



**Monitorização da renovação anual do
hidrossoma da Lagoa de Santo André
(Portugal) - um sistema lagunar com barra
de maré efémera**

Anabela Cruces^{1,2},

Maria da Conceição Freitas², Elisabete Maurício¹,
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



INTRODUÇÃO

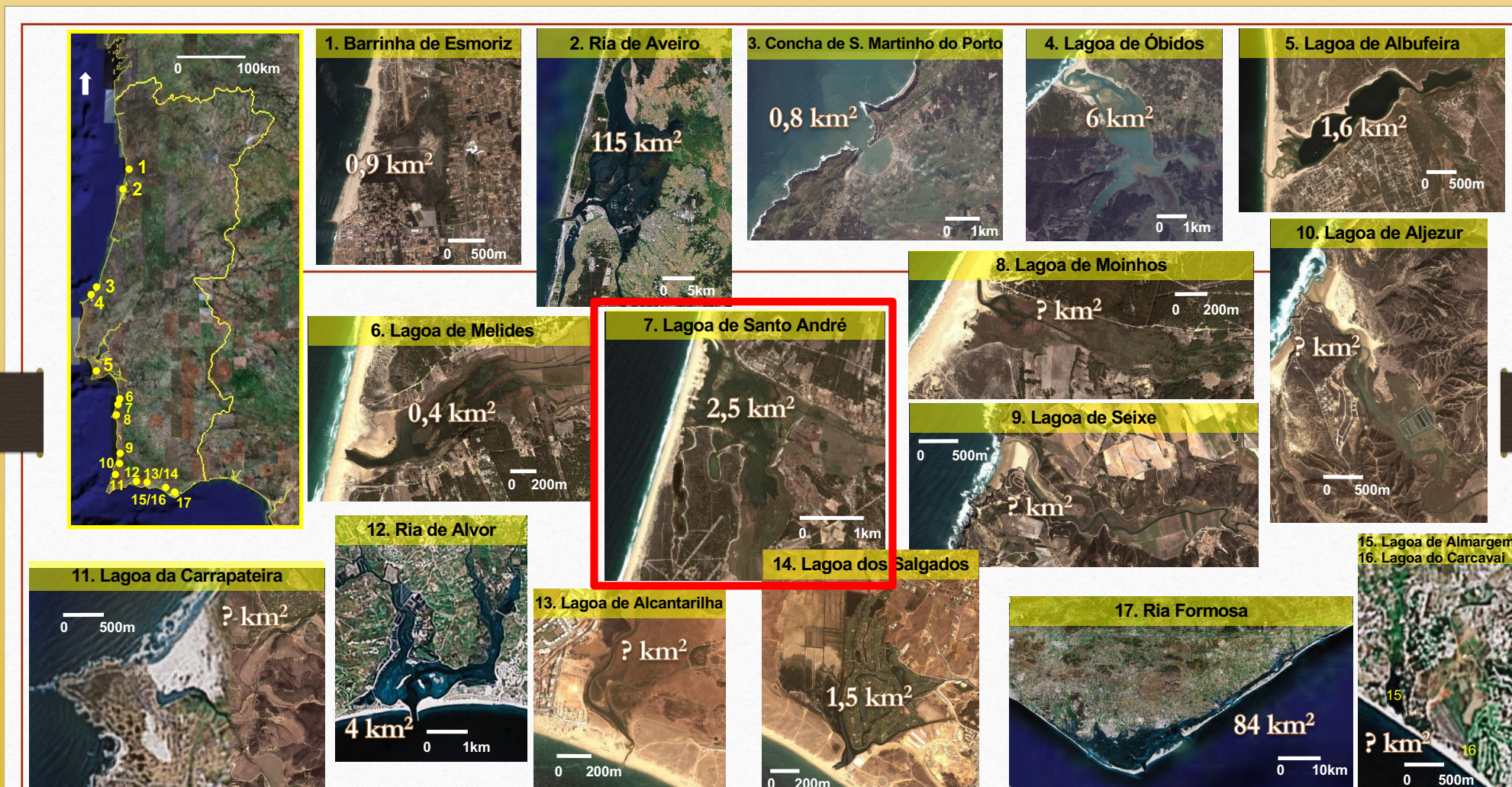
CARACTERÍSTICAS

MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS



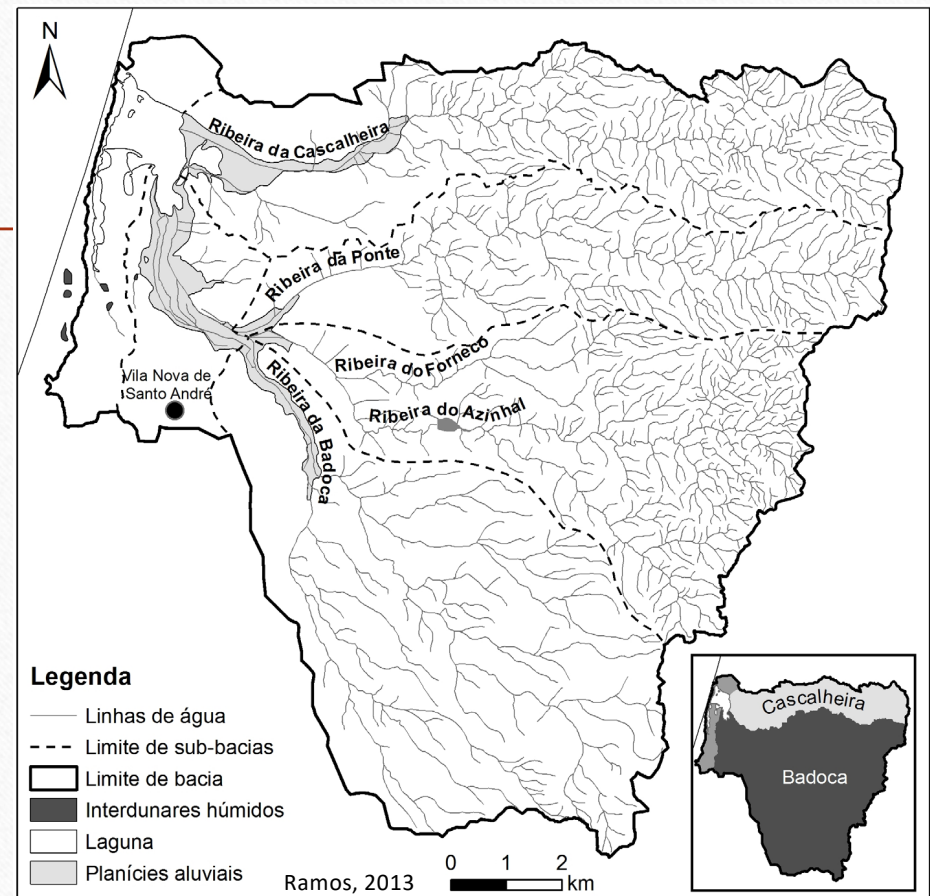


80 km
Sul de Lisboa

Área = 2,5km² (3 km²)
Prof. máx. = 5m



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



INTRODUÇÃO

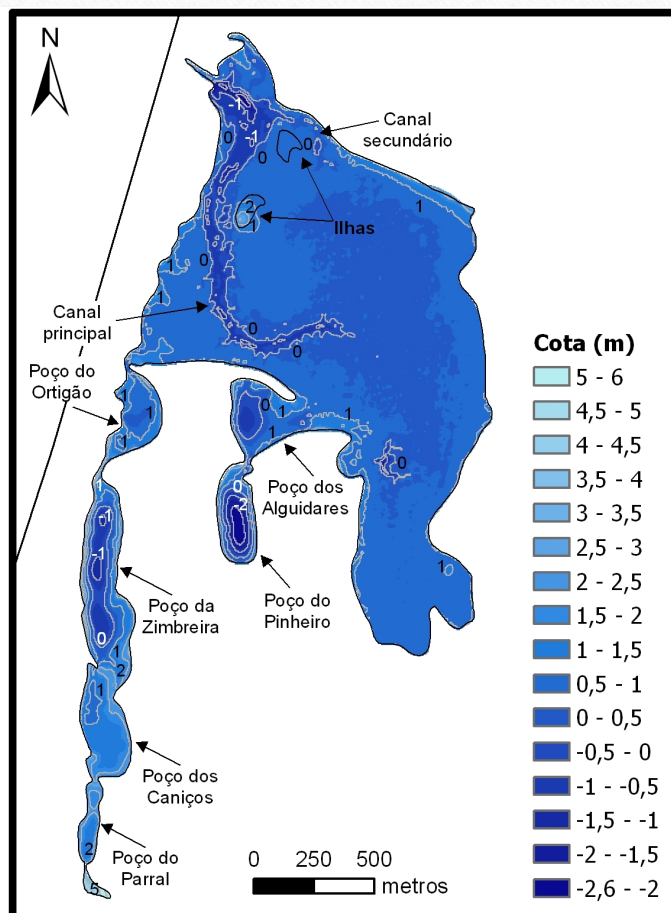
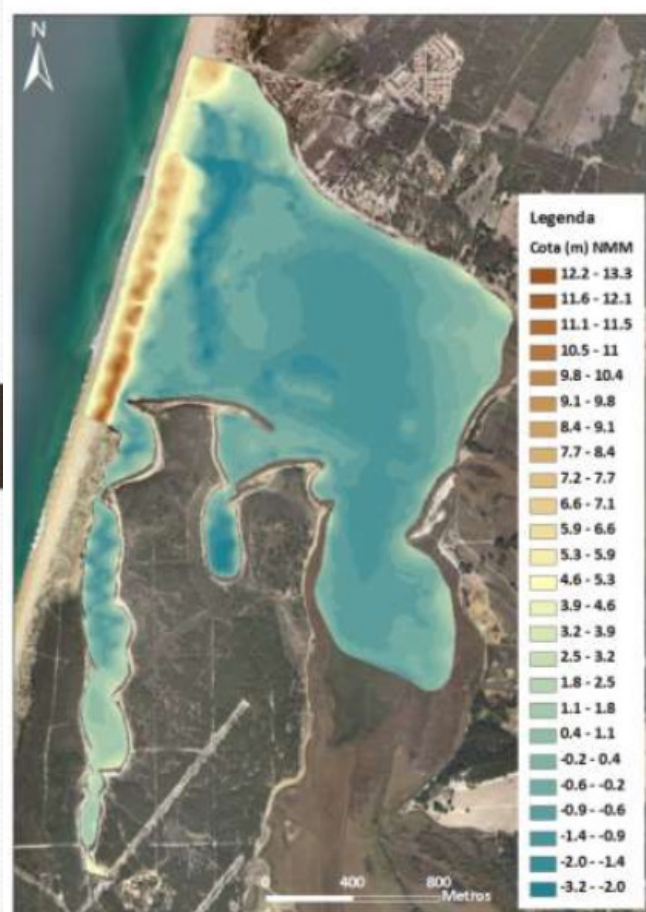
CARACTERÍSTICAS

MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS



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



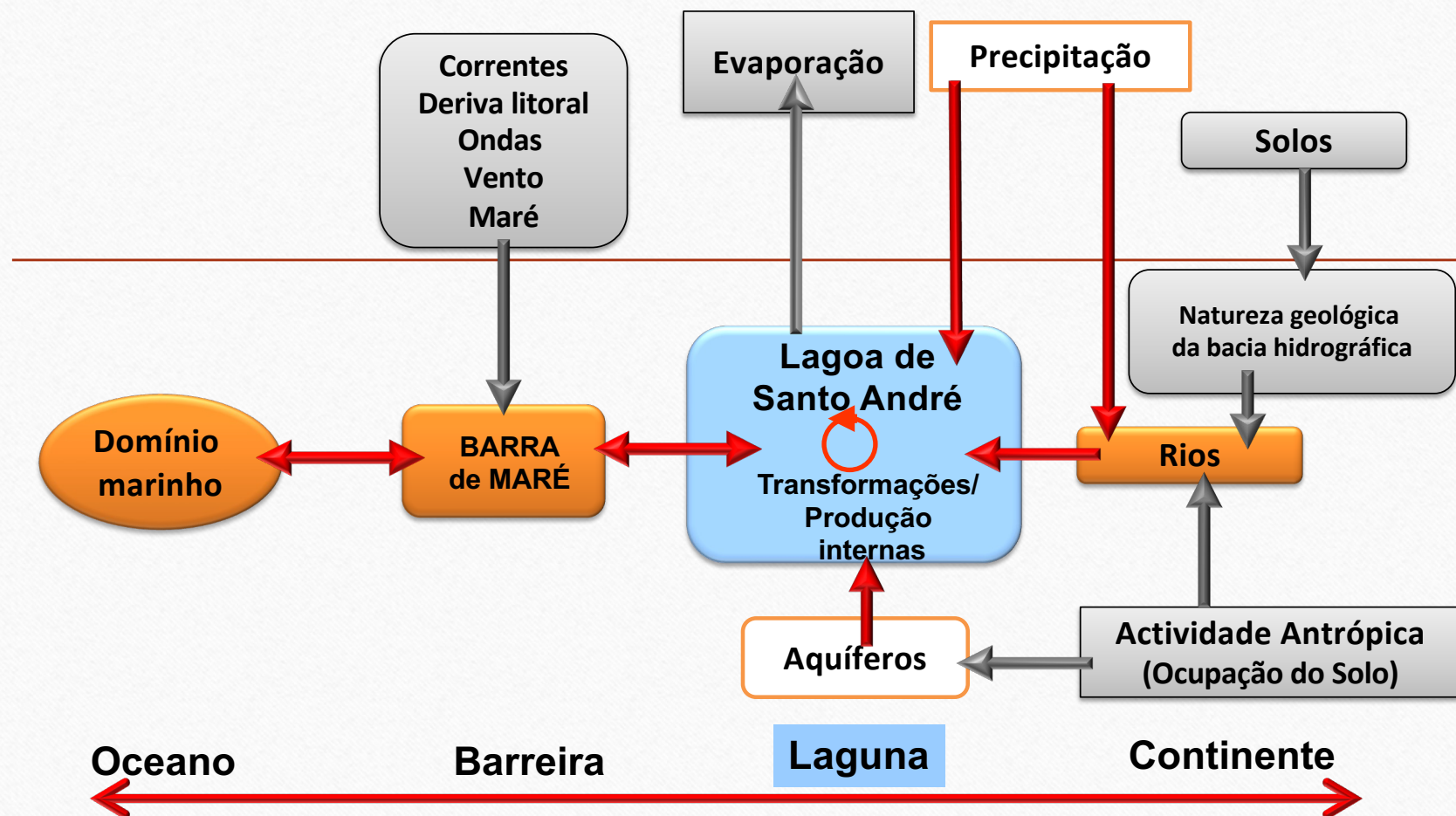


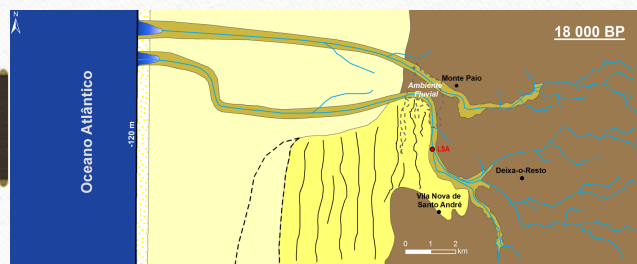
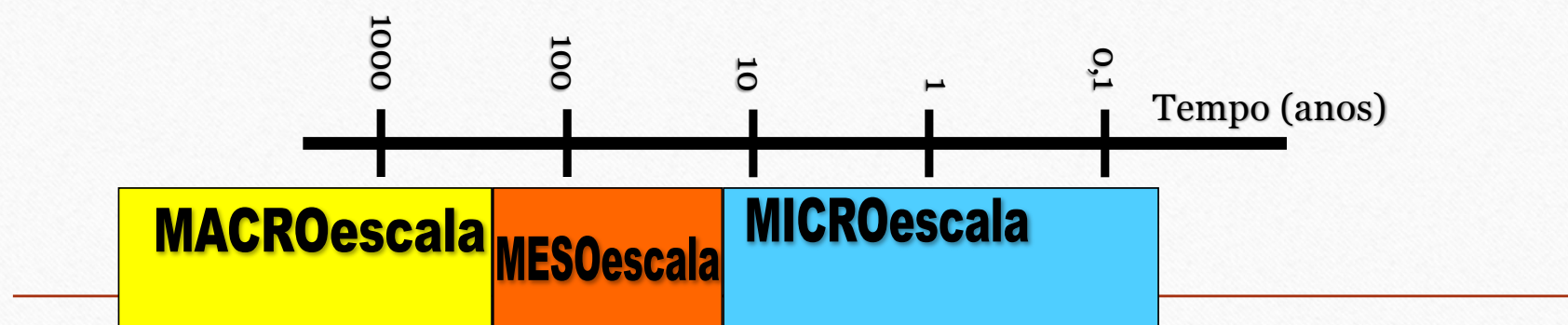
**Reserva Natural
das Lagoas de Santo André e da Sancha (ano 2000)**

Objetivos principais desta abertura ao mar são:

- ✓ Manutenção deste habitat, que é prioritário, com condições de excelência para avifauna
- ✓ Renovação da massa de água







“Portos de Portugal
El Atlas del Rey Planeta”
1634



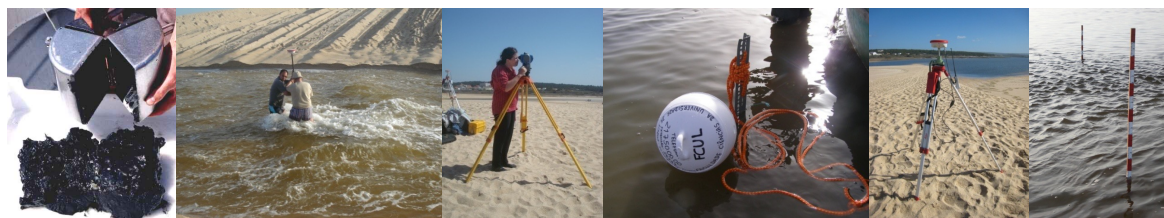


Trabalhos realizados entre 1998 – 2025 (27 anos):

• **Dezenas de CAMPANHAS DE MONITORIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:**

- Do HIDROSSOMA LAGUNAR (barra fechada e barra aberta)
- Da água na barra de maré desde o início do escoamento após o rompimento da barreira
- Da água do mar na praia adjacente à 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).



Métodos de estudo:

- **Monitorização dos parâmetros físico-químicos do hidrossoma lagunar (barra fechada e barra aberta) e da água que circula na barra de maré;**





Rede de amostragem

LAGUNA:

- Barra fechada/aberta

BARRA:

- Barra aberta

OCEANO (Praia):

- Barra aberta

- Temperatura
- Salinidade
- Condutividade
- Oxigénio Dissolvido
- % Saturação O.D.
- pH
- ORP
- TDS
- Turbidez
- Transparência
- Microbiologia
- Análise química

Sonda multiparamétrica de medições de parâmetros *in situ*



Na coluna de água de 0,5 em 0,5 m até atingir o fundo



Transparência (disco de Secchi)

INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS

n° campanhas /ano	data	dias de barra activa	MICROESCALA					MESOESCALA		
			Campanha	Corpo aquoso		sedimentos			Sondagens "curtas"	
				Parâmetros físico- químicos (estações)	Cota do plano de água (m) (NMM)	Lagunares	Fluviais	barreira arenosa (perfil MV)		
							n° das estações	n° amostras		
11	1998	22 mar	A	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11						
		24 mar	24/3 - Abertura (artificial) da barra de maré							
		25/26 mar	B	2,8,9,10,11,12						
		2/4 abr	C	8,9,10,13						
		9/18 abr	D	9,10,13						
		20 abr					20/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		22 mai	E	B,2,3,4,7,8,9,10,11,13						
		25 jun	F	B,2,3,4,8,9,10,11,12,13						
		21 jul	G	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13						
		08 set	H	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13						
		07 out	I	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13						
		09 set	J	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13						
		22 dez	K	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		15 jan	L	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16,17,18,19						
10	1999	23 fev	M	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,17,18,20						
		19 mar	N	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,15,17,19,20						
		08 mar	2	28/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			30/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		31 mar		O	B,2,3,4,5,6,7,8,10,11,13,14					
		13 abr	horas	13/4 - Reabertura (artificial) da barra de maré			13/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		14 abr	horas	13/4 - Reabertura (artificial) da barra de maré			14/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		13 mai	P	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		25 jun	Q	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		15 ago	R	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		16 set	S	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		19 out	T	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		16 dez	U	B,2,3,4,5,6,7,9,10,11,13,14,16						
		22 jan	V	B,2,3,4,5,6,7,9,10,11,13,14,16						
		02 mar	W	B,2,3,4,5,6,7,9,10,11,13,14,17,18,19						
5	2000	5 Abr a 7 Abr	2	5/4 - Abertura (artificial) da barra de maré			7/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		17 Abr	X	B,2,3,5,6,7,8,9,10,11,13,14						
		13 Ago	Y	B,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16						
		19 Nov	Z	2,3,4,6,7,8,9,10,13						
4	2001	9 Fev	AA	1,2,3,5,7,8,9,10,13,14,15,17,18	4,742					
		12 Fev	12/2 - Abertura (artificial) da barra de maré							
		12 Fev	AB	2,16						
		13 Fev	AC	2,4,5,8,11,16						
		15 Abr					15/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		26-27 Abr	AD	B,2,3,5,6,7,8,9,10,11,13,15,13,14,15,16,17,18,19	0,822					
1	2002	21 Mar						2,217		
		28 Mar						2,202		
		28 Mar	10	28/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			7/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		7 Abr								
1	2003	18 Abr	AE	B,2,3,5,6,7,8,9,10,11,13,14				1,417		
		7 Fev	AF	2,3,5,6,7,8,9,10,11,13,15,17,18,19,20					1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,16,18,19,20,21	
		8 Fev						3,307		
		18 Mar a 8 Jun	82	18/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			8/6 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	2004	19 Fev								
		20 Fev						2,362		
		5 Abr a 30 Abr	25	5/4 - Abertura (artificial) da barra de maré			30/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		24 Ago	AG	B,2,8				4,61		
1	2005	4 Abr	AH	B,2,3,4,5,7,8,9,10,13				1,442		
		7 Abr a 22 Abr	15	7/4 - Abertura (artificial) da barra de maré			22/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		27 Mar						2,532		
		28 Mar a 9 Mai	42	28/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			9/5 - Encerramento (natural) da barra de maré			
2	2007	16 Mar						3,267		
		18 Mar	52	18/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			9/5 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		9 Mai								
		11 Mai	AI	2,10,11,14,16						
2	2008	18 dez	AJ	10,11,14						
		04 abr	5	4/4 - Abertura (artificial) da barra de maré			9/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		09 abr								
		07 mai	AK1	pontos da margem (temp., sal., cond.)						
8	2009	13 mai	AK2	pontos da margem (pH)						
		26 fev	SA1	1,2,3,4,5,7,8,9,10,13,15,16,17	2,85					
		09 mar	9/3 - Abertura (artificial) da barra de maré							
		09 mar	SA2		2					
		10 mar	SA3	2,3,7A,11,14,16,16A						
		11 mar	SA4	2,3,7,7A,9,9A,10,11,13,16	2 transdutores					
		20 mar	SA5	8,2,3,4,7,8,11,16						
		06 abr							6/4 - Encerramento (natural) da barra de maré	
		09 abr	SA6	B,2,3,5,7,8,9,9A,10,10A,11,13,13A,14,16	0,98					
		10 jul	SA7	B,2,3,7,9,9A,10,11,13,13A,16	1,06					
		09 nov	SA8	B,2,3,4,5,7,8,9,9A,10,13,15,16,17,19						
		23 mar	SA9	B,2,4,7,8,9,10,13,15,17,22,23						
		28 Mar a 9 Jun	73	28/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			9/6 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		18 Mar a 13 Mai	56	18/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			13/5 - Encerramento (natural) da barra de maré			
2	2012	06 mar			B,2,5,7,8,9,10,13					
		7 Mar a 31 Mar	24	7/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			31/3 - Encerramento (natural) da barra de maré			
		05 abr			B,2,3,5,6,6A,7,8,9,9A,9B,10,13,13A,13B					
		25 mar			B,2,3,4,7,8,9,10,13,15,17,19					
1	2013	26 Mar a 17 Jun	83	26/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			17/6 - Encerramento (natural) da barra de maré			

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

INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS

nº campanhas /ano	data	dias de barra activa	MICROESCALA					MESOESCALA	
			Campanha	Corpo aquoso		sedimentos			Sondagens "curtas"
				Parâmetros físico- químicos (estações)	Cota do plano de água (m) (NMM)	Lagunares	Fluviais	barreira arenosa (perfil MV)	
						nº das estações	nº amostras		
1	28 fev			8,2,3,4,7,8,9,10,13,15,17,19					
	28 Fev a 10 Abr	41	28/2 - Abertura (artificial) da barra de maré			10/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	19 mar			8,2,5,7,9,10,13,17,19					
	19 Mar a 29 Mar	10	19/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			29/4 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	8 Mar			8,2,4,5,7,9,13					
	8 Mar a 17 Mar	9	8/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			17/3 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	27 Mar			8,2,4,5,7,8,9,10,13,14					
	27 Mar a 21 Mai	55	27/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			21/5 - Encerramento (natural) da barra de maré			
0	28 Mar a 8 Mai	41	28/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			8/5 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	19 Mar			8,2,3,5,7,9,10,13					
	19 Mar a 20 Mar	1	19/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			20/3 - Encerramento (natural) da barra de maré			
2	3 Jun			8,2,3,5,6,7,8,9,10,13,14					
	4 Jun a 12 Jun	8	4/6 - Abertura (artificial) da barra de maré			12/6 - Encerramento (natural) da barra de maré			
	24 Jun			8,2,3,36,4,5,7,8,9,10,108,10,13,138					
0	12 Mar a 24 Mai	73	12/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			24/5 - Encerramento (natural) da barra de maré			
0	28 Abr			2,4,5,7,9,10,11,13					
	Não ocorreu abertura								
2	7 Mar			8,2,4,5,7,8,9,10,13,16					
	7 Mar a 8 Mar	1	7/3 - Abertura (artificial) da barra de maré			8/3 - Encerramento (natural) da barra de maré			
	11 Mar a 11 Mar	1	11/3 - Reabertura (artificial) da barra de maré			11/3 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	11 Abr			8,1,2,7,9,10,11,13,16					
	8 Abr			7,8,9,10,13,16,17,19					
	8 Abr a 12 jul	95	8/4 - Reabertura (artificial) da barra de maré			12/7 - Encerramento (natural) da barra de maré			
1	28 Mar			2,7,8,10,13,16 - A(5), B(4), C(1), D(Barra), E(mar)					
	28 Mar a ??	>58	28/3 - Reabertura (artificial) da barra de maré			(???) - Encerramento (natural) da barra de maré			

61



In situ

On situ



On site



INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

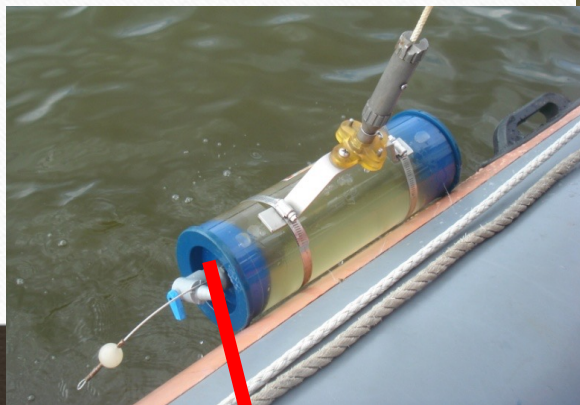
MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS

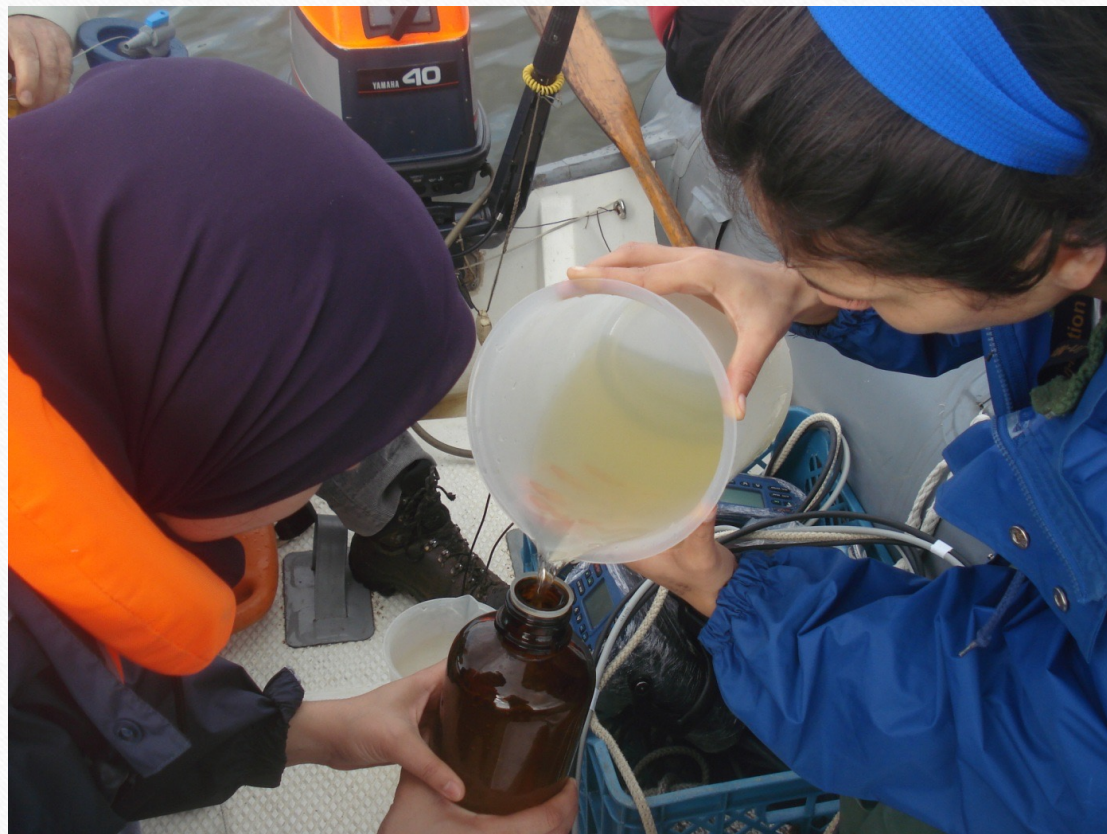
On site
Ex situ (laboratório)

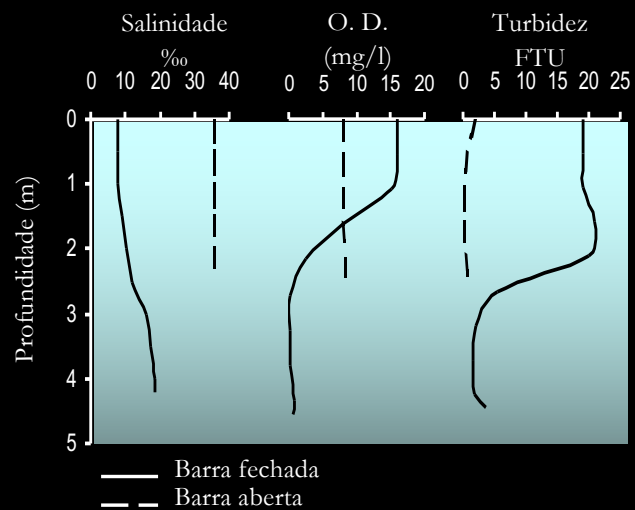
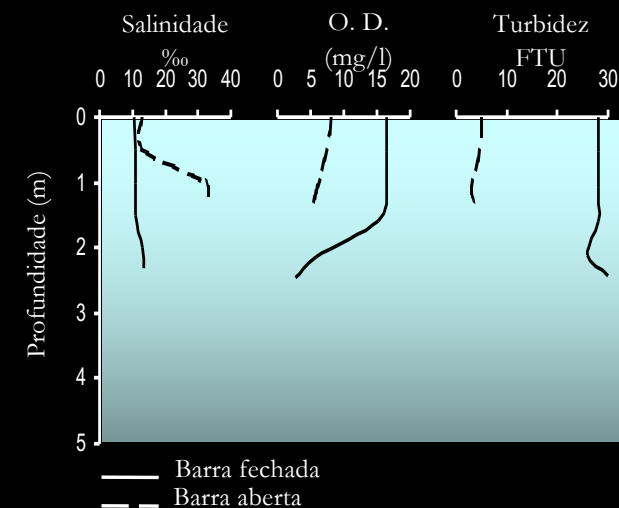


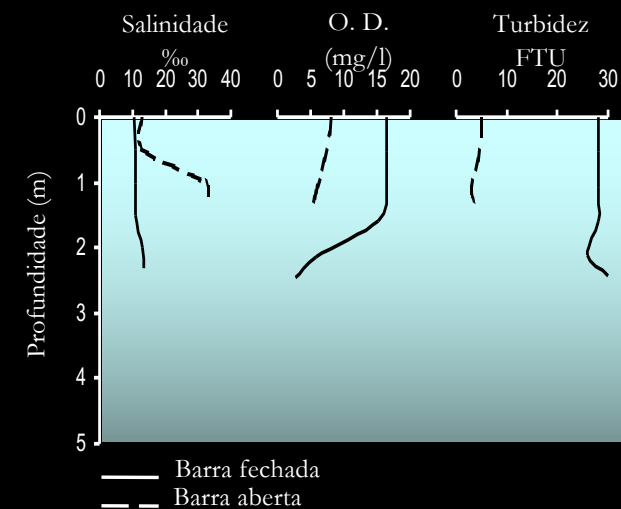
Garrafa de
colheita (van
dorn) – vertical ou
horizontal



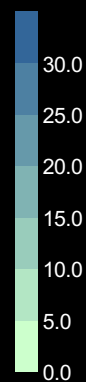
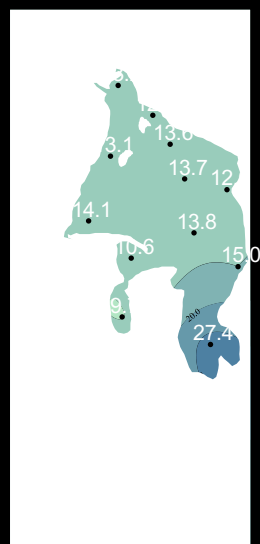
Ex situ (laboratório)



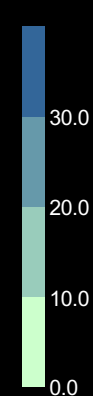
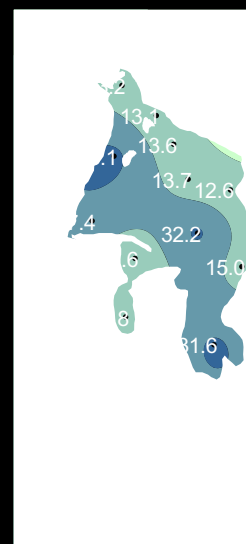
1998**27 dias
aberta****1999****2 dias
aberta**

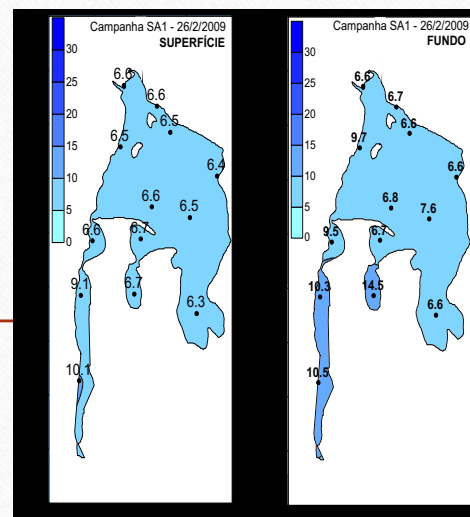
1999**2 dias
aberta**

Salinidade -superfície



Salinidade -fundo



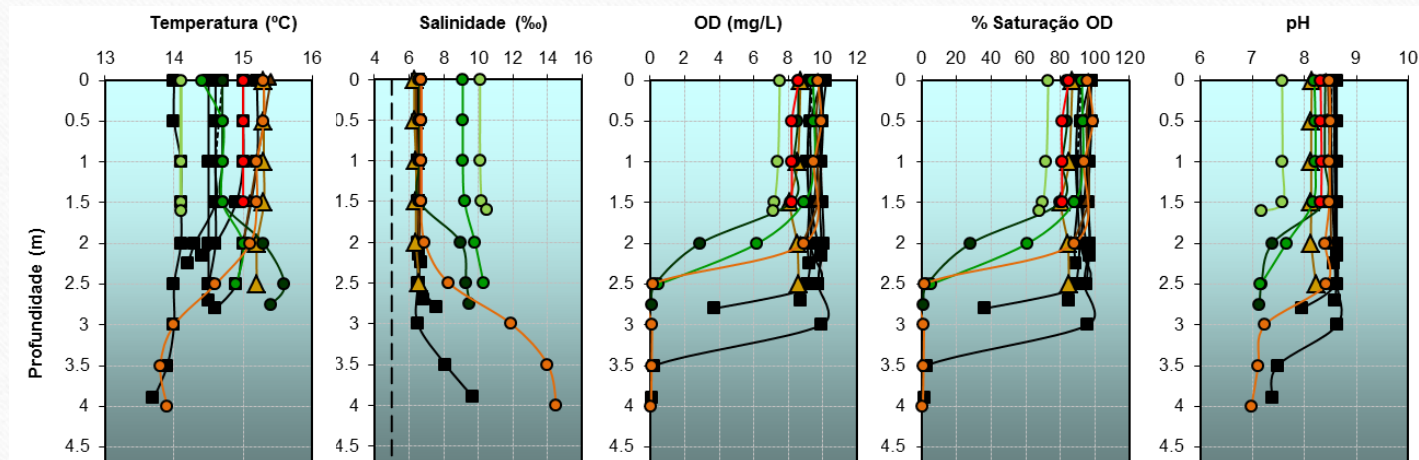


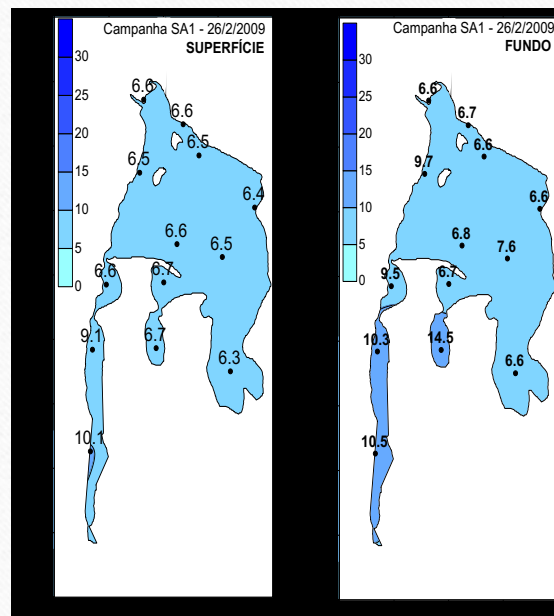
Legenda:



26/2/2009

BARRA FECHADA



2009**28 dias
aberta**

Superfície

Fundo

SA1

Variação espacial da salinidade

9/3/2009

6/4/2009

1 dias depois**3 dias depois do encerramento da barra**

Abertura

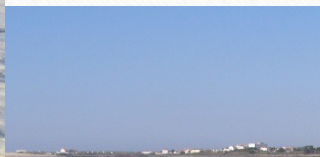
SA3

Abertura

SA6

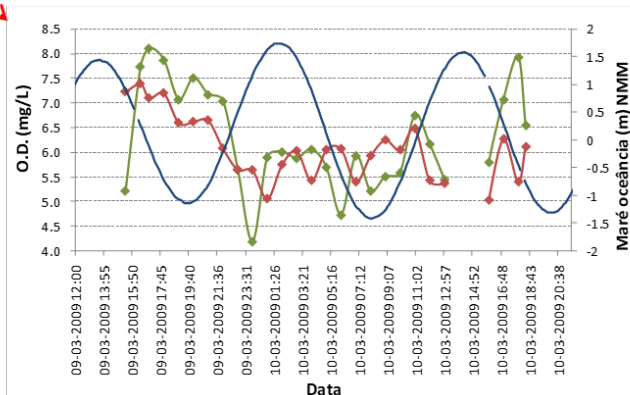
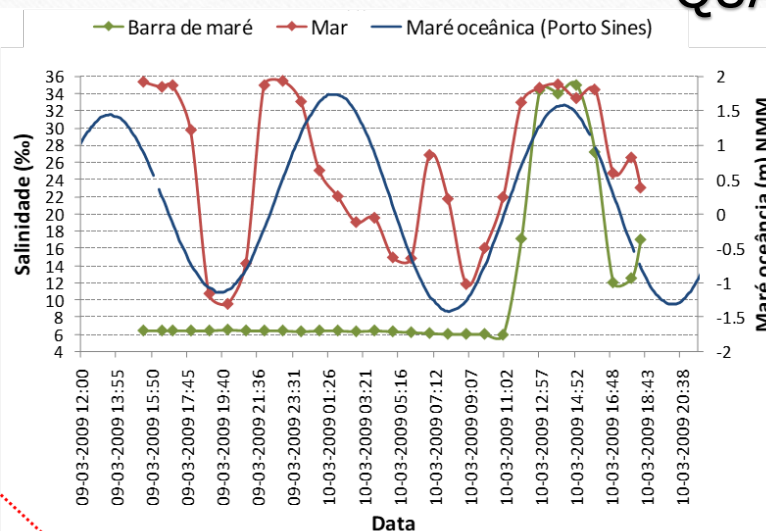
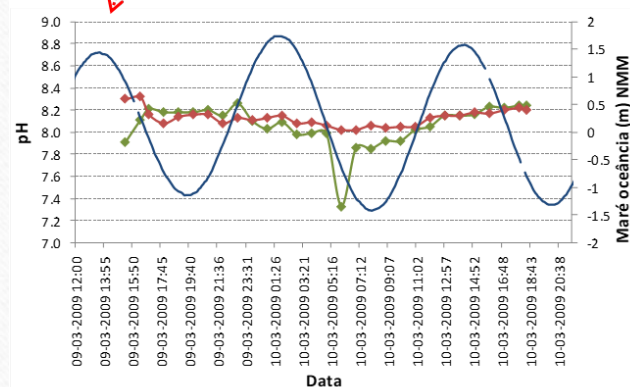
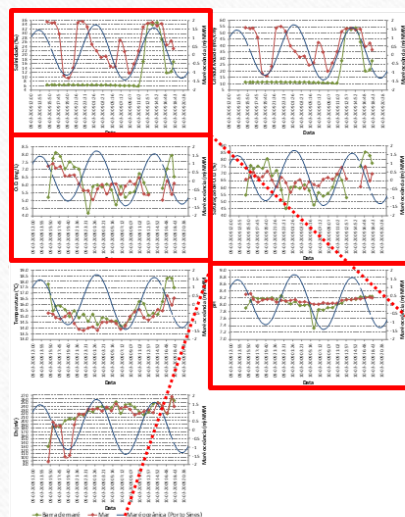
2009 10 Março **1 dias depois da abertura da barra de maré**

**28 dias
aberta**



2009
28 dias
aberta

9 de Março de 2009, abertura pelas 16h20m.

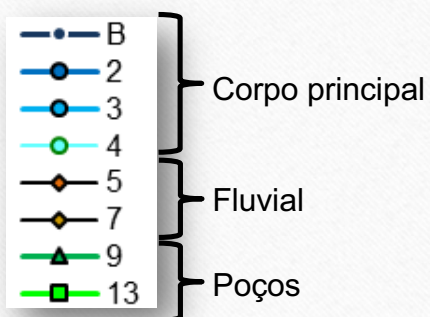


QUALIDADE DA ÁGUA na Barra de Maré

2009 *Antes da abertura*

- ✓ Perfis verticais homogêneos
- ✓ Temperatura: entre 12° e 14° C
- ✓ Salinidade: águas salobras – 6,5 a 7,5 ‰. Valores mais elevados nos Poços (estações 9 e 13)
- ✓ Oxigénio dissolvido: sem anoxia e com valores próximos da saturação (100%)
- ✓ pH: águas alcalinas (~8)
- ✓ Turbidez: pouco turvas excepto nas estações 7 (fluvial) e 13 (Poço)
- ✓ **Este ano de 2009 as características físico-químicas da água da laguna não indicavam uma necessidade imediata de abertura.**
- ✓ **No entanto, procedeu-se à abertura da mesma tendo em conta as necessidades da avifauna**

2016
9 dias
aberta

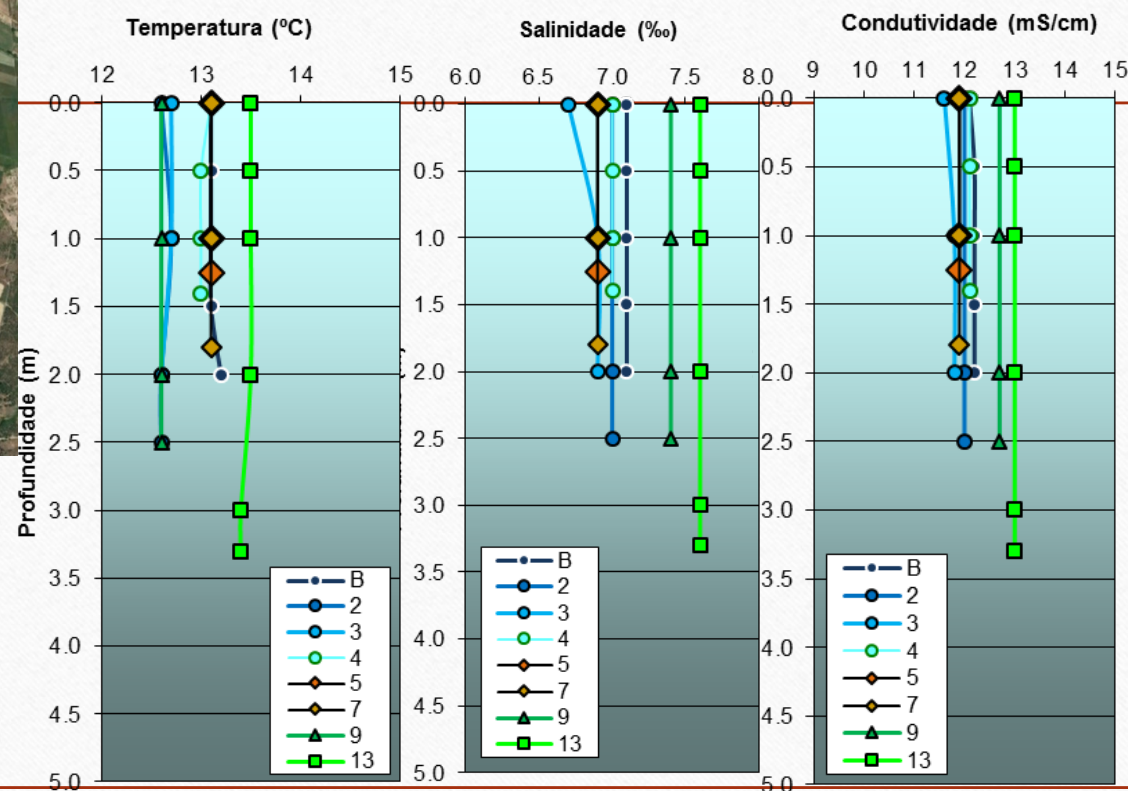


- ✓ Perfis verticais uniformes
- ✓ Valores de temperatura entre 12° e 14° C
- ✓ Águas com características salobras – salinidade entre 6,5 e 7,5 ‰ (mais elevadas nos Poços)

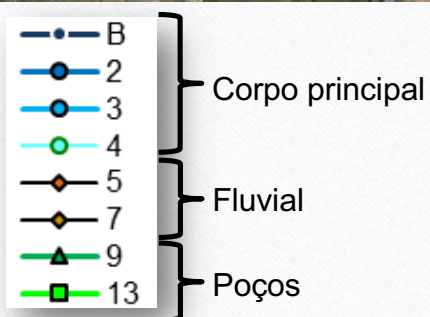
Lagoa de Santo André

8/3/2016

BARRA FECHADA



2016
9 dias
aberta

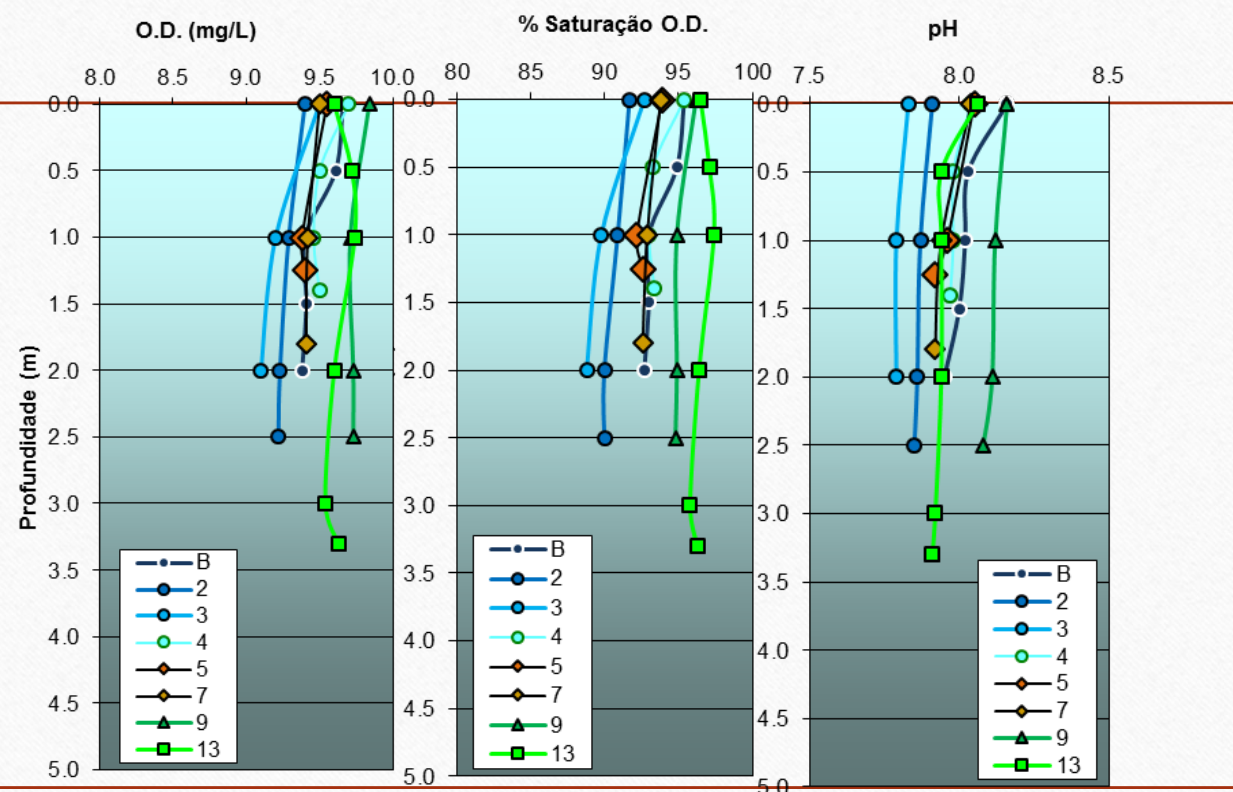


- ✓ Perfis verticais uniformes
- ✓ Valores de O.D. próximos de saturação (100%), sem anóxia junto ao fundo
- ✓ Águas com características alcalinas

Lagoa de Santo André

8/3/2016

BARRA FECHADA



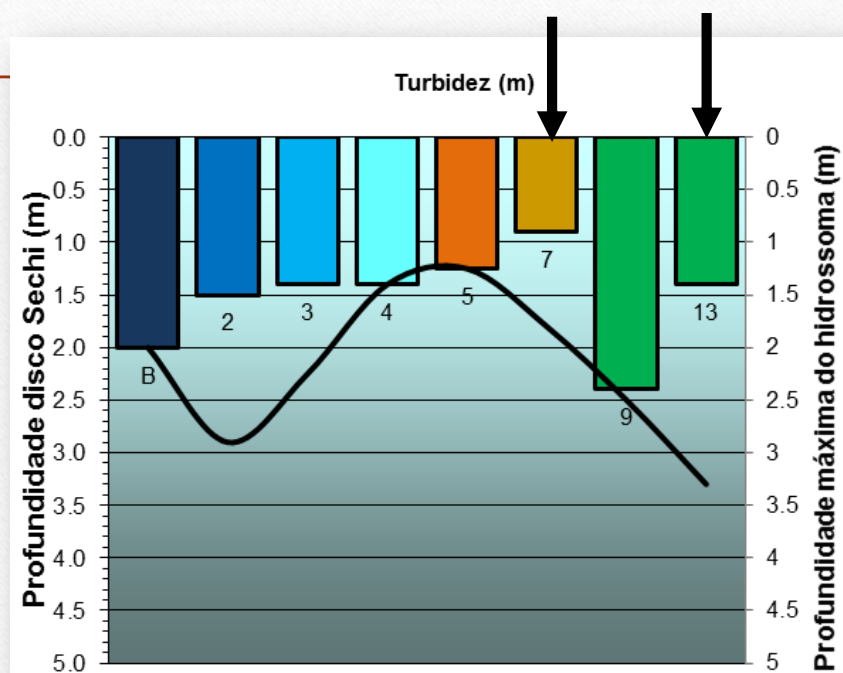
2016

9 dias
aberta

Zonas com TURBIDEZ mais elevada:
 7 – descarga fluvial (material terrígeno)
 13 – Biomassa (algas na coluna de água)

Lagoa de Santo André

8/3/2016

BARRA FECHADA

2023**1 dia aberta
(+ reabertura 1 dia)**

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

INTRODUÇÃO

CARACTERÍSTICAS

MÉTODOS

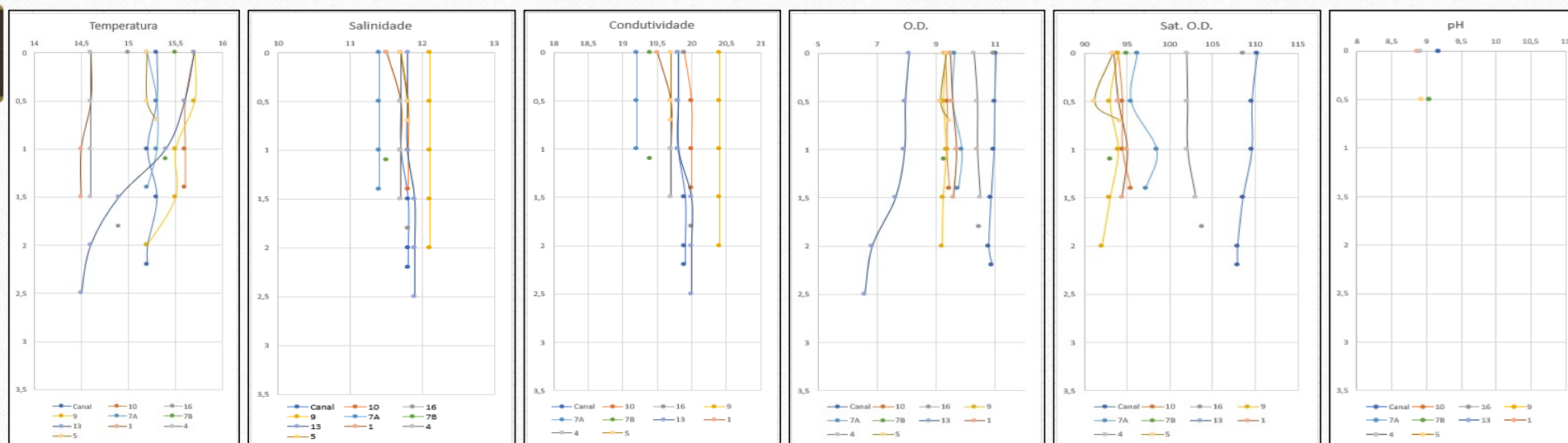
RESULTADOS

CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS

2023
dia da abertura
7/3/2023

2023	7 Mar			B,2,4,5,7A,7B,9,10,13,16
	7 Mar a 8 Mar	1	7/3 - Abertura (artificial) da barra de maré	
	11 Mar a 11 Mar	1	11/3 - Reabertura (artificial) da barra de maré	
	11 Abr			B,1,2,7,9,10,11,13,16



2023 dia da abertura
7/3/2023

ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

Comparação dos Resultados com o Decreto-Lei nº236/98 de 1 de agosto

Os valores de referência para interpretação e comparação dos resultados foram os valores dispostos no Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, que estabelece os valores Limites em mg/l para águas destinadas à rega.

Parâmetro	Técnica Analítica	unidade	VMR (mg/l)	VMA (mg/l)	Lagoa de Santo André		
					LSA 7 2301083	LSA 9 2301084	LSA 13 2301085
Cd	Espectrometria de absorção atómica com câmara de grafite (EAA CG)	(mg/l)	0,01	0,05	<0,0002	0,0057	<0,0002
Cd dissolvido	Espectrometria de absorção atómica com câmara de grafite (EAA CG)	(mg/l)			<0,0002	0,0049	<0,0002
Pb	Espectrometria de absorção atómica com câmara de grafite (EAA CG)	(mg/l)	0,5	20	<0,003	0,013	0,0035
Pb dissolvido	Espectrometria de absorção atómica com câmara de grafite (EAA CG)	(mg/l)			<0,003	0,013	0,0035
Cr	Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)	(mg/l)	0,1	20	<2,0	<2,0	<2,0
Cr dissolvido	Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)	(mg/l)			<0,002	<0,002	<0,002
Cu	Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)	(mg/l)	0,2	5	<0,004	<0,004	<0,004
Cu dissolvido	Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)	(mg/l)			<0,004	<0,004	<0,004
Fe	Espectrometria de absorção atómica com chama (EAA CH)	(mg/l)	5	—	0,73	0,39	0,25
Fe dissolvido	Espectrometria de absorção atómica com chama (EAA CH)	(mg/l)			<0,10	<0,10	<0,10
Mn	Espectrometria de absorção atómica com chama (EAA CH)	(mg/l)	0,2	10	<0,050	<0,050	<0,050
Mn dissolvido	Espectrometria de absorção atómica com chama (EAA CH)	(mg/l)			<0,050	<0,050	<0,050

2023 dia da abertura
7/3/2023

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS

Comparação com os Decretos-Lei:

Decreto-Lei 113/2012 de 23 de maio - Identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das **águas balneares**.

Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto - Para águas destinadas à **rega**.

	VR REGA	VR BALNEARES	Lagoa de Santo André		
Microrganismos	DL n.º 236/98	DL n.º 113/2012	LSA 7	LSA 9	LSA 13
UFC	UFC Limites	UFC Limites			
Coliformes totais	-	-	0	300	98
Coliformes fecais	100	250 500 500	440	445	305
Enterococos fecais	-	250 500 500	0	0	0

Anos secos:

- ✓ Reduzido volume de água armazenado, pequena profundidade (<3,5 m)
- ✓ Perfis verticais uniformes – hidrossoma NÃO ESTRATIFICADO
- ✓ Poucos dias de barra activa (< 1 mês)
- ✓ Hidrossoma sem renovação

Anos pluviosos:

- ✓ Maior volume de água armazenado, maior profundidade (> 3,5 m)
- ✓ Perfis verticais clinogrados – hidrossoma ESTRATIFICADO
- ✓ 1 mês ou mais de barra activa
- ✓ Hidrossoma com renovação completa no corpo lagunar principal mas nos Poços a renovação pode ser incompleta



Monitorização da renovação anual do hidrossoma da Lagoa de Santo André (Portugal) - um sistema lagunar com barra de maré efémera

- 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.

Anabela Cruces^{1, 2},
Conceição Freitas²,
Elisabete Maurício,
César Andrade²,
Vera Lopes²

OBRIGADA

anabela.cruces@ulusofona.pt

4/4/2005

