar o mapa. As altitudes utilizadas foram geométricas, visto que foi observado através do software MAPGEO2015 que houve pequena variação entre o geóide e a anomalia de altitude na região, com alteração máxima de 3cm, não sendo então necessário realizar a correção para altitude ortométrica, além disso, o sistema de projeção utilizado foi UTM. Foi empregue a configuração padrão (*default*) estabelecida pelo ArcGIS para o interpolador IDW.

Figura 4 - Modelo Digital de Terreno

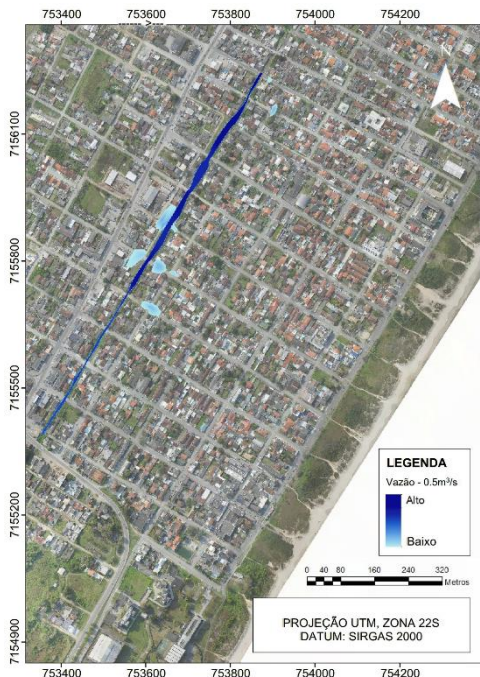


Fonte: Os autores (2022)

Além disso, os testes realizados pelo software geoPEC indicaram que o mapa interpolado se classificou como classe A de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica. Os resultados apresentaram-se não tendenciosos; o RMS obtido foi de 0,1022 e desvio padrão de 0,1017; assim, com relação às altitudes, o mapa foi caracterizado como acurado e preciso.

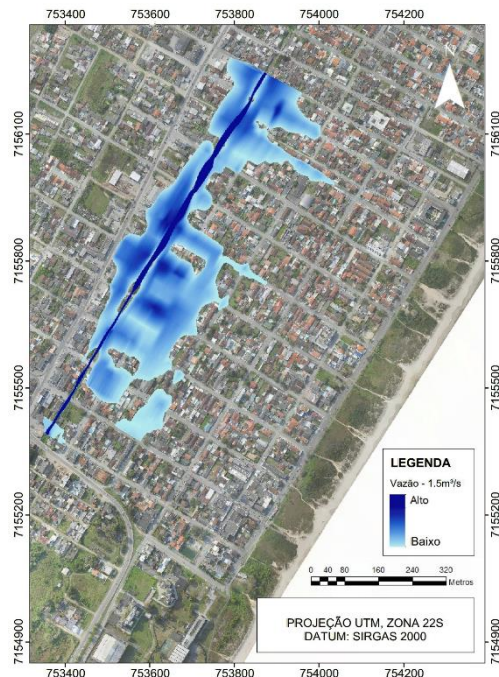
Os mapas de inundação foram gerados com as configurações estabelecidas anteriormente através do software HECRAS, os resultados obtidos são encontrados nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

Figura 5 - Vazão 0,5m<sup>3</sup>/s



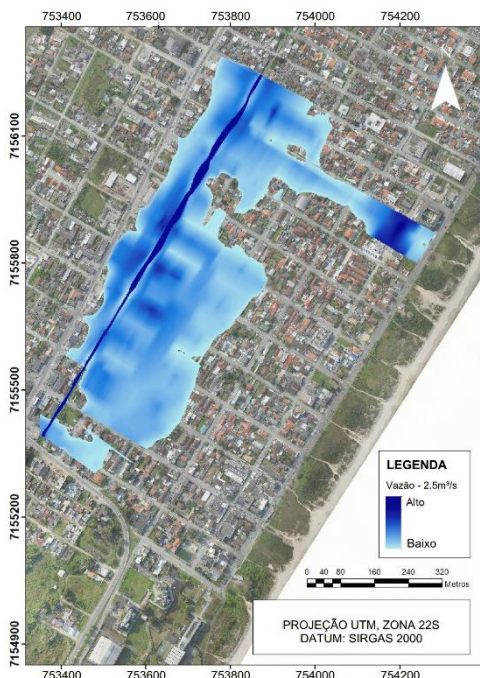
Fonte: Os autores (2022)

Figura 6 - Vazão 1,5m<sup>3</sup>/s



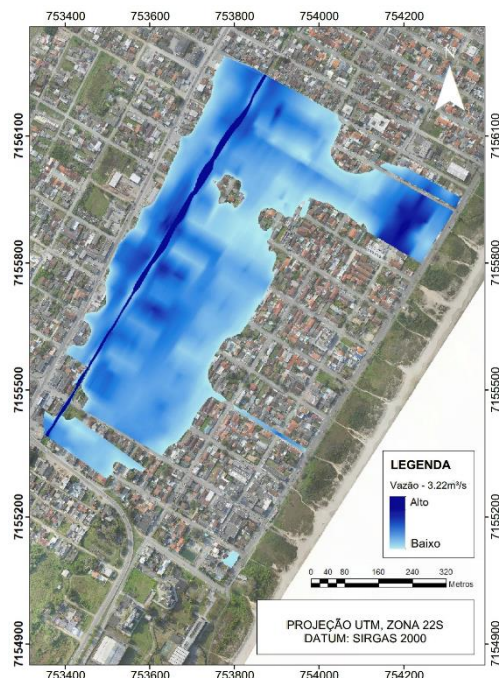
Fonte: Os autores (2022)

Figura 7 - Vazão 2,5m<sup>3</sup>/s



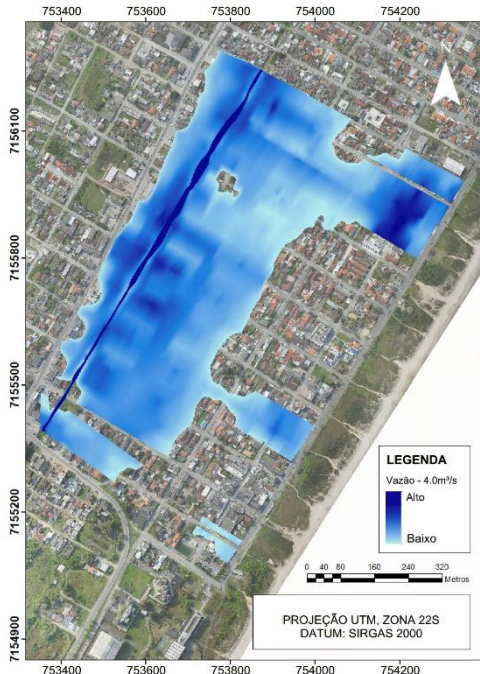
Fonte: Os autores (2022)

Figura 8 - Vazão 3,22m<sup>3</sup>/s



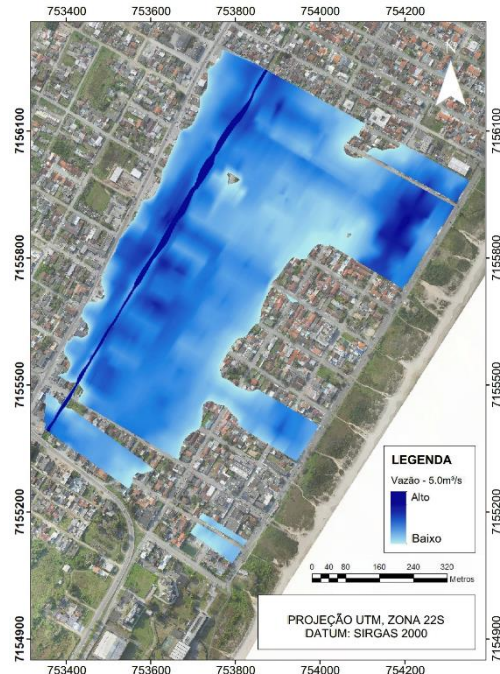
Fonte: Os autores (2022)

Figura 9 - Vazão 4,0m<sup>3</sup>/s



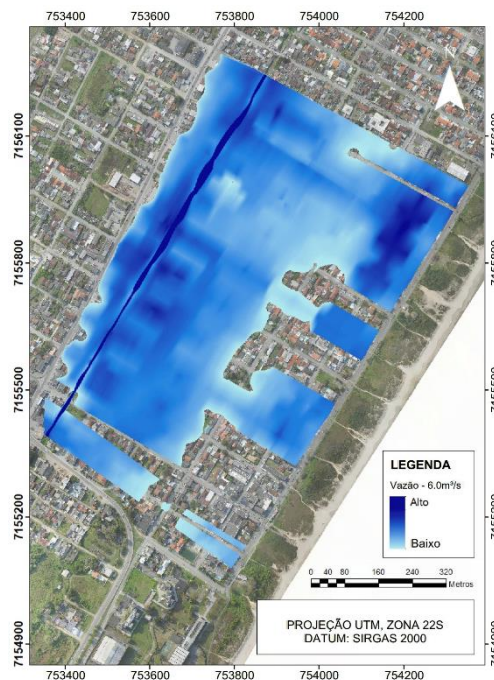
Fonte: Os autores (2022)

Figura 10 - Vazão 5,0m<sup>3</sup>/s



Fonte: Os autores (2022)

Figura 4 - Vazão 6,0m<sup>3</sup>/s



Fonte: Os autores (2022)

Estas representações demonstram os efeitos que as chuvas podem provocar na região. Por exemplo, uma chuva que gere uma vazão de  $6\text{m}^3/\text{s}$  pode estar ligada a um evento extremo, visto que a área inundada ultrapassa os pontos mais altos do mapa, preenchendo quase que completamente a área de estudo, conforme Figura 11. As vazões de  $0,5\text{m}^3/\text{s}$  e  $1,5\text{m}^3/\text{s}$ , apresentadas nas Figuras 5 e 6, se comparadas com as imagens da região apresentadas durante este trabalho, demonstram adequadamente as áreas de inundação da região. A vazão de pico determinada de  $3,22\text{m}^3/\text{s}$ , ilustrada na Figura 8, inunda grande parte da área de estudo, com isto pôde ser verificado que o canal pode estar subdimensionado.

#### 4 CONCLUSÃO

Os mapas elaborados durante este trabalho identificaram os pontos vulneráveis a inundações na região de estudo. O MDT foi gerado através da interpolação de dados topográficos coletados em campo pelo método do levantamento GNSS. As manchas de inundação foram obtidas através de modelagem hidrodinâmica pelo software HECRAS, com dados hidrológicos retirados de estudos realizados pelo município. Foram verificadas as vazões necessárias para inundar a área de estudo, as vazões ligadas à eventos extremos de precipitação e as vazões para o período característico de chuvas intensas na região, além disso foi observado também que o canal pode estar subdimensionado visto que mesmo a vazão de pico também gerou uma grande inundação.

#### Referências

BRASIL. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

PARANÁ. Instituto Água e Terra (IAT) e Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE). **Plano da bacia hidrográfica litorânea**. Produto 07: cenários, 2019.

ESTEVES, C. J. de O. **Vulnerabilidade socioambiental na área de ocupação contínua do litoral do Paraná – Brasil**. 2011. 354 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1884/33907>> Acesso em: 23 fev. 2021

# COBRAC

7 a 9 de  
NOVEMBRO | 2022 | EVENTO  
VIRTUAL

Florianópolis - SC

15º Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial  
3º Encontro de Professores de Cadastro Territorial

Realização



Através de:

PPGTG

Programa de Pós-graduação  
em Engenharia de Transportes  
e Gestão Territorial

GOTT

GRUPO DE OBSERVAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO DO TERRITÓRIO

MIGUEZ, M. G.; GREGORIO, L. T. di; VERÓL, A. P. **Gestão de Riscos e Desastres Hidrológicos**. Rio de Janeiro: Gen LTC, 2018. 348p.