



**A importância da investigação na gestão
de ambientes lagunares: impactes da
abertura artificial de uma barra de maré:
o caso da Lagoa de Santo André (Portugal)**

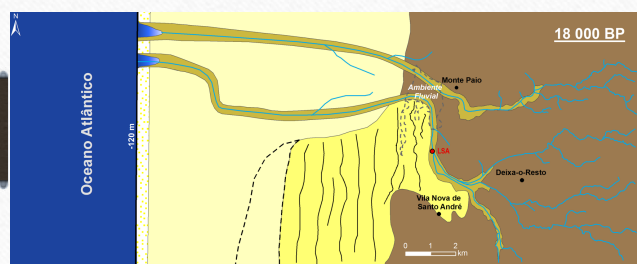
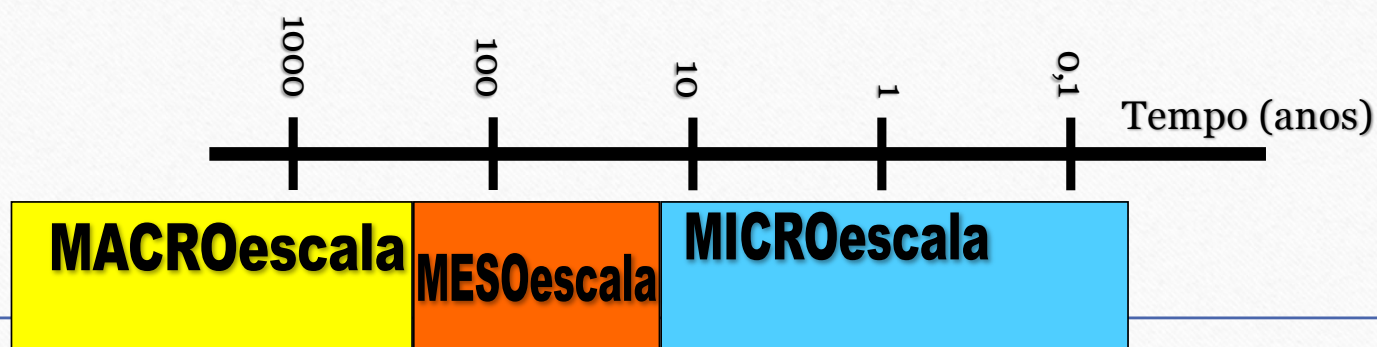
Anabela Cruces^{1,2},

Conceição Freitas², César Andrade², Vera Lopes²

¹ BioRG, Faculdade Engenharia - Centro Universitário de Lisboa – U. Lusófona

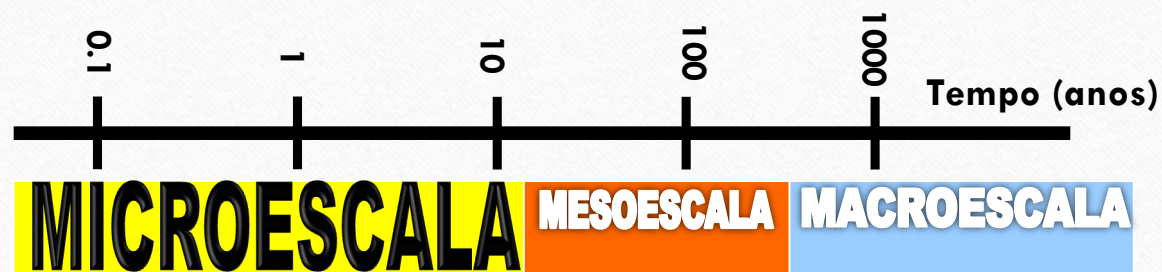
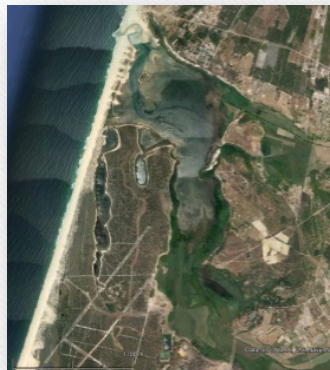
² IDL - Instituto Dom Luiz e Departamento de Geologia (DG), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa





“Portos de Portugal
El Atlas del Rey Planeta”
1634





Trabalhos realizados entre 1998 – 2025 (27 anos):

- Monitorização dos parâmetros físico-químicos do hidrossoma lagunar (barra fechada e barra aberta) e da água que circula na barra de maré;
- Recolha de sedimentos lagunares, fluviais, dunares;
- Registo da cota do plano de água lagunar;
- Registo o tempo de actividade da barra de maré;
- Velocidade de escoamento na barra de maré;
- Levantamentos topográficos (evolução morfológica da barra de maré e das áreas internas/externas adjacentes ao canal de escoamento);
- Recolha de dados da maré lagunar (estacas graduadas e transdutor de pressão) e maré oceânica (marégrafos de Cascais/Sines);
- Recolha de dados da agitação (ondulação) ao largo (bóia ondógrafo de Sines – 70 m de profundidade).

INTRODUÇÃO

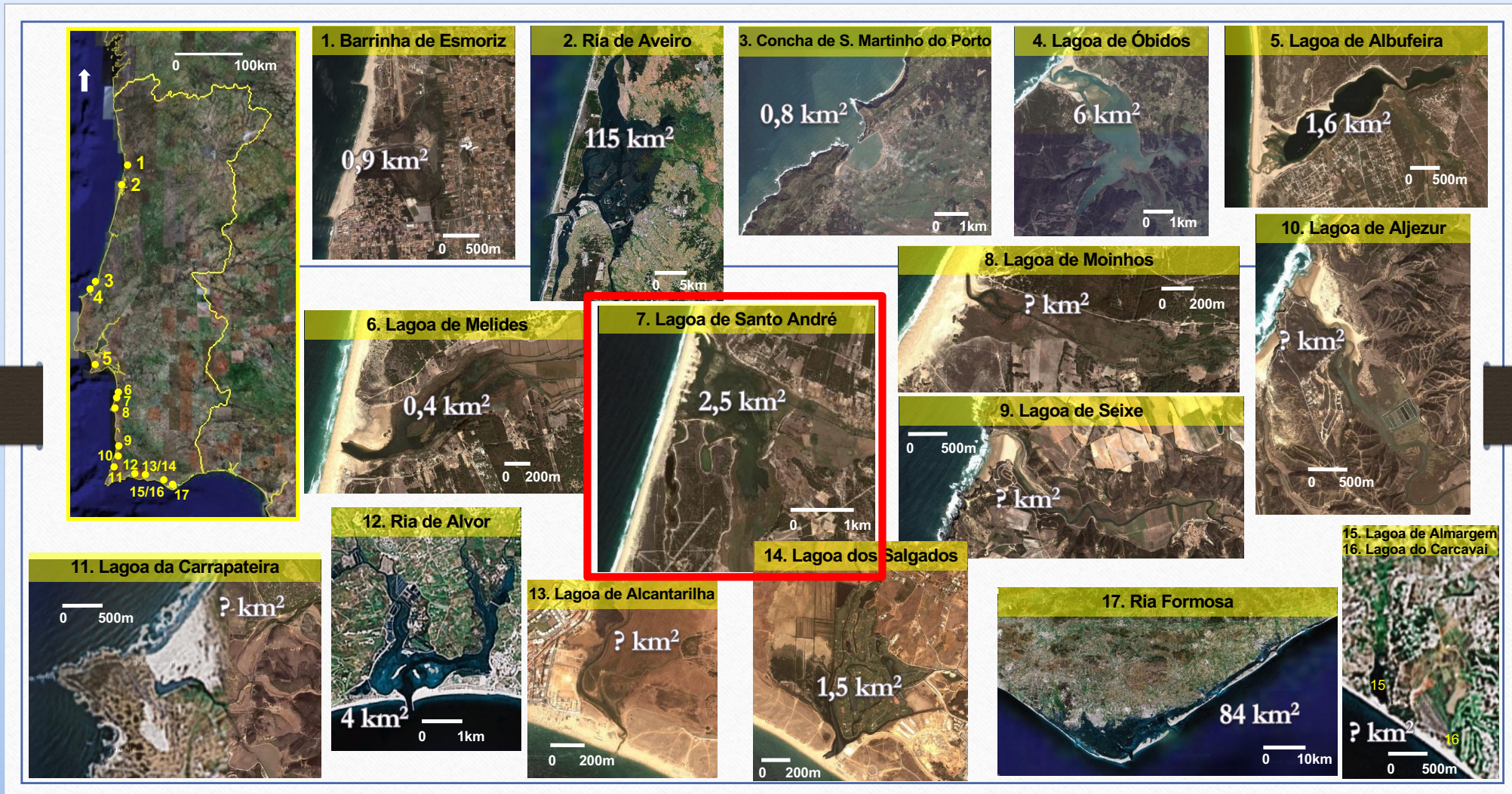
CARACTERÍSTICAS

BARRA DE MARÉ

MARÉ LAGUNAR

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS



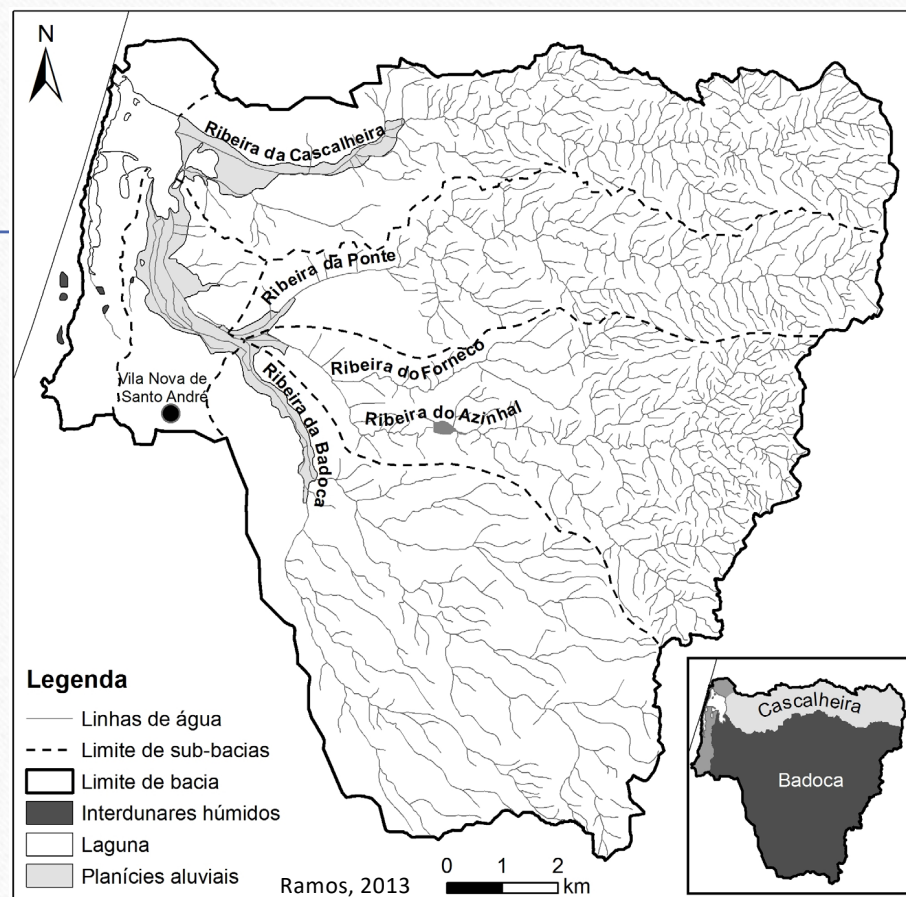


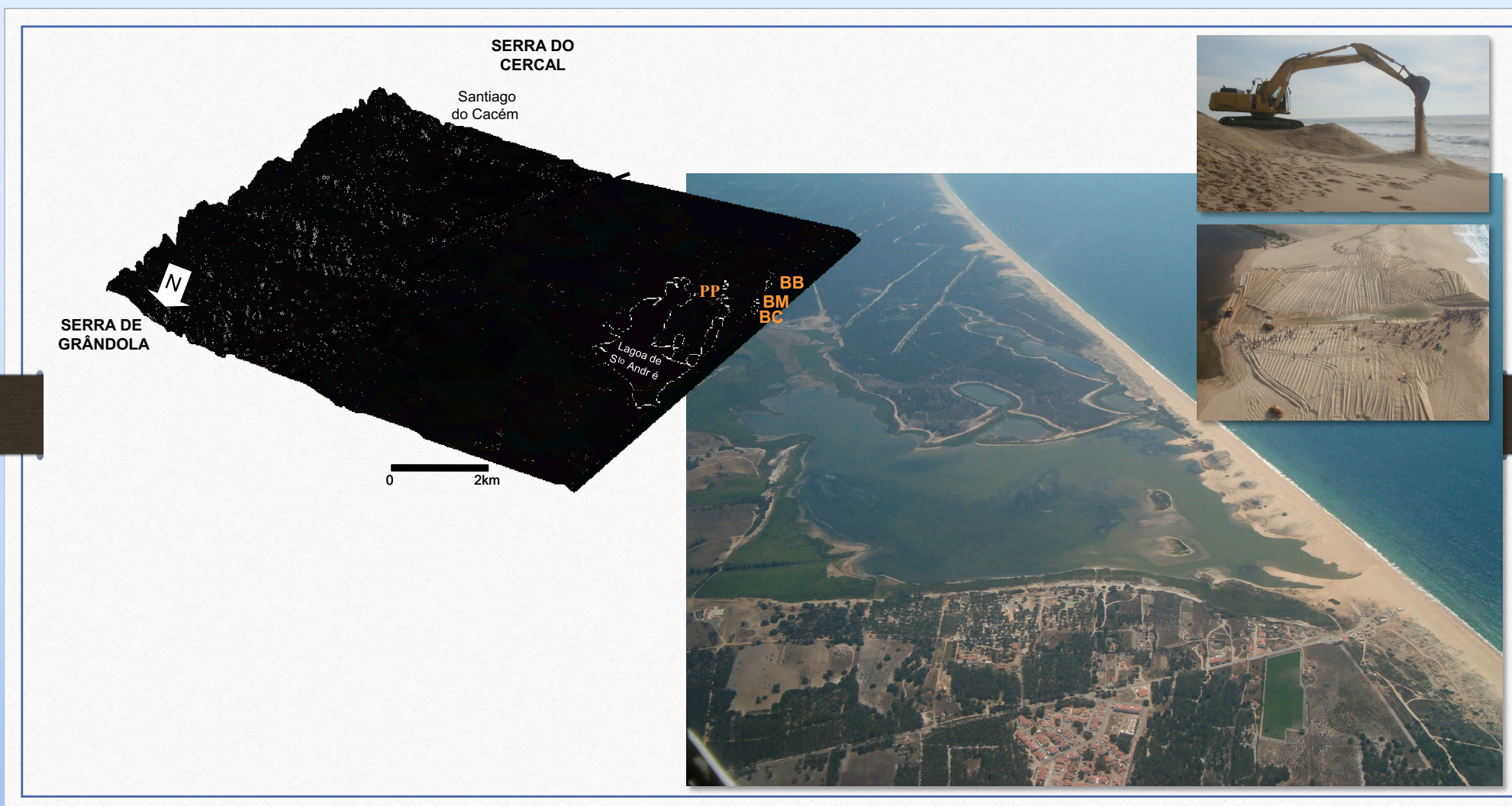
80 km
Sul de Lisboa

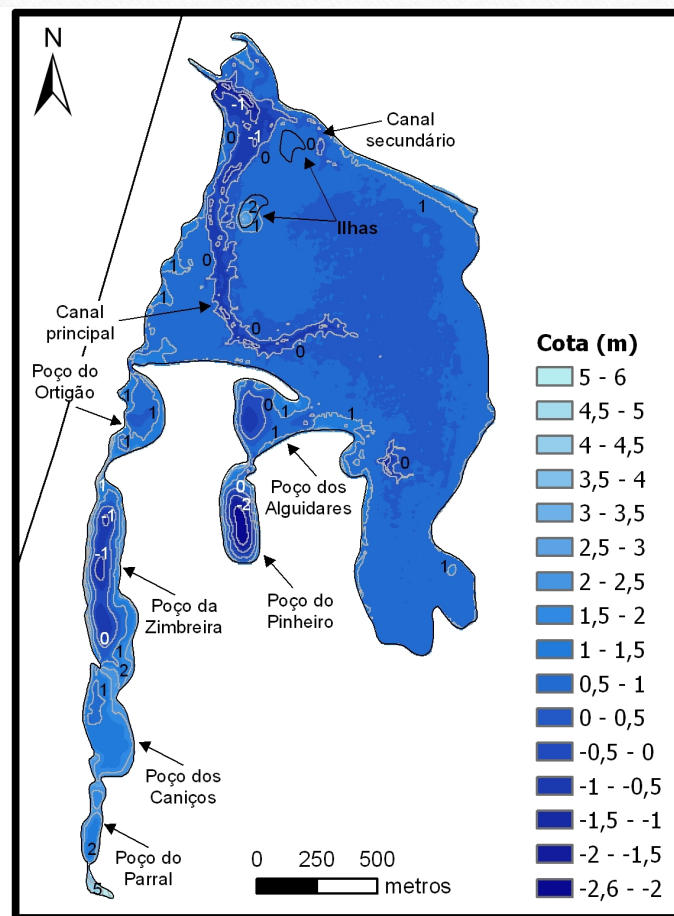
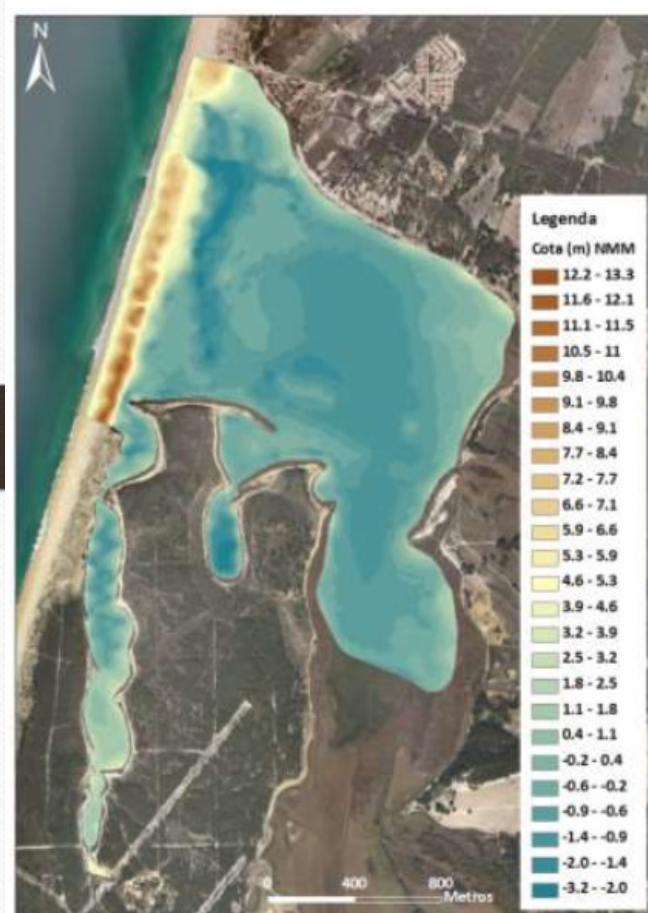
Área = 2,5 km² (3 km²)
Prof. máx. = 5m



□ **Bacia hidrográfica: 145 km²,**
que produz ≈12 000 - 30 000 ton de sedimentos/ano







Bacia Hidrográfica

Rochas presentes

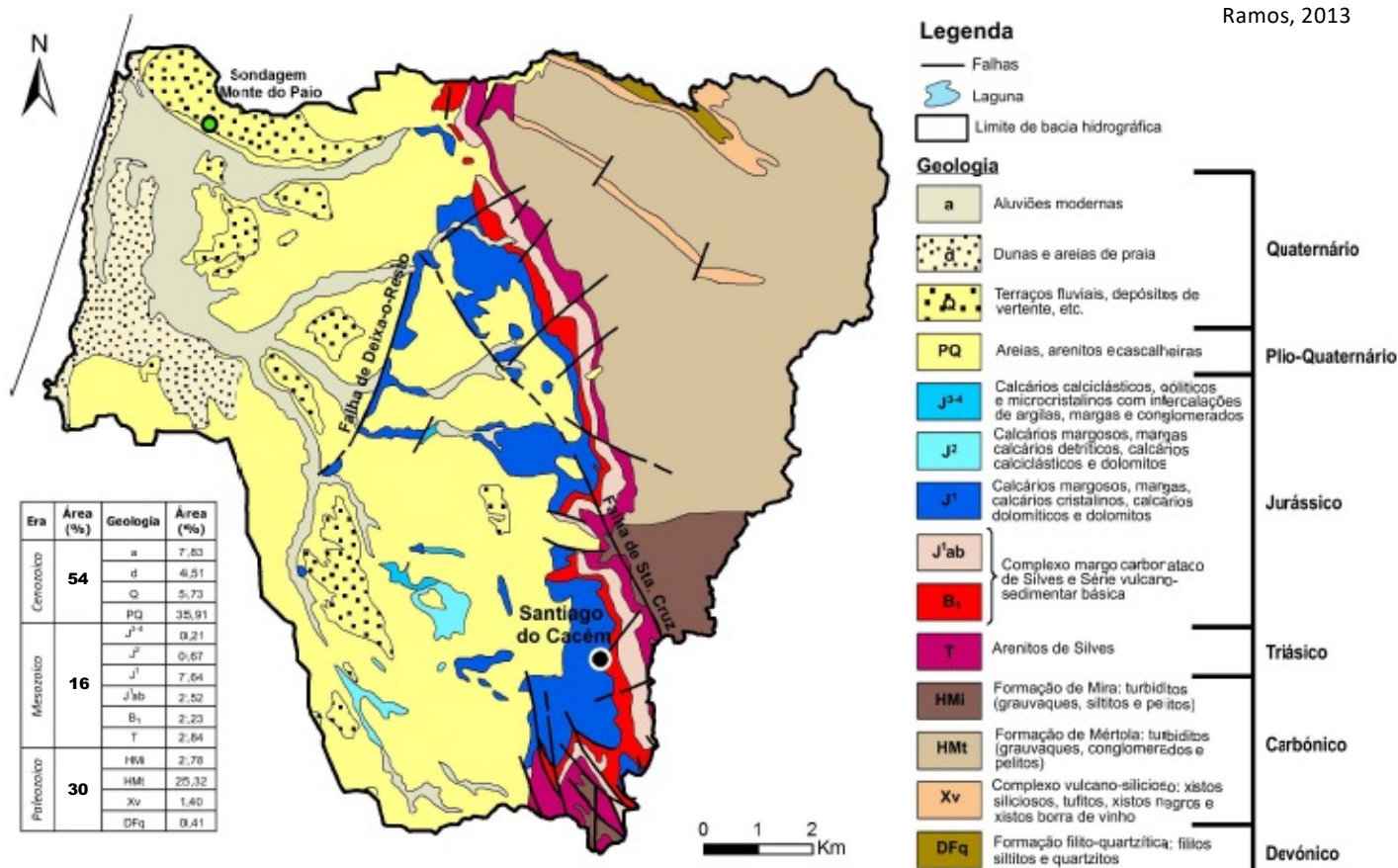
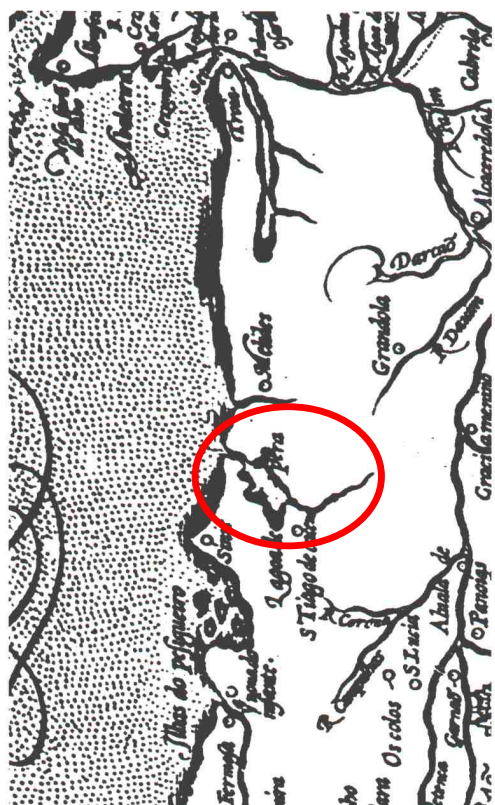


Figura 3.8 - Carta geológica da bacia hidrográfica da Lagoa de Santo André baseada na Folha 7 da Carta Geológica de Portugal editada pelos S.G.P. à escala 1:200 000, com indicação das áreas ocupadas.

1561 - Fernando Alvares Seco

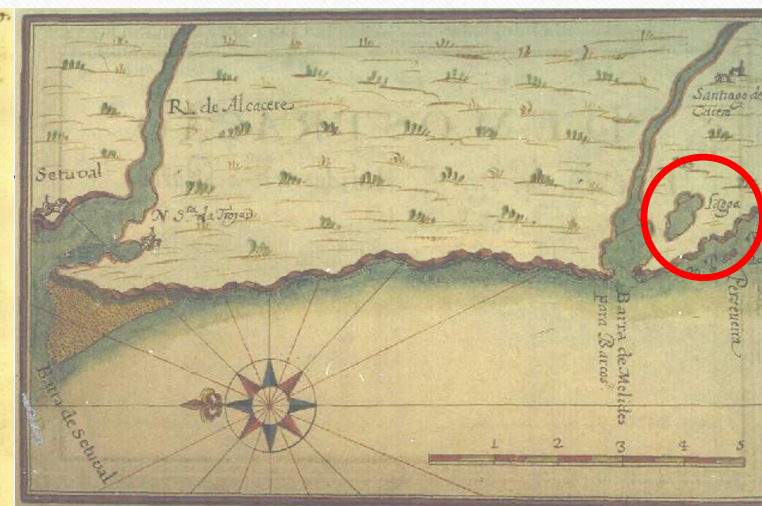
*“Mapa - Portugalliae que olim Lusitania,
novissima & exactissima descriptio”*

**1634 – Pedro Peixeira**

*“Portos de Portugal
El Atlas del Rey Planeta”*

**1648 – João Teixeira I**

“Atlas da costa de Portugal”



BARRA DE MARÉ

O mais antigo **livro de posturas** dá conta do estabelecimento de regras para a utilização da Lagoa de Santo André, data de **1680** (Silva, 1869):

- ❑ *32ª Postura "Impondo a pena de 6\$000 réis a quem abrir ou mandar abrir a lagôa sem licença da camara."*
- ❑ *33ª Postura "Impondo a pena de 500 réis a quem pescar na lagôa nos mezes de maio, junho, julho, agosto e setembro por ser tempo em que o peixe cria, e a quem pescar com a lagôa aberta; e a quem pescar fóra dos ditos mezes sem licença do rendeiro.*

Isto significa que a abertura artificial da barra de maré da Lagoa de Santo André se processa, pelo menos, desde os fins do séc. XVII.

P. Luiz Cardoso - 1747

"Esta lagoa está contígua com o mar Oceano, e só a divide um banco de arêa, que quando he mais grosso, terá cincoenta passos: este se rompe quasi todos os annos, à custa de grande trabalho, e despeza dos moradores, no mez de Março, para que as terras circumvisinhas da mesma lagoa se semeem...."

NATURAIS

Quando se regista uma cota do plano de água lagunar elevada a barreira arenosa pode romper naturalmente para escoamento das águas pluviais

Abertura artificial no passado:

“à custa da força de homens e Bois...” (Dic. Geográfico, 1758)

Painel de azulejos na estação dos caminhos de ferro de Santiago do Cacém, representativo da abertura da barra de maré na laguna de Santo André



Abertura efectuada por processos

ARTIFICIAIS

Intervenção antrópica com utilização de maquinaria pesada

Abertura artificial actualmente:
métodos mecânicos



© Paulo Encarnação (7/3/2023) – dia da abertura

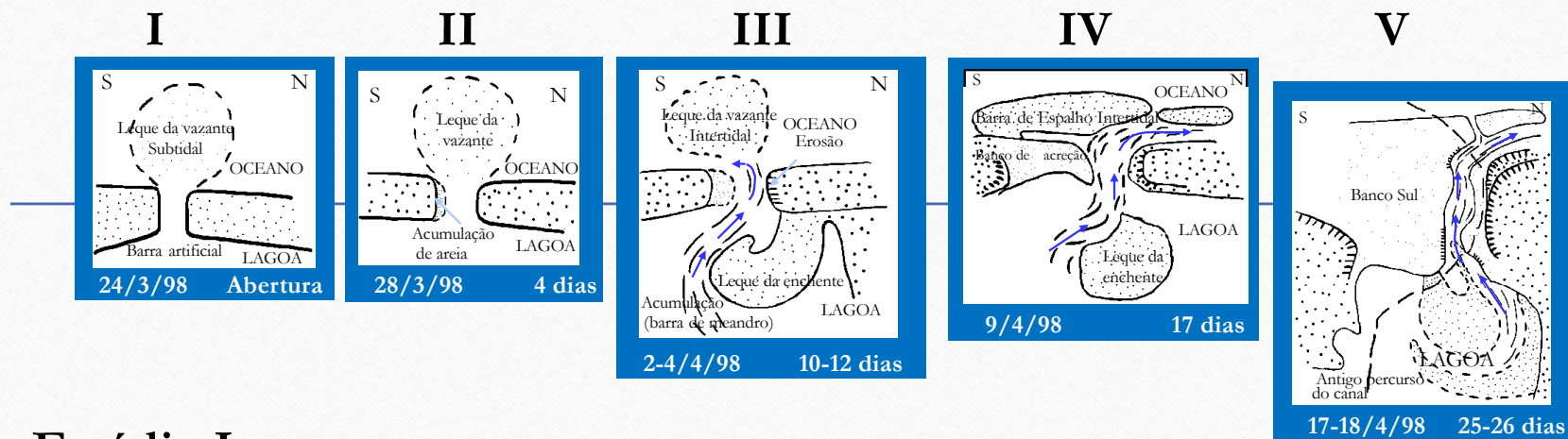


© Paulo Encarnação (7/3/2023) – dia da abertura



BARRA DE MARÉ - Estádios Evolutivos após a abertura

1998

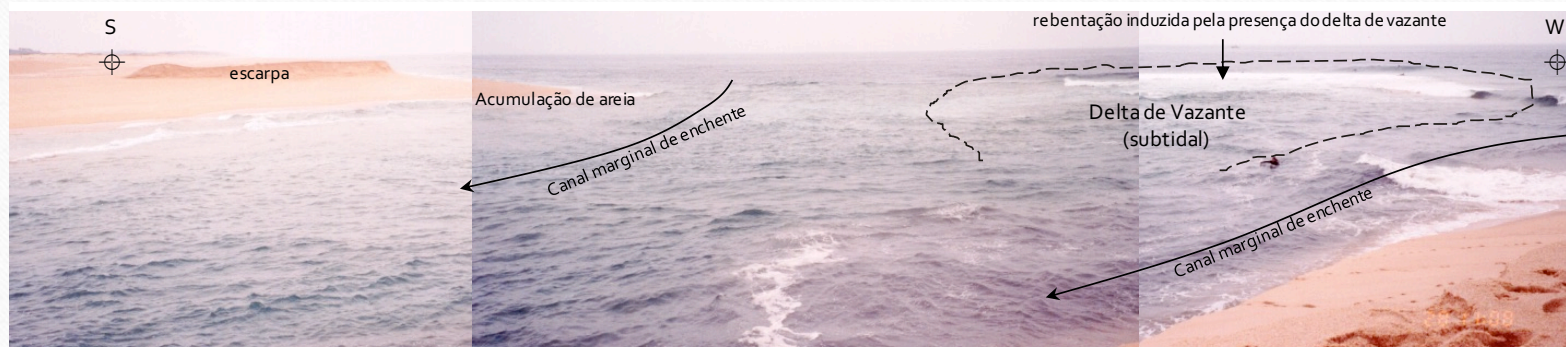


Estádio I



Estádio II

1998



Barra de maré 4 dias após a abertura artificial

28/3/98 - 11h 08m

Estádio III



Estádio IV

1998



Estádio V



INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

BARRA DE MARÉ

MARÉ LAGUNAR

CONCLUSÕES

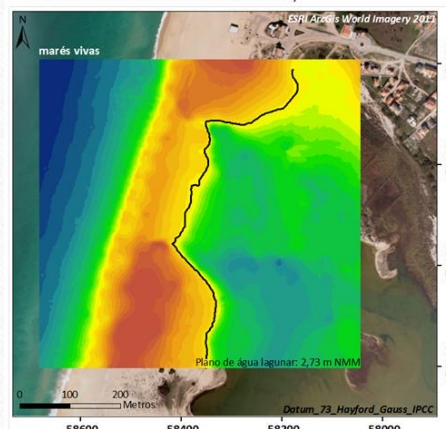
AGRADECIMENTOS



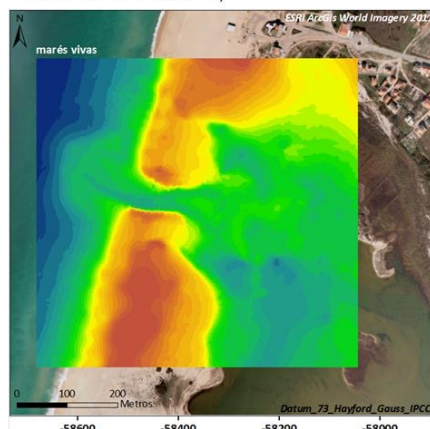
Anabela Cruces, Conceição Freitas, César Andrade, Vera Lopes – A importância da investigação na gestão de ambientes lagunares: impactes da abertura artificial de uma barra de maré: o caso da Lagoa de Santo André (Portugal)

16.º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa
XI Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa
Maputo, 26 a 30 de maio de 2025

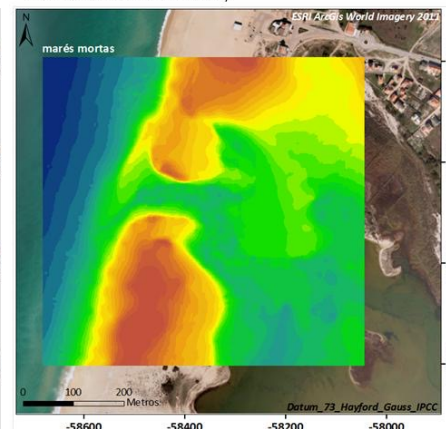
1ª Campanha – 25.02.2009 (12 dias antes da abertura artificial da barra de maré)



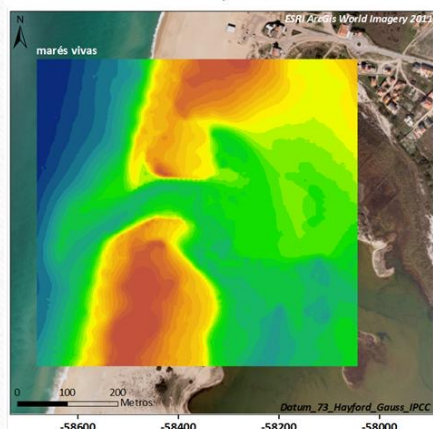
2ª Campanha – 11.03.2009 (2 dias após a abertura artificial da barra de maré)



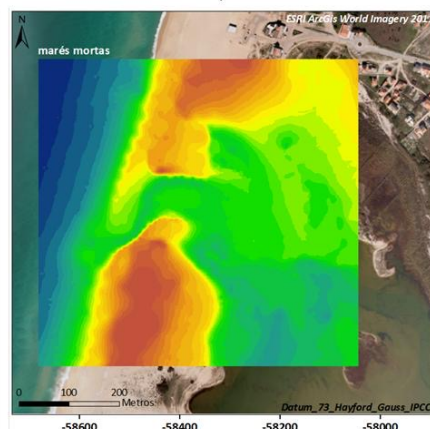
3ª Campanha – 20.03.2009 (11 dias após a abertura artificial da barra de maré)



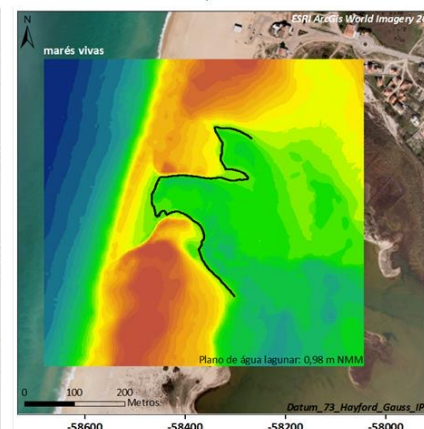
4ª Campanha – 27.03.2009 (18 dias após a abertura artificial da barra de maré)



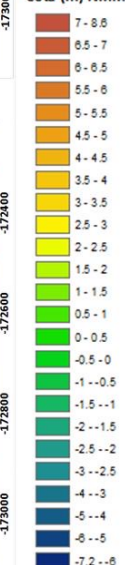
5ª Campanha – 03.04.2009 (25 dias após a abertura artificial da barra de maré)



6ª Campanha – 09.04.2009 (3 dias após o encerramento natural da barra de maré)



Cota (m) NMM

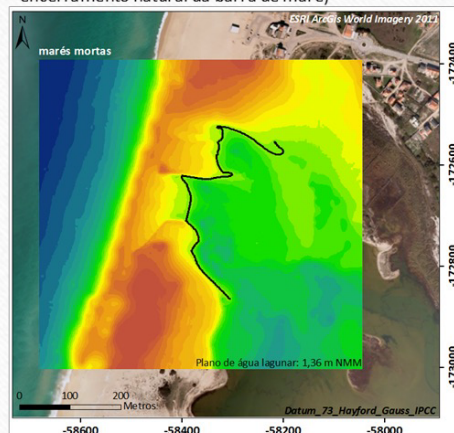


2009

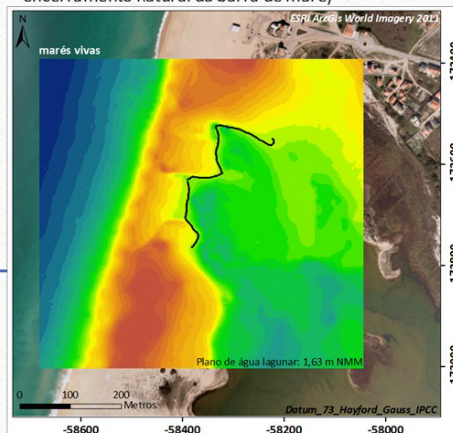
Evolução Barra aberta CANAL DE MARÉ (9 Março a 6 Abril)

Ana Rita Pires, 2011

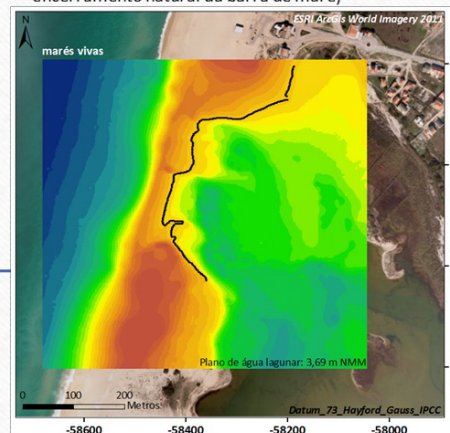
13ª Campanha – 09.11.2009 (217 dias após o encerramento natural da barra de maré)



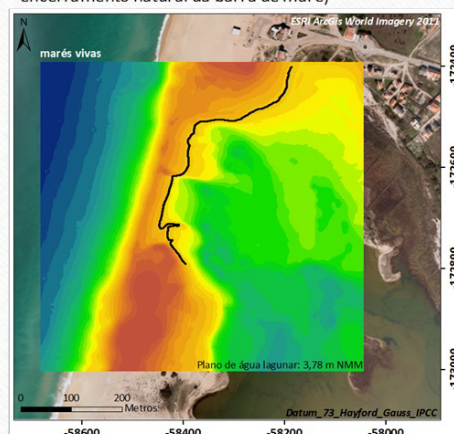
14ª Campanha – 14.12.2009 (252 dias após o encerramento natural da barra de maré)



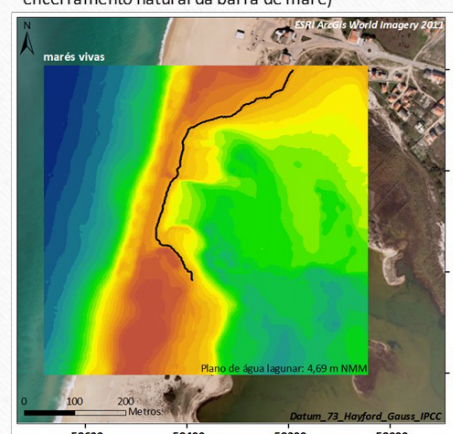
15ª Campanha – 19.01.2010 (288 dias após o encerramento natural da barra de maré)



16ª Campanha – 18.02.2010 (318 dias após o encerramento natural da barra de maré)



17ª Campanha – 17.03.2010 (351 dias após o encerramento natural da barra de maré)



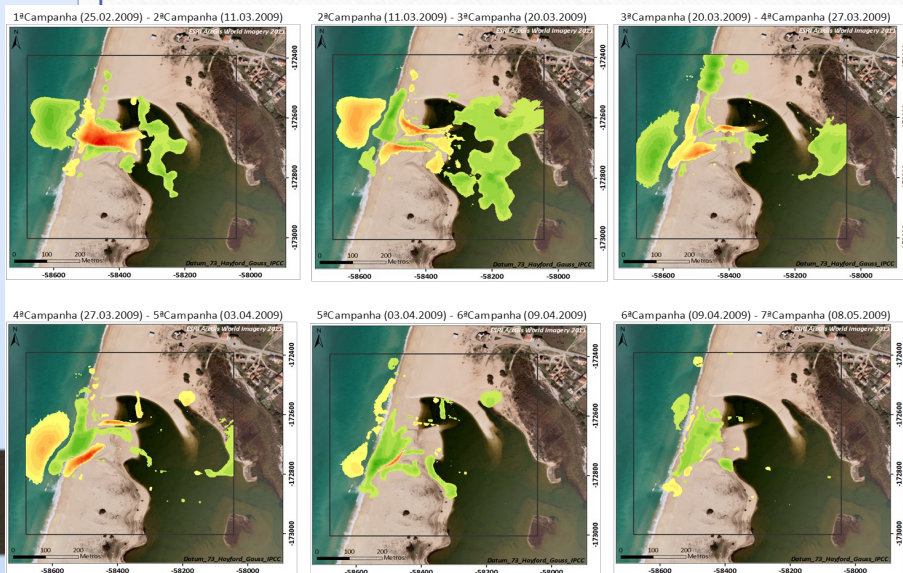
2009

Evolução Barra fechada Cicatriz do CANAL DE MARÉ



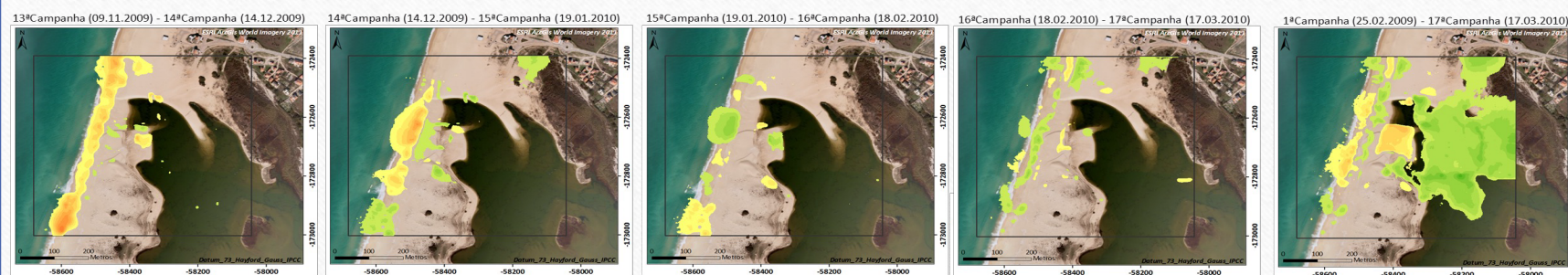
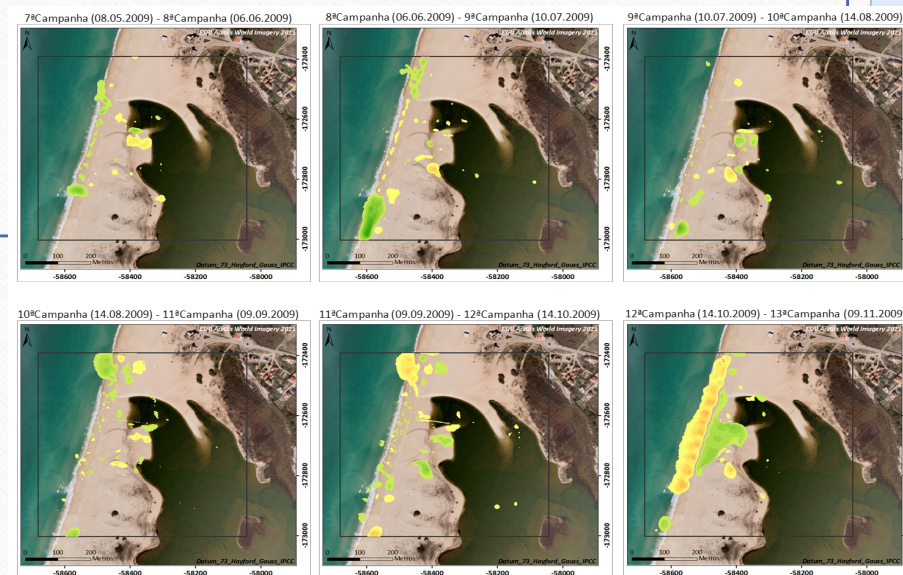
Ana Rita Pires, 2011

2009



Acumulação

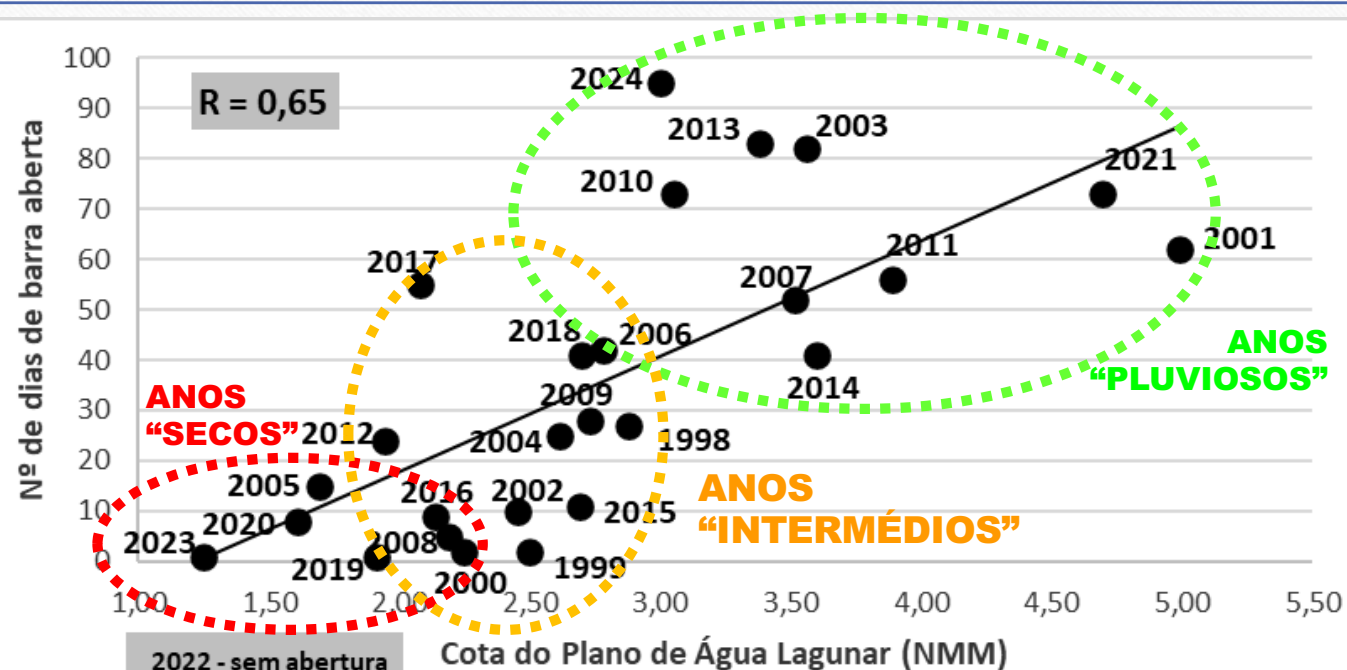
Erosão



Ana Rita Pires, 2011

27 anos

ANO	Dia		C.P.A.L. (m - NMM)	Tempo de barra activa (dias)
	abertura	encerramento		
1998	24/mar	20/abr	2,88	27
1999	28/mar	30/mar	2,50	2
2000	5/abr	7/abr	2,25	2
2001	12/fev	15/abr	4,99	62
2002	28/mar	7/abr	2,45	10
2003	18/mar	8/jun	3,56	82
2004	5/abr	30/abr	2,61	25
2005	7/abr	22/abr	1,69	15
2006	28/mar	9/mai	2,78	42
2007	18/mar	9/mai	3,52	52
2008	4/abr	9/abr	2,19	5
2009	9/mar	6/abr	2,73	28
2010	28/mar	9/jun	4,69	73
2011	18/mar	13/mai	3,89	56
2012	7/mar	31/mar	1,95	24
2013	26/mar	17/jun	3,38	83
2014	28/fev	10/abr	3,60	41
2015	19/mar	30/mar	2,69	11
2016	8/mar	17/mar	2,14	9
2017	27/mar	21 Maio	2,08	55
2018	28/mar	8/mai	2,70	41
2019	19/mar	20/mar	1,91	1
2020	4/jun	12/jun	1,61	8
2021	12/mar	24/mai	3,05	73
2022	Não ocorreu abertura			
2023	7/mar	8/mar	1,25	1
2023	11/mar	11/mar		1
2024	8/abr	12/jul	3,00	95
2025	28/mar			>58





ANOS “SECOS”

27/4/2001



ANOS “PLUVIOSOS”

9/2/2001

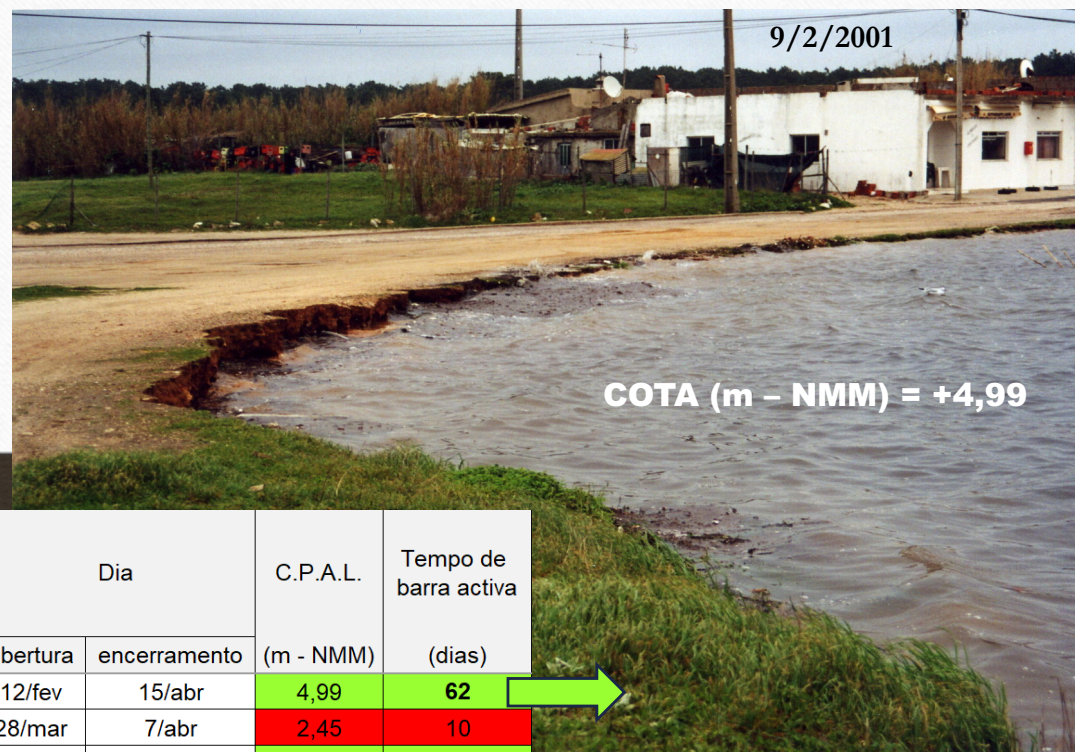


22/10/2007, © J.Boeiro

ANO “PLUVIOSO” 2001

ANO	Dia		C.P.A.L. (m - NMM)	Tempo de barra activa (dias)
	abertura	encerramento		
2001	12/fev	15/abr	4,99	62
2002	28/mar	7/abr	2,45	10
2003	18/mar	8/jun	3,56	82
2004	5/abr	30/abr	2,61	25
2005	7/abr	22/abr	1,69	15
2006	28/mar	9/mai	2,78	42
2007	18/mar	9/mai	3,52	52
2008	4/abr	9/abr	2,19	5
2009	9/mar	6/abr	2,73	28





2001
ANO “PLUVIOSO”

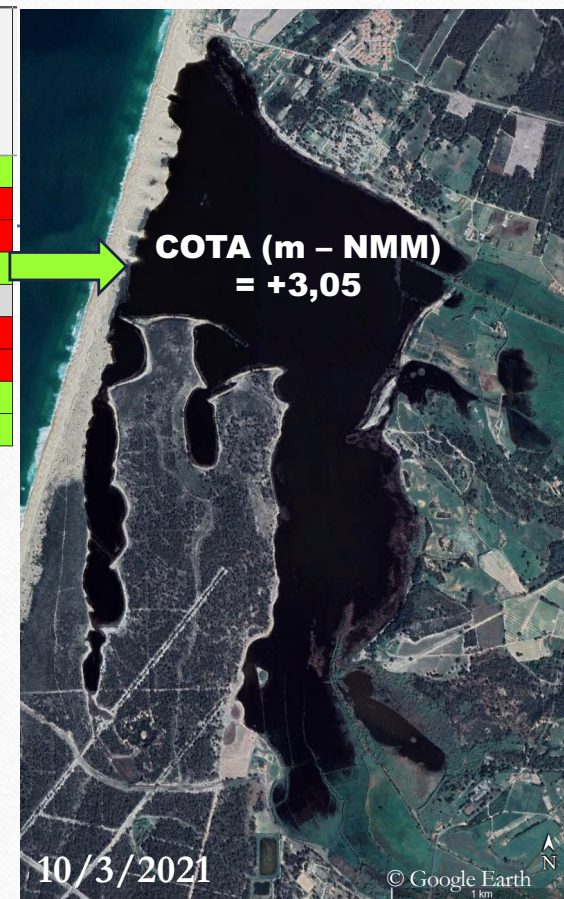
ANO	Dia		C.P.A.L. (m - NMM)	Tempo de barra activa (dias)
	abertura	encerramento		
2001	12/fev	15/abr	4,99	62
2002	28/mar	7/abr	2,45	10
2003	18/mar	8/jun	3,56	82
2004	5/abr	30/abr	2,61	25
2005	7/abr	22/abr	1,69	15
2006	28/mar	9/mai	2,78	42
2007	18/mar	9/mai	3,52	52
2008	4/abr	9/abr	2,19	5
2009	9/mar	6/abr	2,73	28



ANO “PLUVIOSO” 2021



ANO	Dia		C.P.A.L. (m - NMM)	Tempo de barra activa (dias)
	abertura	encerramento		
2018	28/mar	8/mai	2,70	41
2019	19/mar	20/mar	1,91	1
2020	4/jun	12/jun	1,61	8
2021	12/mar	24/mai	3,05	73
2022	Não ocorreu abertura			
2023	7/mar	8/mar	1,25	1
2023	11/mar	11/mar		1
2024	8/abr	12/jul	3,00	95
2025	28/mar	25/mai		>58



ANO	Dia		C.P.A.L. (m - NMM)	Tempo de barra activa (dias)
	abertura	encerramento		
2001	12/fev	15/abr	4,99	62
2002	28/mar	7/abr	2,45	10
2003	18/mar	8/jun	3,56	82
2004	5/abr	30/abr	2,61	25
2005	7/abr	22/abr	1,69	15
2006	28/mar	9/mai	2,78	42
2007	18/mar	9/mai	3,52	52
2008	4/abr	9/abr	2,19	5
2009	9/mar	6/abr	2,73	28

4/4/2008 (LSA no dia da abertura da barra)

2008

ANO “SECO”



ANO	Dia		C.P.A.L. (m - NMM)	Tempo de barra activa (dias)
	abertura	encerramento		
2001	12/fev	15/abr	4,99	62
2002	28/mar	7/abr	2,45	10
2003	18/mar	8/jun	3,56	82
2004	5/abr	30/abr	2,61	25
2005	7/abr	22/abr	1,69	15
2006	28/mar	9/mai	2,78	42
2007	18/mar	9/mai	3,52	52
2008	4/abr	9/abr	2,19	5
2009	9/mar	6/abr	2,73	28

9/3/2009 (LSA no dia da abertura da barra)

2009

ANO

“INTERMÉDIO”

COTA (m - NMM) = +2,73



ANO “PLUVIOSO” 2001

12-2-2001 – 9h30m

2001



12-2-2001 – 9h45m

2001

SENTIDO DO FLUXO



12-2-2001 – 10h00m



2001

S

1 DIA APÓS A ABERTURA

N

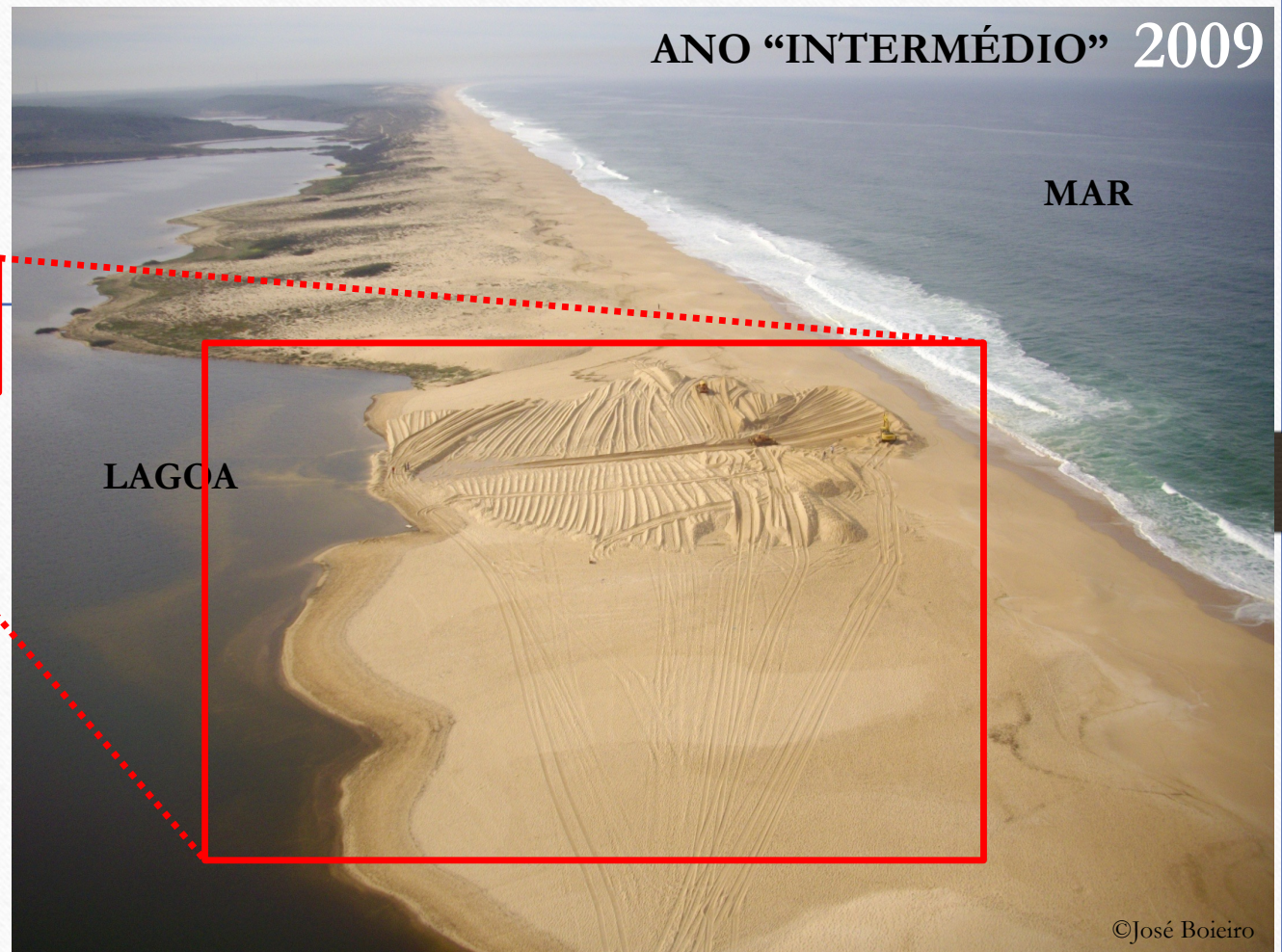
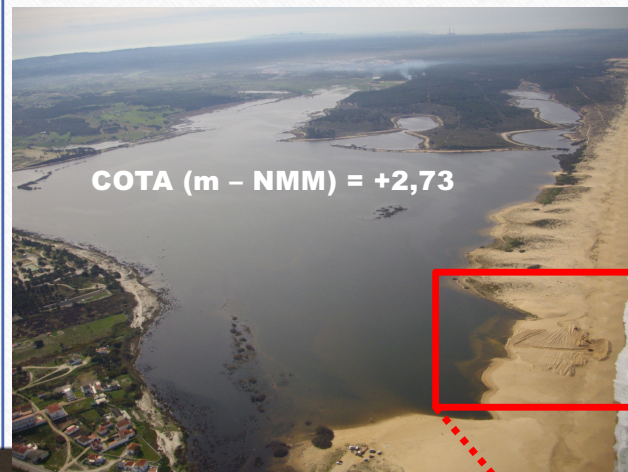
2001

 $\approx 200 \text{ m}$

Laguna

13-2-2001 – 14h00m

ANO “INTERMÉDIO” 2009



LAGOA

2009



MAR

©José Boiciro

2009





9/Março/2009



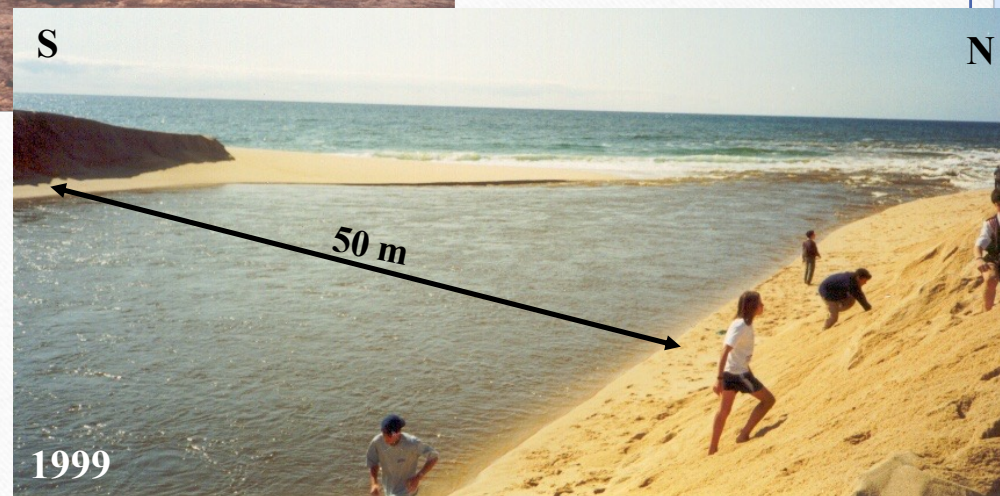
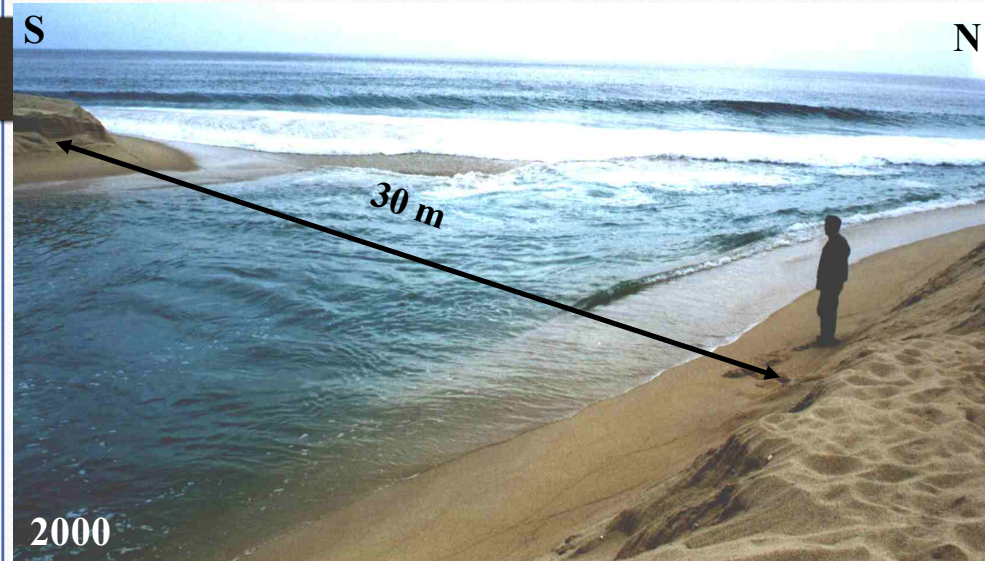
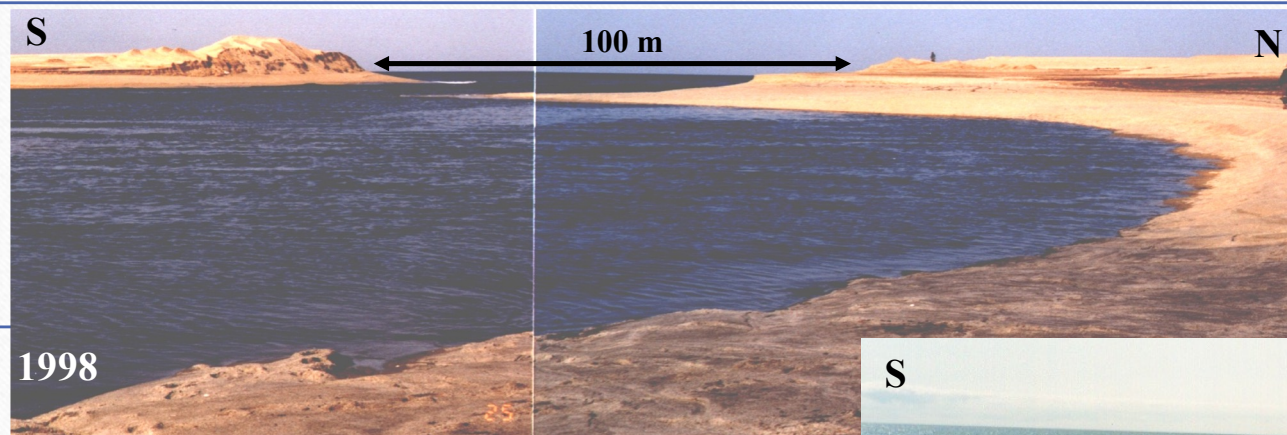


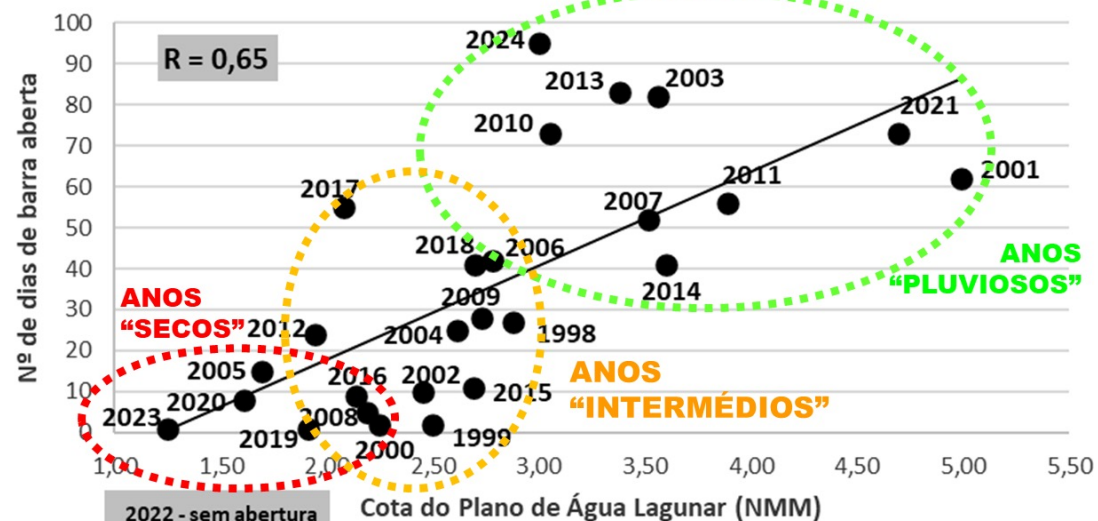
10/Março/2009

55 m

6/Abril/2009

9/Abril/2009





Tempo de actividade:

min. = < 24 horas

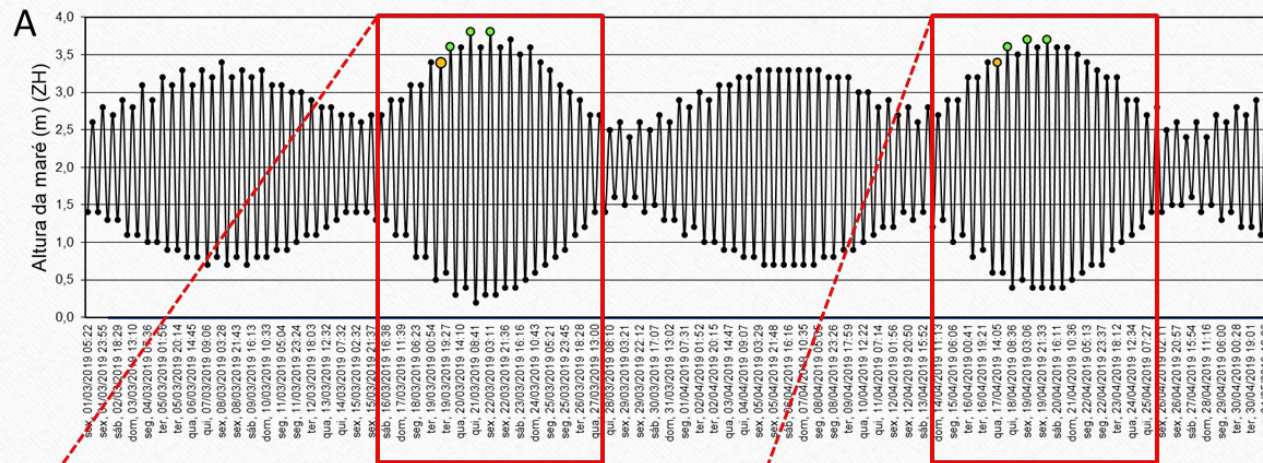
Máx. = 95 dias

Largura da barra de maré:

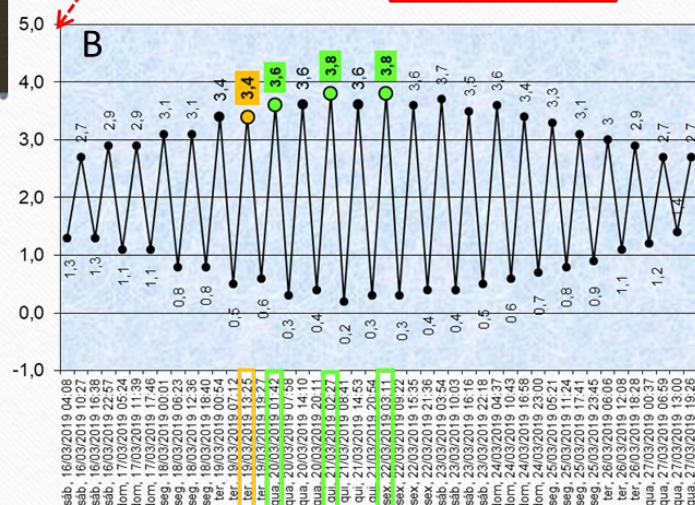
min. = 30 m

Máx. = 200 m

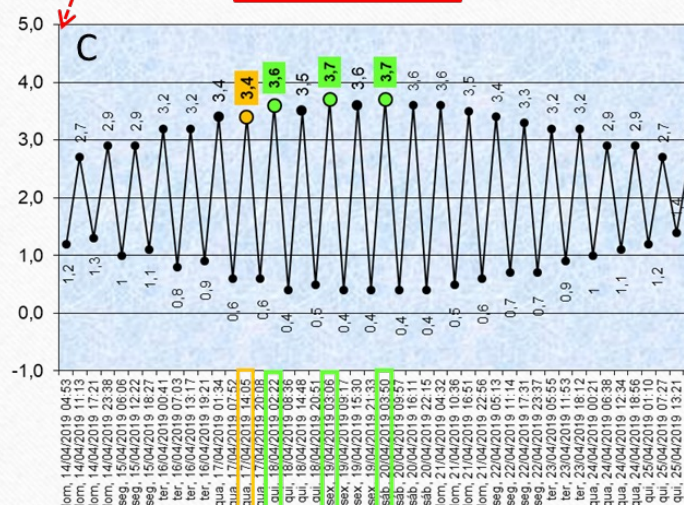
	Anos "SECOS"	Anos "PLUVIOSOS"
Volume água Armazenado	Pequeno	Grande
Duração da 1ª vazante	≈ 6 horas	12 - 18 horas
Dimensões da barra de maré	Pequena (<50 m)	Grande (>50 m)
Posicionamento do delta de vazante	Proximal intertidal	Distal subtidal
Tempo de barra activa	2 - 10 dias	> 1,5 meses



A - Cota do baixa-mar e do preia-mar previstos para o Porto de Sines entre 1 de Março e 1 de Maio de 2019



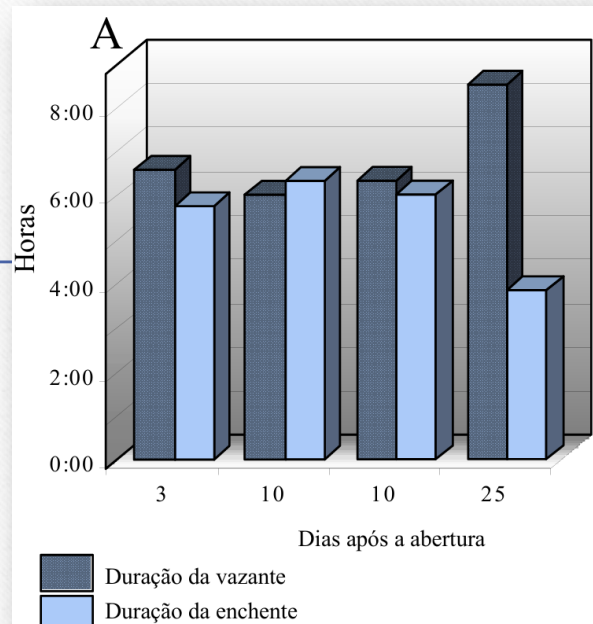
B – Baixa-mar e Preia-mar do 1º período favorável de marés vivas (ponto laranja - preia-mar ideal para a abertura artificial da barra de maré)



C – Baixa-mar e Preia-mar do 2º período favorável de marés vivas (ponto laranja - preia-mar ideal para a abertura artificial da barra de maré)



DURAÇÃO DA MARÉ LAGUNAR



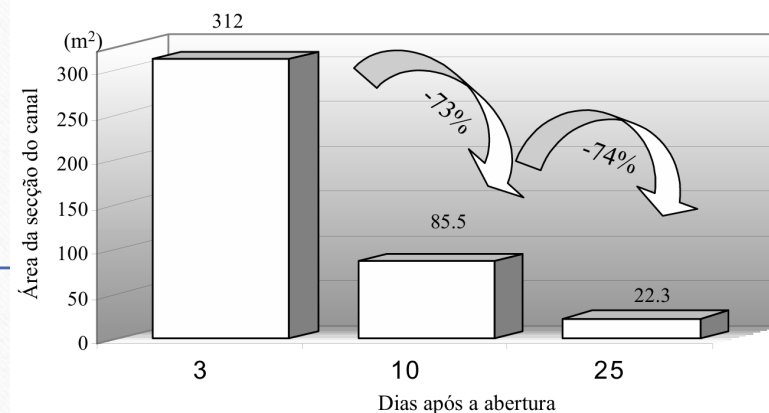
**Velocidade
de vazante
0,57 m/s**

**Velocidade
de enchente
1,3 m/s**

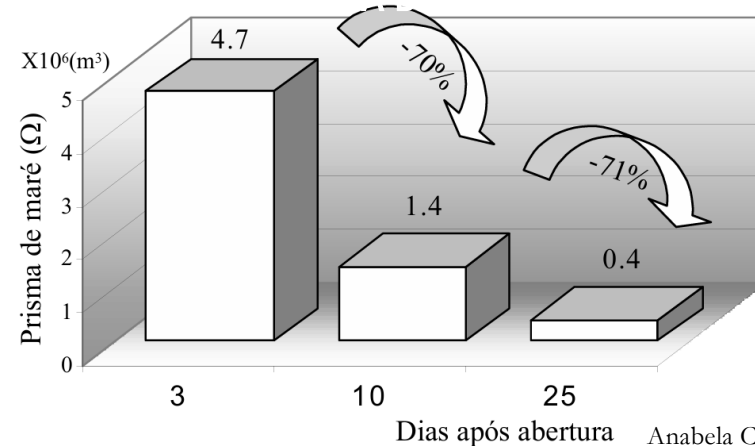
**SISTEMA COM
DOMINÂNCIA
DE ENCHENTE**

ÁREA DA SECÇÃO DO CANAL

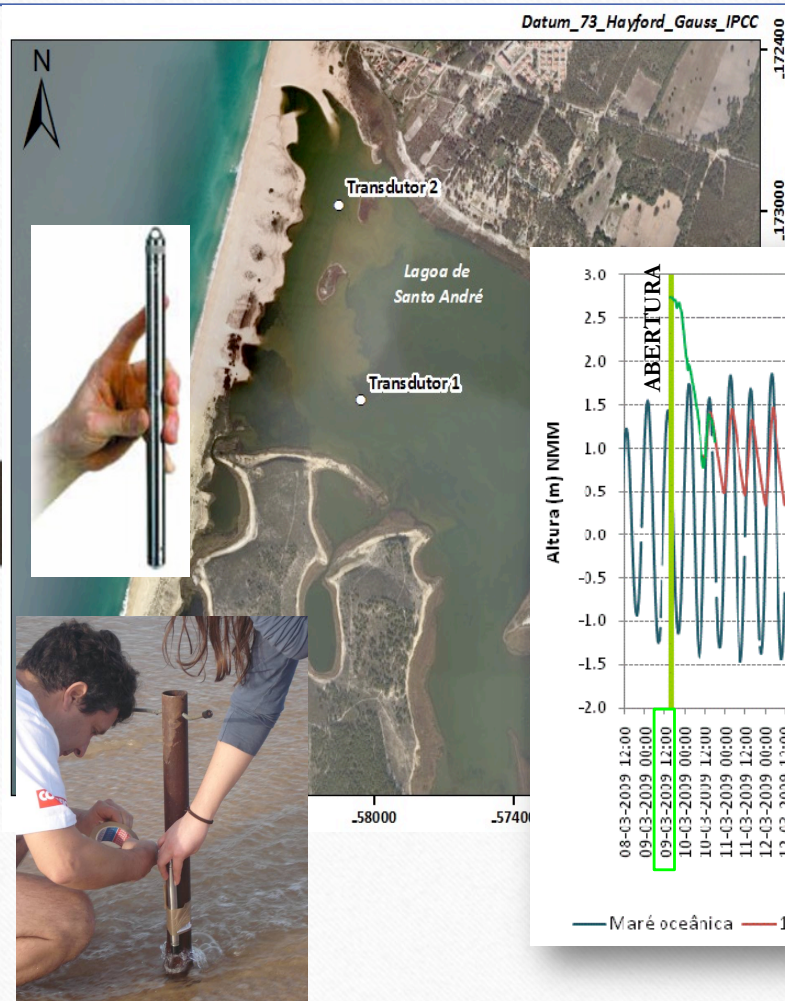
1998



PRISMA DE MARÉ



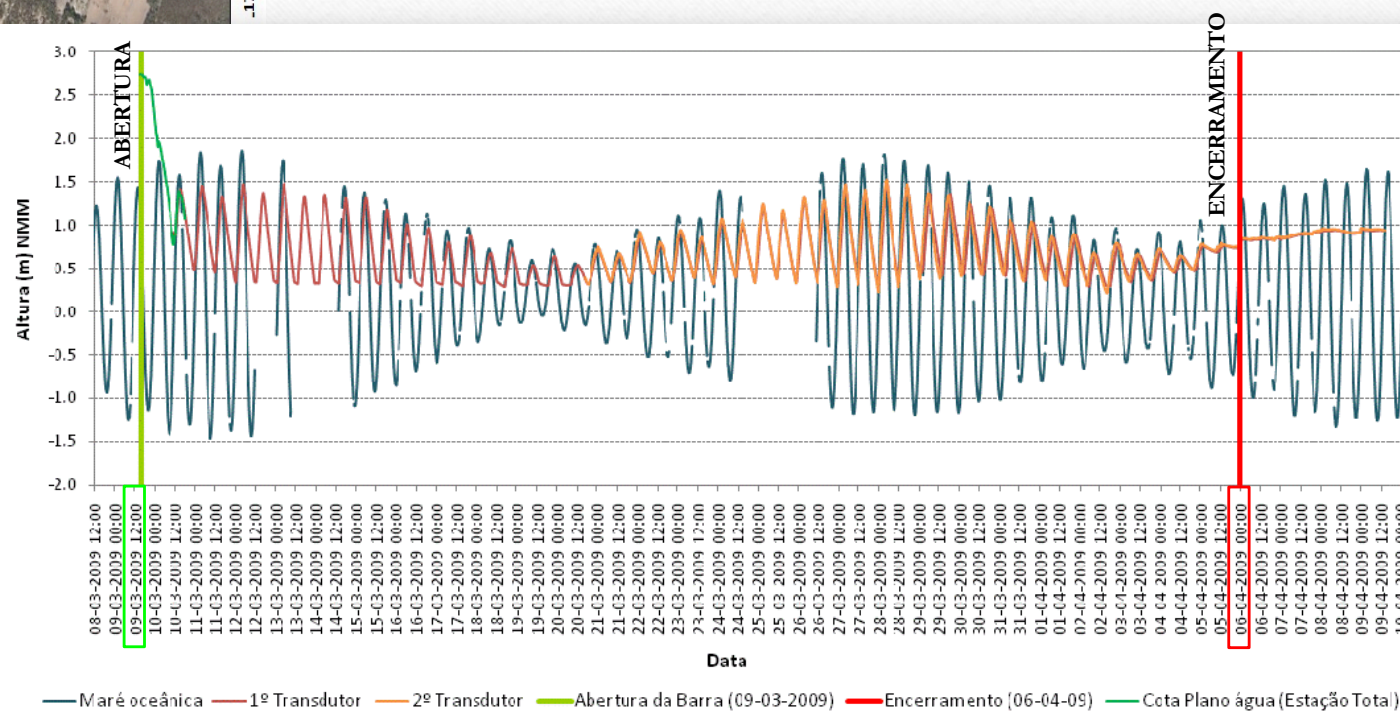
Anabela Cruces, 2001



Propagação da maré no interior da laguna:

- Escalas graduadas
- Transdutores de pressão

2009



Ana Rita Pires, 2011



A abertura artificial anual da barra de maré produz rebaixamento da cota do plano de água lagunar:



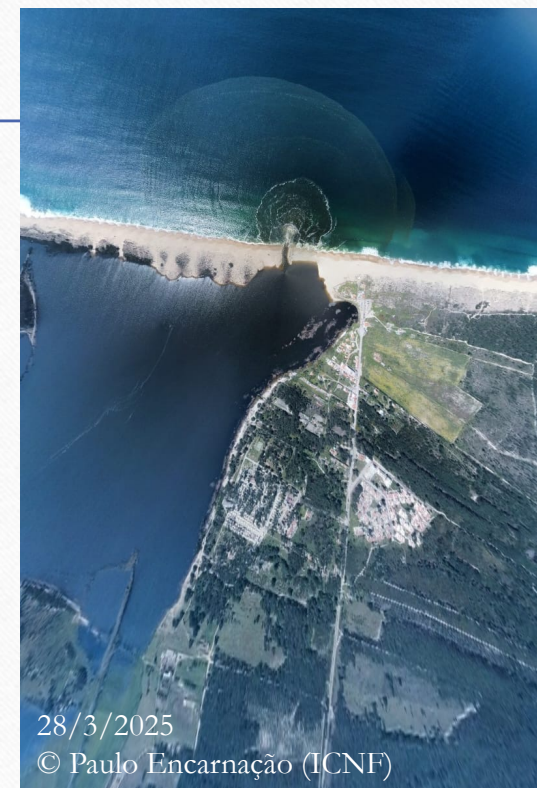
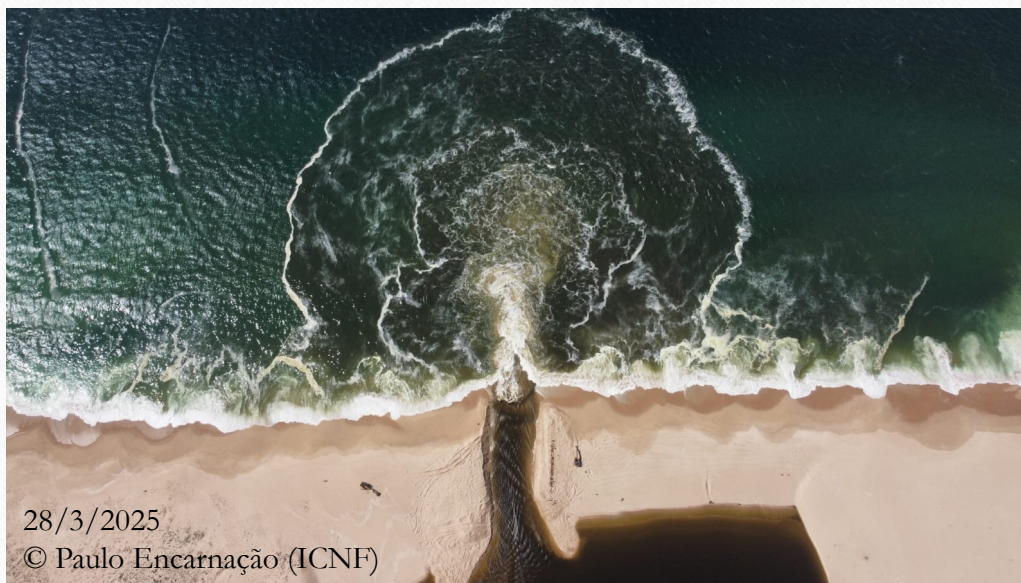
A abertura artificial anual da barra de maré produz rebaixamento da cota do plano de água lagunar:

- * A abertura ao coincidir com o equinócio da primavera, numa época em que as aves estão a nidificar, pode colocar os ninhos das aves aquáticas, construídos nas margens ou em locais com pouca profundidade, em perigo.
- * O rebaixamento do nível da água vai deixar os ninhos a seco e os progenitores abandonam as posturas ou as crias entretanto nascidas.



A abertura artificial anual da barra de maré produz interferência/perturbação no sector oceânico proximal:

- * Mudanças das características físico-químicas da água
- * Transferência de nutrientes e outras substâncias (em solução)
- * Transferência de sedimentos (inertes, matéria orgânica, poluentes (?))



Principais Factores que controlam o **tempo de actividade** da barra de maré efémera da Lagoa de Santo André:

- * **Coeficiente Hidráulico** entre água lagunar-maré oceânica (magnitude + persistência) durante o primeiro ciclo de maré;
- * **Cota do Plano de Água Lagunar** antes do momento da abertura;
- * **Magnitude do 1º prisma lagunar** imediatamente à abertura, que é exportado para o oceano;
- * **Secção da barra de maré** (forma e dimensão);
- * **Localização inicial do delta de vazante** (proximal/distal);
- * Agitação marítima e condições de maré durante o período de barra activa.



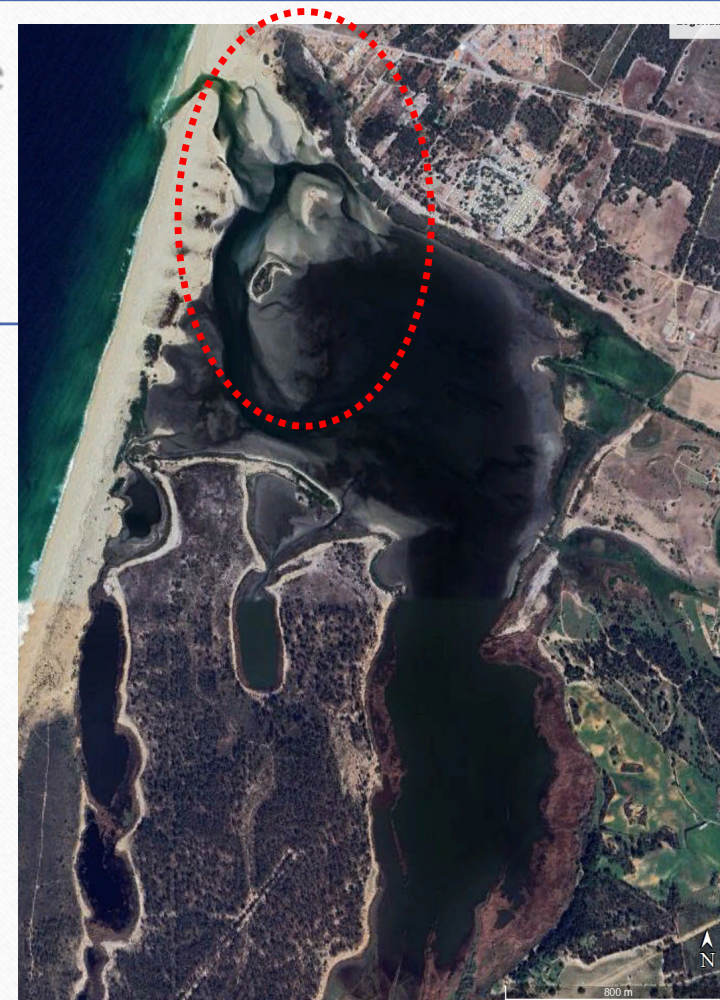
A abertura artificial anual da barra de maré induz assoreamento do espaço lagunar:

- * **Do lado de terra:** como consequência da descida do nível de base, introdução de sedimentos fluviais no corpo lagunar



A abertura artificial anual da barra de maré induz assoreamento do espaço lagunar:

- * **Do lado do oceano:** como consequência das maiores velocidades de enchente



INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

BARRA DE MARÉ

MARÉ LAGUNAR

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS



© Luís Baltazar (17/3/2021) – 5 dias após a abertura

INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

BARRA DE MARÉ

MARÉ LAGUNAR

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS



INSTITUTO
DOM LUIZ



A importância da investigação na gestão de ambientes lagunares: impactes da abertura artificial de uma barra de maré: o caso da Lagoa de Santo André (Portugal)

Anabela Cruces
Conceição Freitas
César Andrade
Vera Lopes

OBRIGADA

anabela.cruces@ulusofona.pt

- PRAXIS/PCNA/C/CTE/12/96 – Evolução Holócenica de sistemas lagunares do SW Alentejano;
- POCTI/MAR/15231/99 – Factores Forçadores Globais *versus* Locais e Evolução pós tardi-glaciar de estuários e lagoas do SW Português;
- PTDC/MAR/65585/2006 – Dynamics of Ephemeral Tidal Inlets;
- APS – Administração do Porto de Sines (registo marégrafo, bóia ondógrafo);
- RNLSAS/ICNF – Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha;
- Escola de voo de Santiago do Cacém – Fotografias Aéreas;
- Junta de Freguesia de Vila Nova de Sto André;
- Pescadores e população local;
- GNR – Destacamento de Controlo Costeiro de Sines;
- A todos os que possibilitaram e colaboraram.

© Paulo Encarnação (7/3/2023) – dia da abertura

