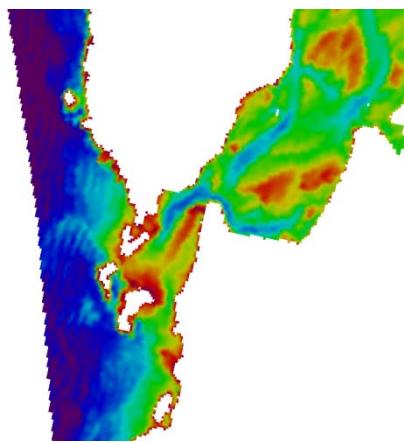
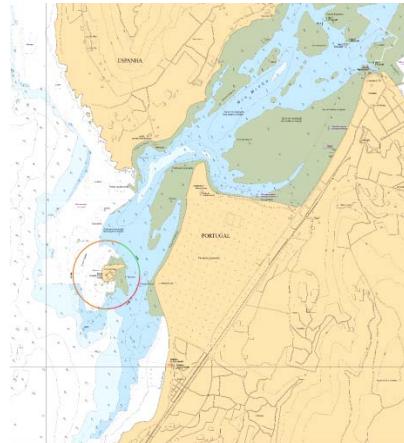




As potencialidades da derivação de batimetria a partir de imagens de satélite multiespetrais na Produção de Cartografia Náutica

A. Moura, R. Guerreiro, C. Monteiro

ana.moura@hidrografico.pt



AGENDA

1. Introdução
2. Imagens de Satélite e *Software* utilizados
3. Metodologia
4. Casos de estudo
 - Barra de Caminha
 - Porto Grande, Ilha São Vicente - Cabo Verde
5. Potencialidades
6. Conclusões e Considerações Finais

Potencialidades SDB na Produção de Cartografia Náutica



*Satellite Derived
Bathymetry
(SDB)*

- Águas pouco profundas
- Algoritmos, software e imagens



OHI
**5^a Conferência
Extraordinária 2014**

- Aplicabilidade SDB em áreas remotas



IH
**Produção de Cartografia
Hidrográfica Oficial**

- Efetua regularmente LH
- Dados *in situ*
- Calibrar modelos e validar resultados

Primeiros testes SDB no IH - 2015



Sentinel-2A Level 1C



Copernicus Programme



| Satélite (sensor) | Bandas | Resolução Espetral (nm) | Resolução Espacial (m) | Resolução Radiométrica |
|----------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| LS8 (OLI) | 2 - Blue | 450 - 510 | 30 | 16 bits |
| | 3 - Green | 530 - 590 | | |
| | 4 - Red | 640 - 670 | | |
| | 5 - NIR | 850 - 880 | | |
| | 6 - SWIR1 | 1570 - 1650 | | |
| S2A (MSI) | 2 - Blue | 490 (65) | 10 | 12 bits |
| | 3 - Green | 560 (35) | | |
| | 4 - Red | 665 (30) | | |
| | 8 - NIR | 842 (115) | | |

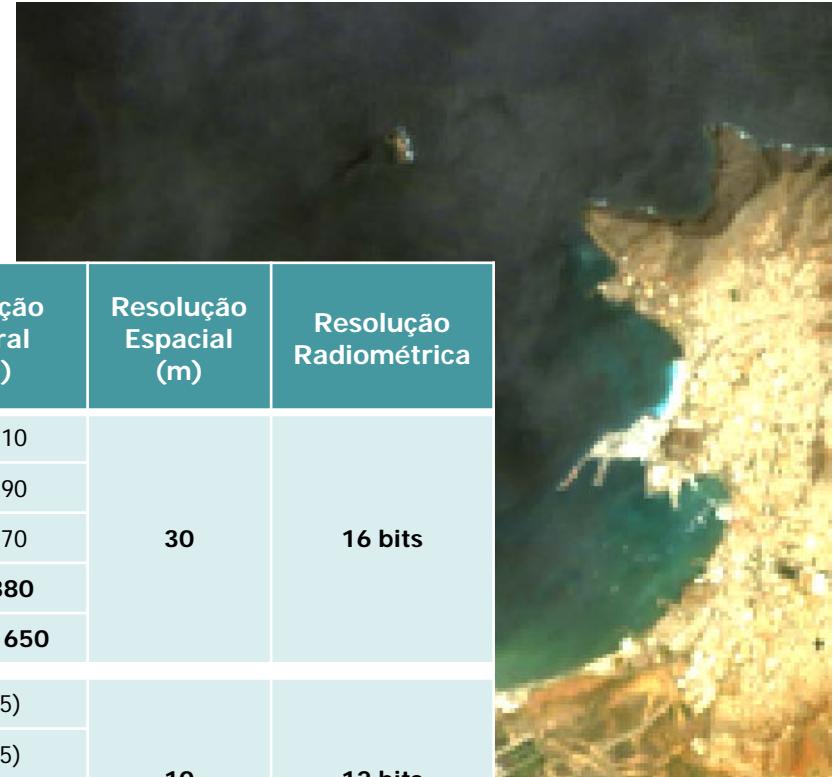
NIR – Near Infrared

SWIR – Short-wave Infrared

Landsat 8 Level 1T



United States Geological Survey

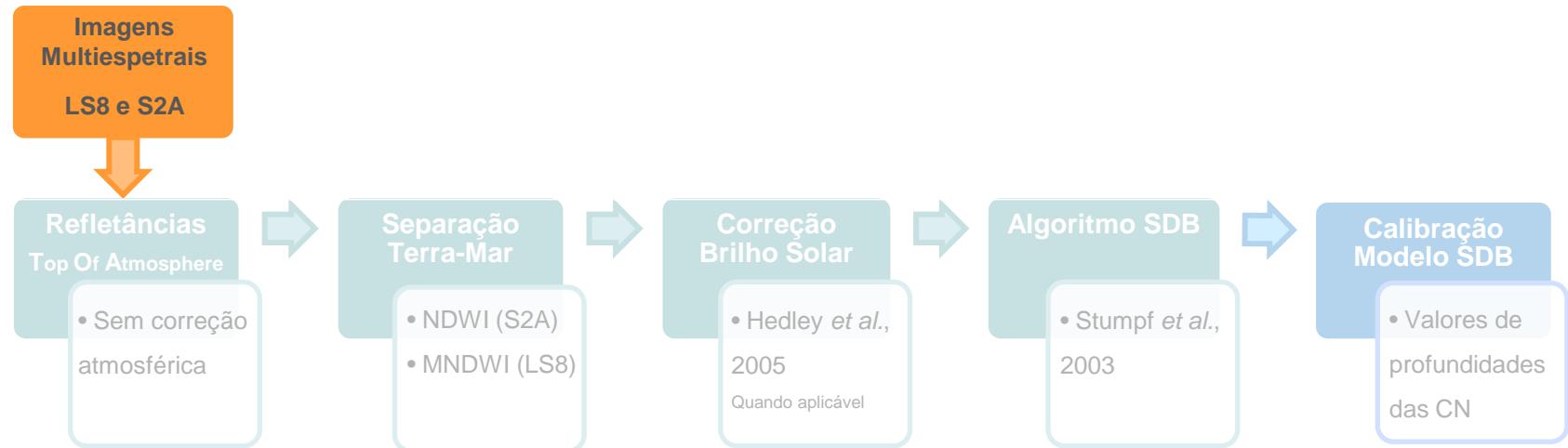




→ SNAP | Sentinels Application Platform 2

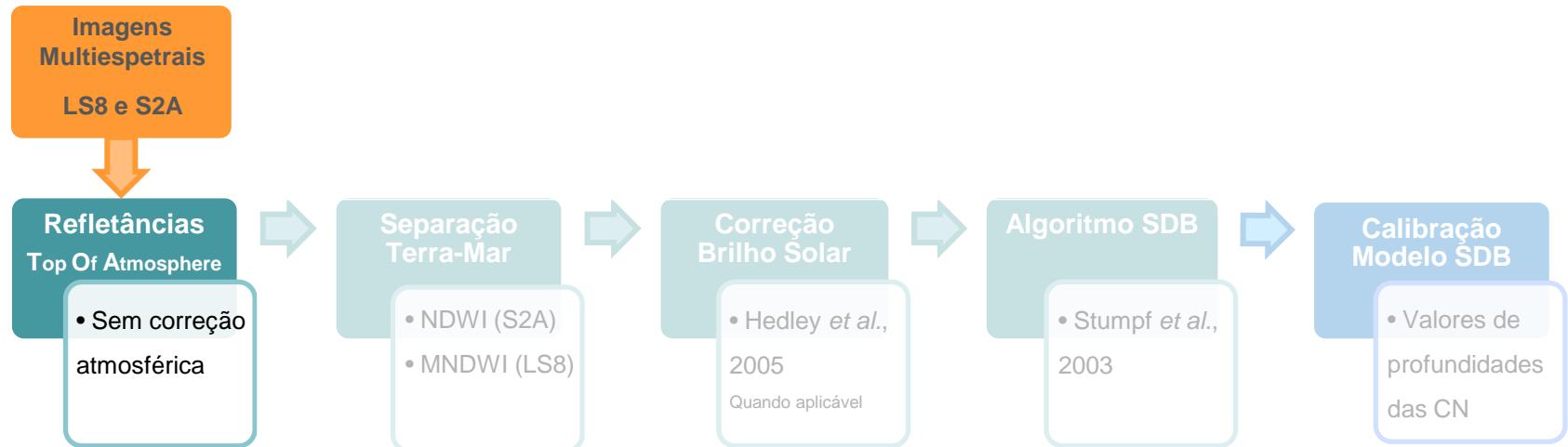
Done loading modules

eesa
seom
scientific exploitation
of operational missions



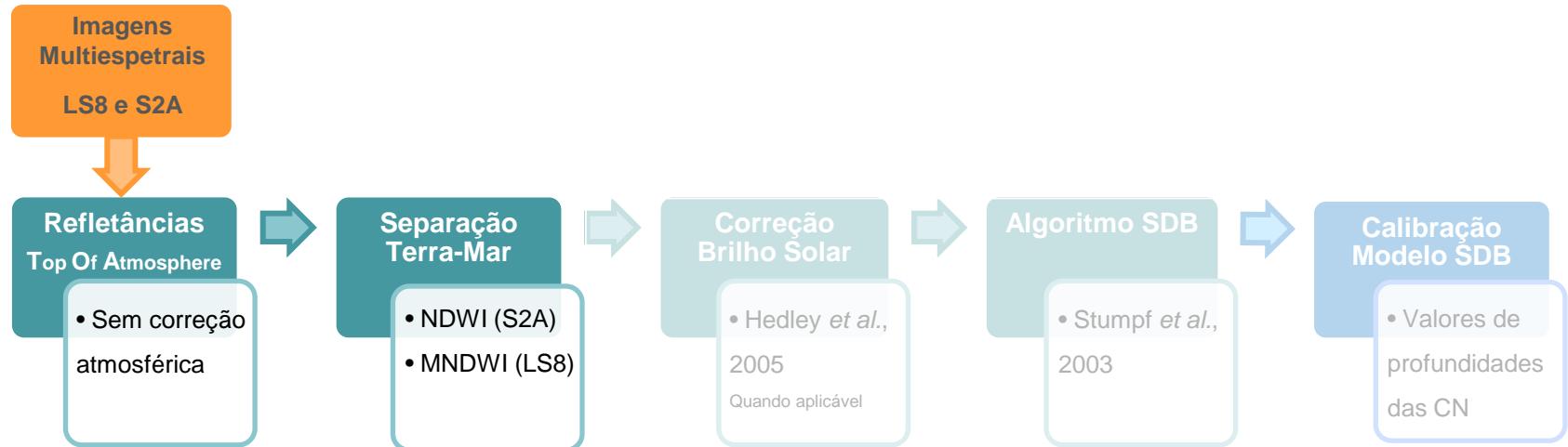
Capacidade da luz emitida pelo sol atravessar a atmosfera, penetrar na coluna de água e ser refletida pelo fundo em águas pouco profundas:

- Comprimento de onda [entre os 350 nm - ultravioleta-azul e os 700 nm - vermelho]
- Profundidade e turbidez



➤ Refletâncias *Top Of Atmosphere* (TOA)

- Sem correção atmosférica
- Algoritmo utilizado reduz erros associados a variações de *albedo* na atmosfera
 - ❖ *Rácia de logaritmos*
 - ❖ *Bandas azul e verde são afetadas de forma similar na atmosfera*



Normalized Difference Water Index (NDWI)

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Imagens S2A

Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

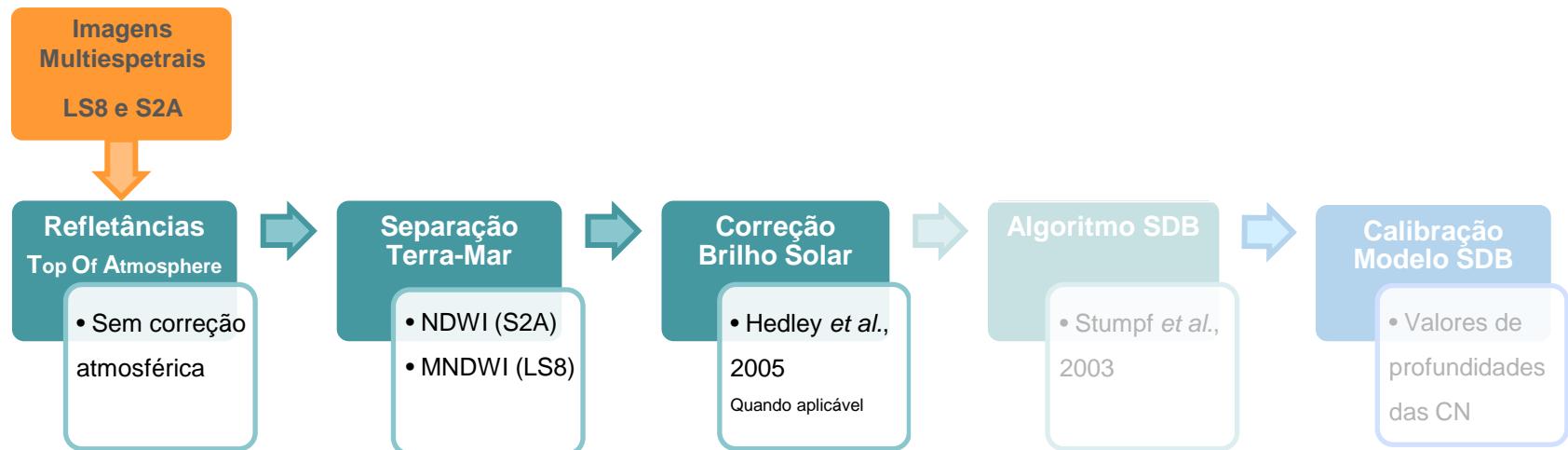
$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$$

Imagens LS8



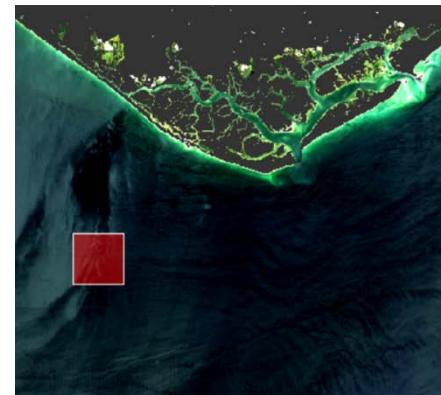
NIR – Near Infrared

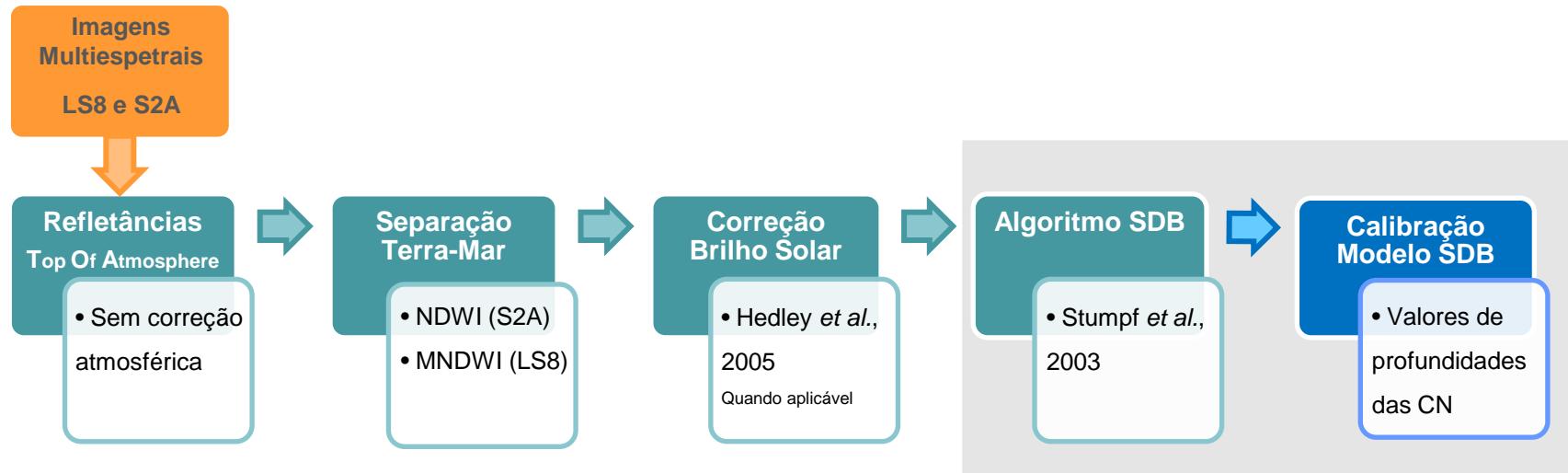
SWIR – Short-wave Infrared



Algoritmo de Hedley et al., 2005

$$R'_i = R_i - b_i(R_{NIR} - \text{Min}_{NIR})$$





Algoritmo de Stumpf et al., 2003

$$Z = m_1 \frac{\ln(nR_w(\lambda_i))}{\ln(nR_w(\lambda_j))} - m_0$$

Z - Profundidade

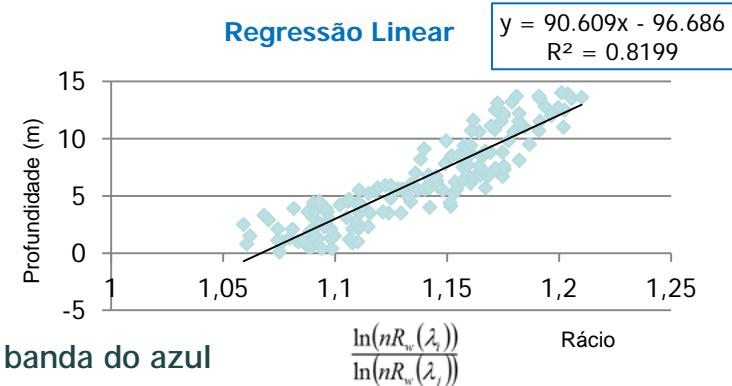
m_1 - Fator de ganho

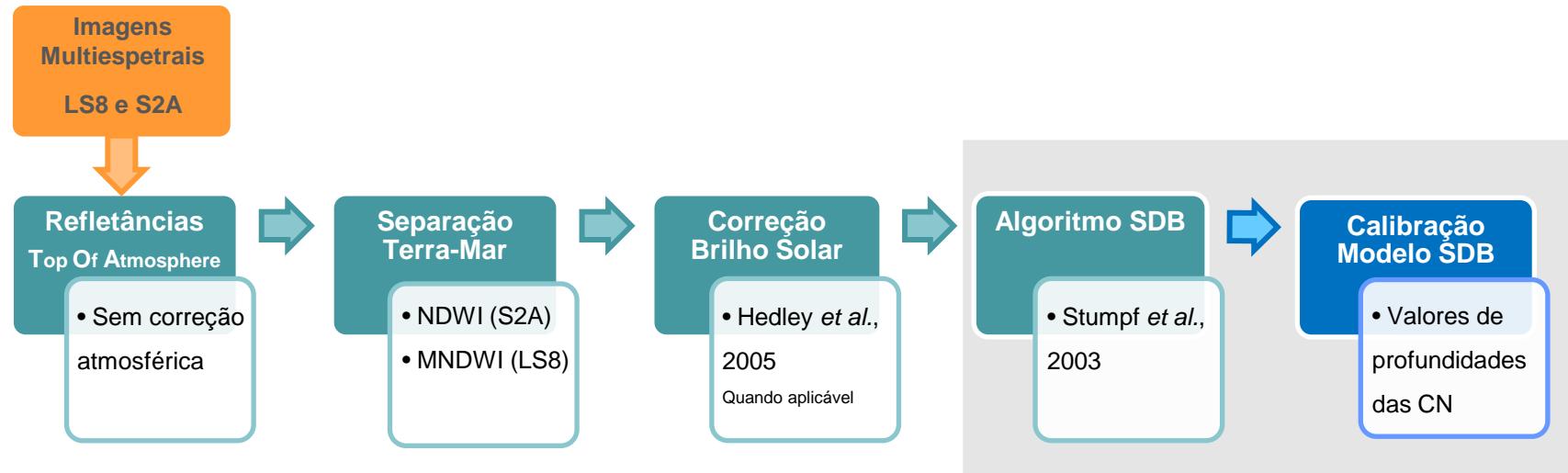
m_0 - Offset

$Rw(\lambda_i)$ - Refletância na banda do azul

$Rw(\lambda_j)$ - Refletância na banda do verde

n - constante aplicada para que os logaritmos naturais sejam sempre positivos e o seu rácio devolva uma resposta linear com a profundidade.





Calibração do modelo SDB

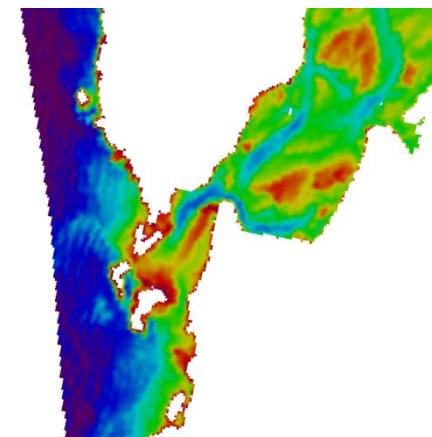
❖ Valores de profundidades das CN

Independentemente da idade do LH *versus* data de aquisição da imagem

❖ Alterações relativamente ao último LH - “situação real”

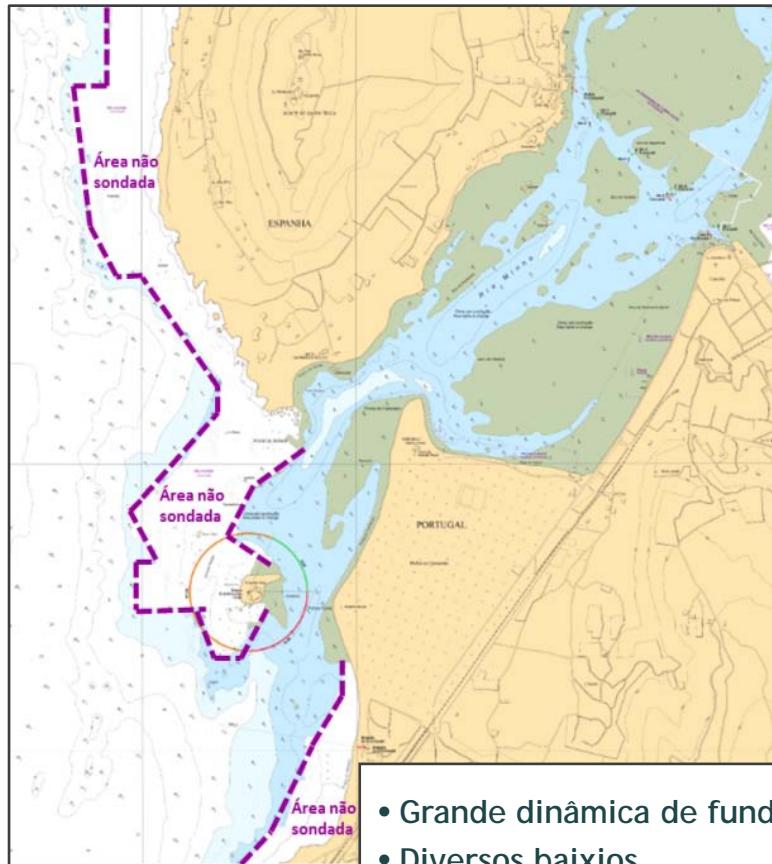
❖ Profundidades das CN referidas ao ZH

❖ Modelo final calibrado, referido ao ZH, sem efeito da maré



Barra de Caminha

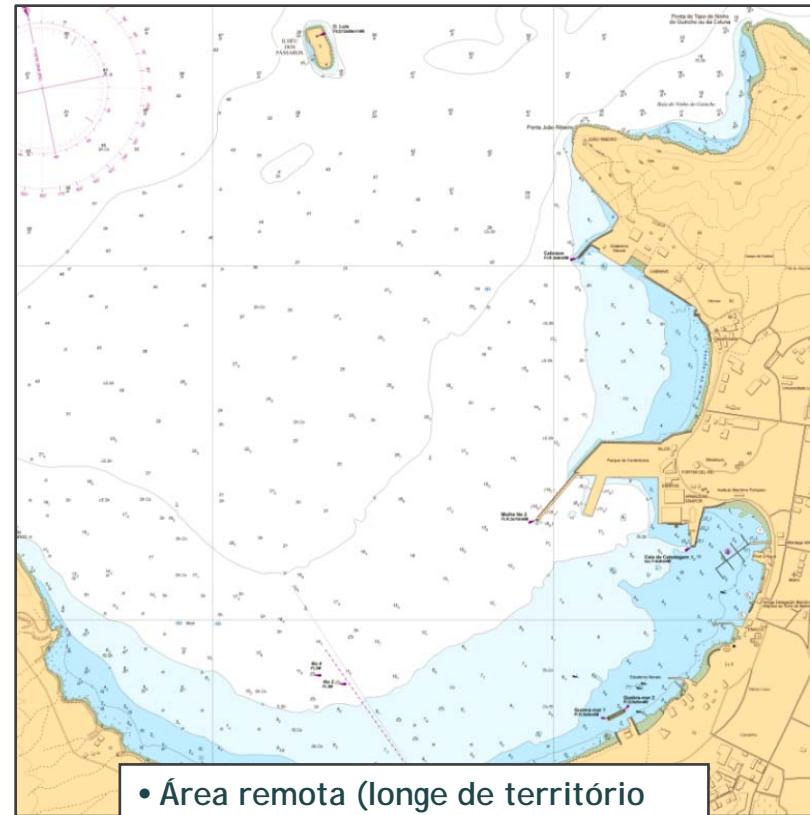
CN26409 - 1ED



- Grande dinâmica de fundo
- Diversos baixios
- Áreas não sondadas recentemente com sondadores acústicos por questões de segurança

Porto Grande, Ilha de S. Vicente - Cabo Verde

CN66302 - 1ED

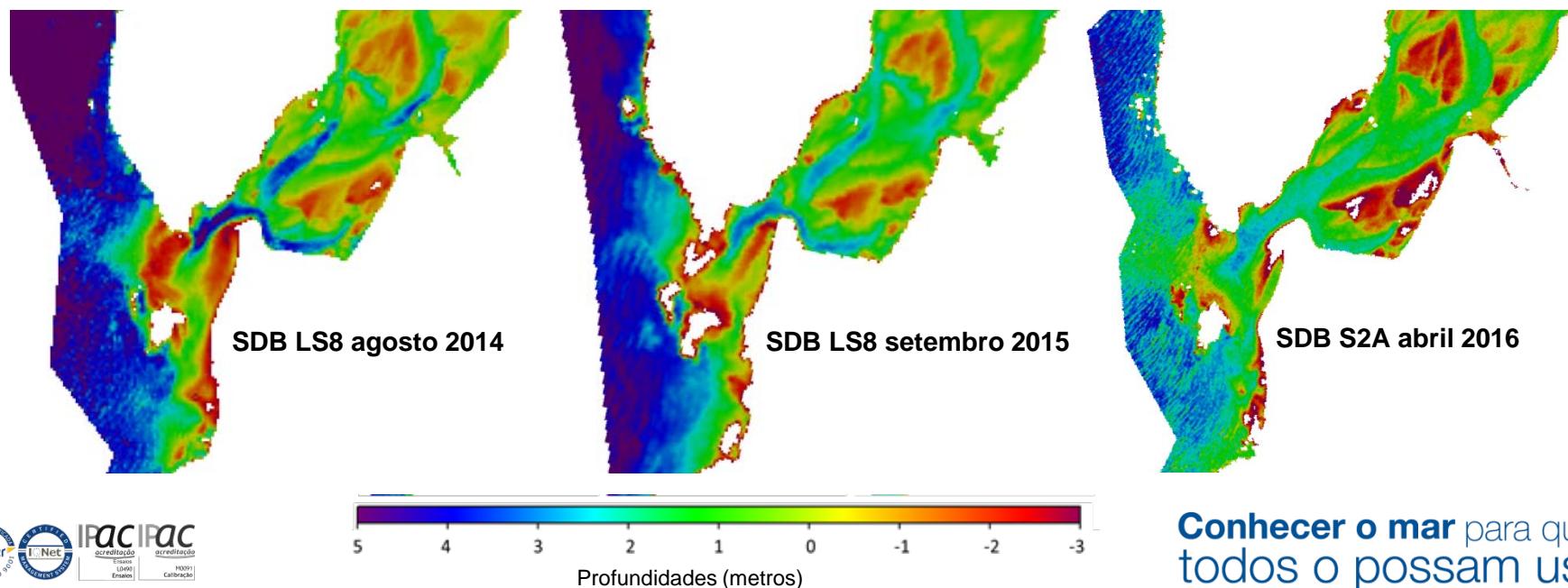


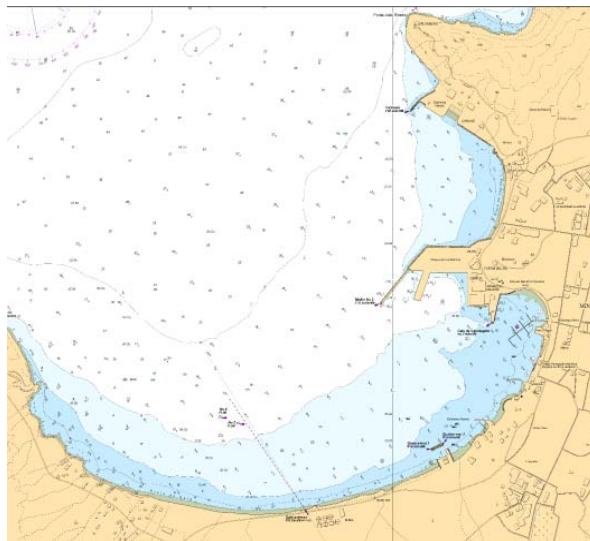
- Área remota (longe de território nacional)



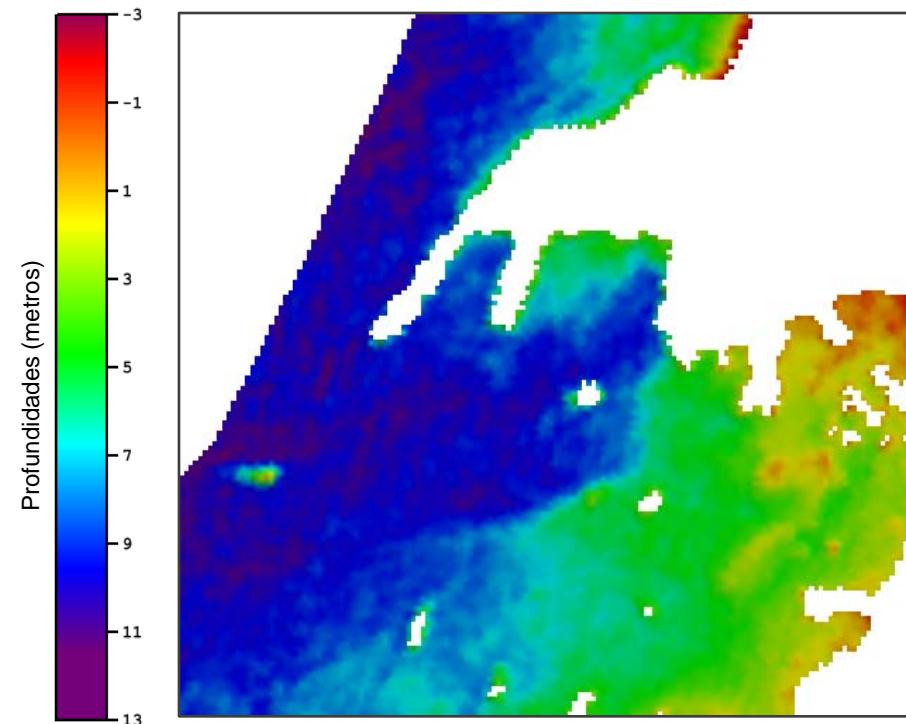
- CN26409 - 1ED
- Imagens: LS8 2014, LS8 2015 e S2A 2016
- Calibração: CN26409 - LH SFS 2011
- Deteção até aos 5 m

Série temporal - Evolução batimétrica da Barra de Caminha

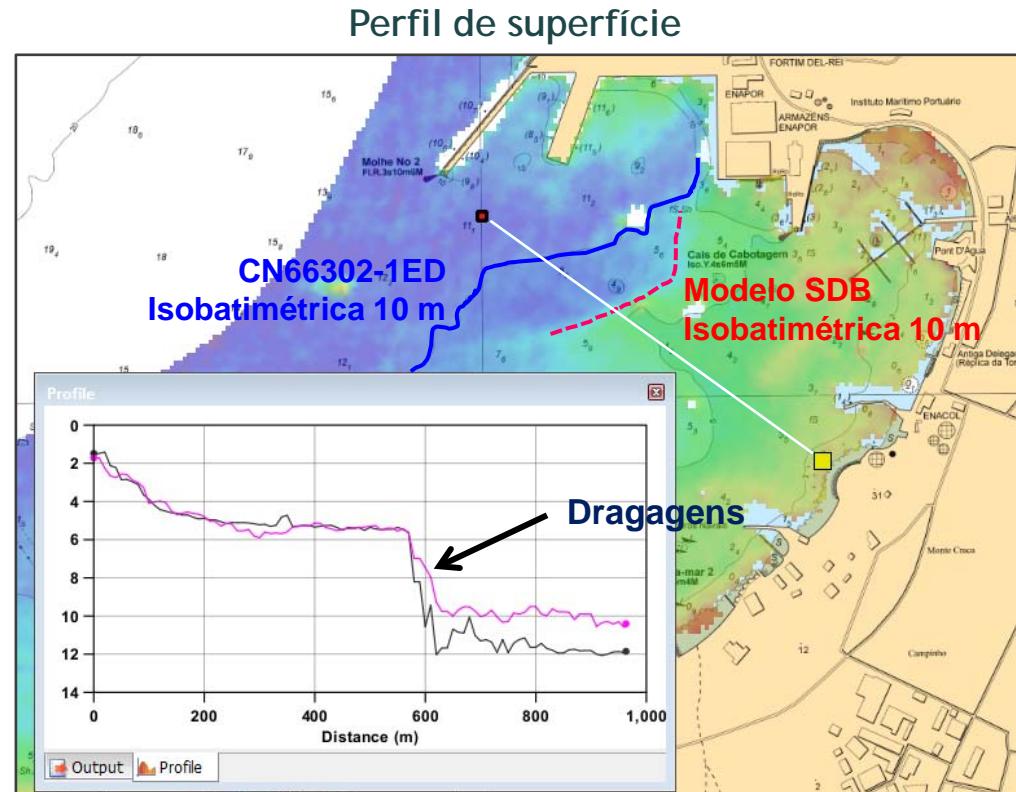
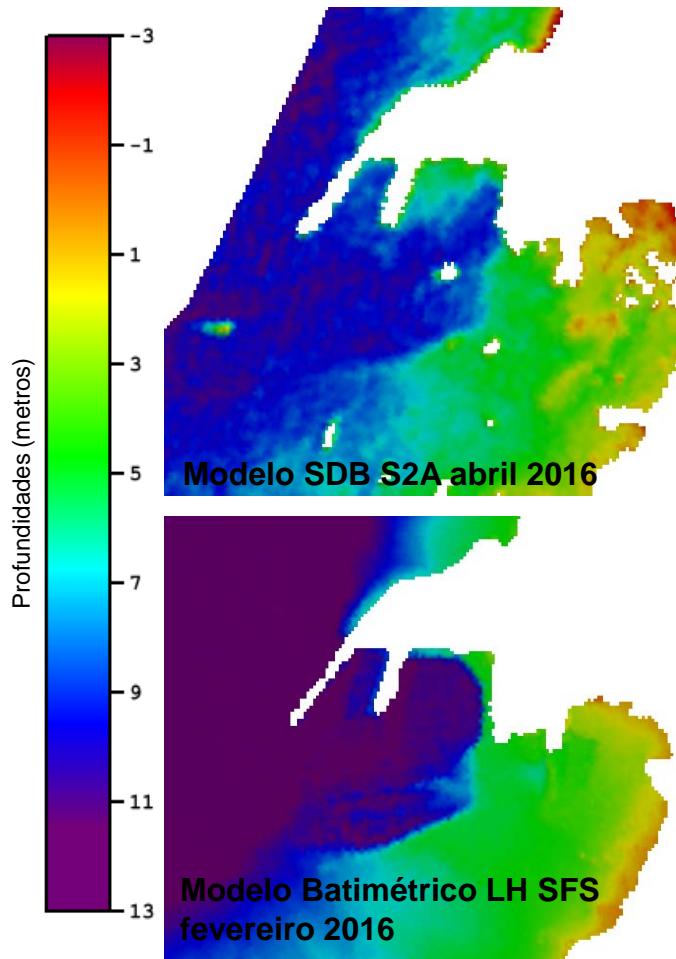




- CN66302 - 1ED
- Imagem: S2A abril 2016
- Calibração: CN66302- LH SFS 2006 e 2010
- Deteção até aos 10 m



Conhecer o mar para que
todos o possam usar

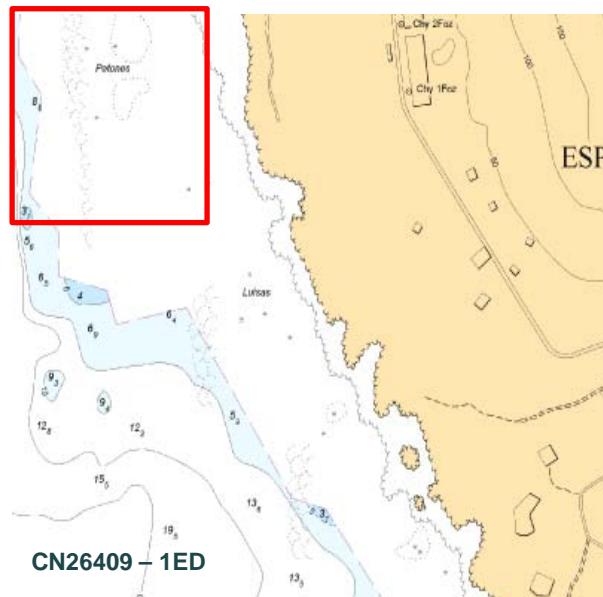


Modelo SDB S2A abril 2016

Modelo Batimétrico LH SFS fevereiro 2016

Identificação de perigos para a navegação e de alterações nas estruturas portuárias e linha de costa

Identificação de perigos - segurança da navegação

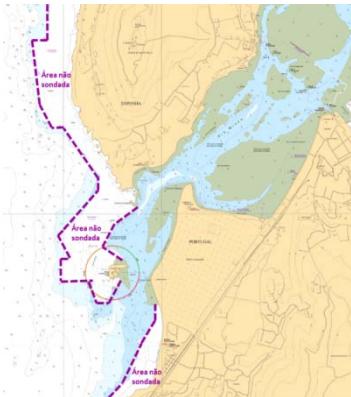


Identificação de perigos para a navegação e de alterações nas estruturas portuárias e linha de costa

Alterações nas Estruturas Portuárias e Linha de Costa

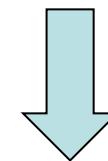


Conhecer o mar para que todos o possam usar



Metodologias SDB - óptico

- ❖ “Conhecer” o fundo marinho sem estar em contacto direto com o meio (necessita de algumas observações *in situ*)
- ❖ Capacidade de monitorizar remotamente alterações de fundo significativas
- ❖ Identificação de perigos para a navegação e de alterações nas estruturas portuárias e linha de costa
- ❖ Repositório temporal → Histórico da evolução de fundo e sua tendência

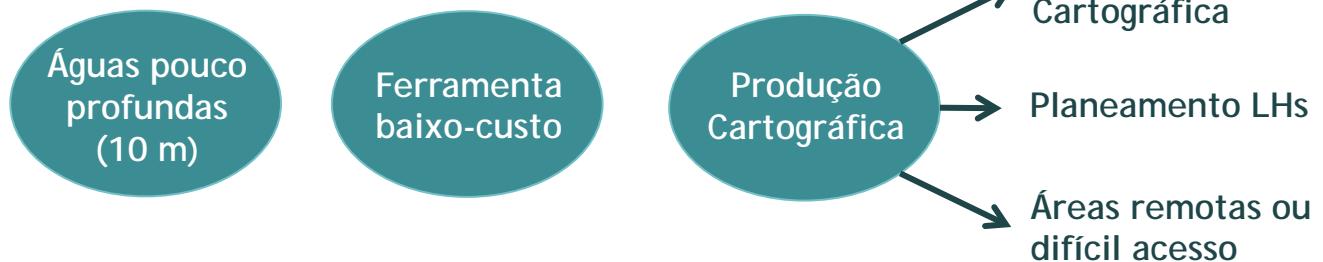


Produção Cartográfica

1. Avaliar a adequabilidade da informação batimétrica da CN
2. Priorizar LHS com vista a Atualização Cartográfica
3. Relevante em zonas de interesse cartográfico de difícil acesso

Conclusões e Considerações Finais

A metodologia SDB apresentada



A informação batimétrica adquirida por metodologia SDB



No futuro...

Conhecer o mar para que todos o possam usar

Os autores agradecem

- National Aeronautics and Space Administration (NASA) e United States Geological Survey (USGS) - [Imagens Landsat 8](#)
- European Spacial Agency (ESA) e União Europeia (EU)- [Imagens Sentinel 2A no âmbito do programa Copernicus](#)
- European Spacial Agency (ESA) - [Software SNAP](#)

Sem estas imagens e *software*, este estudo não teria sido possível...