



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

02 – 03 NOVEMBRO 2023

# Utilização de drones e fotogrametria Structure-from-Motion na identificação das unidades da armadura de estruturas costeira

Diogo GONÇALVES<sup>1,2</sup>, Gil GONÇALVES<sup>1,3</sup>, Juan PÉREZ-ALVÁREZ<sup>4</sup> e Umberto ANDRIOLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, Coimbra

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra

<sup>3</sup> Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, Coimbra

<sup>4</sup> Departamento de Expressão Gráfica, Universidade da Extremadura, Mérida (Espanha)

([diogo.goncalves@mat.uc.pt](mailto:diogo.goncalves@mat.uc.pt); [gil@mat.uc.pt](mailto:gil@mat.uc.pt); [japerez@unex.es](mailto:japerez@unex.es); [uandriolo@mat.uc.pt](mailto:uandriolo@mat.uc.pt))



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS

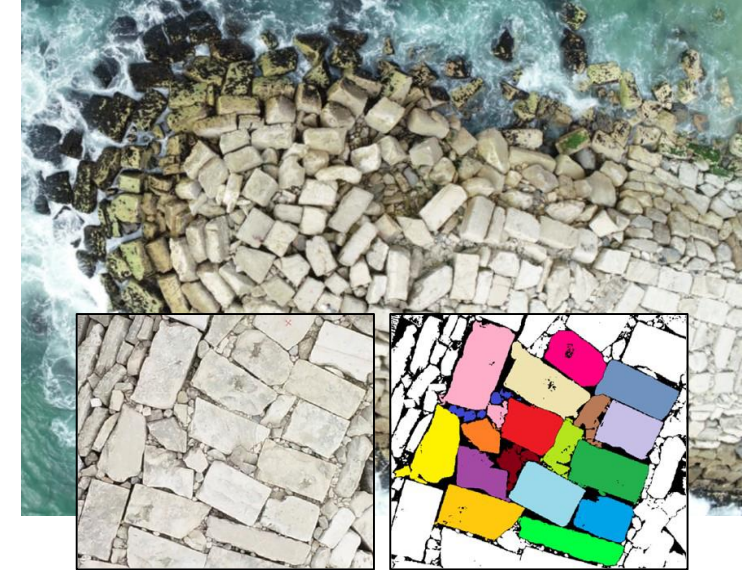
# Motivação

- Os **esporões** são estruturas “pesadas” geralmente construídas perpendiculares à costa que **protegem** as comunidades e ecossistemas costeiros da erosão e ação das ondas.
- As **inspeções visuais** são o método tradicional de monitorização mais utilizado.



# Motivação

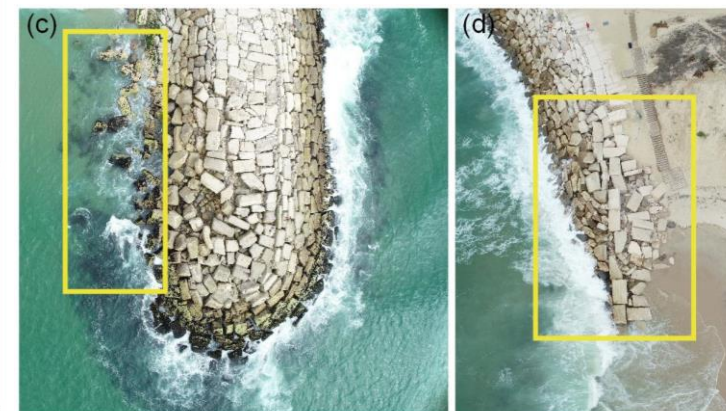
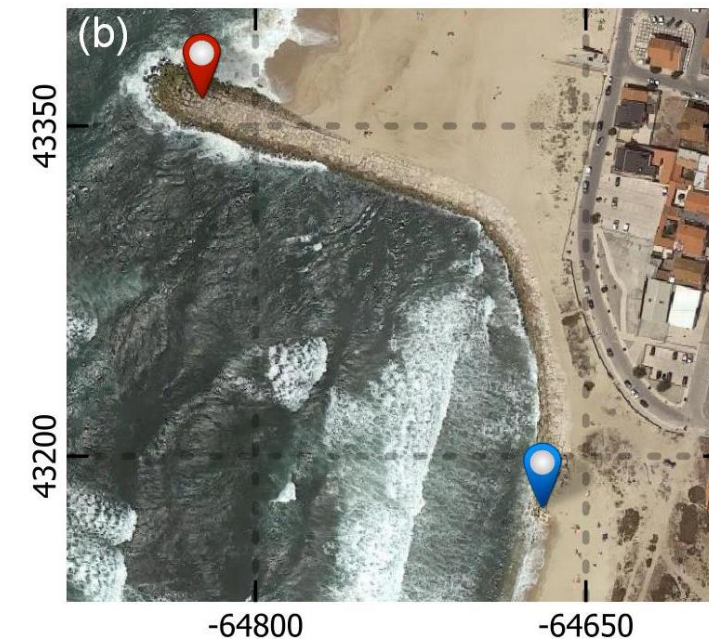
- Os drones podem recolher imagens de forma autónoma e com alta resolução, que são processadas através Fotogrametria Structure from Motion (SfM) que resultam em, entre outros, **nuvens de pontos 3D**, **modelos digitais de superfície (MDS)** e **ortofotos**.
- **Objetivo:**
  - Analisar a exatidão 3D das nuvens de pontos geradas a partir de imagens de drone.
  - Detetar as unidades da armadura de estruturas costeiras através de métodos de inteligência artificial baseados em objetos.





# Área de estudo

- Praia da Leirosa  
(40°03'N -8°53'O)
- Ano construção: 1978
- Setor perpendicular:  
200 m
- Setor paralelo: 150 m
- Enrocamento com  
blocos de 15 toneladas

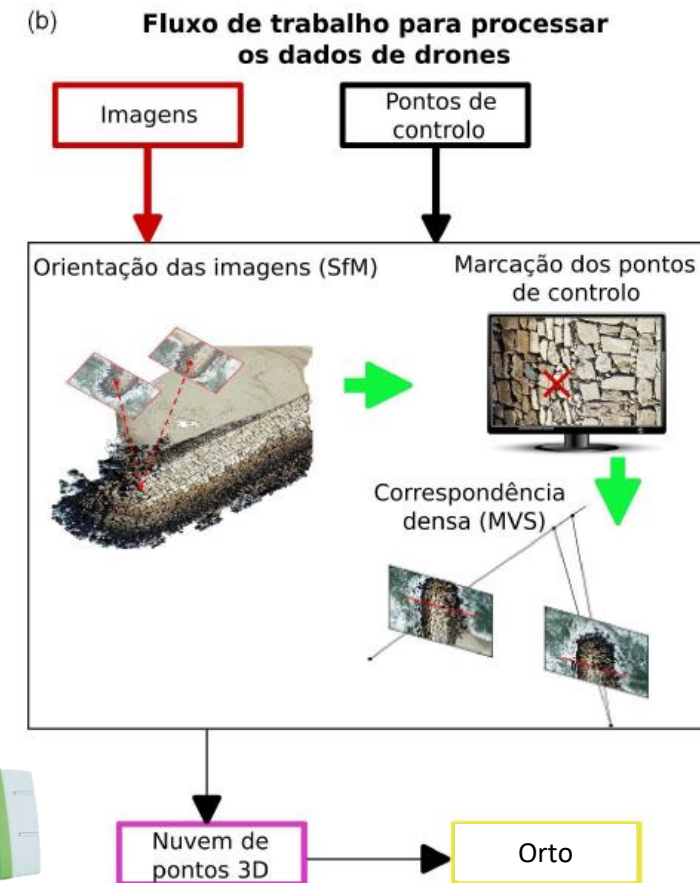
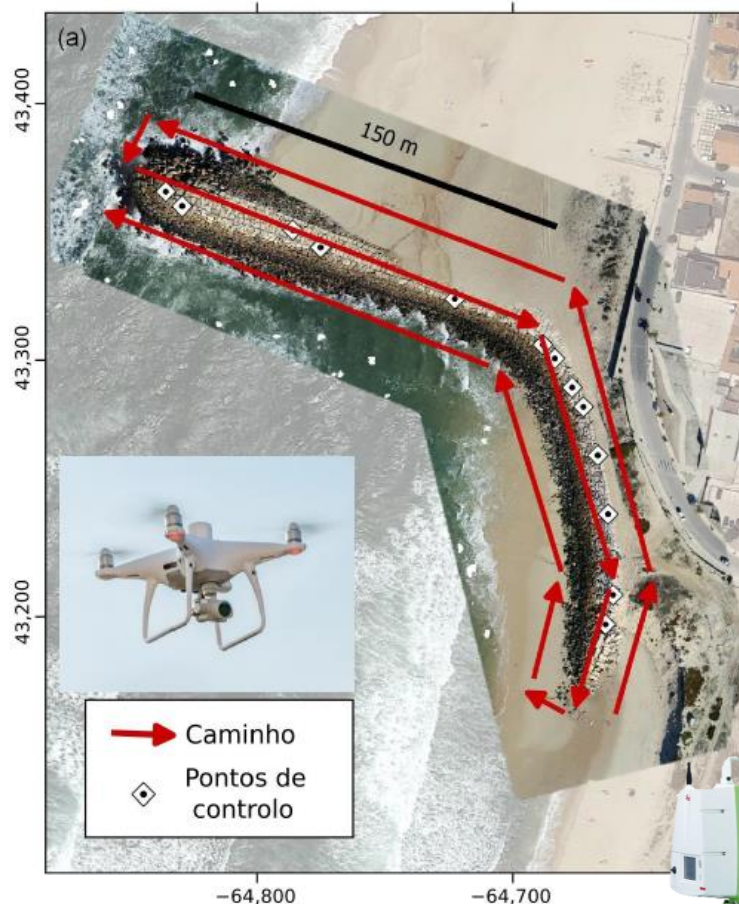


# Trabalho de campo e processamento dos dados

- Novembro de 2021

## Trabalho de campo:

- 1 hora
- 12 pontos de controlo
- 103 imagens a 50 m de altura
- Sobreposição frontal e lateral de 80%



Adaptado de Gonçalves et al., (2022)





# Deteção dos blocos

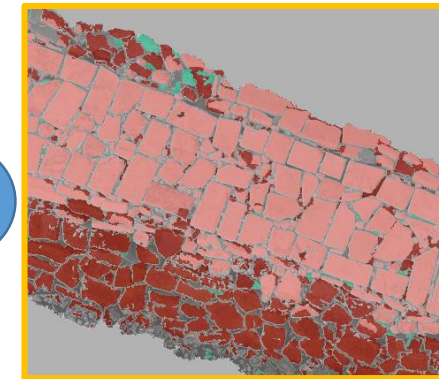


1 Identificação manual dos blocos

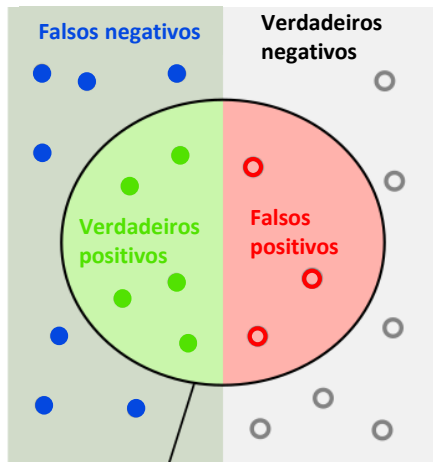
Análise de imagens baseada em objetos:

- Operador de Canny
- Segmentação Multi-resolução
- Classificador Random Forest

2



Classes:  
Blocos secos  
Blocos molhados  
Sombra  
Algas



3 Análise do classificador:

- Recall
- Precision
- F-score

VP: < 30 cm  
FN: sem correspondência  
FP: ≥ 30 cm



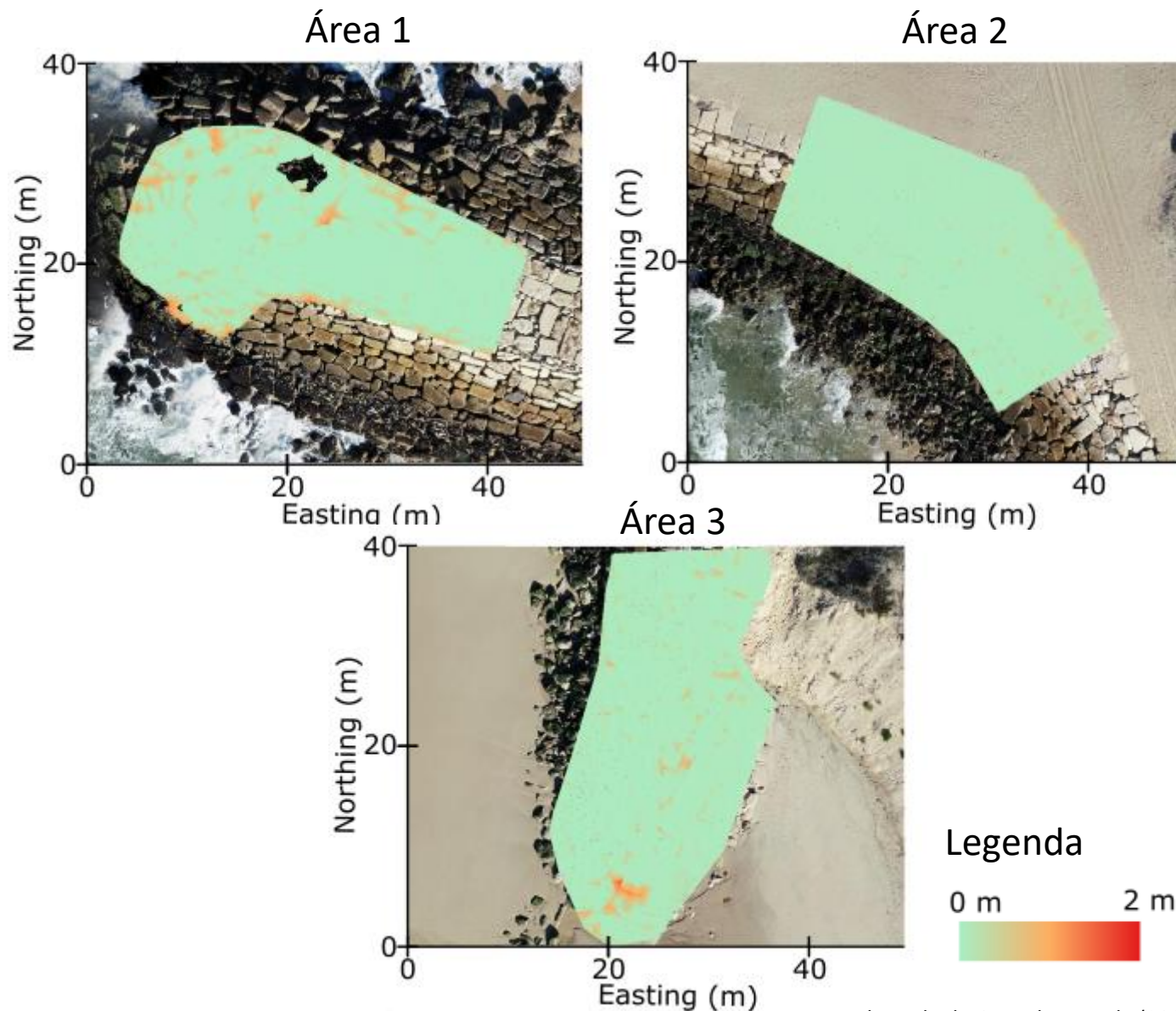
# Resultados

## Erro de georreferenciação

- Drone: 3.2 cm
- Laser: 1.5 cm

## Exatidão do drone

- Área 1 – 7.0 cm
- Área 2 – 7.2 cm
- Área 3 – 8.1 cm



Adaptado de Gonçalves et al., (2022)



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODÉSIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA





# Resultados

## Recall

- Cabeça oeste: 68%
- Cabeça sul: 52%

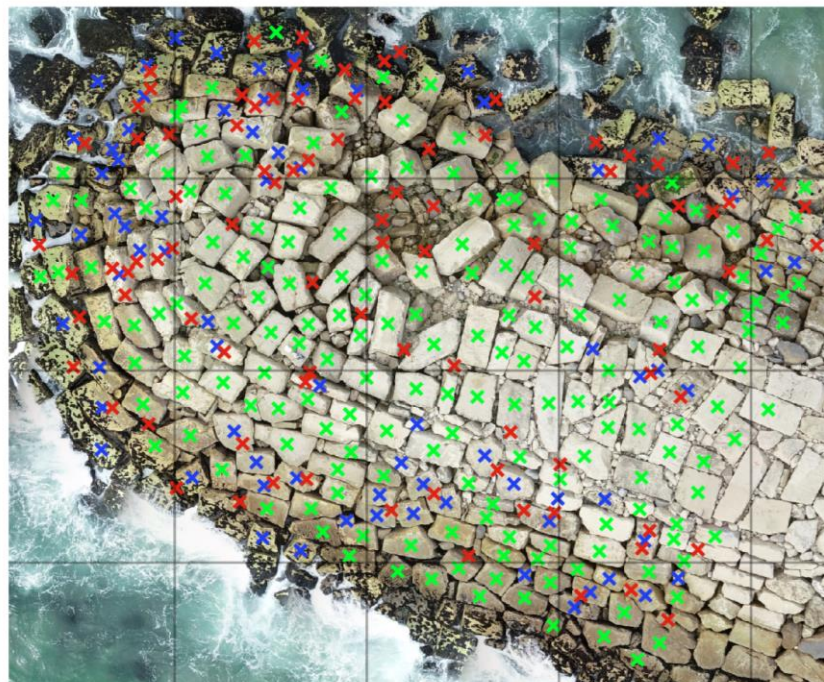
## Precision

- Cabeça oeste: 63%
- Cabeça sul: 67%

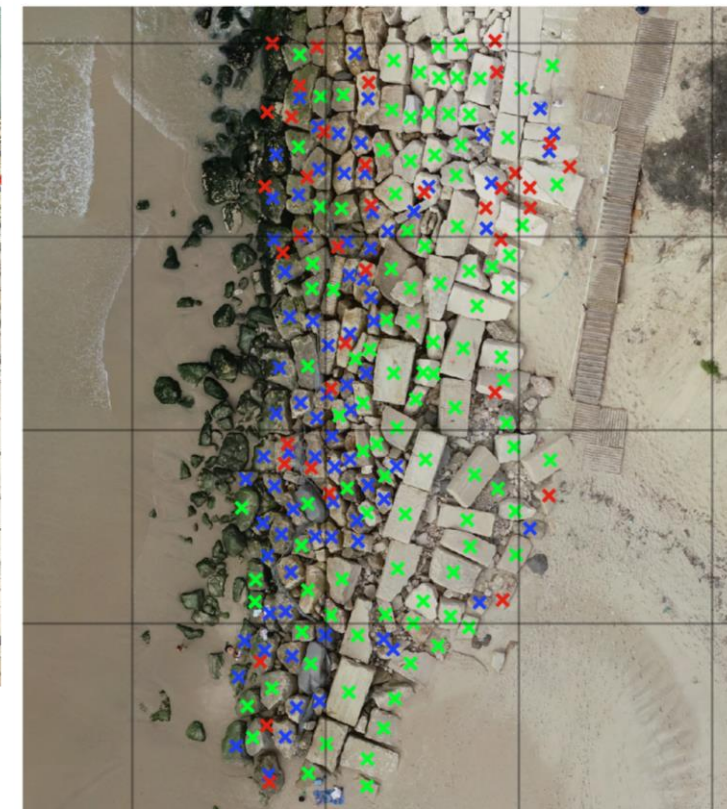
## F-score

- Cabeça oeste: 66%
- Cabeça sul: 59%

Cabeça oeste



Cabeça sul



10 m

10 m

### Legenda

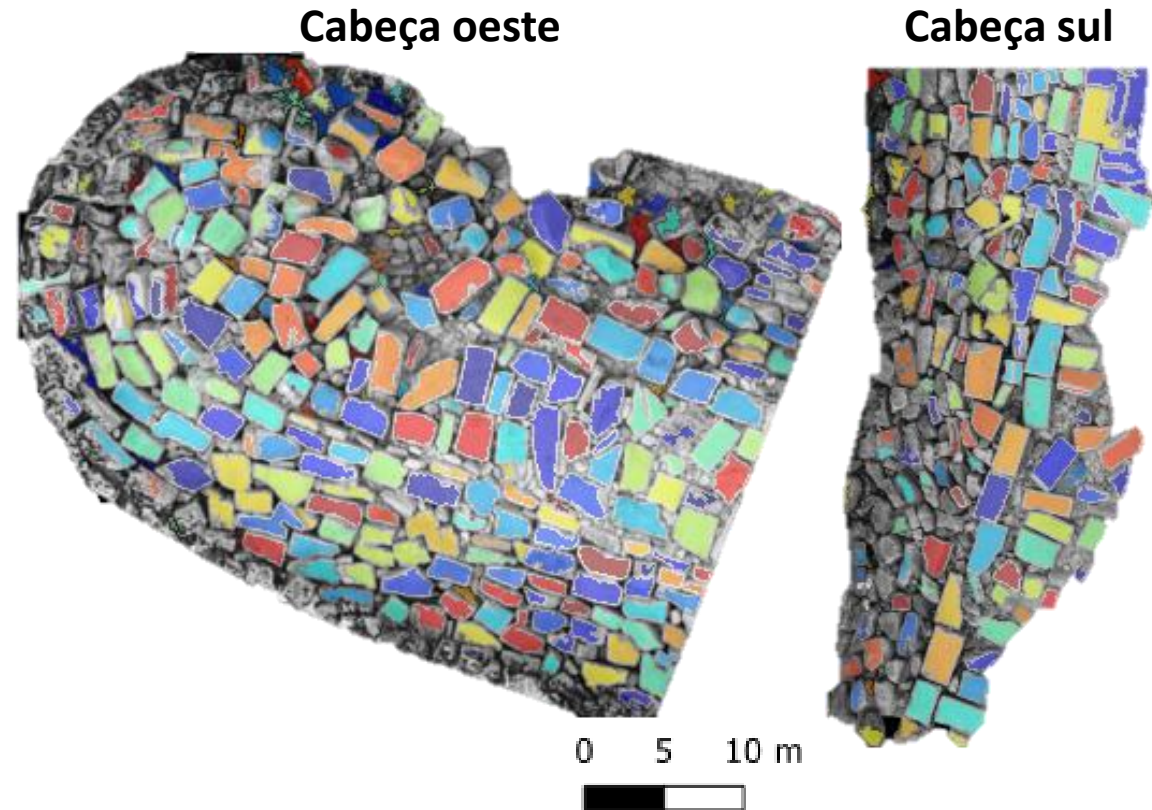
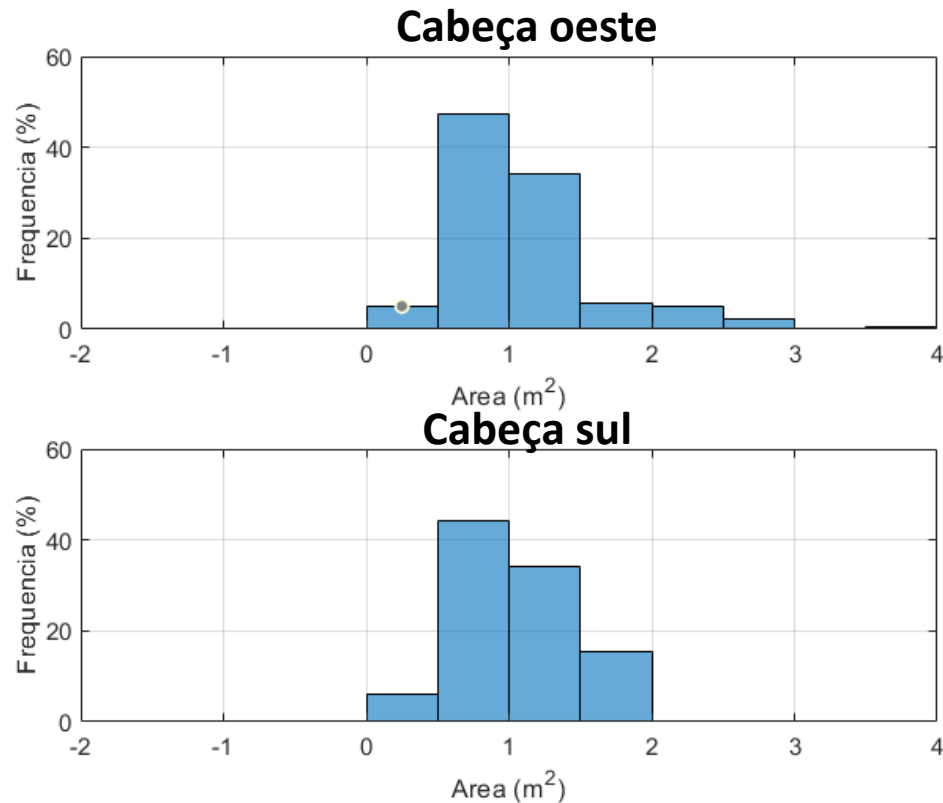
- ✕ Verdadeiros positivos
- ✕ Falsos negativos
- ✕ Falsos positivos





# Resultados

- Análise das áreas resultantes da identificação manual dos blocos e o método semi-automático



# Conclusões

- Os resultados obtidos mostram que os levantamentos de estruturas costeiras com drones têm uma exatidão adequada à tarefa de inspeção.
- Esta técnica de deteção remota pode ser utilizada como uma tecnologia de observação e quantificação rápida do dano em estruturas costeiras, colmatando as limitações dos métodos de inspeção tradicionais.

## Agradecimentos:



CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E ENSINO SUPERIOR



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA  
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA





# Tópicos de investigação em curso



Teoria de grafos



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA





X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

02 – 03 NOVEMBRO 2023

# Obrigado! Questões?

Diogo GONÇALVES ([diogo.goncalves@mat.uc.pt](mailto:diogo.goncalves@mat.uc.pt))



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS