

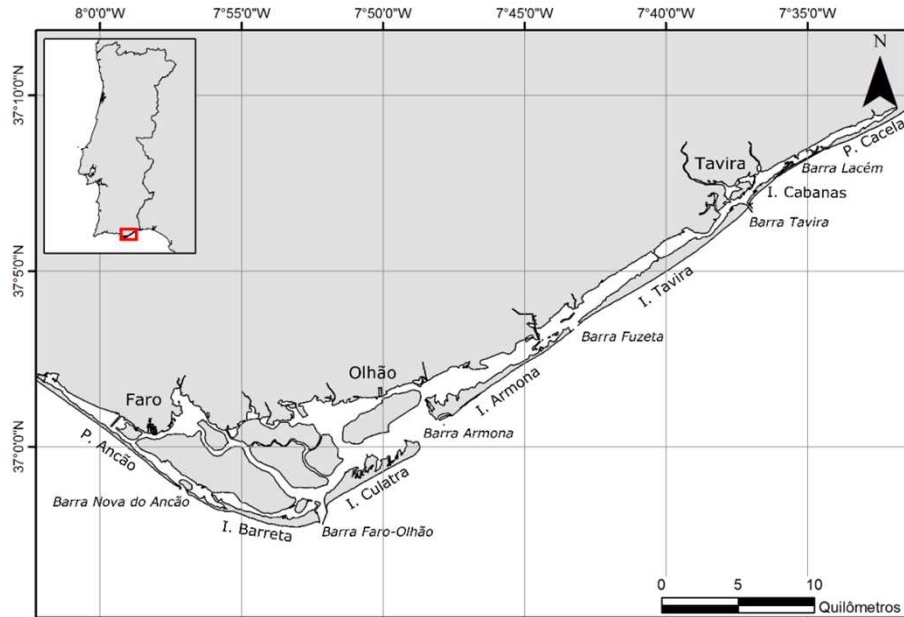
**EVOLUÇÃO DOS PRISMAS DE MARÉ
NAS BARRAS DO SETOR OESTE DA RIA FORMOSA
ANTES DA RELOCALIZAÇÃO DA BARRA DO ANCÃO
EM NOVEMBRO DE 2015**

José Jacob e Alexandra Cravo

INTRODUÇÃO

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016



- A **Ria Formosa** é um sistema lagunar localizado na costa sul de Portugal.
- 80 km², 55 km de comprimento na direção E-W, 6 km de largura máxima e profundidade média inferior a 2m.
- Comunicação permanente com o oceano **através de 6 barras** que permite grande renovação de água .

- **Regime meso-mareal**, altura média das marés ~2 m numa gama entre 1,5 m e 3,5 m, dominadas pela componente **semi-diurna**.
- Águas **bem misturadas** verticalmente, sem evidência de estratificação salina ou térmica devido à **reduzida entrada de água doce** e à predominância do **efeito da maré** na circulação da água no seu interior.

INTRODUÇÃO

4^{as}
JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016



- O **setor oeste da Ria Formosa** contribui com $\sim 90\%$ do prisma de maré total da Ria Formosa.
- Este setor inclui 3 barras de maré, a **barra do Ancão (BAN)** no flanco oeste do sistema de ilhas-barreira e as **barras de Faro-Olhão (BFO)** e **da Armona (BAR)** no flanco oriental.
- Inclui também diversos canais e esteiros; os dois canais principais são o **canal de Faro** e o **canal de Olhão**.

OBJETIVOS

4^{as}
JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016



- **Estudo da evolução recente dos prismas de maré nas três barras do setor oeste da Ria Formosa, antes da última realocização da barra do Ancão, em 29 de novembro de 2015,** utilizando os resultados do projeto COALA (Jacob *et al.*, 2013; Cravo *et al.*, 2014), os resultados de experiências anteriores (Alcântara *et al.*, 2012) e os resultados de outros autores utilizados como referência (Pacheco *et al.*, 2010).

- Em sistemas lagunares de múltiplas barras, como a Ria Formosa, uma mudança morfológica numa barra pode modificar a circulação noutras barras e canais adjacentes. Estas alterações são, em geral, uma função do prisma de maré.

ÁREA DE ESTUDO

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

BARRA DO ANCÃO



- Pequena barra, mais ocidental, com comportamento de migração cíclica para leste, que termina em fecho natural.
- No fim do ciclo é necessário abrir a oeste para melhorar a troca de água no extremo oeste da Ria Formosa, pois durante a migração perde eficiência hidráulica, resultando na diminuição do prisma de maré.

BARRA DO ANCÃO – EVOLUÇÃO RECENTE



1997 – início do último ciclo, após realocização artificial em 23 de Junho, 3500 m a oeste da posição de fecho, **ponto A**.

- Eventos de tempestade **romperam** o cordão dunar em **2005** a barlar, e em **2010 e 2015** a sotamar, abrindo uma nova barra que competiu para o domínio do prisma de maré.

- Em **2005** a nova barra fechou naturalmente após 3 semanas.
- Em **2010**, a nova barra capturou maior parte do prisma de maré e forçou a antiga a fechar, **ponto D**.
- Em **2015**, a nova abertura ainda estava ativa em novembro, com as duas barras muito estreitas e rasas.

2015 – fim do ciclo em 29 de novembro com uma nova realocização numa posição próxima à de 1997.

ÁREA DE ESTUDO

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

BARRA DE FARO-OLHÃO



- A barra de Faro-Olhão foi aberta artificialmente e estabilizada com molhes em 1929-1955.
- Uma consequência destes processos foi a captura de uma grande fração do prisma de maré da barra da Armona.
- A Barra de Faro-Olhão é responsável por 60%-70% do prisma de maré, em marés vivas e mortas.

ÁREA DE ESTUDO

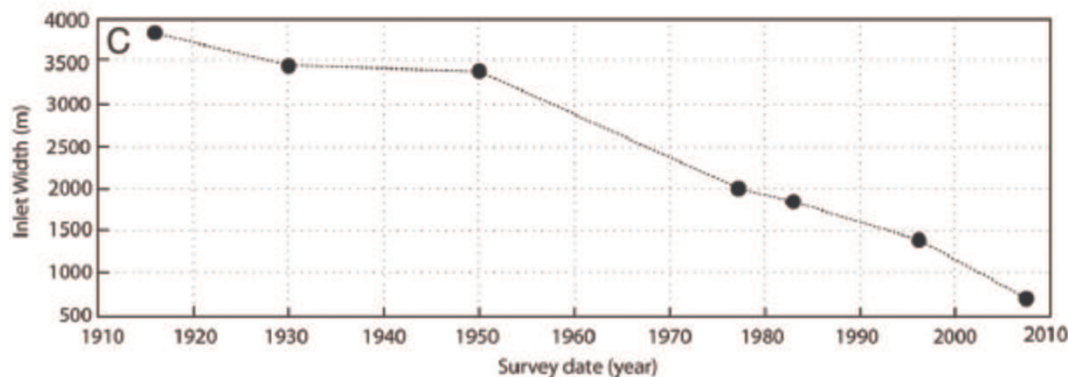
4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

BARRA DA ARMONA



- A barra da Armona é a única naturalmente estável do sistema.
- Foi a barra dominante, mas a evolução da barra de Faro-Olhão reduziu muito o transporte através dela, resultando na mudança da dominância no prisma de maré para Faro-Olhão.



- A barra da Armona está a estreitar desde há longo tempo, sem evidência de que tenha parado por agora.

Evolução temporal da largura da barra da Armona (de Pacheco *et al.*, 2010).

MÉTODOS

4^{as}
JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

- **Campanhas experimentais Barrinha Nut** - primavera de 2007 e 2009.
- **Projeto COALA** - 17 campanhas experimentais, outono de 2011 - verão de 2013 nas 3 barras (9 BFO, 4 BAN e 4 BAR):
 - **amostragens horárias** durante ciclos de maré semi-diurna em condições de maré-viva e maré-morta -10 campanhas MV (6 BFO, 2 BAN, 2 BAR) + 7 campanhas MM (3 BFO, 2 BAN, 2 BAR);
 - **caracterização da hidrodinâmica** e avaliação das trocas de massa com o oceano adjacente - medição da **velocidade na secção recta dos canais**, de propriedades físicas e químicas e recolha de amostras de água para análise de nutrientes e matéria em suspensão (clorofila-*a* e sedimentos) a vários níveis;
 - **caudais e prismas de maré** calculados a partir da velocidade na secção reta.
- Dados de Pacheco *et al.* (2010), obtidos em campanhas realizadas entre 2004 e 2007, nas mesmas barras, usados como referência.

LOCALIZAÇÃO DA BARRA DO ANCÃO DURANTE AS EXPERIÊNCIAS



Localizações aproximadas ao longo da última migração:

A – posição inicial em **junho de 1997** e realocação em **novembro de 2015**;

B – **2004**, 1^{as} campanhas de Pacheco *et al.* (2010);

C – campanhas Barrinha Nut, **primavera de 2007 e 2009**, últimas campanhas de Pacheco *et al.* (2010);

D – barra nova após tempestade do **inverno de 2010**;

E – experiências COALA **outono de 2011 e primavera de 2012**;

F – posição na última campanha COALA (BFO), **verão de 2013**.

RESULTADOS

4^{as}
JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

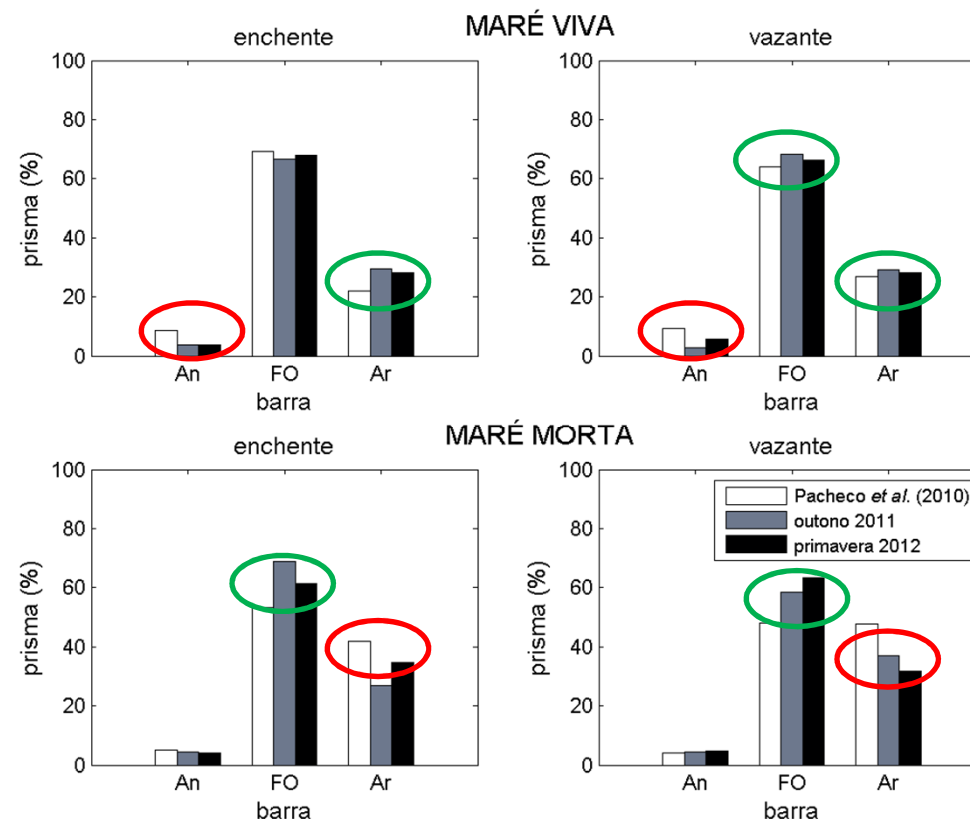
Data das campanhas experimentais, fase da maré quinzenal e prisma de maré nas barras do setor oeste da Ria Formosa:

Barra	Data	Fase da Maré	Prisma de Enchente (m ³)	Prisma de Vazante (m ³)	Prisma Residual (m ³)
Ancão	14/6/2007	Maré Viva	8.2×10 ⁶	-8.9×10 ⁶	-7.6×10 ⁵
Ancão	27/4/2009	Maré Viva	7.8×10 ⁶	-4.5×10 ⁶	3.3×10 ⁶
Ancão	22-11-2011	Maré Viva	4.04×10 ⁶	2.95×10 ⁶	1.08×10 ⁶
Armona	23-11-2011		3.18×10 ⁷	3.01×10 ⁷	1.71×10 ⁶
Faro-Olhão	24-11-2011		7.18×10 ⁷	7.04×10 ⁷	1.36×10 ⁶
Faro-Olhão	05-12-2011		3.49×10 ⁷	3.15×10 ⁷	3.40×10 ⁶
Armona	06-12-2011	Maré Morta	1.37×10 ⁷	1.99×10 ⁷	-6.16×10 ⁶
Ancão	07-12-2011		2.16×10 ⁶	2.44×10 ⁶	-2.85×10 ⁵
Armona	21-03-2012	Maré Viva	2.74×10 ⁷	2.62×10 ⁷	1.21×10 ⁶
Faro-Olhão	22-03-2012		6.60×10 ⁷	6.15×10 ⁷	4.47×10 ⁶
Ancão	23-03-2012		3.59×10 ⁶	5.16×10 ⁶	-1.56×10 ⁶
Ancão	28-03-2012	Maré Morta	2.59×10 ⁶	2.46×10 ⁶	1.36×10 ⁵
Armona	29-03-2012		2.22×10 ⁷	1.60×10 ⁷	6.20×10 ⁶
Faro-Olhão	07-05-2012	Maré Viva	8.59×10 ⁷	8.54×10 ⁷	5.50×10 ⁵
Faro-Olhão	14-05-2012	Maré Morta	3.94×10 ⁷	3.21×10 ⁷	7.31×10 ⁶
Faro-Olhão	09-10-2012	Maré Morta	3.05×10 ⁷	3.08×10 ⁷	-3.10×10 ⁵
Faro-Olhão	16-10-2012	Maré Viva	8.41×10 ⁷	8.56×10 ⁷	-1.45×10 ⁶
Faro-Olhão	13-3-2013	Maré Viva	7.96×10 ⁷	7.98×10 ⁷	-2.00×10 ⁵
Faro-Olhão	10-7-2013	Maré Viva	6.76×10 ⁷	6.68×10 ⁷	7.90×10 ⁵

RESULTADOS

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016



Prismas de maré relativos nas barras do setor oeste da Ria Formosa: barras brancas - resultados de Pacheco *et al.* (2010); campanhas COALA, barras cinzentas - Outono de 2011, barras pretas - Primavera de 2012. An - barra do Ancão, FO - barra de Faro-Olhão e Ar - barra da Armona.

RESULTADOS

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

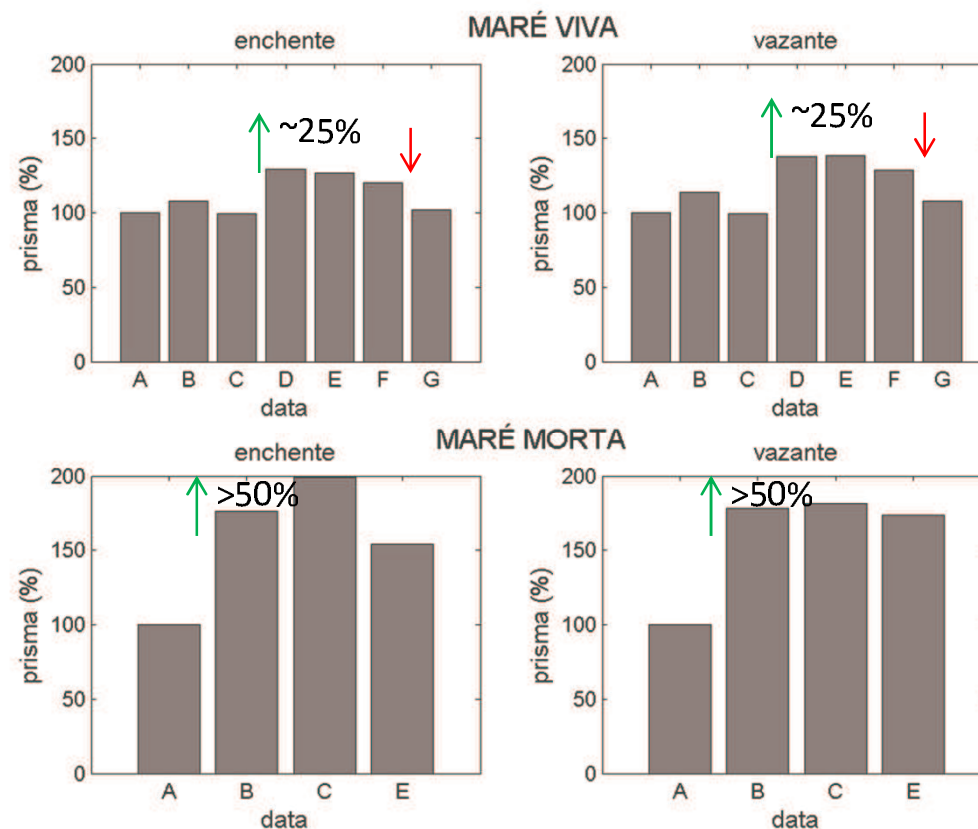


Evolução temporal dos prismas de mare, em **maré viva**, na **barra do Ancão** relativamente aos resultados de Pacheco *et al.* (2010), incluindo as campanhas Barrinha Nut (primavera de 2007 e 2009) e COALA (outono de 2011 e primavera de 2012).

RESULTADOS

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016



Evolução temporal dos prismas de maré na **barra de Faro-Olhão** relativamente aos A - resultados de Pacheco *et al.* (2010) de 2006/2007: B - outono 2011; C-D - primavera 2012; E - outono 2012; F - inverno 2013; G - verão 2013.

CONCLUSÕES

4^{as} JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

- O estudo dos prismas de maré recentes revela a **evolução temporal** das condições hidrodinâmicas nas barras e no interior da ria Formosa.
- A barra de Faro-Olhão, artificialmente estabilizada, está relativamente inalterada, mas as barras naturais do Ancão e da Armona mostram perda de eficiência hidráulica ao longo dos últimos 10-11 anos.
- Evolução temporal dos prismas de maré associadas a alterações morfodinâmicas e morfológicas nas barras do Ancão e da Armona:
 - (i) a **barra do Ancão** perdeu eficiência hidráulica em condições de **maré de viva**, principalmente para a **barra da Armona**, devido à migração para leste; os resultados mostram a influência da nova abertura induzida pela tempestade a barlar da barra do Ancão, no inverno de 2010;
 - (ii) a **barra da Armona** perdeu eficiência em condições de **maré morta** para a **barra de Faro-Olhão**, devido ao seu estreitamento progressivo.
- A evolução das condições hidrodinâmicas nas barras do setor ocidental da Ria Formosa, antes da realocização da barra do Ancão, pode desequilibrar ou perturbar os padrões de circulação que, em última análise, podem afetar a ciclos químicos e biológicos.

4^{as}
JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA

21, 22 e 23 de
junho de 2016

Obrigado pela vossa atenção!