

# ANAIIS

Volume 01

# 50SSS

Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis



9 788560 308965

Porto Alegre/RS, 2019



**Copyright © 2019, by Editora GFM.**

Direitos Reservados em 2019 por Editora GFM.

**Editoração:** Cristiano Poletto

**Organização Geral da Obra:** Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto

**Diagramação:** Espaço Histórico e Ambiental

**Revisão Geral:** Angela Gunther

**Capa:** Espaço Histórico e Ambiental

**CIP-Brasil. Catalogação na Fonte**

---

Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Organizadores)

ANAIS do 5º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis - Vol. 1 / Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Organizadores) – Porto Alegre, RS: Editora GFM, 2019.

1.537p.: il.; 29,7 cm

ISBN 978-85-6030-896-5

***É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização por escrito da Editora ou dos Organizadores.***

---

## 5SSS151

# METODOLOGIAS PARA MONITORAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS NO BANHADO GRANDE - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ

Ma. Cecilia Balsamo Etchelar<sup>1</sup>, Me. Rodrigo da Silva Ferraz<sup>2</sup>, Dr. Laurindo Antonio Guasselli<sup>3</sup>

1 UERGS, [cecibalsamo@gmail.com](mailto:cecibalsamo@gmail.com); 2 UFRGS, [rferraz1980@gmail.com](mailto:rferraz1980@gmail.com); 3 UFRGS, [laurindo.guasselli@ufrgs.br](mailto:laurindo.guasselli@ufrgs.br).

### RESUMO

A falta de manejo na Área de Preservação Ambiental do Banhado Grande (APABG), levou a ocorrência de processo erosivo em forma de voçoroca no Banhado Grande. Nesse sentido, o objetivo deste estudo, é aplicar técnicas de mapeamento para viabilizar o seu monitoramento. O mapeamento dos processos erosivos através de imagens satelitais, torna-se um importante técnica para áreas de grande extensão e de difícil acesso como se configura as áreas de banhado. Com a varredura do Laser Scanner Terrestre, obteve-se o modelo digital do terreno para a criação de perfis topográficos que ajudaram a dimensionar a altura, largura e as áreas de deposição e erosão de sedimentos na margem do canal da voçoroca. Se faz necessário continuar o monitoramento da voçoroca para um diagnóstico e um prognóstico correto, possibilitando a implementação adequada de técnicas para recuperação da área.

**Palavras-Chaves:** Banhado; erosão; “laser scanner” terrestre.

### ABSTRACT

The lack of a Management Plan in the Area of Environmental Preservation of the Great Plains (EPABG), led to the occurrence of erosive process in the form of gullies at the Banhado Grande. In this sense, the objective of this study is to apply mapping techniques to enable its monitoring. The mapping of the erosive processes through satellite images, becomes an important technique for areas of great extension and of difficult access as it configures the areas of plated. With the scanning of the Terrestrial Laser Scanner, the digital terrain model was obtained for the creation of topographic profiles that helped to size the height, width and the areas of deposition and erosion of sediments in the margin of the gutter channel. It is necessary to continue the monitoring of the gully for a diagnosis and a correct prognosis, allowing the adequate implementation of techniques for recovery of the area.

**Keywords:** Swamp; erosion; laser scanner.

### INTRODUÇÃO

As áreas planas e inundáveis da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (BHRG), têm sido amplamente utilizadas para agricultura e pecuária intensiva, como produção de arroz e pastejo de gado. Esse uso agrícola intensivo, a partir da drenagem das áreas inundáveis para o cultivo de arroz, transformou alguns cursos d'água em canais de irrigação, impactando todo o sistema hidrológico das Áreas Úmidas (AUs) (GUASSELLI, ETCHELAR e BELLOLI, 2013; BRENNER e GUASSELLI, 2015). Com a retificação e canalização não cimentada do rio Gravataí, a partir da escavação e abertura de um canal retilíneo (SCHEREN, 2014) que tinha como objetivo o início do processo de drenagem do Banhado Grande, o trecho canalizado passou de meândrico para retilíneo, com um conseqüente aumento da velocidade da água (BRENNER, 2015). Estas alterações levaram a um acelerado processo erosivo em forma de voçoroca (ETCHELAR, 2014) em uma das principais nascentes do rio Gravataí, o Banhado Grande. Os processos erosivos são intensificados quando há interferência humana, a exemplo do manejo inadequado do solo, fato causador de enormes prejuízos ao ambiente (RIBEIRO, TOCANTINS e FIGUEIREDO, 2013).

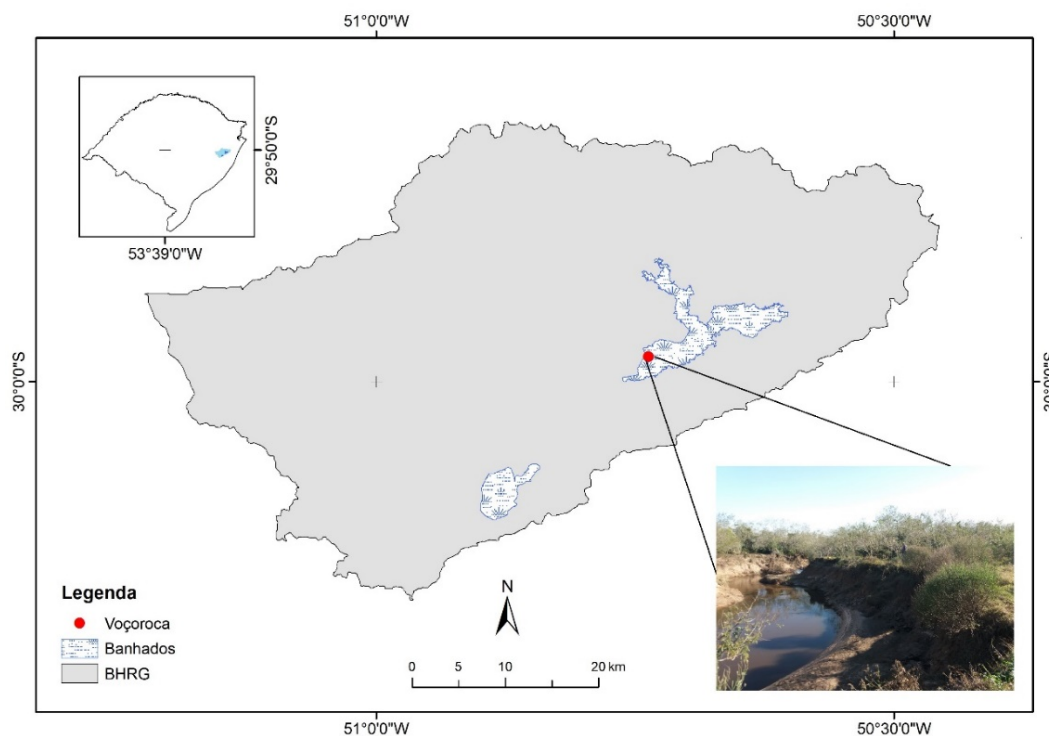
O “Laser Scanner” terrestre (LST) utiliza a tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging* - detecção de distâncias

através da luz) na aquisição de pontos com coordenadas tridimensionais, gerando dados a partir de nuvens de pontos. Nas últimas décadas, este tipo de sistema de varredura tem sido utilizado em estudos fluviais (HOHENTHAL *et al.*, 2011). A moderna tecnologia de imagem panorâmica digital permite o uso integrado de dados de varredura a laser e imagens panorâmicas, aumentando as informações de conteúdo dos modelos 3D em ambientes ribeirinhos (ALHO *et al.*, 2011).

SHAN E TOTH (2008) classificam os LST em função do princípio de medição de distâncias em três categorias: Triangulação, Diferença de Fase e Tempo de Vôo de Sinal. Os LST de triangulação são os denominados lasers de mão. Possuem uma base com uma distância fixa e medidores que registram os ângulos de emissão e recepção e por lei dos senos ou por intercessão fotogramétrica registram as coordenadas. Os de diferença de fase registram as distâncias medidas em função da diferença de fase entre o pulso emitido e o pulso refletido pelas superfícies. Os LST de Tempo de vôo de Sinal medem as distâncias em função do tempo entre o pulso emitido e refletido pelas superfícies e multiplicam esse valor pelo valor da velocidade da luz (FERRAZ, 2017).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é aplicar técnicas para o mapeamento da voçoroca e o monitoramento da área de erosão no Banhado Grande.

A Área de proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), Figura 1, localiza-se na região metropolitana de Porto Alegre. Apesar de abrigar um expressivo contingente populacional, são encontradas áreas de importância para a conservação da vida silvestre e para a gestão dos recursos hídricos, como é o caso do Banhado Grande (FZB, 2001).



**Figura 1.** Mapa de localização da voçoroca no Banhado Grande, APABG. **Fonte:** LAGAM. **Elaborado por:** Etchelar, C. B.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A construção metodológica deste estudo dividiu-se nas seguintes etapas: (a) revisão bibliográfica sobre as temáticas envolvidas; (b) trabalhos de campo na área de estudo que compreenderam percursos terrestres e trechos fluviais; (c)

mapeamento da evolução do processo erosivo através de imagens satelitais; e (d) mapeamento com Laser Scanner Terrestre para levantamento do processo erosivo.

Para a elaboração da análise temporal foram elaborados mosaicos das imagens disponíveis no *software Google Earth Pro*, da área do Banhado Grande, das seguintes datas: (a) 14/11/2003; (b) 18/03/2010; e (c) 29/07/2015. Os mosaicos foram georreferenciados no *software ArcGIS 10.3*. No *ArcMap* os processos erosivos, identificados nos mosaicos, foram vetorizados e sobrepostos. Permitindo analisar o avanço/direção da voçoroca e do canal de drenagem na área do Banhado Grande.

O levantamento com o LST foi realizado em 28 de junho 2017, utilizando o LST de modelo *Renishaw* (MDL) *Quarryman*® Pro LR 3D sistema de varredura a laser. Esse equipamento tem as seguintes especificações: Comprimento de onda 905 m; resolução da nuvem de pontos de 1cm; sistema Laser classificação Classe 3R; Gama vertical de  $-45^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  e horizontal de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ , instalado no tripé com base nivelante com prumo óptico usado para garantir a correta centralização da unidade sobre as marcas fixas. Classificação em função do método de medição de distância: Tempo de voo de sinal.

O levantamento da varredura de cada nuvem de pontos foi realizado em retângulos com resolução configurável de 1cm no método estático apenas no plano horizontal. O pós-processamento para o registro das nuvens de pontos foi realizado no *software Cloud Compare v 2.8.3D*, projetado para realizar uma comparação direta entre nuvens de pontos de forma manual. No *software MDL Face Pro 3D* realizou-se a conversão da nuvem de pontos de formato mdl. para txt. Para obter os dados de altitude da nuvem de pontos, os dados foram salvos em formato LAS, permitindo assim a leitura e interpretação destes dados no *software ArcGis 10.3*.

**Tabela 1.** Dados das nuvens de ponto. **Elaborado por:** ETCHELAR, C. B.

Nuvem de pontos	Quantidades de pontos	Grid entre os pontos	Tipo de escaneamento
I	47.009	1 cm	Horizontal
II	38.102	1 cm	Horizontal
III	238.963	1 cm	Horizontal
IV	212.006	1 cm	Horizontal
V	100.241	1 cm	Horizontal

Para o Modelo Digital do Terreno (MDT) a nuvem de pontos passou pelo processo manual da retirada da vegetação no *software Cloud Compare*. Este arquivo foi transformado em formato *ASCII cloud* (que mantém os valores de x; y; z). O MDE e o MDT foram gerados por meio da técnica de interpolação *Thin Plate Spline* (TPS) no *software SAGGIS*. Esse interpolador gera uma superfície que minimize a curvatura entre as amostras, gerando uma superfície suavizada (BARBOSA *et al.*, 2008).

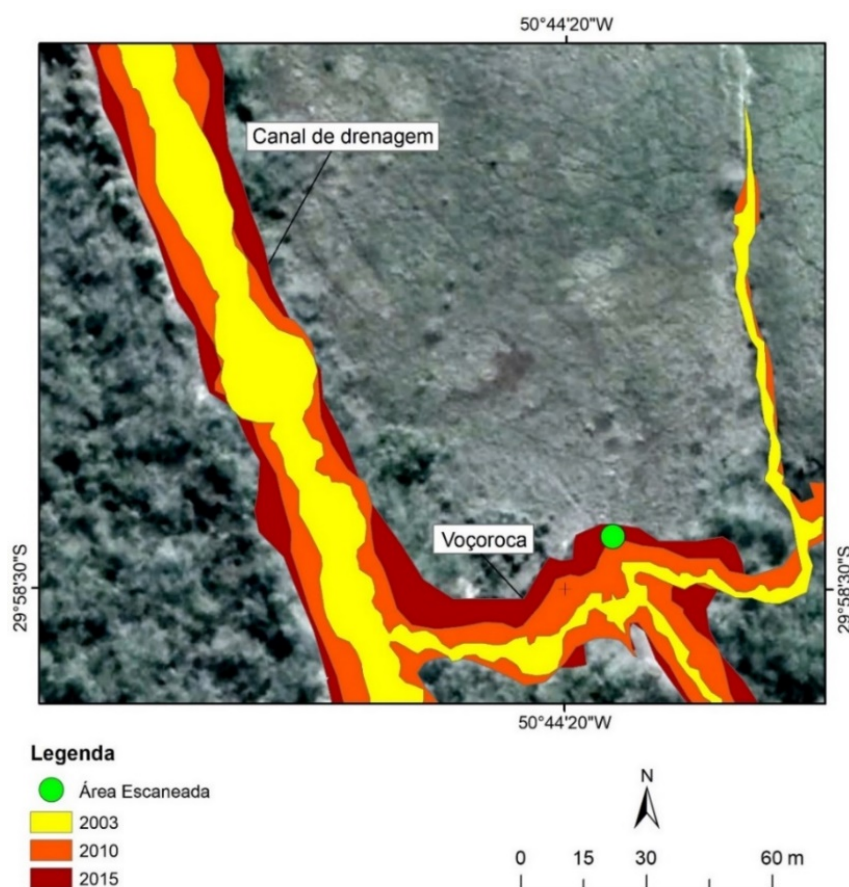
O perfil topográfico é a representação gráfica de um corte vertical do terreno. Para este trabalho foi elaborado a partir do MDT no *software ArcGis 10.3*. A partir do *3D Analytic>Interpolate Line>Create Profile Graph*.

## RESULTADOS

O mapeamento dos processos erosivos através de imagens satelitais é uma importante técnica para áreas de grande extensão e de difícil acesso como se configura a área do Banhado Grande. Este tipo de monitoramento tem a vantagem de ser

realizado em gabinete, sem a necessidade do campo. A vetorização de parte da voçoroca e do canal de drenagem a partir dos mosaicos permitiu analisar a evolução em uma escala temporal do processo erosivo entre os anos de 2003, 2010 e 2015.

O recorte desta área do banhado, Figura 2, compreende a porção a jusante da voçoroca e parte do canal de drenagem. Na vetorização dos processos erosivos em 2003 o canal e a voçoroca evidenciam um ativo processo erosivo caracterizado pela presença de formas circulares (indicando um processo de solapamento de suas bordas). Na vetorização de 2010, houve um acelerado avanço na erosão da voçoroca, que pode estar associado ao aumento da vazão pelo alargamento e retificação das circulares no canal de drenagem. Este alargamento do canal e da voçoroca é mais evidente na imagem de 2015, onde os processos erosivos se mantêm ativos com perdas substanciais de solo presente nas duas margens do canal de drenagem e na voçoroca.



**Figura 2.** Análise temporal de trecho do canal e da voçoroca no Banhado Grande, nos anos de 2003, 2010 e 2015. **Fonte:** Google Earth Pro **Elaborado por:** ETCHELAR, C. B.

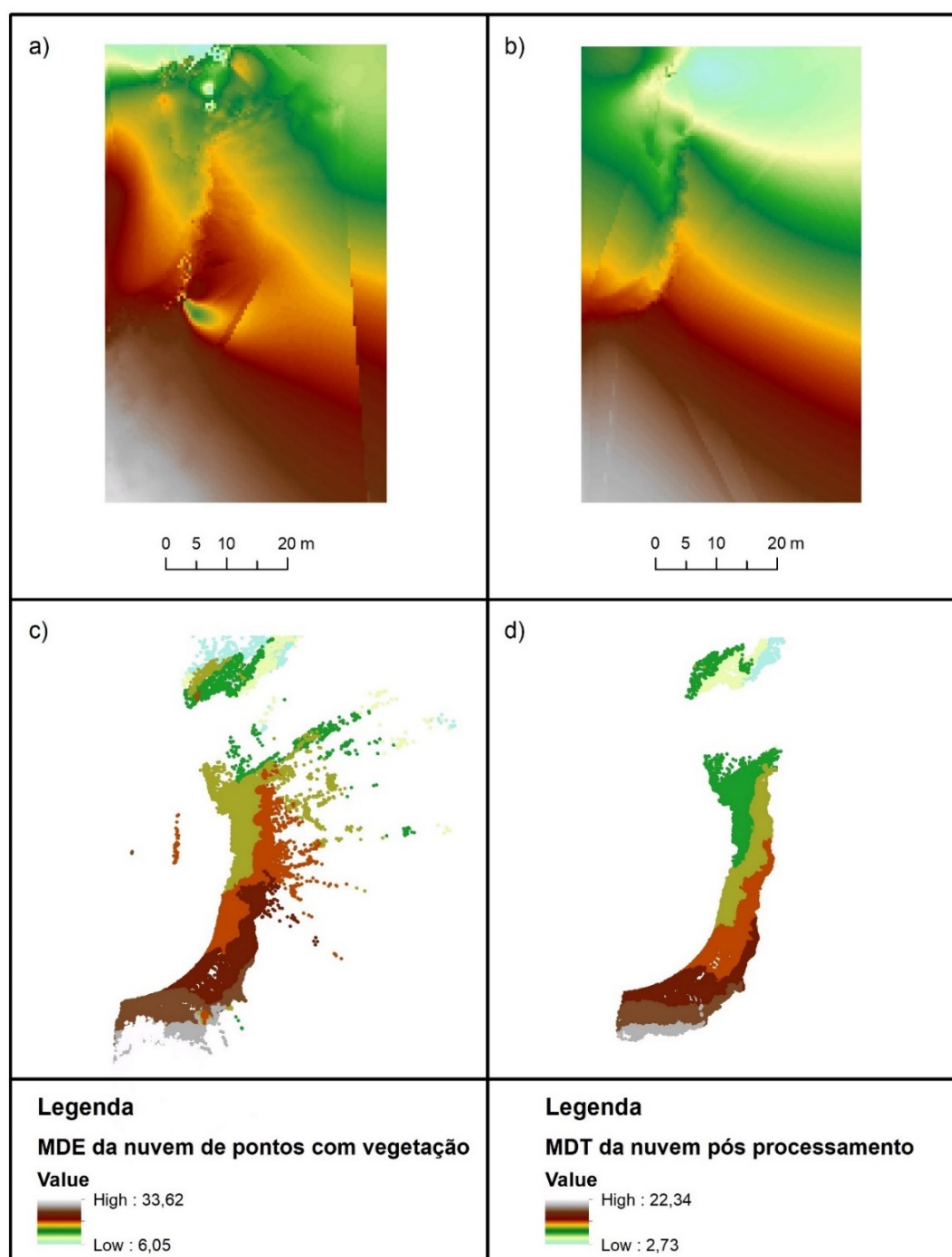
O Modelo Digital do Terreno (MDT) pode ser obtido da nuvem de pontos LASER por meio de um processo de filtragem, que consiste na remoção dos pontos que não pertencem à superfície do terreno, ou seja, aqueles que se encontram acima do solo, tais como construções, árvores, entre outros (FERNANDES *et al.* 2017). O MDT é utilizado como informação base para diversos estudos, como mapeamento digital de solos, gestão de desastres e projetos de engenharia (RUIZ *et al.*, 2015).

Já o Modelo Digital de Elevação (MDE) é a forma mais utilizada para representar uma superfície de maneira digital com base em um conjunto de pontos com coordenadas tridimensionais. Representação de uma superfície topográfica, onde elevações do terreno podem ser representadas computacionalmente por um conjunto de pontos regularmente distribuídos

(WOLF e DEWWITT, 2000).

A partir dos pontos da varredura por *laser scanner* terrestre da cena (Figura 3c), sem a manipulação de dados ou pré-processamento (com a presença da vegetação e pontos que representam ruídos) obtivemos o MDE da área. E a partir da nuvem pós-processada (retirada da vegetação e pontos aleatórios de forma visual), que contém apenas as informações do terreno (Figura 3d), obtivemos o MDT.

A diferença do resultado entre o MDE (Figura 3a) e o MDT (Figura 3b) é de 7,96 m. O que evidencia a importância do pré-processamento da nuvem para melhor acurácia dos dados, de grande relevância por tratar-se de uma de erosão em uma área muito plana de banhado. Uma boa acurácia é de grande importância para estudos que lidam com questões relacionadas à organização, planejamento e gestão do espaço geográfico (OLIVEIRA e FRANCELINO, 2013).

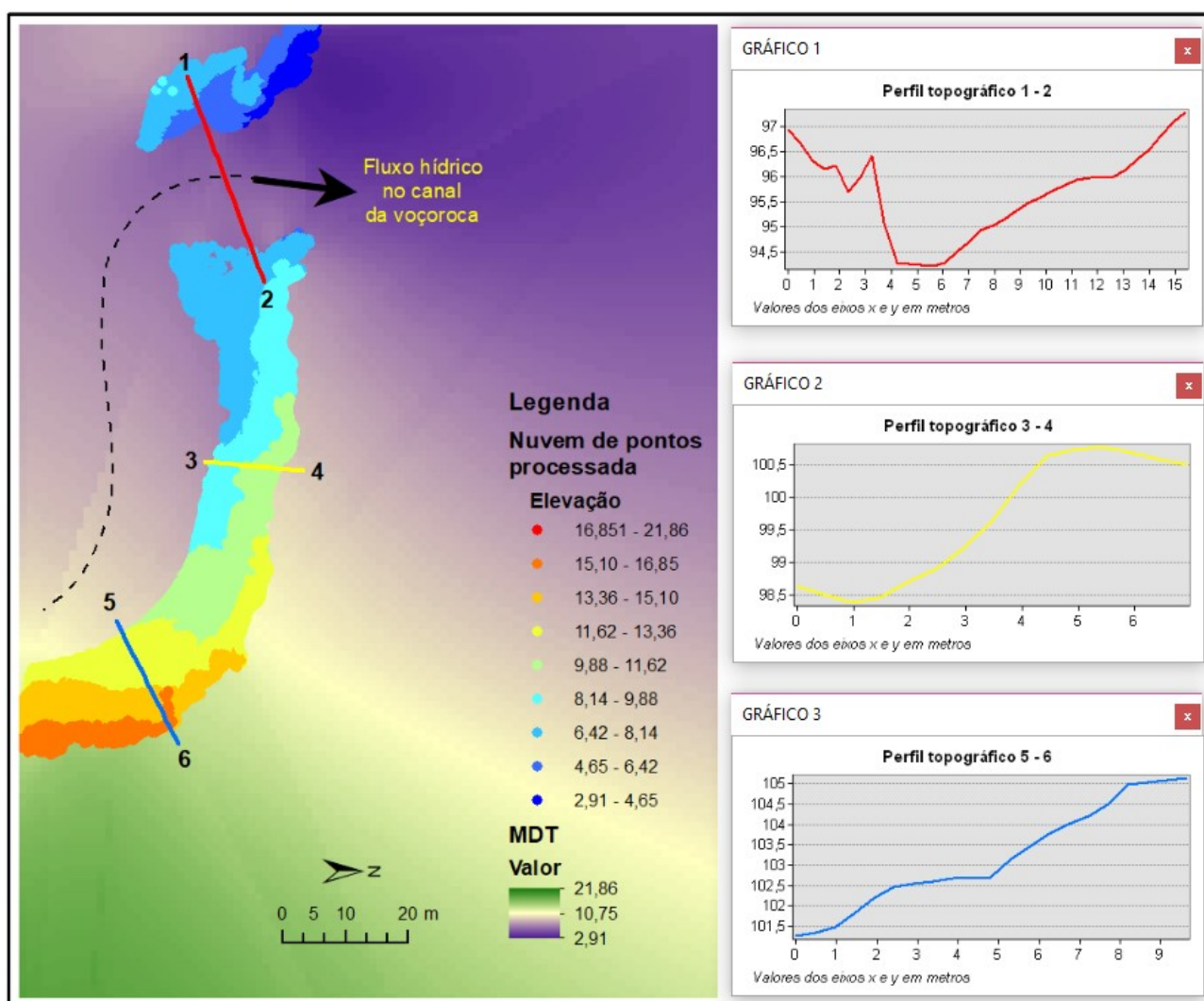


**Figura 3.** Dados de elevação da nuvem de pontos do levantamento realizado 28/07/2017 na área da vaçoroca: a) Nuvem sem filtro; b) Nuvem com cortes. **Elaborado por:** ETCHELAR, C. B.

Observa-se que no MDE, existem interferências (linhas) ou ruídos na imagem, associado a interpolação de pontos aleatórios que se encontravam na nuvem “bruta” (sem pré-processamento).

Para um melhor entendimento da área, foram desenhados perfis topográficos no MDT para análise do canal da voçoroca e do barranco. Os gráficos apresentam a voçoroca com um detalhamento maior da forma do barranco, através das linhas presentes nos gráficos.

O perfil topográfico, Figura 4, gerado pelo transecto 1-2 expuseram uma diferença entre as margens, tanto de altura, quando na forma abrupta da margem esquerda de montante para jusante, representando assim, a margem erosiva do canal da voçoroca, ao contrário da margem direita onde existe uma suavização do barranco, demonstrando ser uma área de depósitos de sedimentos.



**Figura 4.** Perfil topográfico sobre MDT. **Elaborado por:** ETCHELAR C. B.

Os transectos 3-2 e 5-6 correspondem ao barranco da margem direita do canal da voçoroca. Estes perfis ratificam uma margem deposicional de sedimentos, principalmente no transecto 5-6 que exhibe a linha do gráfico de forma não íngreme com declividade menor que o transecto 3-2. Apesar de haver a representação da escala na Figura 5.1, além da forma do relevo, os





transectos topográficos ajudam a dimensionar a altura e largura da área de estudo, estas informações corroboram com estudos futuros de planejamento e projetos que visam a recuperação da área erodida.

## CONCLUSÃO

O monitoramento com o uso de imagens de satélites mostrou-se eficaz na análise temporal da área erodida e demonstrou a evolução da voçoroca e a estimativa da área da erosão. É uma técnica de baixo custo e pode ser realizada em gabinete.

Apesar do uso do LST na área de banhado se restringir a períodos em que haja viabilidade de acesso ao local e a visibilidade do talude da erosão para a sua varredura, esta tecnologia mostra-se uma ferramenta com grande potencial para o estudo de voçorocas em virtude de sua alta precisão e rapidez na coleta de dados em campo. Gera modelos digitais de elevação com alta precisão, além do fornecimento de dados como os locais de deposição e erosão de sedimentos e as dimensões da área estudada a partir do perfil topográfico.

Contudo, se faz necessário a continuidade do monitoramento do processo erosivo na área do Banhado Grande, visando o melhor prognóstico de correta implementação de técnicas de bioengenharia para a recuperação da área.

## REFERÊNCIAS

- ALHO, P.; VAAJA, M.; KUKKO, A.; KASVI, E.; KURKELA, M.; HYYPPÄ, J.; HYYPPÄ, H. e KAARTINEN, H. 2011. Escaneamento a laser móvel em geomorfologia fluvial: mapeamento e detecção de mudanças de barras pontuais. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 55, n. 2, p. 31-50.
- BARBOSA, R.L.; MENEGUETTE JR, M.; SILVA, J.F.C.; GAITAME, O.Y. 2008. Análise estatística da qualidade de um modelo digital do terreno gerado com thin plate spline. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 60, n.2, p. 127-132.
- BRENNER, V. C. 2016. Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do Rio Gravataí-RS. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado em geografia. 94 p.
- BRENNER, V. C. e GUASSELLI, L. A. 2015. Análise da viabilidade do processo de renaturalização de um trecho do canal retificado do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Anais...V SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL*. Campo Grande, p. 593-601.
- ETCHELAR, B. C. 2014. Análise do Processo Erosivo no Banhado Grande, APA do Banhado Grande, Município de Glorinha – RS. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Trabalho de conclusão do bacharelado em geografia. 72 p.
- ETCHELAR, C. B.; GUASSELLI, L. A. e BELLOLI, T. F. 2014. Erosão no Banhado Grande, bacia hidrográfica do rio Gravataí –RS. *Anais... 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*. Campo Grande, MS. p. 584 -592.
- FERNANDES, V. J. M.; OLIVEIRA, É. F.M.; POZ DAL, A. P. e IMAI, N. 2017. Filtragem de nuvem laser para geração de mdt por krigagem. *Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba*, v. 23, n.1, p.196 – 212.
- FERRAZ, S. R. 2017. Avaliação posicional de dados altimétricos gerados por diferentes sistemas de varredura a laser terrestre: estudo de caso. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. 119p.
- FZB. FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL. 2001. Diagnóstico do meio biótico (vegetação, aracnofauna e avifauna) e mapeamento da cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Gravataí. Porto Alegre: Museu de Ciências Naturais. 118p.
- GUASSELLI, L. A.; ETCHELAR, C. B. e BELLOLI, T. F. 2013. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas



úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, p. 447-452.

HOHENTHAL, J.; ALHO, P.; HYYPPÄ J. e HYYPPÄ, H. 2011. Aplicações de varredura a laser em estudos fluviais. Progressos na Geografia Física, v. 35, n. 6, p. 782 – 809.

OLIVEIRA, C. M. M. e FRANCELINO, M. R. 2013. Comparação de Modelos Digitais de Elevação gerados com dados oriundos de levantamentos de voçorocas com laser scanner. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p. 6502-6509.

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N. e FIGUEIREDO, M. 2013. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego Guanabara, município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. Revista GeoPantanal, UFMS/AGB, v. 8, n. 14, p. 152-169.

RUIZ, L. F. C.; GUASSELLI, L.A.; TEN CATEN, A. e VITALIS F. 2015. Filtragem de Nuvem de pontos por Naive Bayes para obtenção de um Modelo Digital do Terreno. Anais... XXV Congresso Brasileiro de Cartografia. 8p.

SCHEREN, R. S. 2014. Urbanização na planície de inundação do Rio Gravataí-RS. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado em geografia. 123 p.

SHAN, J. e TOTH, C. K. 2008. Topographic laser ranging and scanning: principles and processing. Boca Raton: CRC press, 590p.

WOLF, P. R. e DEWITT, 2000. B. A. Elements of Photogrammetry: with applications in GIS. Boston: McGraw-Hill, E-book