



UTILIZAÇÃO DE DRONES E FOTOGRAMETRIA SfM NA DETEÇÃO DE ALTERAÇÕES EM ESTRUTURAS COSTEIRAS

Diogo Gonçalves^{1,2}; Gil Gonçalves^{1,3}; Umberto Andriolo¹

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

²Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

³Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

diogo.goncalves@mat.uc.pt, gil@mat.uc.pt; uandriolo@mat.uc.pt;

Resumo

As estruturas costeiras desempenham um papel fundamental na proteção dos aglomerados populacionais e ecossistemas do litoral. É fundamental a monitorização regular destas estruturas para detetar atempadamente o possível dano no manto protetor.

Este trabalho demonstrou que os produtos geoespaciais gerados a partir de imagens de drone e fotogrametria SfM são úteis no melhoramento da monitorização da geometria do manto protetor. Ambas as cabeças do esporão da Leirosa apresentaram blocos deslocados principalmente entre 2018 e 2021. Este trabalho permitirá ultrapassar as limitações das inspeções visuais com a inclusão de coberturas com drone no melhoramento da informação geométrica da estrutura.

Introdução

Os esporões são estruturas “pesadas” geralmente construídas perpendiculares à costa que protegem as comunidades e ecossistemas costeiros da erosão e ação das ondas (CIRIA et al., 2007). É fundamental uma monitorização regular destas estruturas para detetar atempadamente o possível dano no manto protetor de modo a não por em causa a integridade e funcionalidade da estrutura. As inspeções visuais são o método tradicional de monitorização mais utilizado, no entanto requerem técnicos qualificados e são limitadas no espaço e tempo.

A monitorização da integridade do manto protetor pode ser feita através de descritores tais como (Campos et al., 2020): i) o nível de dano: área erodida por diâmetro nominal mediano dos blocos num dado perfil e ii) percentagem de dano: blocos deslocados numa área de interesse. No entanto, estas medições requerem informação geoespacial completa acerca da geometria da estrutura, sendo difícil de obter através de inspeções visuais.

Trabalhos recentes mostraram a viabilidade e eficácia de drones para a reconstrução 3D de estruturas costeiras (Gonçalves et al., 2022a). Os drones podem recolher imagens de forma autónoma e com alta resolução, que são processadas através Fotogrametria Structure from Motion (SfM) que resultam em, entre outros, modelos digitais de superfície (MDS) e ortofotos (Agüera-Vega et al., 2017).

Este estudo analisou a utilização de produtos geoespaciais obtidos com imagens drone e fotogrametria SfM para detetar e medir alterações no manto protetor de estruturas costeiras. Foram feitos levantamentos anuais de 2021 a 2023 no esporão da praia da Leirosa e selecionadas as áreas críticas com dano localizadas nas extremidades (cabeças) do esporão. A partir dos MDT e ortofotos dos diferentes levantamentos, foram aplicados métodos manuais de segmentação para calcular a percentagem de dano no manto protetor.

Este trabalho mostra que os produtos geoespaciais obtidos com drone permitem o cálculo de descritores que quantificam o dano no manto protetor de estruturas costeiras. As análises sugerem que os drones podem ser usados como uma tecnologia de observação, inspeção e quantificação de alterações em estruturas costeiras superando as limitações dos métodos tradicionais.

Trabalho de campo e processamento dos dados

A área de estudo é o esporão da Leirosa e está localizado na costa oeste de Portugal continental

(Figura 1a). Entre 2021 e 2023 foram realizadas campanhas no terreno para o levantamento de dados geoespaciais da geometria do manto protetor. Foi ainda utilizada uma imagem de satélite da série temporal do Google Earth Pro de 2018 para o cálculo da percentagem de dano no manto protetor em 2021.

O equipamento utilizado foi um multirrotor DJI Phantom 4RTK (P4RTK) equipado com um sensor CMOS Sony FC6310 (20 Megapixels e uma distância focal de 24mm). Os voos foram planeados no DJI GST RTK, definindo um caminho linear. A sobreposição frontal e lateral foi de 80% a uma altura de 50 m resultando em 103 imagens nadirais em cada campanha no terreno. Embora o P4RTK não necessitar de pontos de controlo no processo georreferenciação, foram medidos 12 pontos nos blocos de pedra para auxiliar no processamento dos dados. Baseados em trabalhos anteriores (Gonçalves et al., 2022a; Gonçalves et al., 2022b), foram gerados modelos digitais de superfície e ortofotos para cada época através de Fotogrametria SfM utilizando o software Agisoft Metashape (<https://www.agisoft.com>).

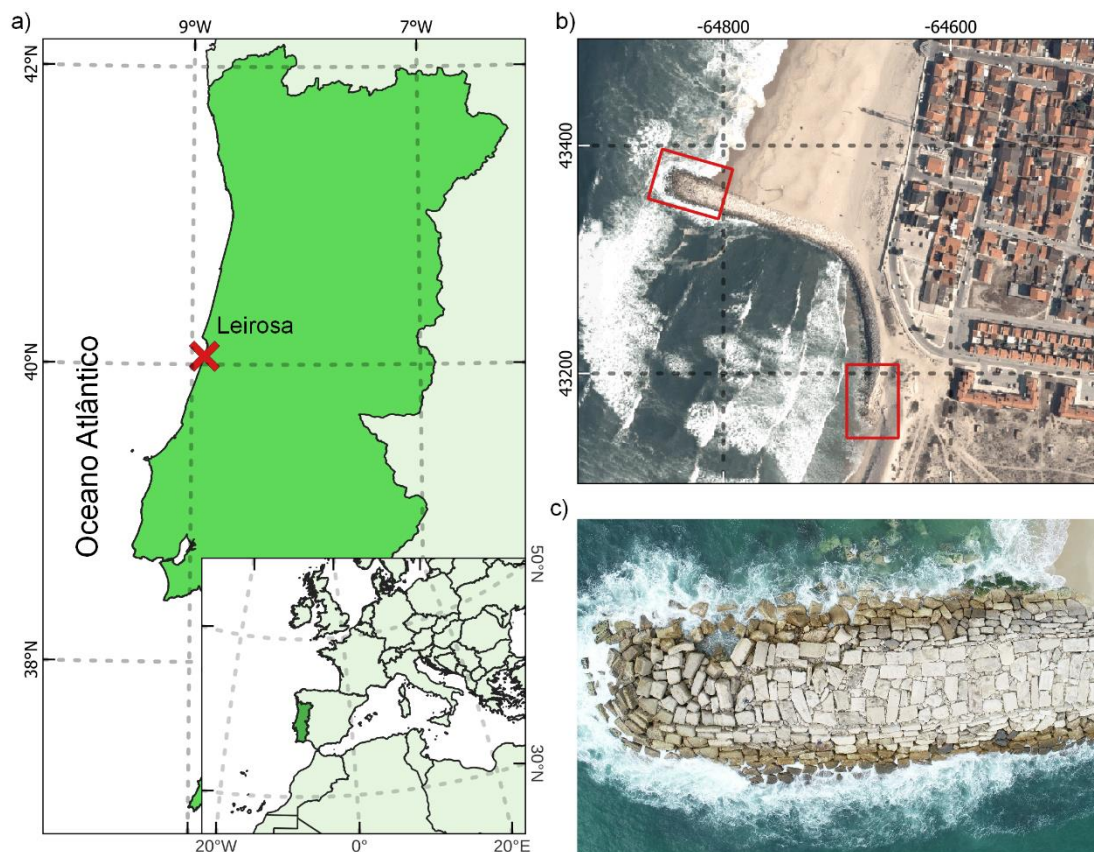


Figura 1. Área de estudo. a) Localização da área de estudo em Portugal. b) Ortofotomapa da Direção Geral do Território de 2018 do esporão no sistema de coordenadas local. As caixas vermelhas representam as cabeças. c) Imagem da cabeça oeste do esporão obtida pelo drone.

Para a deteção de dano no manto protetor, foram definidas duas metodologias baseados em MDS e ortofotos. Primeiramente, foi calculada a diferença entre MDS para a deteção de alterações na geometria do manto protetor. De seguida, foram calculadas as áreas de erosão e acreção nas duas cabeças do esporão. Por fim, para a análise entre ortofotos, os centroides dos blocos foram aproximadamente marcados na imagem de satélite e ortofotos do drone. Fazendo uma correspondência visual, foram detetadas movimentações entre blocos. Por fim, calculou-se a percentagem de dano dada pelo número de blocos deslocados pelo número total de blocos

nas duas áreas seleccionadas (Figura 1b).

Resultados

A Figura 2 mostra as diferenças geométricas observadas na geometria do manto protetor do esporão. Apesar de ambas as cabeças apresentarem dano visível, apenas a cabeça oeste apresentou movimentações consideráveis dos blocos. De facto, a erosão registou o triplo da acreção devido aos blocos se moverem para lá dos limites da área (Tabela 1). É importante realçar que na cabeça sul registou-se uma elevada acreção de areia em torno do manto protetor.

Em relação á análise dos ortofotos, foram registadas percentagens de dano entre 45%-60% durante o período de 18-21. Já de 21 a 23 a percentagem de dano foi consideravelmente menor indicando uma estabilização dos blocos deslocados. De realçar que para este período 26% dos blocos não foram possíveis identificar na cabeça sul devido a estarem subterrados com areia.

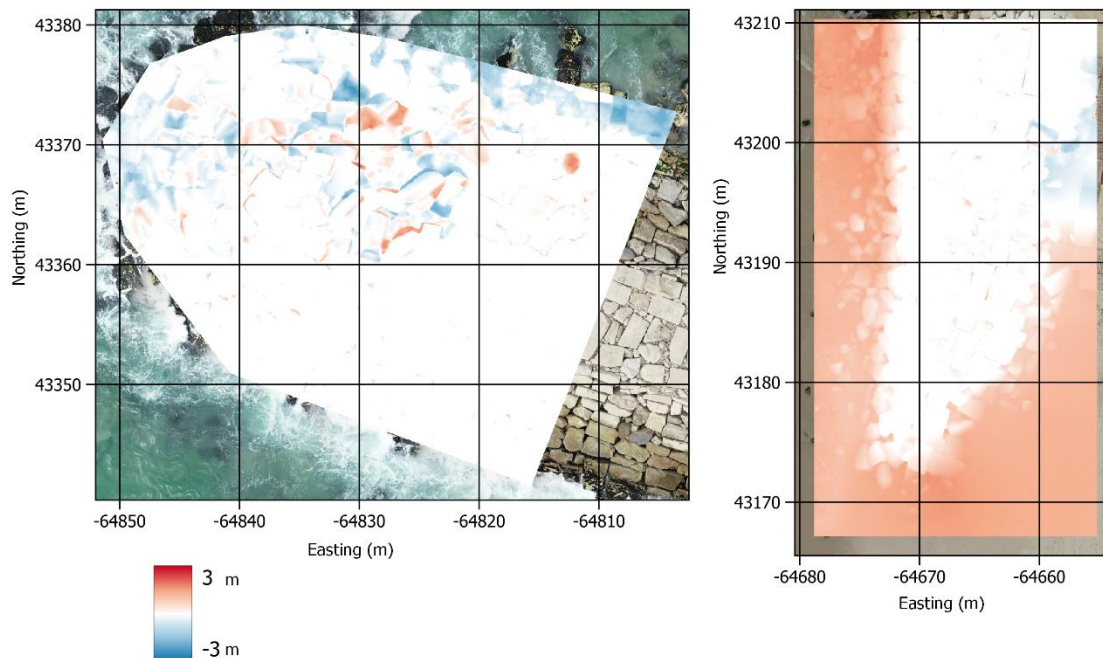


Figura 2. Diferenças entre modelos digitais de superfícies dos voos com drone das campanhas de terreno de 2021 e 2023. Ver Figura 1b para referência às áreas.

Conclusão

Este trabalho mostrou que os produtos geoespaciais gerados a partir de imagens de drone e fotogrametria SfM são úteis no melhoramento da monitorização da geometria do manto protetor. Com a geolocalização dos blocos, permitiu calcular de forma precisa os deslocamentos horizontais e verticais. A cabeça sul do esporão apresentou a maior percentagem de dano no manto protetor.

Trabalhos futuros irão explorar métodos de segmentação de imagem para identificar automaticamente os blocos do manto protetor. Poderão ainda ser incluídas coberturas com drone nas inspeções visuais de modo a complementar o conhecimento geométrico da estrutura.



Tabela 1. Estatísticas calculadas a partir dos produtos geoespaciais do drone para as duas cabeças do esporão da Leirosa.

Período	Área	Erosão (m ³)	Acreção (m ³)	Percentagem de dano (%)	Não identificados (%)
18-21	Cabeça oeste	-	-	45	0
	Cabeça sul	-	-	60	2
21-23	Cabeça oeste	132	47	25	4
	Cabeça sul	20	651	6	26

Referências Bibliográficas

- Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P., 2017. Accuracy of Digital Surface Models and Orthophotos Derived from Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry. *J. Surv. Eng.* 143, 04016025. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000206](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000206)
- Campos, Á., Molina-Sanchez, R., Castillo, C., 2020. Damage in rubble mound breakwaters. Part II: Review of the definition, parameterization, and measurement of damage. *J. Mar. Sci. Eng.* 8. <https://doi.org/10.3390/JMSE8050306>
- CIRIA, CUR, CETMEF, 2007. *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering*, 2 nd. ed. C683, CIRIA, London.
- Gonçalves, D., Gonçalves, G., Pérez-Alvárez, J., Cunha, M.C., Andriolo, U., 2022a. Combining Unmanned Aerial Systems and Structure From Motion Photogrammetry To Reconstruct the Geometry of Groins. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* XLIII-B2-2, 1003-1008. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxiii-b2-2022-1003-2022>
- Gonçalves, Diogo, Gonçalves, G., Pérez-Alvárez, J.A., Andriolo, U., 2022b. On the 3D Reconstruction of Coastal Structures by Unmanned Aerial Systems with Onboard Global Navigation Satellite System and Real-Time Kinematics and Terrestrial Laser Scanning. *Remote Sens.* 14, 1485. <https://doi.org/10.3390/rs14061485>