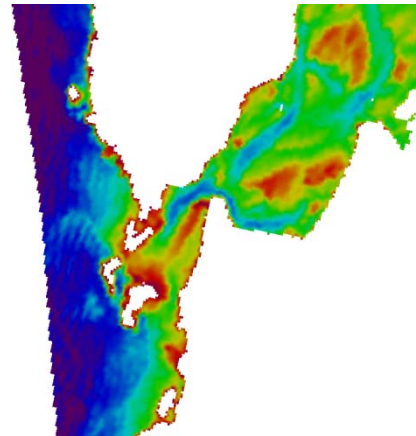
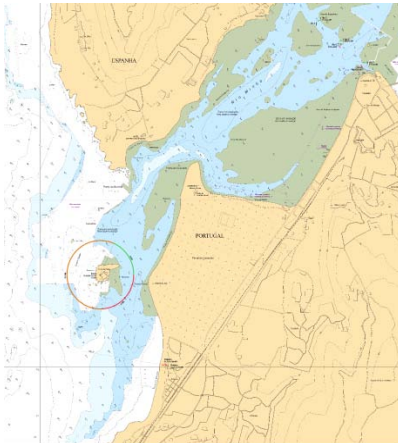




As potencialidades da derivação de batimetria a partir de imagens de satélite multiespetrais na Produção de Cartografia Náutica

A. Moura, R. Guerreiro, C. Monteiro

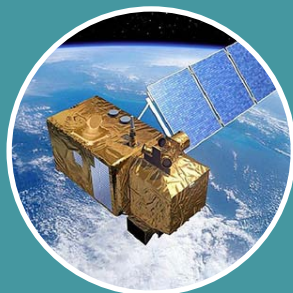
ana.moura@hidrografico.pt



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

5ª 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*

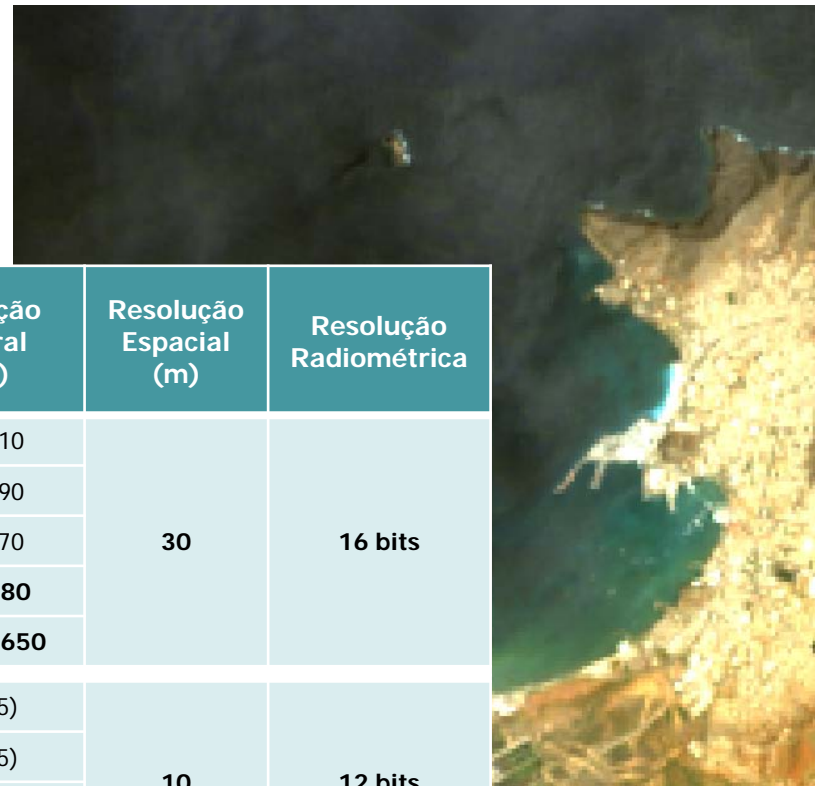
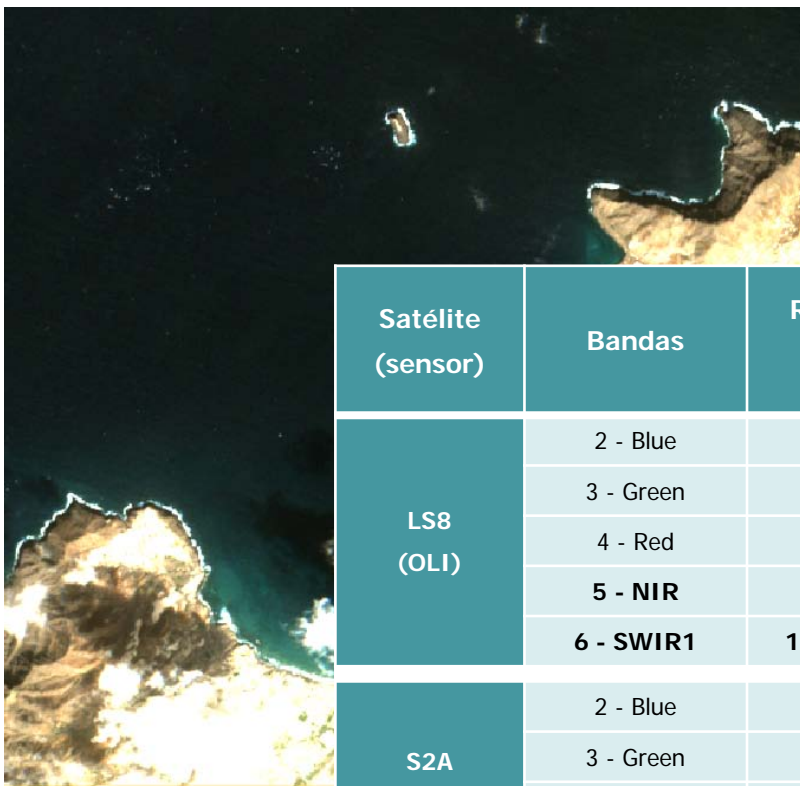


Copernicus Programme

Landsat 8 *Level 1T*



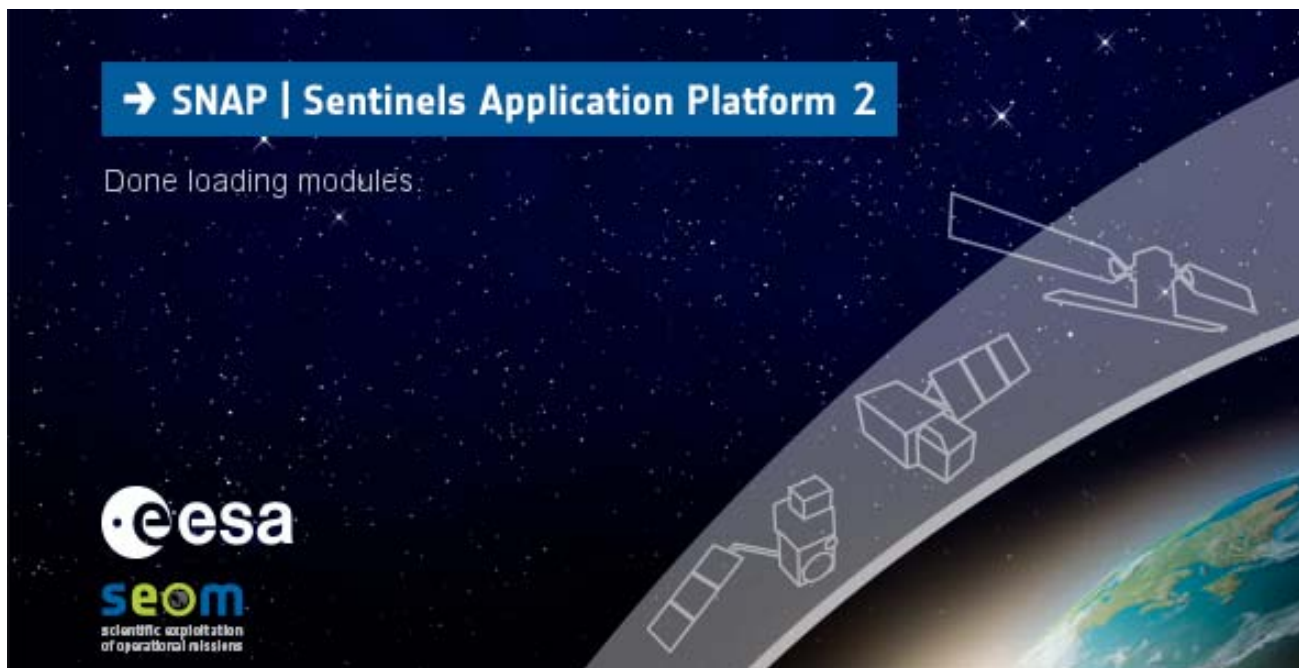
United States Geological Survey

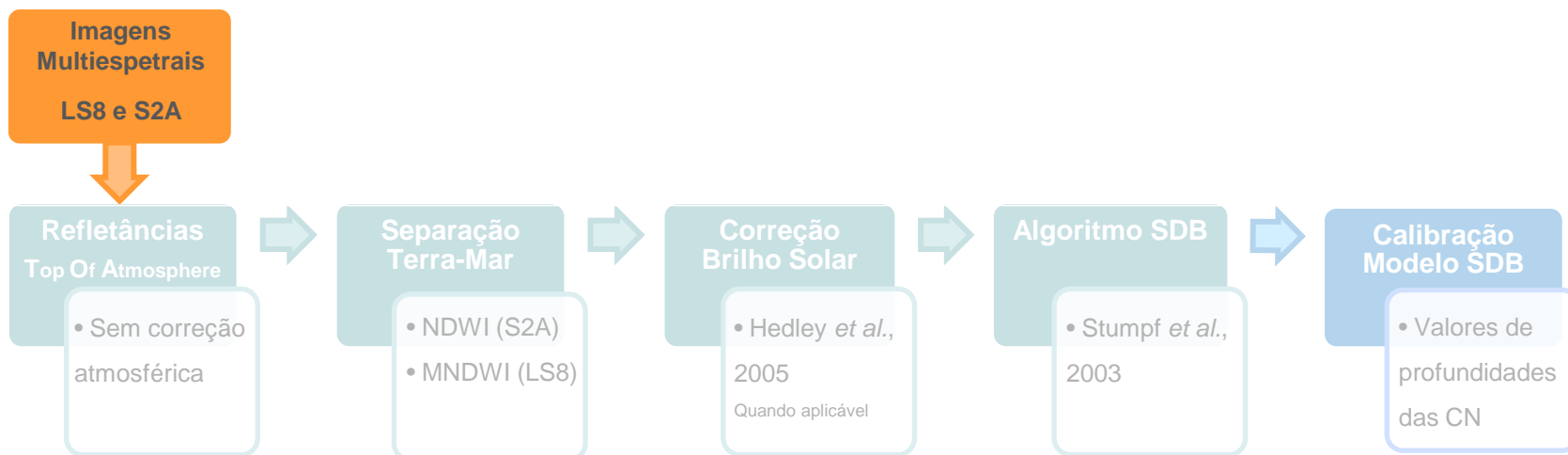


Satélite (sensor)	Bandas	Resolução Espectral (nm)	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica
LS8 (OLI)	2 - Blue	450 - 510	30	16 bits
	3 - Green	530 - 590		
	4 - Red	640 - 670		
	5 - NIR	850 - 880		
	6 - SWIR1	1570 - 1650		
S2A (MSI)	2 - Blue	490 (65)	10	12 bits
	3 - Green	560 (35)		
	4 - Red	665 (30)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

NIR – Near Infrared

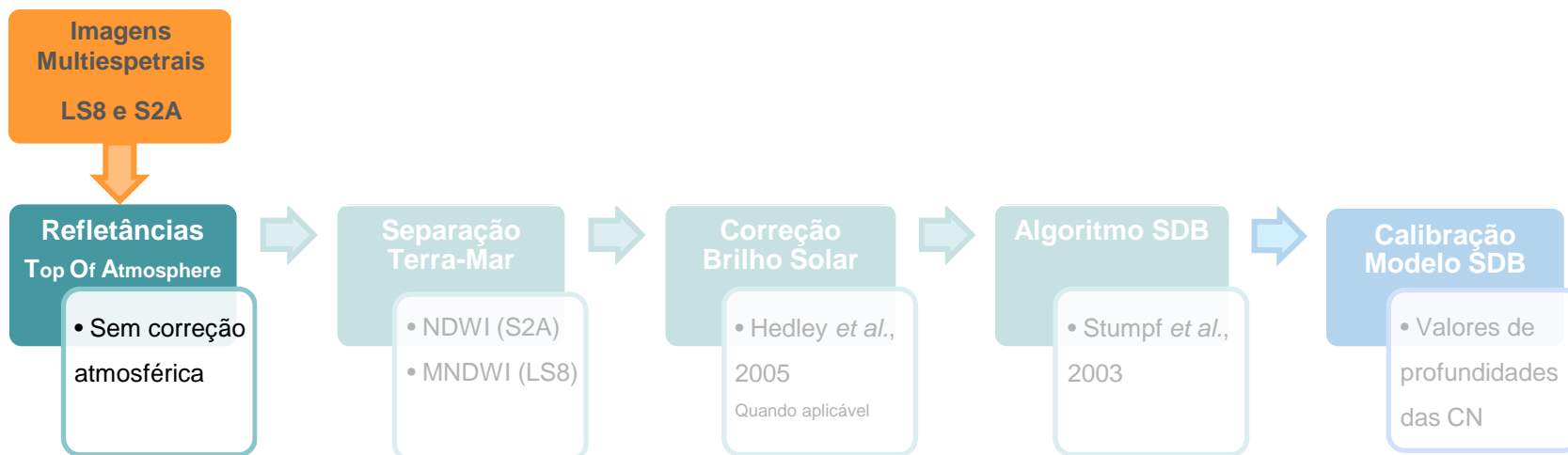
SWIR – Short-wave Infrared





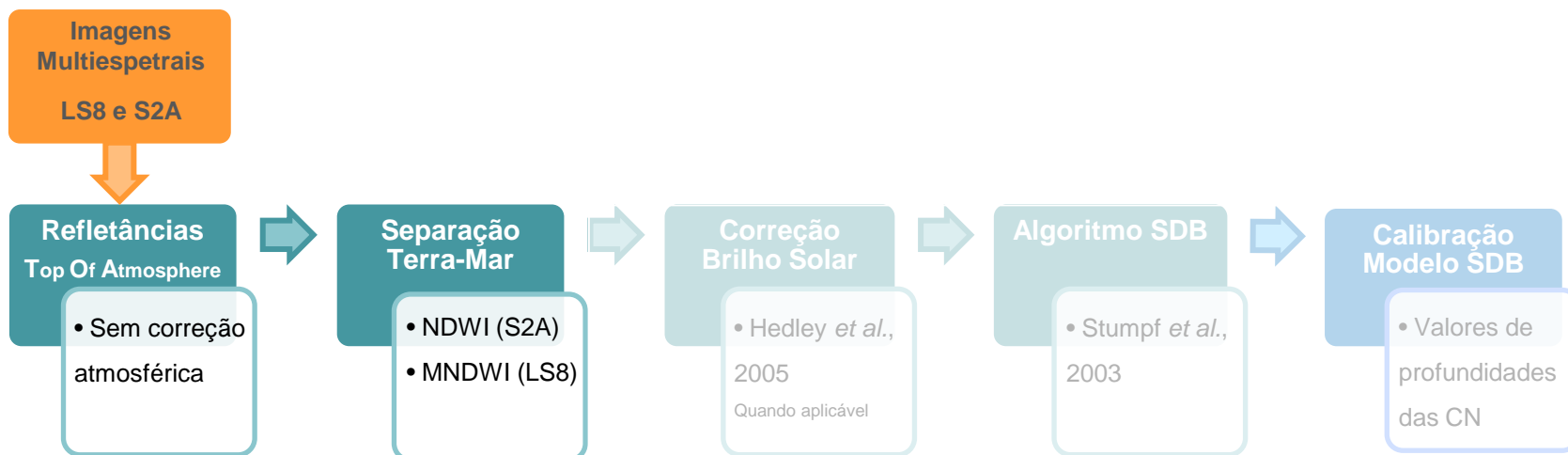
Capacidade da luz emitida pelo sol atravessar a atmosfera, penetrar na coluna de água e ser refletida pelo fundo em águas pouco profundas:

- 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
 - ❖ *Rácio de logaritmos*
 - ❖ *Bandas azul e verde são afetadas de forma similar na atmosfera*



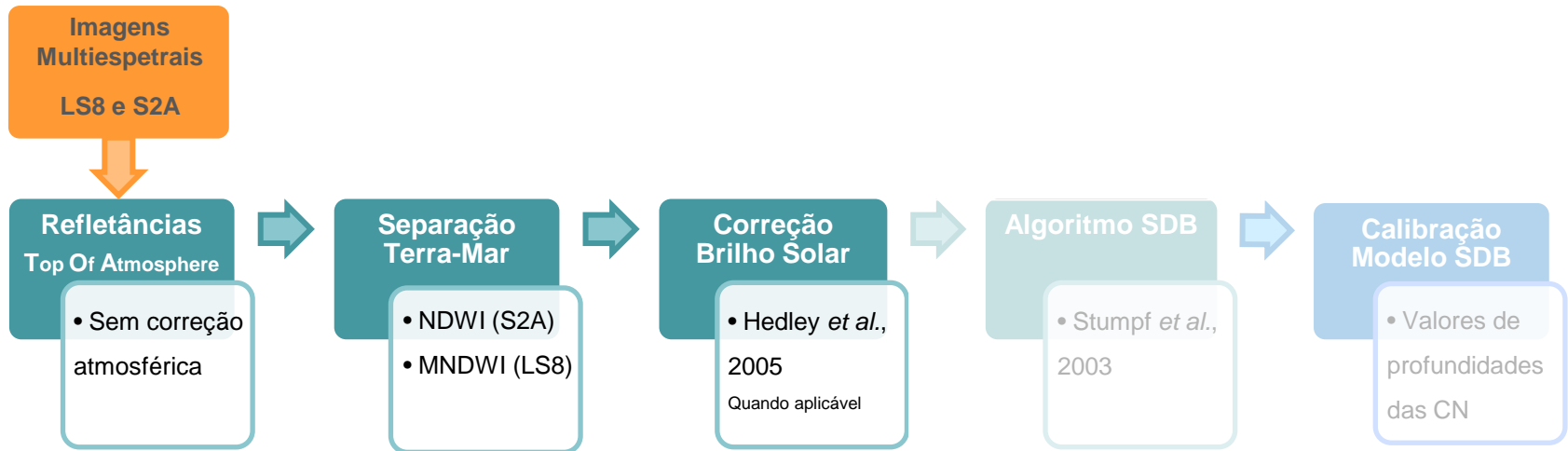
Normalized Difference Water Index (NDWI)

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad \text{Imagens S2A}$$

Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

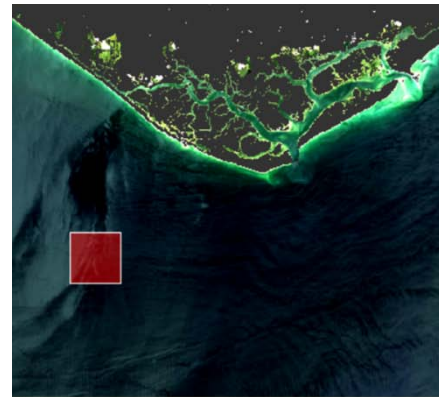
$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} \quad \text{Imagens LS8}$$

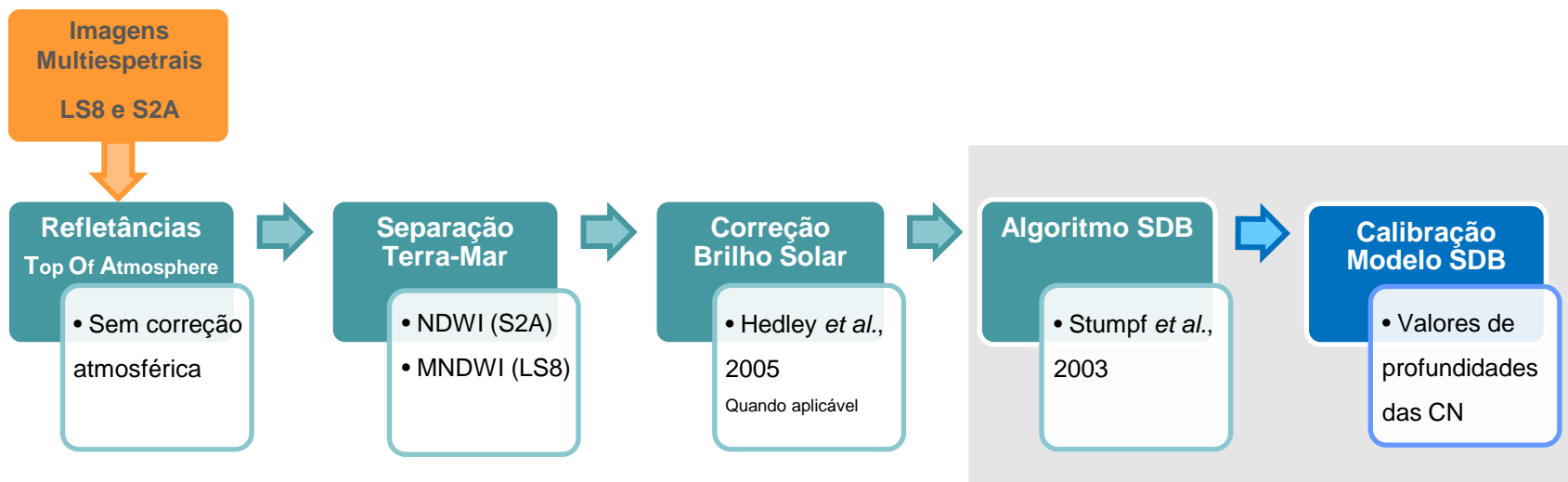




Algoritmo de Hedley *et al.*, 2005

$$R'_i = R_i - b_i (R_{NIR} - Min_{NIR})$$





Algoritmo de Stumpf *et al.*, 2003

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

Z - Profundidade

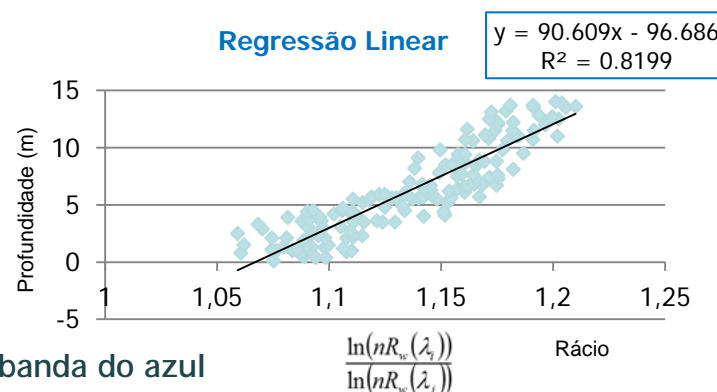
m_1 - Fator de ganho

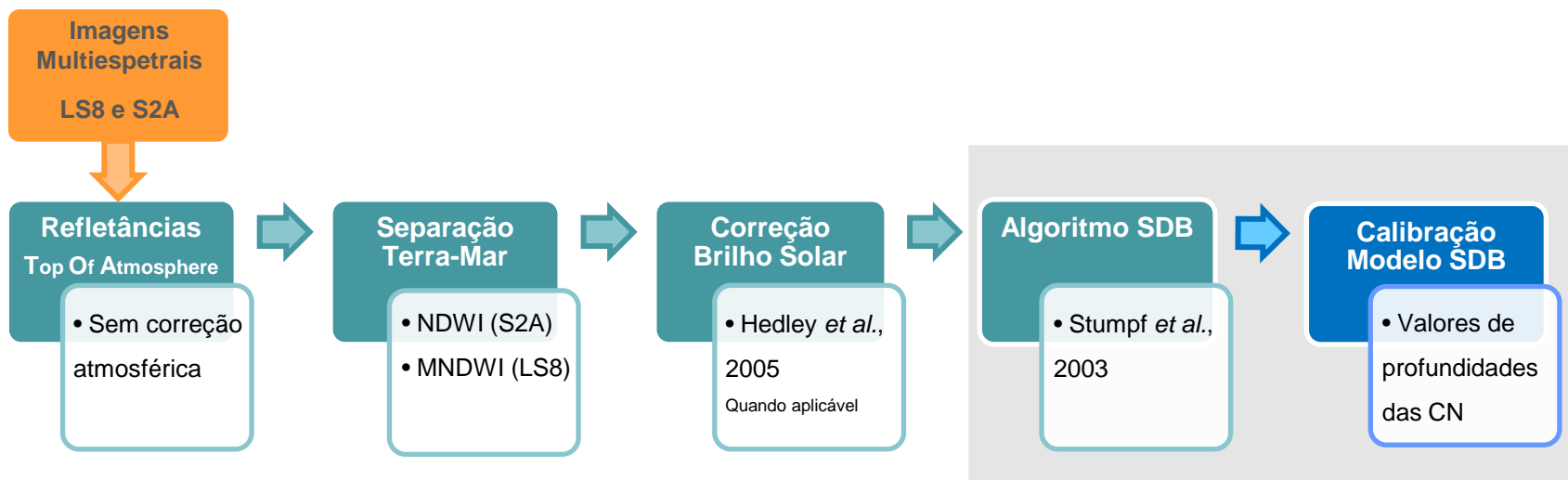
m_0 - Offset

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

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

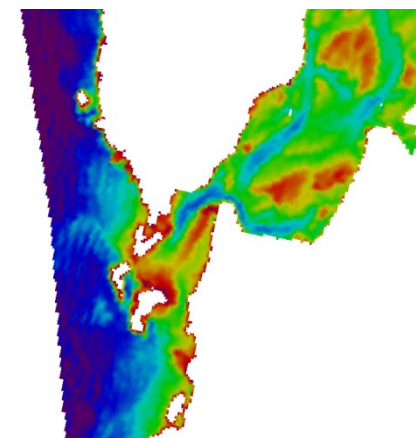
n - constante aplicada para que os logaritmos naturais sejam sempre positivos e o seu rácio devolva uma resposta linear com a profundidade.





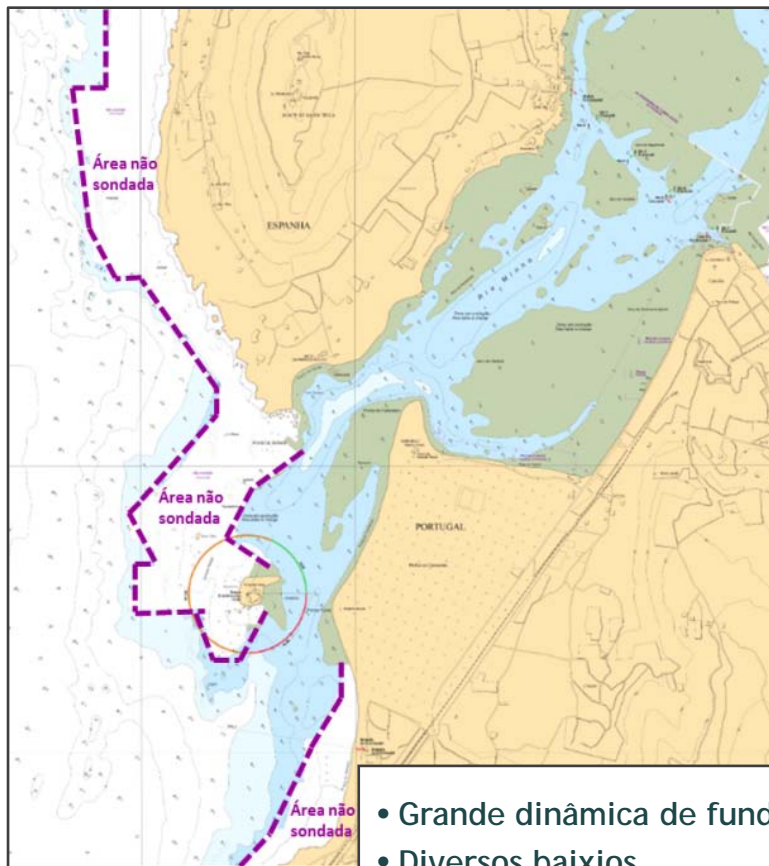
Calibração do modelo SDB

- ❖ 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

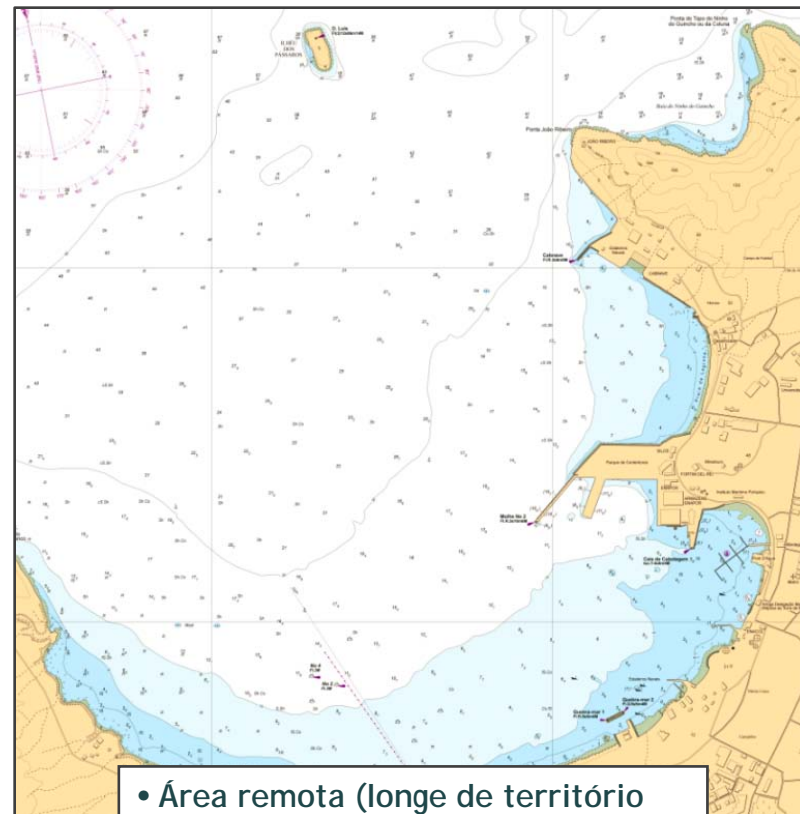
CN26409 - 1ED



- 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

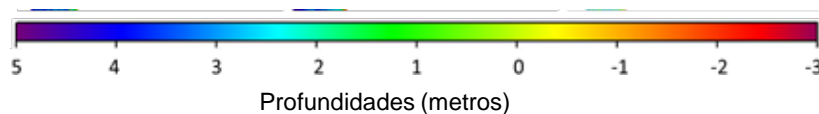
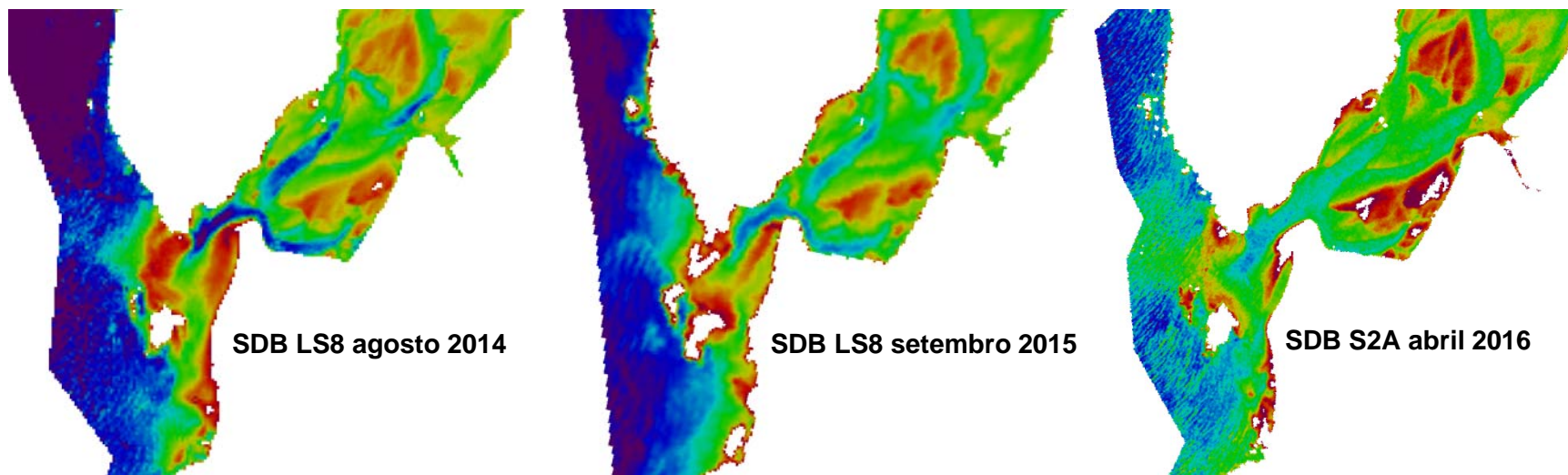


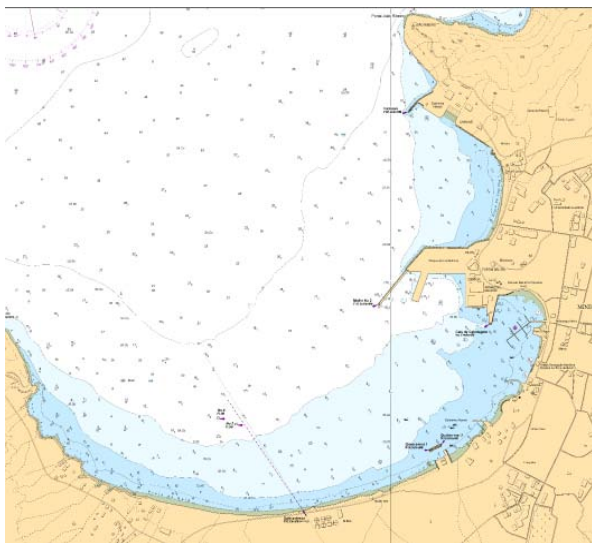
- Área remota (longe de território nacional)



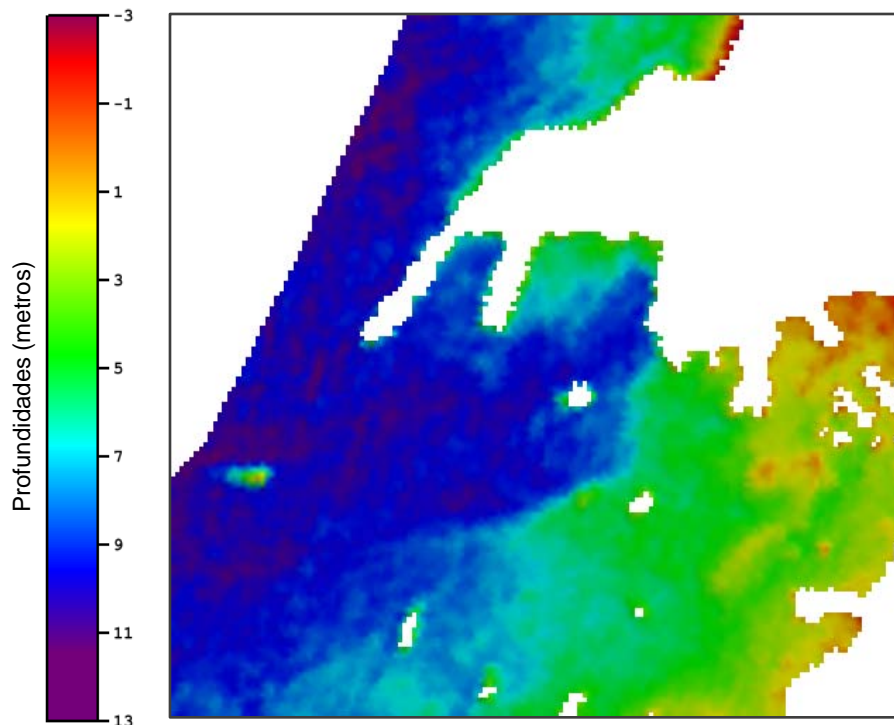
- CN26409 - 1ED
- Imagens: LS8 2014, LS8 2015 e S2A 2016
- Calibração: CN26409 - LH SFS 2011
- Deteção até aos 5 m

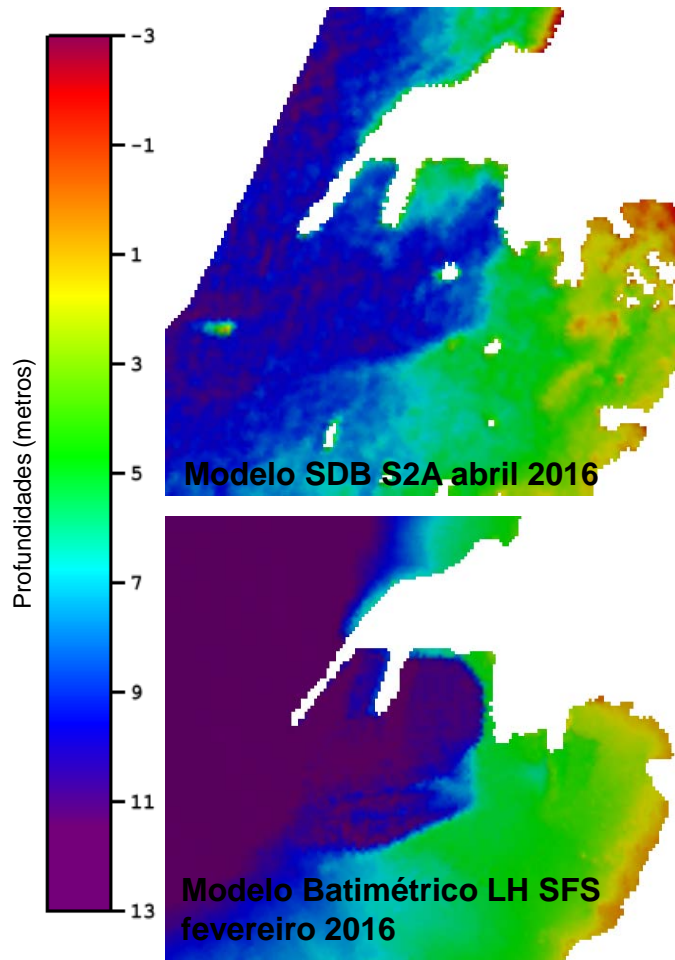
Série temporal - Evolução batimétrica da Barra de Caminha



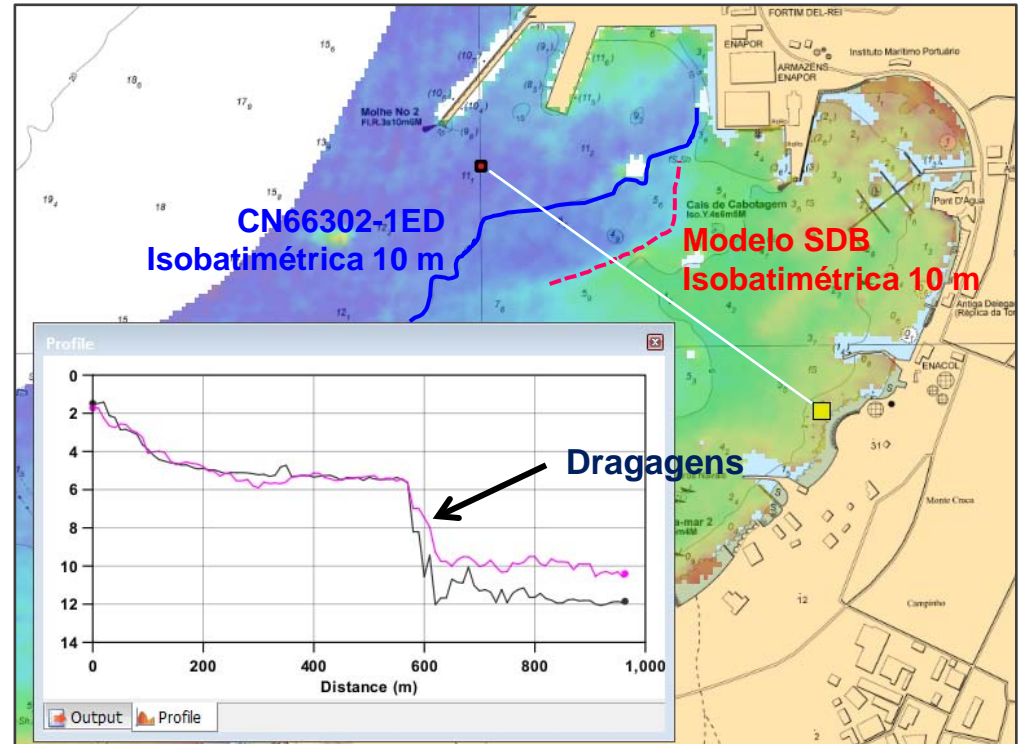


- CN66302 - 1ED
- Imagem: S2A abril 2016
- Calibração: CN66302- LH SFS 2006 e 2010
- Detecção até aos 10 m





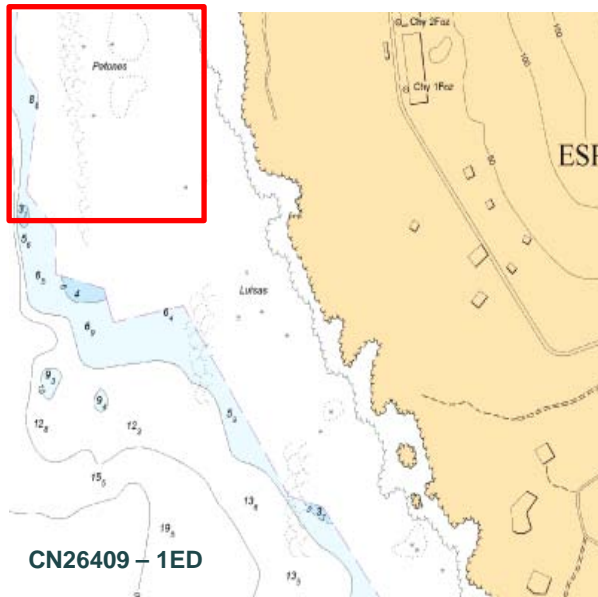
Perfil de superfície



Modelo SDB S2A abril 2016

Modelo Batimétrico LH SFS fevereiro 2016

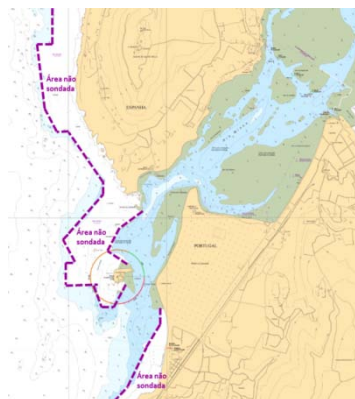
Identificação de perigos - segurança da navegação



Alterações nas Estruturas Portuárias e Linha de Costa



Metodologias SDB - óptico



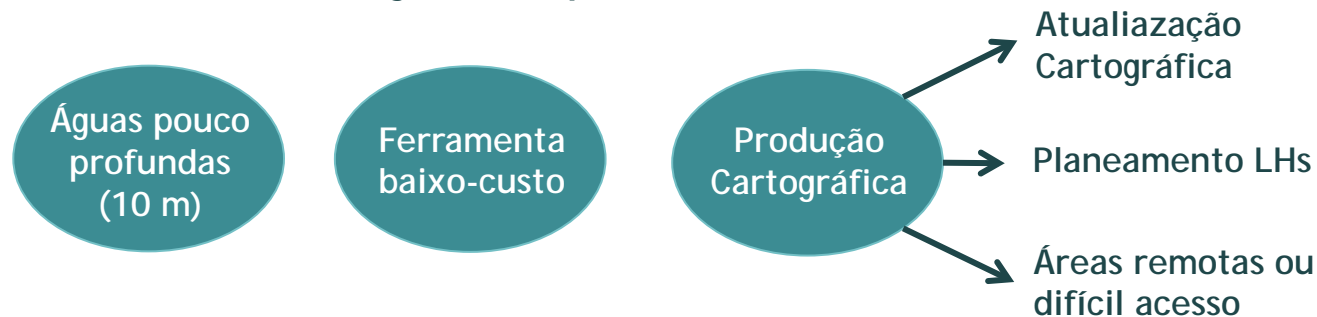
- ❖ “Conhecer” o fundo marinho sem estar em contacto direto com o meio (necessita de algumas observações *in situ*)
- ❖ Capacidade de monitorizar remotamente alterações de fundo significativas
- ❖ Identificação de perigos para a navegação e de alterações nas estruturas portuárias e linha de costa
- ❖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

A metodologia SDB apresentada



A informação batimétrica adquirida por metodologia SDB



No futuro...



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...