



A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS AÉREOS NÃO TRIPULADOS PARA A RECONSTRUÇÃO 3D DE ESTRUTURAS COSTEIRAS

Diogo Gonçalves¹; Gil Gonçalves^{1,2}; Juan Pérez-Alvárez³; Maria da Conceição Cunha⁴; Umberto Andriolo¹

¹INESC Coimbra, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Coimbra, Portugal,

²Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

³Departamento de Expressão Gráfica, Centro Universitário de Mérida (CUM), Universidade da Extremadura, Mérida, Espanha

⁴ Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

diogo.goncalves@mat.uc.pt, gil@mat.uc.pt; mccunha@dec.uc.pt; japerez@unex.es; uandriolo@mat.uc.pt;

Resumo

Os ambientes costeiros são altamente dinâmicos e estão em constante alteração. Em particular, as estruturas costeiras estão sujeitas a elevadas cargas por ação das ondas. A monitorização regular destas estruturas é fundamental para identificar as prováveis áreas danificadas.

Este trabalho mostra que os levantamentos de estruturas costeiras com drones são precisos e suficientemente exatos. As avaliações sugerem que esta técnica de deteção remota supera as limitações dos métodos tradicionais, e é uma ferramenta viável para melhorar a tarefa de monitorização das estruturas costeiras

Introdução

Nos ambientes costeiros, os esporões são estruturas de engenharia perpendiculares à linha de costa (CIRIA et al., 2007). É fundamental propor técnicas viáveis para detetar e monitorizar as prováveis áreas danificadas do manto resistente de modo a apoiar as entidades gestão costeira propondo soluções e intervenções de engenharia (Henriques et al., 2017). A monitorização tradicional das estruturas costeiras baseia-se em inspeções visuais, recolhas fotográficas (comparação de imagens), e/ou levantamentos topográficos terrestres (Henriques et al., 2014). No entanto, estes métodos são logisticamente restritos e, uma vez que o seu desempenho é exigente em termos do esforço humano, as suas avaliações são limitadas no espaço e tempo.

O uso combinado de Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT, doravante drones) com Fotogrametria *Structure-from-Motion* (SfM) tem demonstrado ser uma ferramenta adequada para a reconstrução 3D de entidades costeiras, tais como sistemas praia-duna e arribas (Gonçalves et al., 2021; Guisado-Pintado et al., 2019). Os drones permitem a recolha de imagens de alta resolução, enquanto a técnica SfM permite gerar reconstruções 3D detalhadas necessárias para detetar alterações geomorfológicas que ocorrem nos ambientes costeiros altamente dinâmicos, e também com alta resolução temporal e espacial.

Este estudo propõe a utilização da drones, em combinação com a técnica SfM, para melhorar a monitorização das estruturas costeiras. Foi feito um levantamento com drone sobre o esporão da praia da Leirosa, no centro da costa portuguesa do Atlântico Norte (Figura 1). Foram utilizadas imagens aéreas para produzir com precisão o modelo 3D desta estrutura costeira, identificando áreas críticas e danificadas. Além disso, foi também realizado um levantamento Laser terrestre para reconstruir o esporão, permitindo i) estimar a precisão 3D do drone, e ii) avaliar as vantagens logísticas proporcionadas pela versatilidade do drone.

Globalmente, este trabalho mostra que os levantamentos de estruturas costeiras com drones são precisos e rentáveis. As avaliações sugerem que esta técnica de deteção remota supera as limitações dos métodos tradicionais, e é uma ferramenta viável para melhorar a tarefa de monitorização das estruturas costeiras.

Trabalho de campo e processamento dos dados

No dia 5 de Novembro de 2021 foi realizada uma campanha no terreno com vista ao levantamento de dados geoespaciais da geometria do manto da armadura do esporão da Leirosa

(Figura 1). A recolha dos dados foi feita durante a maré baixa de modo a maximizar a área mapeada acima do nível do mar. Nesta campanha utilizaram-se dois equipamentos: (1) um multirrotor DJI Phantom 4RTK (P4RTK) equipado com um sensor CMOS Sony FC6310 (20 Megapixels e uma distância focal de 24mm); (2) uma estação laser Leica C10 (doravante, TLS – *Terrestrial Laser Scanning*) com um alcance de 300m e uma precisão na posição de 6mm para 50m.

A cobertura com drone foi planeada no software disponibilizado pela marca, DJI GST RTK, definindo um caminho linear. Foram adquiridas 103 imagens nadirais a uma altura de 50m e considerando uma sobreposição frontal e lateral de 80%. Apesar do P4RTK não necessitar de pontos de controlo para a georreferenciação da nuvem de pontos, foram medidos 12 pontos nos blocos de pedra para auxiliar no processamento dos dados. Uma nuvem de pontos 3D foi assim gerada utilizando a técnica fotogramétrica SfM utilizando o Agisoft Metashape (<https://www.agisoft.com>), o qual tem demonstrado ser um software adequado para o processamento das imagens obtidas pelo drone (Gonçalves et al., 2021).

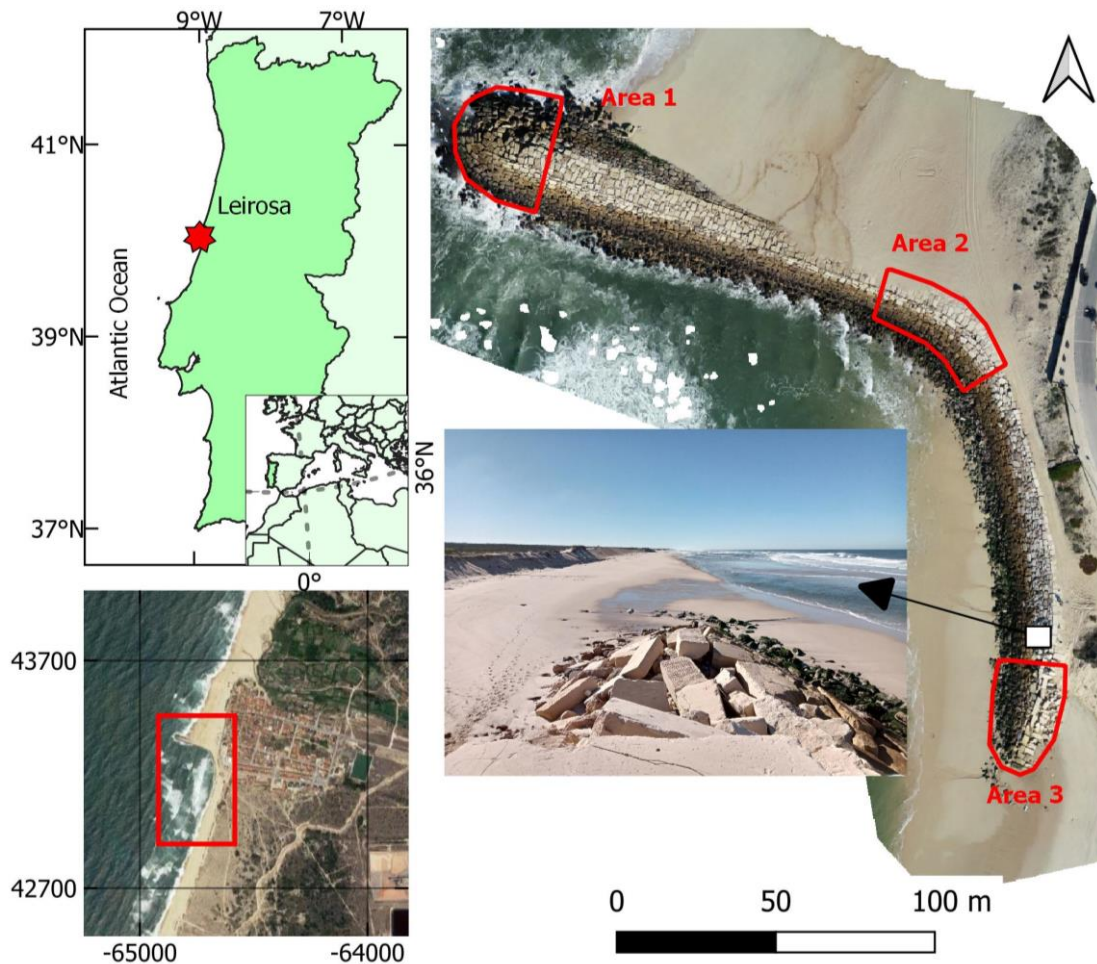


Figura 1. Apresentação da área de estudo. À direita está apresentado um ortomosaico do esporão da Leirosa. As áreas a vermelho são as áreas de teste para avaliação da precisão 3D do drone

A cobertura com TLS foi efetuada recorrendo a 7 estacionamentos distribuídas ao longo do enrocamento do esporão. Nos estacionamentos do TLS foi privilegiado o mapeamento das duas



cabeças do esporão. Foram escolhidas duas resoluções espaciais para os scans: a) elevada resolução (distância de 5cm entre pontos a 100m) para 4 estacionamentos; b) média resolução (distância de 10cm entre pontos a 100m) para 3 estacionamentos. Por fim, 12 alvos circulares foram medidos com o recetor GNSS para unir todos os scans do TLS num só. Para tal, foi utilizado o Cyclone (<https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/software/leica-cyclone>) que permitiu fazer essa junção.

Para a análise da precisão 3D do drone foi utilizado o CloudCompare (<https://www.cloudcompare.org/main.html>), um software bastante popular no processamento e análise de nuvens de pontos 3D. Nesta análise, a nuvem de pontos do TLS foi utilizada como dados de referência. Assim sendo, foram definidas três áreas de teste que poderão apresentar alterações morfológicas a longo curto-médio prazo (Figura 1). O objetivo da utilização do CloudCompare passou então pelo cálculo de distâncias no espaço entre as duas nuvens de pontos.

Resultados

Nas três áreas de estudo foram calculadas as diferenças entre as nuvens de pontos do drone e TLS. Para analisar a variabilidade das diferenças foram construídos gráficos de caixa (*boxplot*) representativas das áreas de teste (Figura 2). A área 1 apresentou um valor mediano de diferenças de aproximadamente 5cm. Embora as áreas 2 e 3 apresentem valores medianos próximos de 7cm, a área 3 registou uma variabilidade das diferenças muito mais acentuada.

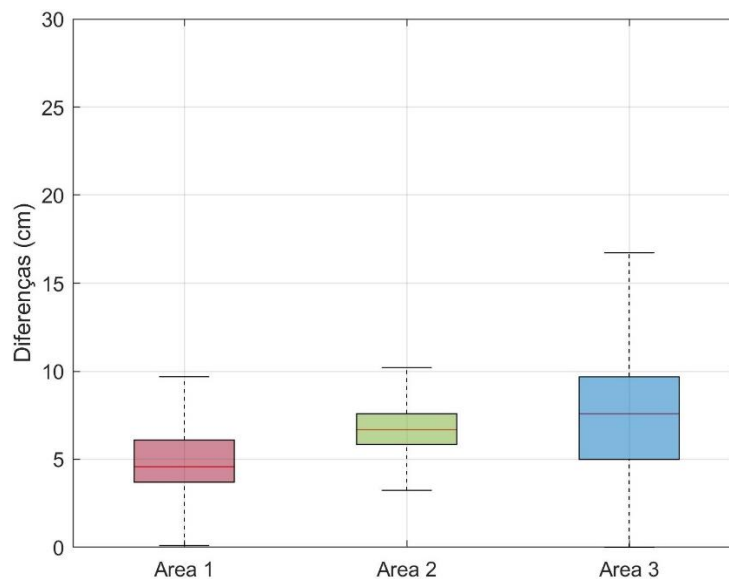


Figura 2. Gráfico de caixa das diferenças entre as nuvens de pontos do TLS e drone nas áreas de teste seleccionadas

Conclusão

Este trabalho mostrou que os levantamentos de estruturas costeiras com drones são precisos e suficientemente exatos. As avaliações sugerem que esta técnica de deteção remota supera as limitações dos métodos tradicionais, e é uma ferramenta viável para melhorar a tarefa de monitorização das estruturas costeiras. Comparando as duas técnicas de deteção remota utilizadas neste estudo, a cobertura com drone foi feita numa hora enquanto a cobertura do TLS exigiu 8 horas de trabalho intensivo de campo. Por fim, podem também ser obtidas ortomosaicos com elevada resolução espacial (na ordem dos centímetros) que possibilitaram a interpretação



visual de deslocamentos das unidades da armadura ao longo do tempo.

Referências Bibliográficas

- CIRIA, CUR, & CETMEF. (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering* (2nd). C683, CIRIA, London.
- Gonçalves, G., Gonçalves, D., Gómez-Gutiérrez, Á., Andriolo, U., & Pérez-Alvárez, J. A. (2021). 3D Reconstruction of Coastal Cliffs from Fixed-Wing and Multi-Rotor UAS: Impact of SfM-MVS Processing Parameters, Image Redundancy and Acquisition Geometry. *Remote Sensing*, 13(6), 1–24. <https://doi.org/10.3390/rs13061222>
- Guisado-Pintado, E., Jackson, D. W. T., & Rogers, D. (2019). 3D mapping efficacy of a drone and terrestrial laser scanner over a temperate beach-dune zone. *Geomorphology*, 328, 157–172. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.12.013>
- Henriques, M. J., Fonseca, A., Roque, D., Lima, J. N., & Marnoto, J. (2014). *Assessing the Quality of an UAV-based Orthomosaic and Surface Model of a Breakwater*. http://repositorio.inec.pt:8080/bitstream/123456789/1007336/2/6951_henriques_et_al.pdf
- Henriques, M. J., Lemos, R., Capitão, R., & Fortes, C. J. (2017). The monitoring of rubble mound breakwaters . An assessment of UAV technology. *INGEO 2017 – 7th International Conference on Engineering Surveying*, 1–8.