9º Congresso da Água

Água: desafios de hoje, exigências de amanhã

Cascais, Centro de Congressos do Estoril - 2 a 4 de Abril de 2008

IDENTIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NO ESTUÁRIO DO GUADIANA

Mário Teles, Sofia Costa Freire

Unidade de Engenharia das Zonas Costeiras

Trabalho realizado para a ÁGUAS DO ALGARVE

HIDROPROJECTO

ENGENHARIA E GESTÃO, S.A.

OBJECTIVO

Identificar soluções para a captação de água potável no estuário do Guadiana e efectuar o respectivo transvase para a albufeira de Odeleite.

Volume a captar: $1,5 \times 10^7$

(quinze milhões) de metros cúbicos.

PRESSUPOSTOS A QUE AS SOLUÇÕES TIVERAM DE OBEDECER

AS SOLUÇÕES A RETER DEVERIAM:

- Garantir: a qualidade da água de abastecimento (água potável)
- Serem tecnicamente viáveis
- Serem economicamente sustentadas

LOGO, na pesquisa de soluções foram analisados:

- Os requisitos terrestres a que tem de obedecer uma adução desde o estuário até à albufeira de Odeleite, o que implicou a selecção de um conjunto de locais acessíveis da margem.
- As restrições temporais associadas à presença e permanência de sal na água do estuário nos locais considerados.

RESULTADOS APURADOS

Solução	Regime EDIA	Regime	Local de captação	Q (l/s)	L (m)	Δh (m)	ϕ(mm)	Investimento inicial (€x10^6)		Investimento inicial Total (€x10^6)	Manutenção (€x10^6/ano)		Energia (€x10^6/ano)	Operação Anual Total (€x10^6)	Total actualizado (horizonte de projecto 2030) (€x10^6)
								Condutas	Estação Elevatória		Condutas	Estação Elevatória			
I	Regime Húmido	6meses/ano	Premedeiros	1060	29300	225	1100	23.4	4.9	28.3	0.234	0.348	1.3	1.9	58
II		3meses/ano	Alcoutim	2120	23700	220	1500	30.8	7.3	38.1	0.308	0.478	1.7	2.4	77
III	Caudal constante de 22,5 m^3/s	Permanente	Premedeiros	530	29300	225	800	13.5	3.2	16.7	0.135	0.209	1.0	1.4	39
IV		6meses/ano	Alcoutim	1060	23700	220	1100	19.0	4.8	23.8	0.190	0.301	1.2	1.7	52
V	Caudal constante de 27,5 m^3/s	Permanente	Alcoutim	530	23700	220	800	10.9	3.2	14.1	0.109	0.182	1.0	1.3	36
VI		12h/dia 15d/mês 6meses/ano	Laranjeiras/Alamo	1060	19100	200	1100	15.3	4.6	19.9	0.153	0.259	1.1	1.5	45
VII		6h/dia 7,5d/mês 3meses/ano	Odeleite	2120	5300	110	1500	6.9	5.2	12.1	0.069	0.190	0.8	1.1	32

MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

1 - Identificação dos acessos viários à margem do estuário no troço entre a Foz de Odeleite e a foz do Vascão e identificação dos percursos entre esses locais e a barragem de Odeleite.

2 - Caracterização da intrusão salina no estuário ao longo do ano, recorrendo à aplicação de um modelo matemático da hidrodinâmica e da qualidade da água do estuário.

3 - Caracterização da variação da intrusão salina em cada um dos locais da margem atrás identificados para os regimes acordados, designadamente os regimes seco, médio e húmido.

4 - Estabelecimento do regime-tipo de adução para cada local com base nos resultados apurados na alínea anterior.

5 - Pesquisa dos regimes mínimos de descarga fluvial susceptíveis de melhorar as condições de salinidade nos locais considerados.

6 - Apuramento das condições técnicas de implementação de cada regime de adução e respectiva estimativa de custos.

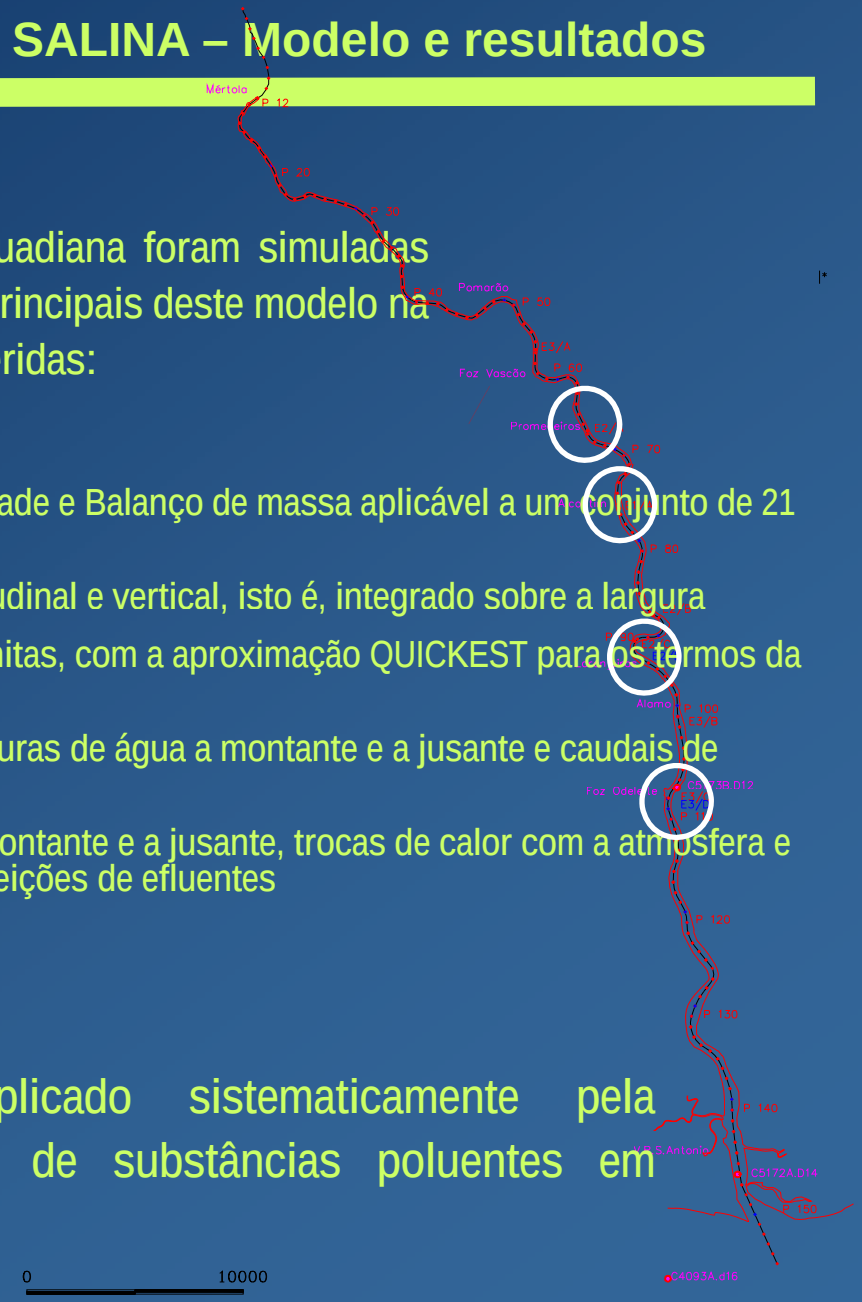
MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

•MODELO

A hidrodinâmica e a intrusão salina no estuário do Guadiana foram simuladas recorrendo ao modelo CE-QUAL-W2. As características principais deste modelo na perspectiva da presente aplicação são seguidamente referidas:

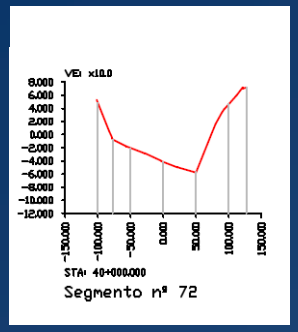
- Equações: Balanço da quantidade de movimento, Continuidade e Balanço de massa aplicável a um conjunto de 21 constituintes
- Formulação: 2DV – bidimensional, retendo os planos longitudinal e vertical, isto é, integrado sobre a largura
- Método numérico de resolução das equações: diferenças finitas, com a aproximação QUICKEST para os termos da difusão
- Condições de fronteira para a hidrodinâmica: caudais ou alturas de água a montante e a jusante e caudais de captação e de rejeição.
- Condições de fronteira para a temperatura: temperatura a montante e a jusante, trocas de calor com a atmosfera e com o fundo e trocas de calor através de captações e de rejeições de efluentes

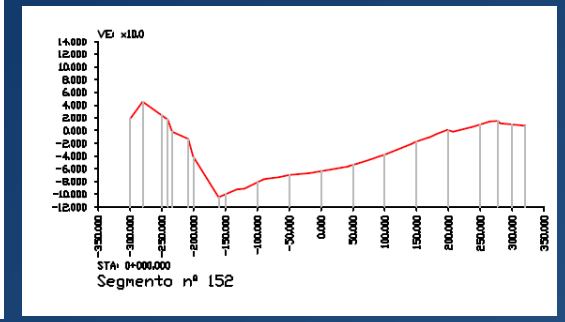
O modelo CE-QUAL-W2 tem sido aplicado sistematicamente pela HIDROPROJECTO no estudo de impactes de substâncias poluentes em albufeiras e estuários.



MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

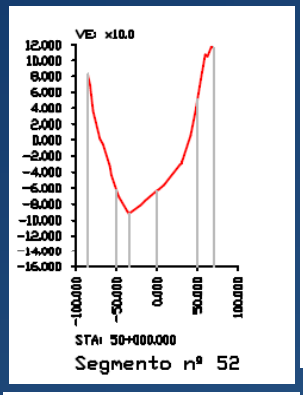
- **DOMÍNIO DE CÁLCULO**

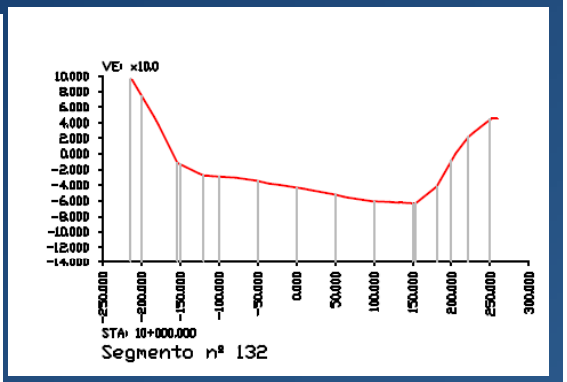


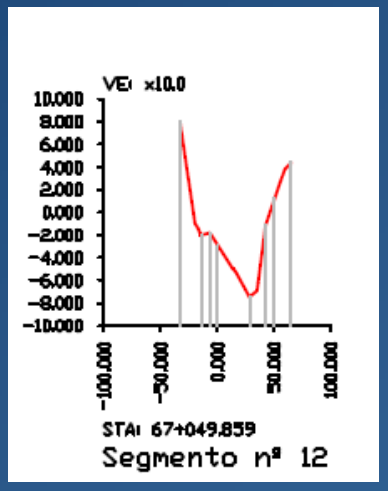


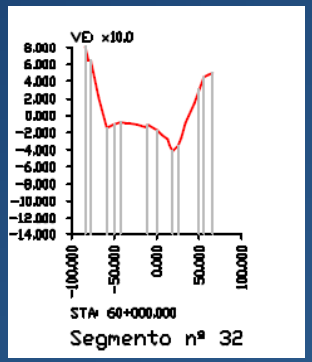
70 Km

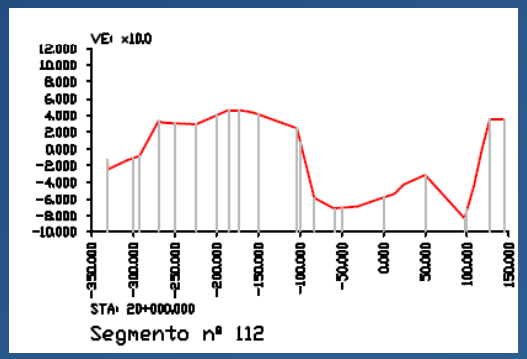
152 Secções transversais

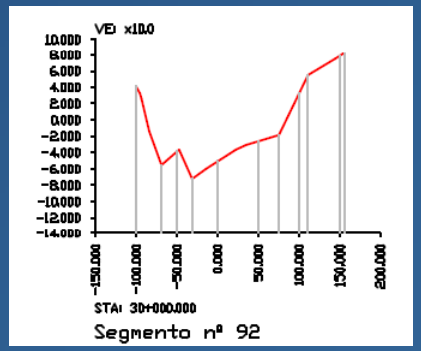


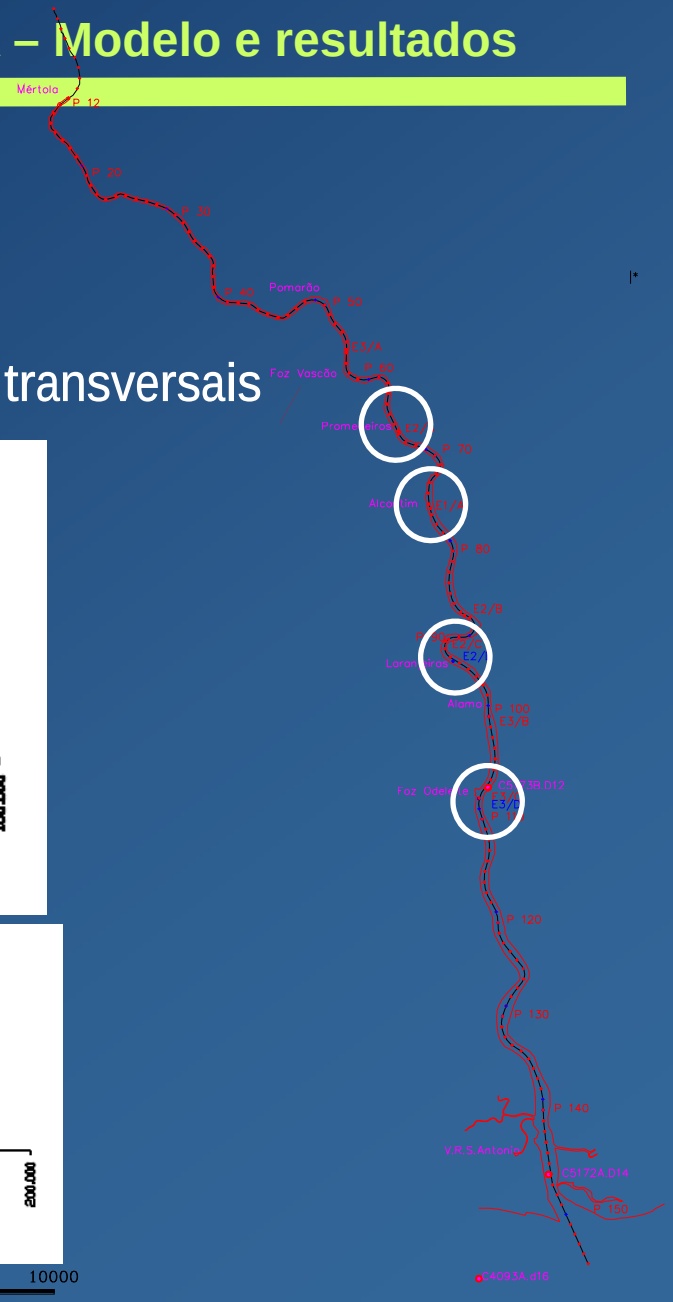












MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **CAMPANHA (executada entre 3 e 18 de Janeiro de 2006)**

Salinidade

Localização inicial das estações

Localização final das estações

Estação 1: num ponto sobre o talvegue na vizinhança da foz do rio Vascão, ao Km48 a partir da barra de V.R. de Santo António.

Estação 1: num ponto sobre o talvegue na vizinhança das Laranjeiras ao Km28.

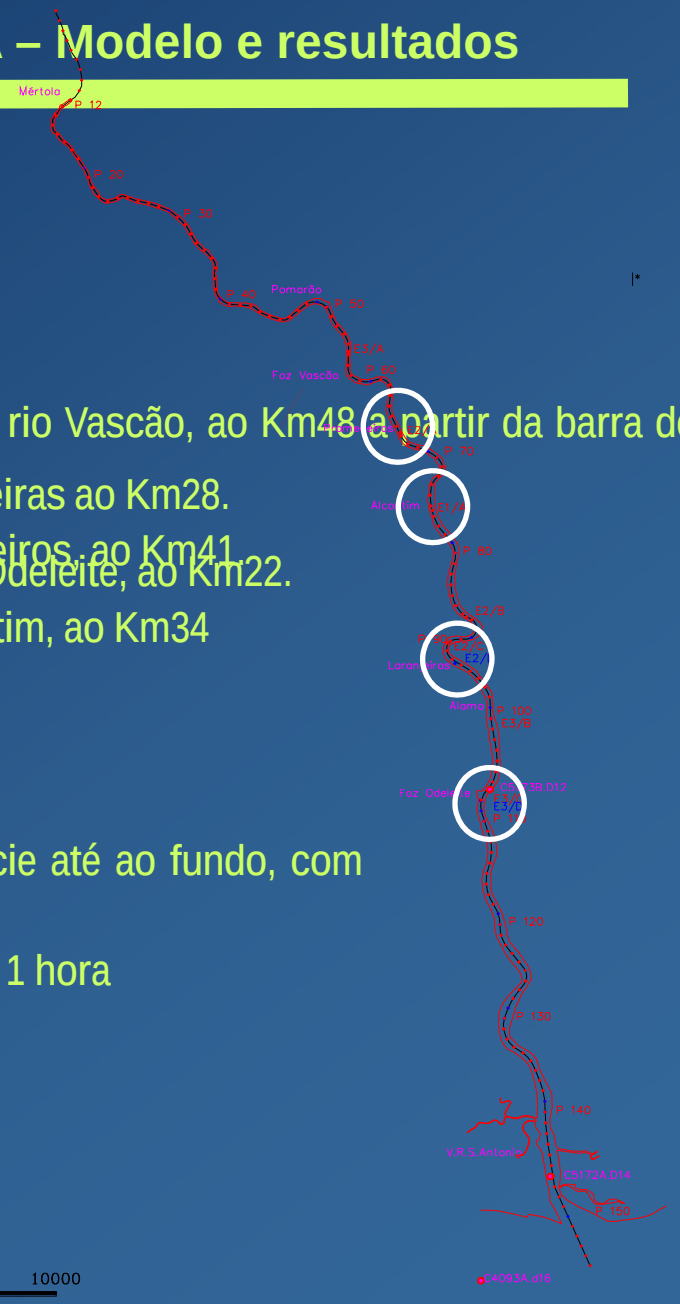
Estação 2: num ponto sobre o talvegue na vizinhança de Premedeiros, ao Km41.

Estação 2: num ponto sobre o talvegue na vizinhança da Foz de Odeleite, ao Km22.

Estação 3: num ponto sobre o talvegue pouco a jusante de Alcoutim, ao Km34

Programa de medição da salinidade

- Tipo de registo: perfis verticais de salinidade desde a superfície até ao fundo, com sonda CTD, de operação manual.
- Locais: Estações 1, 2 e 3, ou 1 e 2, em sucessão, no intervalo de 1 hora
- Discriminação vertical: 1,0 metros
- Intervalo de amostragem: 1,5 horas
- Período de amostragem: das 0800 às 2000



MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **CAMPANHA (executada entre 3 e 18 de Janeiro de 2006)**

Velocidade

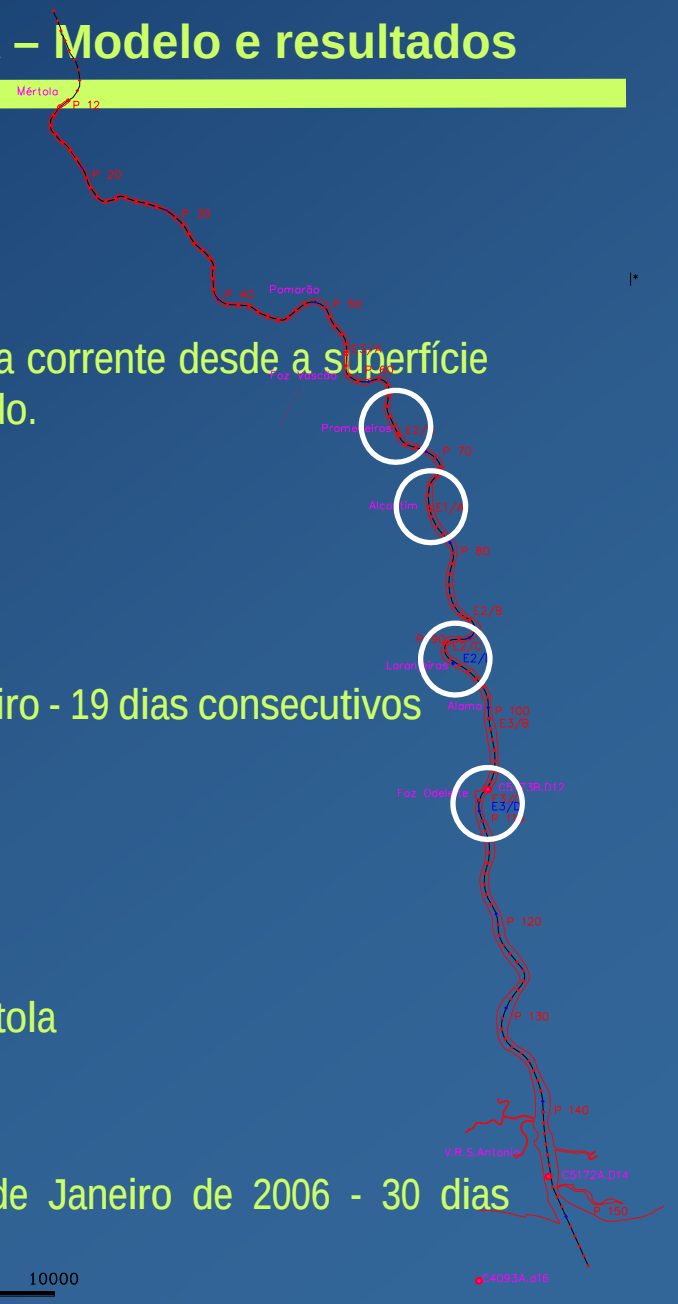
Programa de medição da velocidade da corrente

- Tipo de registo: perfis verticais da intensidade e da direcção da corrente desde a superfície até ao fundo, com equipamento ADCP colocado junto ao fundo.
- Discriminação: 0,5 metros
- Locais: Estação 2 (Premedeiros)
- Intervalo de amostragem: o do equipamento (fracções da hora)
- Períodos de amostragem: 24 horas por dia
- Duração da campanha: de 30 de Dezembro de 2005 a 19 de Janeiro - 19 dias consecutivos

Alturas de água

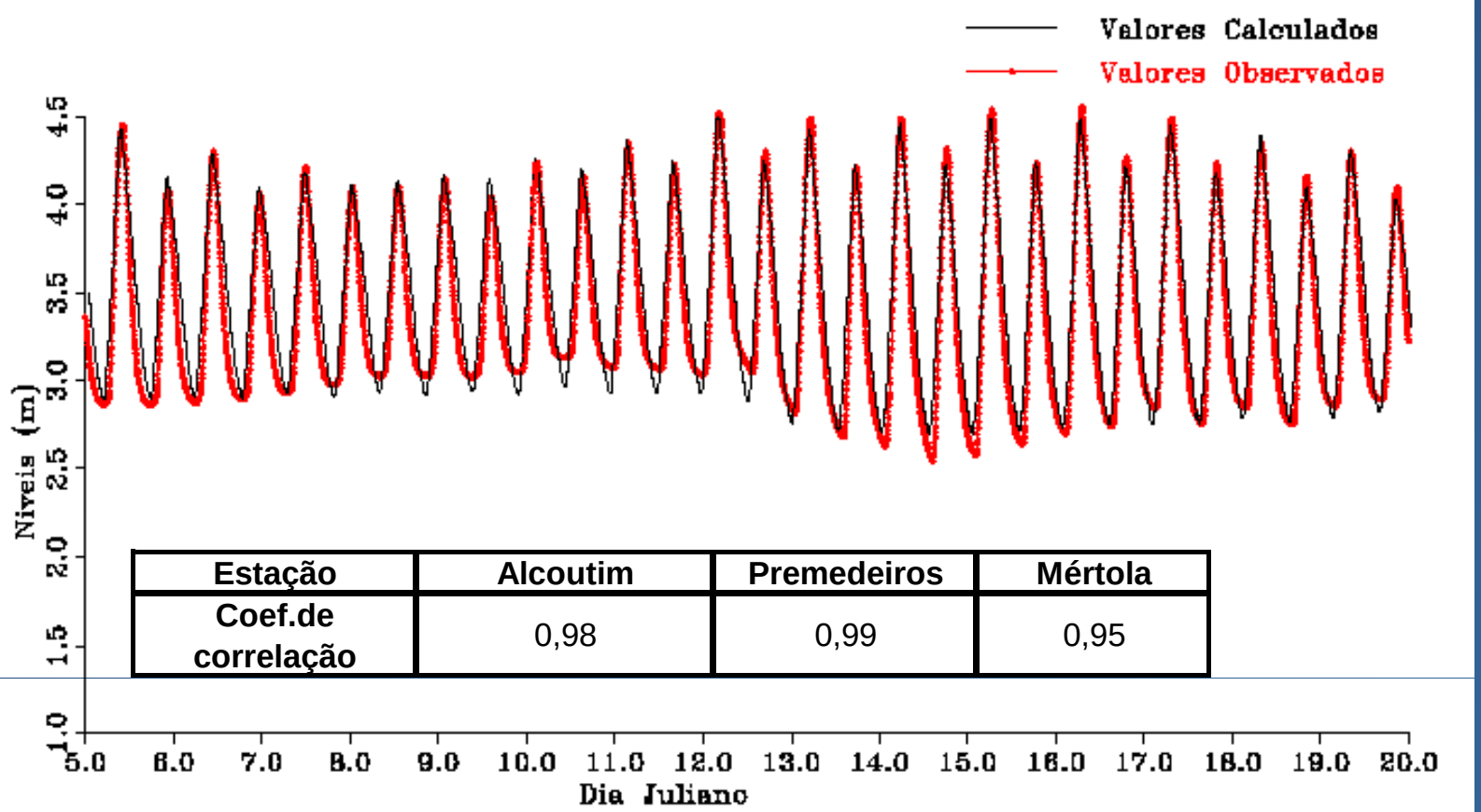
Programa de medição da altura de água

- Tipo de registo: medição com marégrafo (“tide gauge”)
- Locais (2): num pilar da ponte-cais de Alcoutim e no cais de Mértola
- Intervalo de amostragem: o do equipamento (fracções da hora)
- Período de amostragem: 24 horas por dia
- Duração da campanha: de 30 de Dezembro de 2005 a 30 de Janeiro de 2006 - 30 dias consecutivos



MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **CALIBRAÇÃO – Alturas de água**

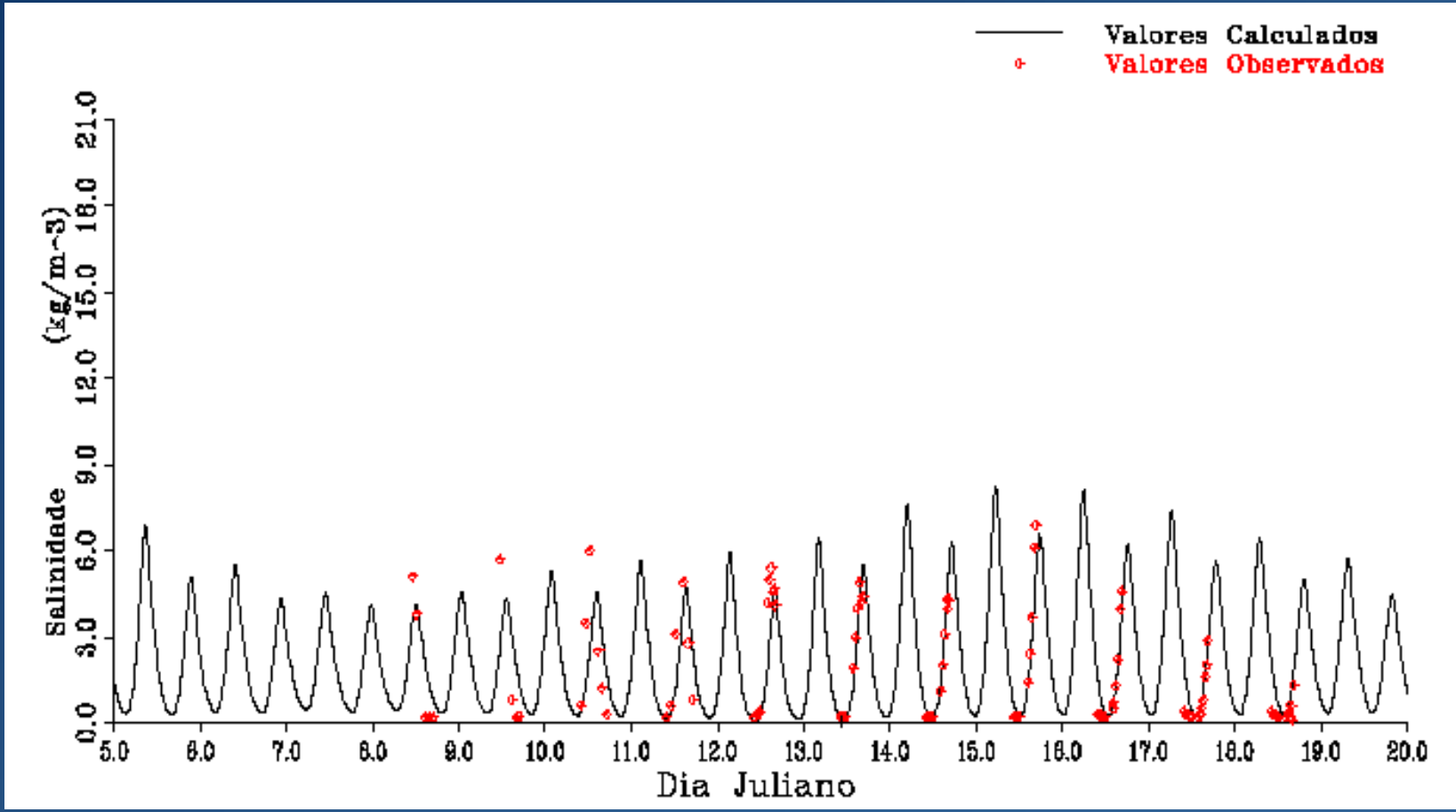


Estação	Alcoutim	Premedeiros	Mértola
Coef.de correlação	0,98	0,99	0,95

Série temporal de níveis – Mértola (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

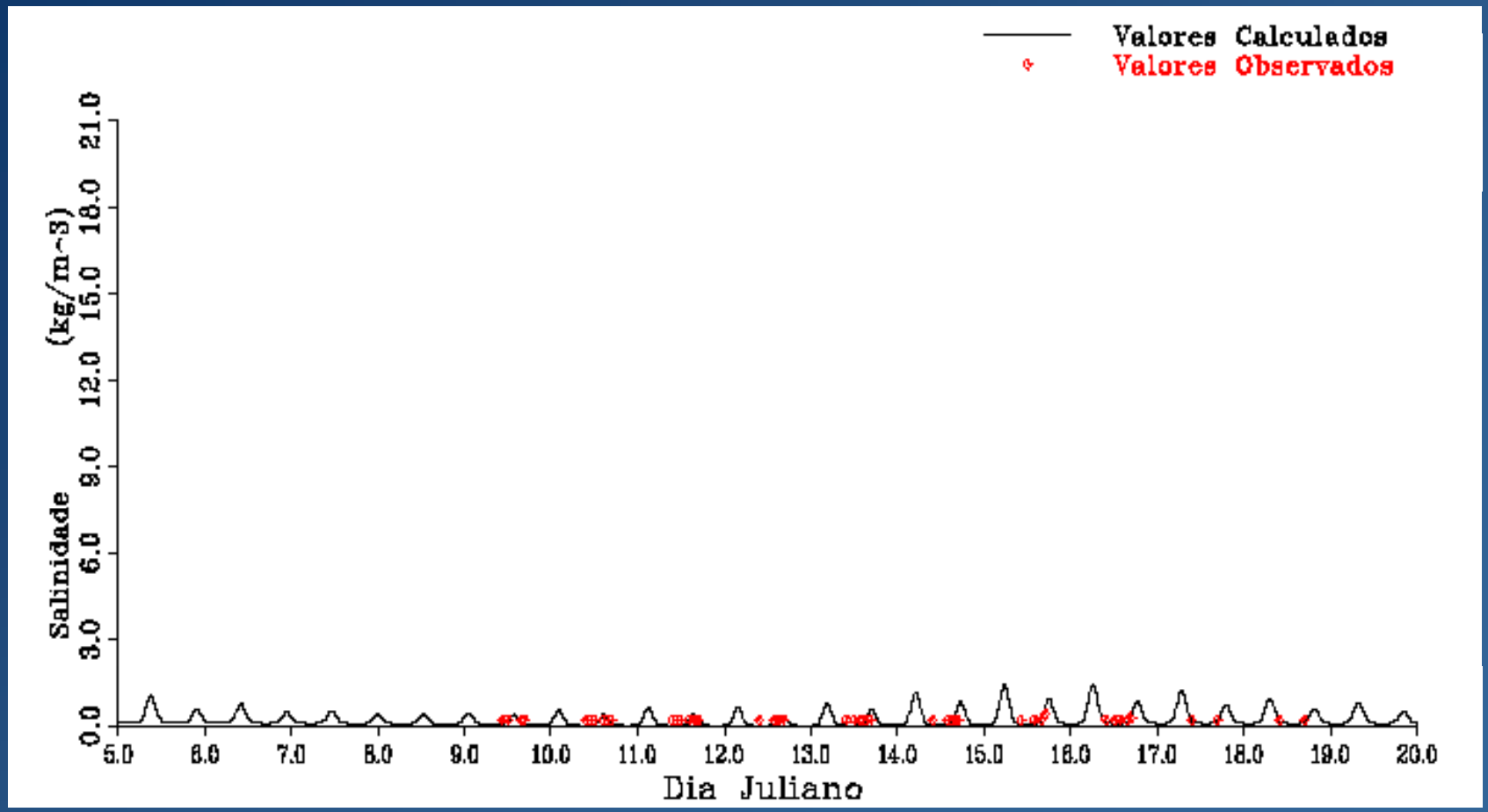
- **CALIBRAÇÃO - Salinidade**



Série temporal de salinidade, 1m da sup. – Odeleite (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

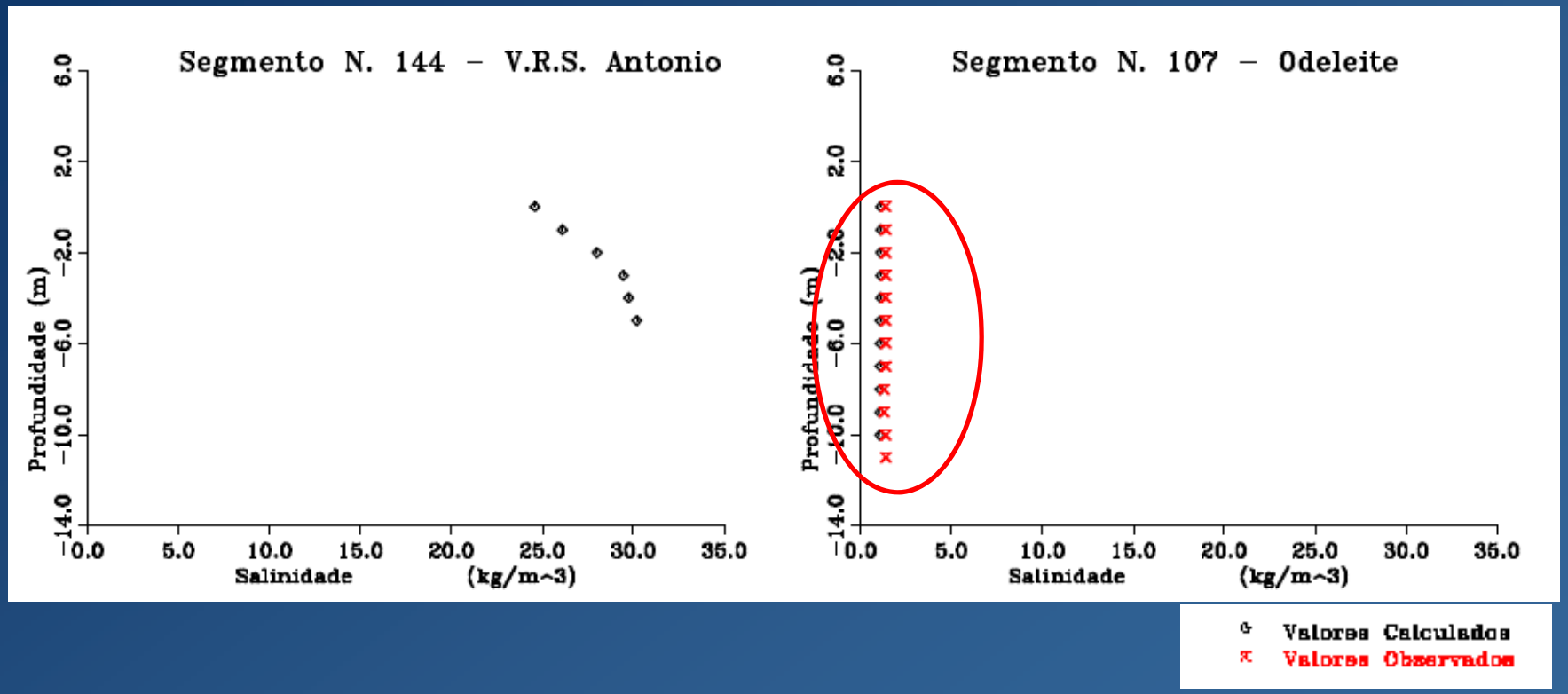
- **CALIBRAÇÃO - Salinidade**



Série temporal de salinidade, 1m da sup. – Laranjeiras (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

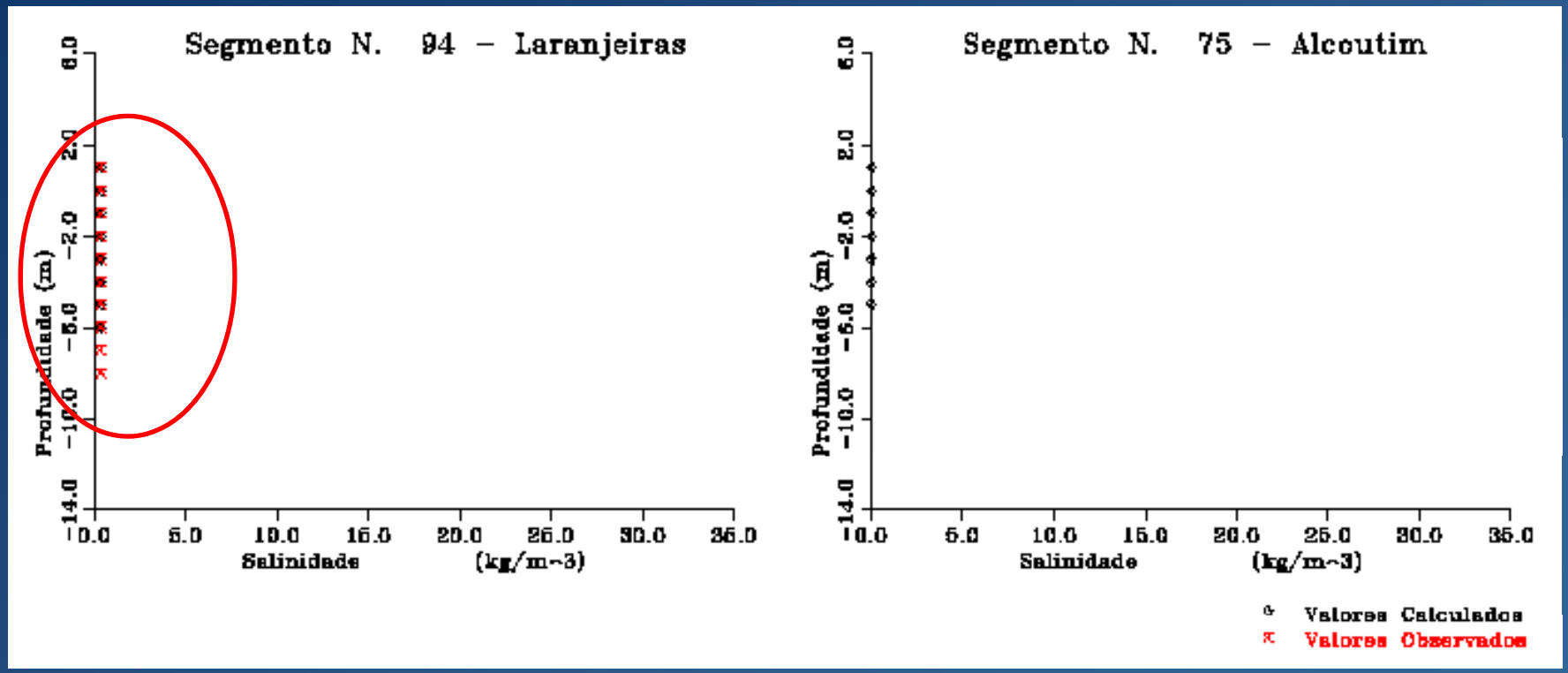
- **CALIBRAÇÃO - Salinidade**



Perfis verticais de salinidade, Maré Viva, Dia Juliano 15.604 (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

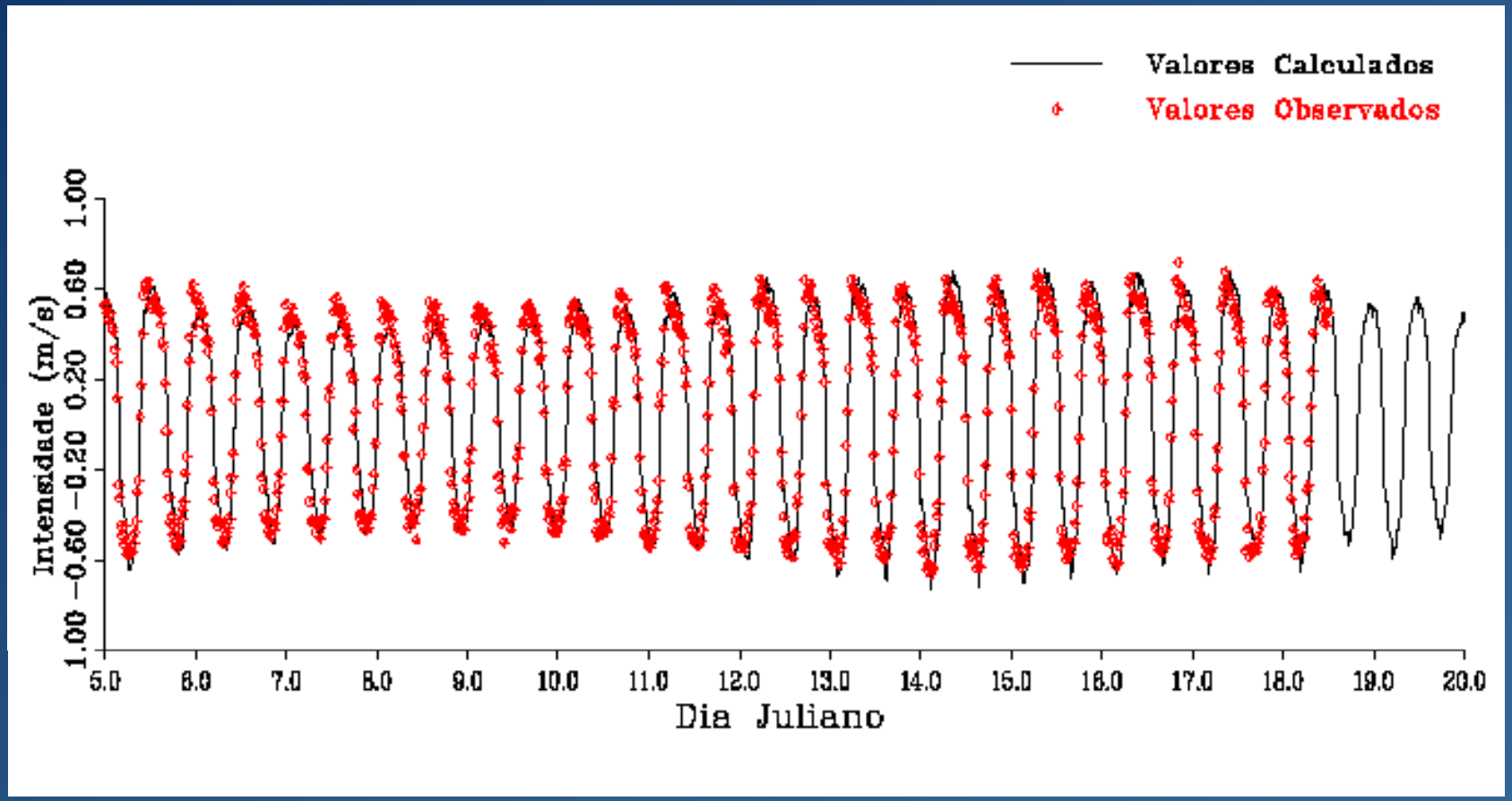
- **CALIBRAÇÃO - Salinidade**



Perfis verticais de salinidade, Maré Viva, Dia Juliano 15.688 (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

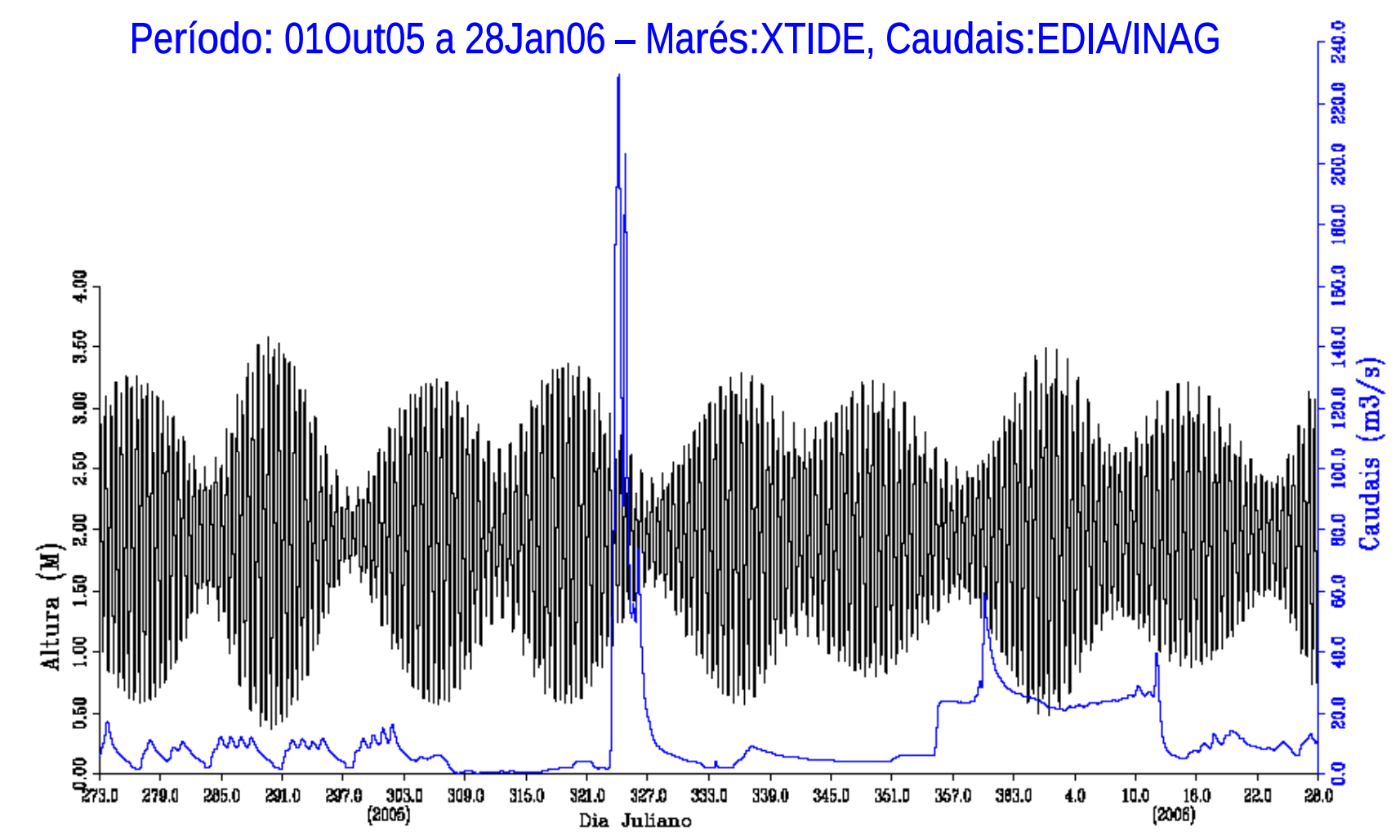
- **CALIBRAÇÃO - Velocidade**



Série temporal de velocidades – 2m da sup – Premedeiros (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **CALIBRAÇÃO - CONDIÇÕES DE FRONTEIRA**



MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **VALIDAÇÃO**

Datas das diversas aplicações do modelo

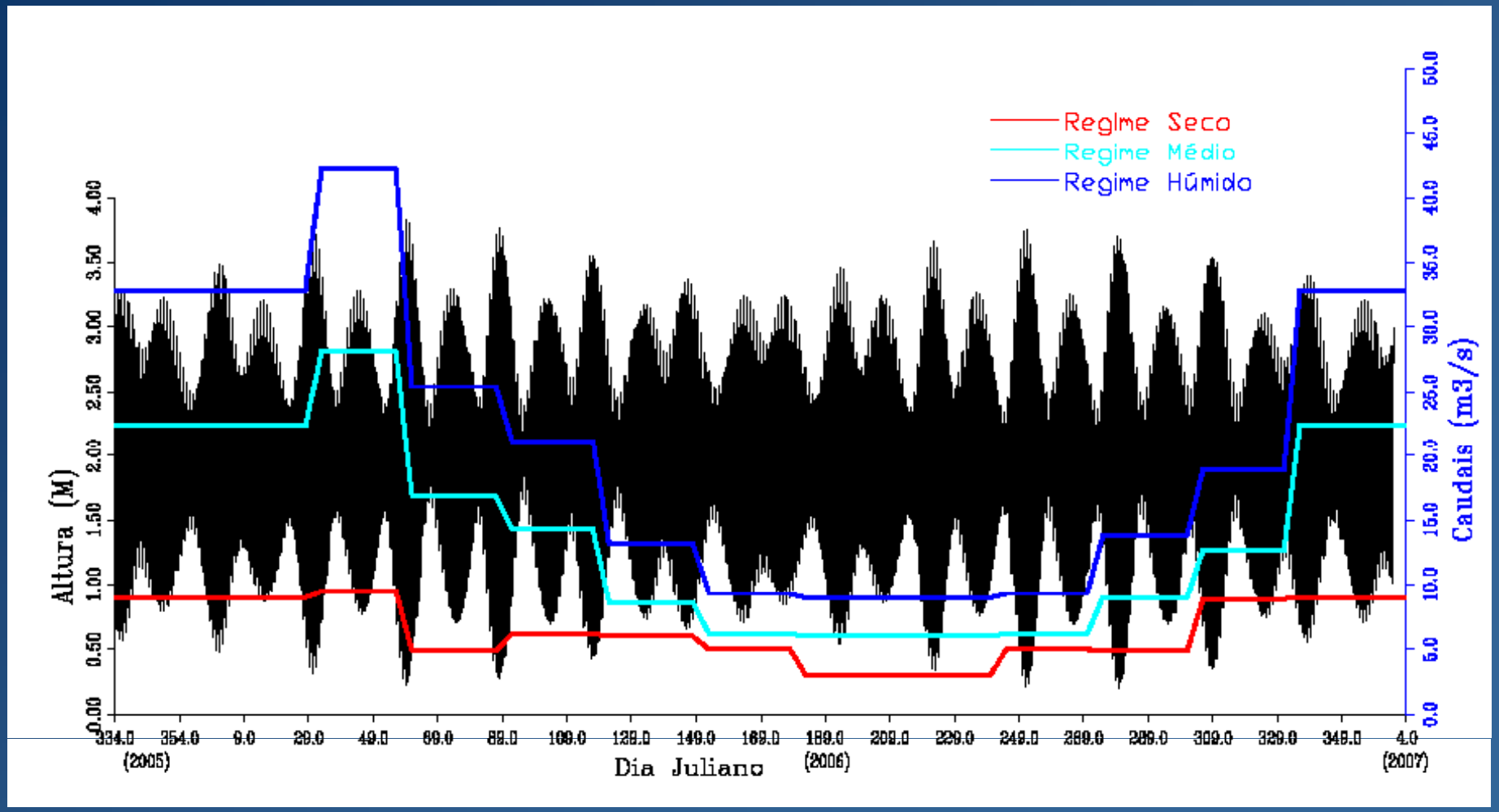
Fase	Período	Marés	Caudais	Figuras nº
Calibração	01OUT05 a 28JAN06	XTIDE – previsão	EDIA / INAG	25
Validação 1989	21SET89 a 18NOV89	LNEC – Observada	INAG	42
Validação 1990	08JUN90 a 28AGO90	IH – previsão	INAG	43
Aplicação	01DEZ05 a 31DEZ06	XTIDE – previsão	EDIA – protocolo	52

Locais onde foram recolhidos os dados para a validação

Variável	V.R.S. António	Foz de Odeleite	Alcoutim
Alturas de água - 21SET89 a 18NOV89	X	X	X
Salinidade - 08JUN90 a 28AGO90	X	X	X
Velocidade - 08JUN90 a 28AGO90	X	X	

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

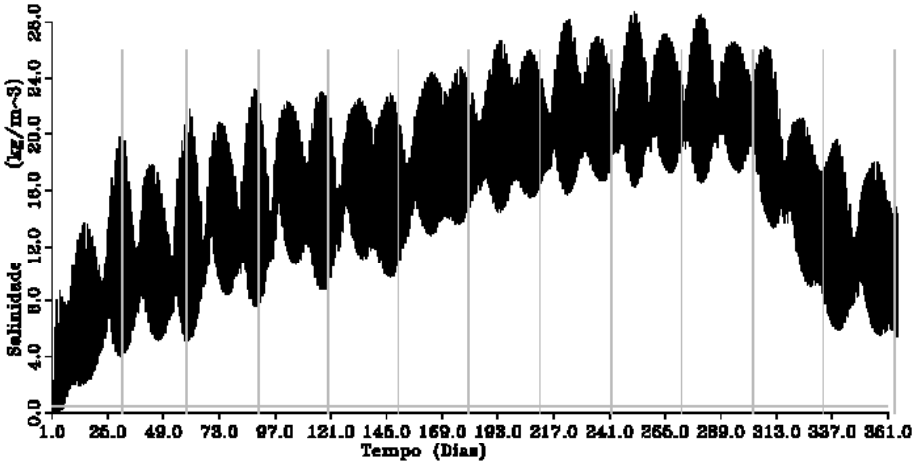
- **CONDIÇÕES DE FRONTEIRA DAS APLICAÇÕES**



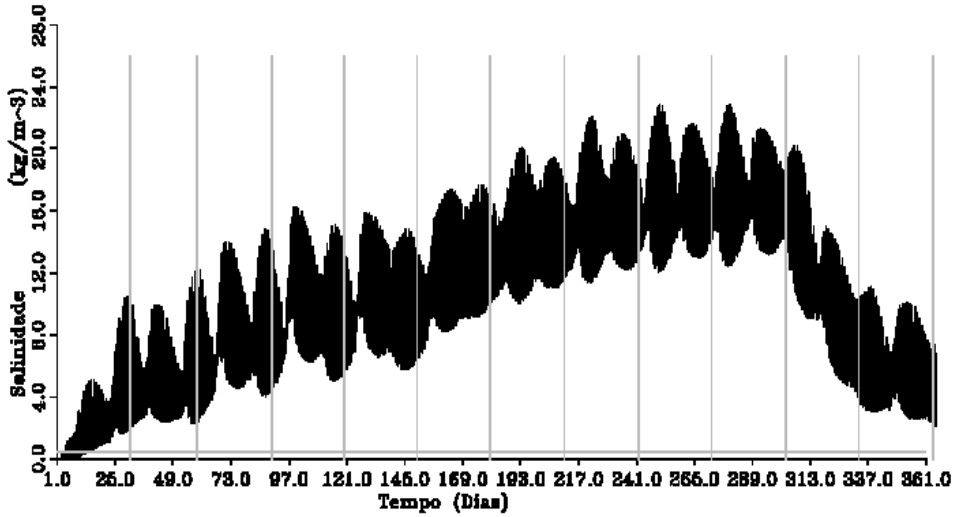
MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **RESULTADO DAS APLICAÇÕES**

Séries temporais de salinidade

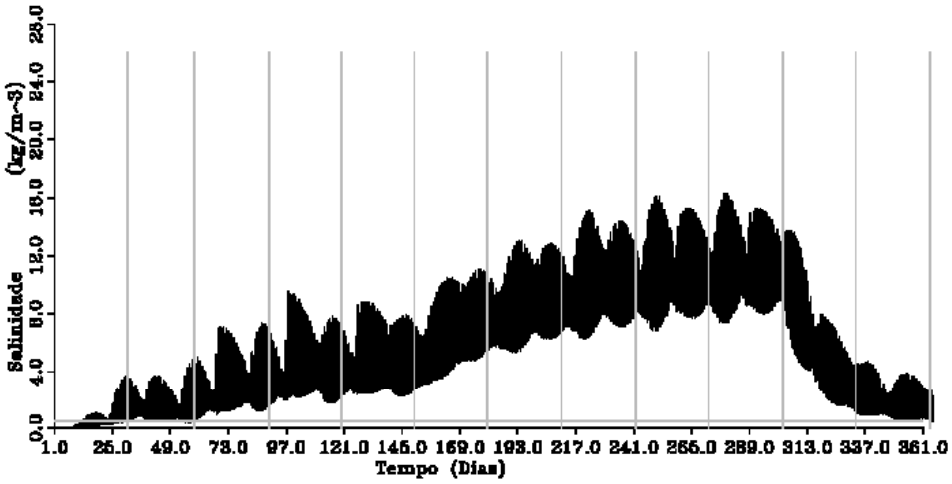


1m da sup. – Odeleite (2006)

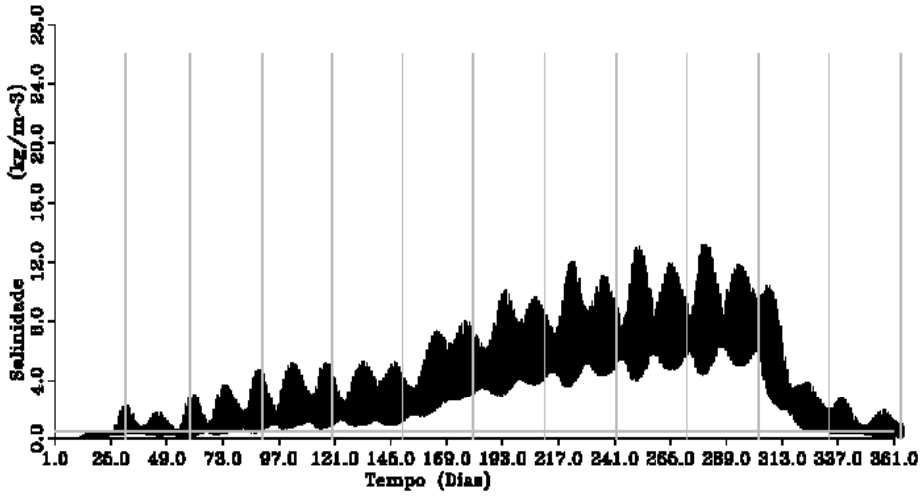


1m da sup. – Laranjeiras (2006)

EDIA Regime Seco



1m da sup. – Alcoutim (2006)

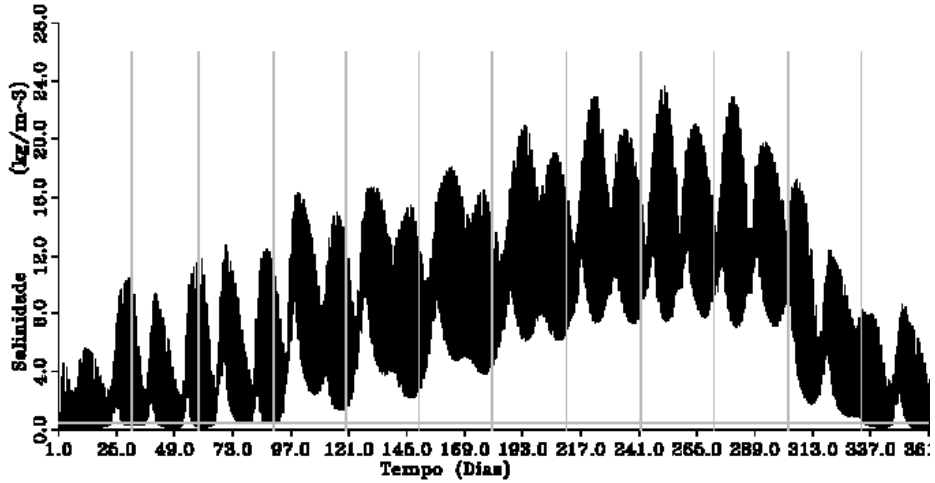


1m da sup. – Premedeiros (2006)

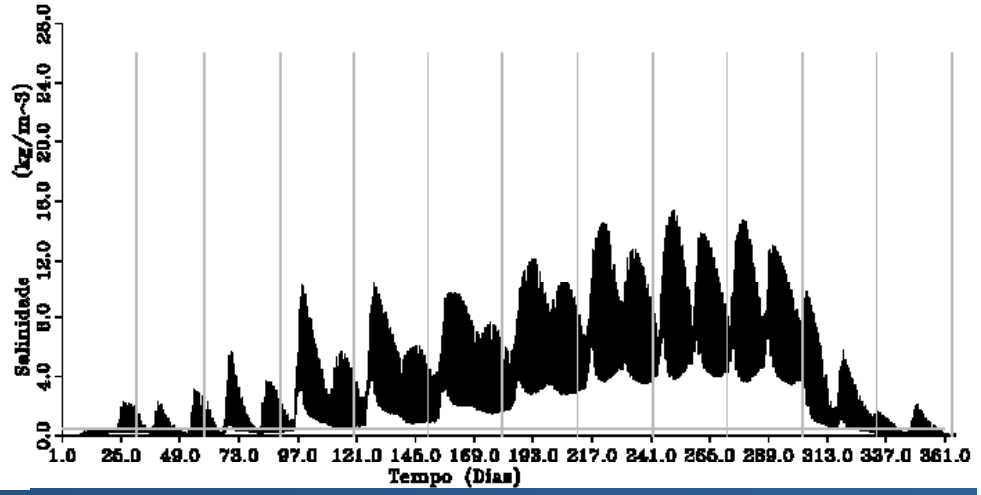
MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **RESULTADO DAS APLICAÇÕES**

Séries temporais de salinidade

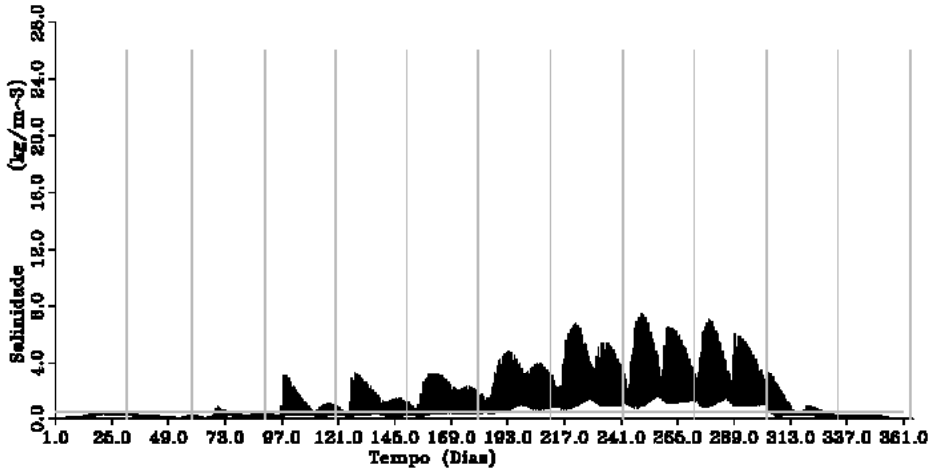


1m da sup. – Odeleite (2006)

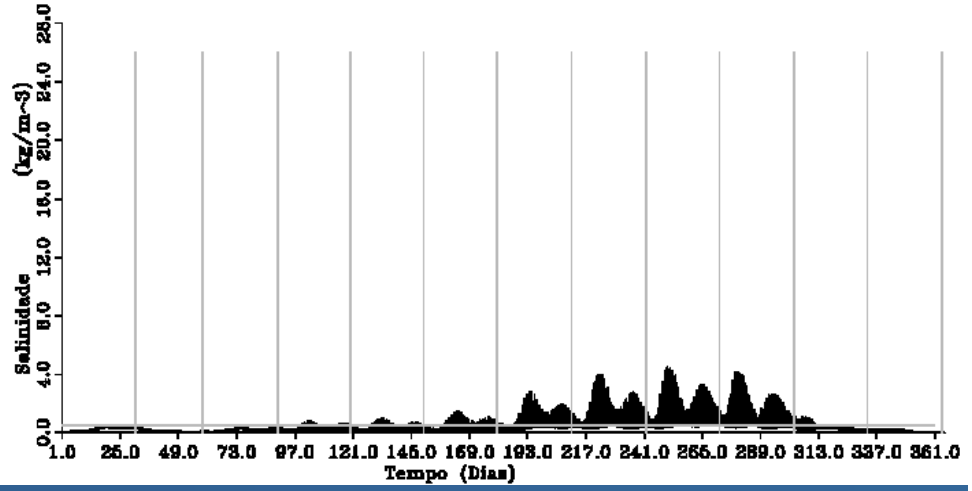


1m da sup. – Laranjeiras (2006)

EDIA Regime Húmido



1m da sup. – Alcoutim (2006)

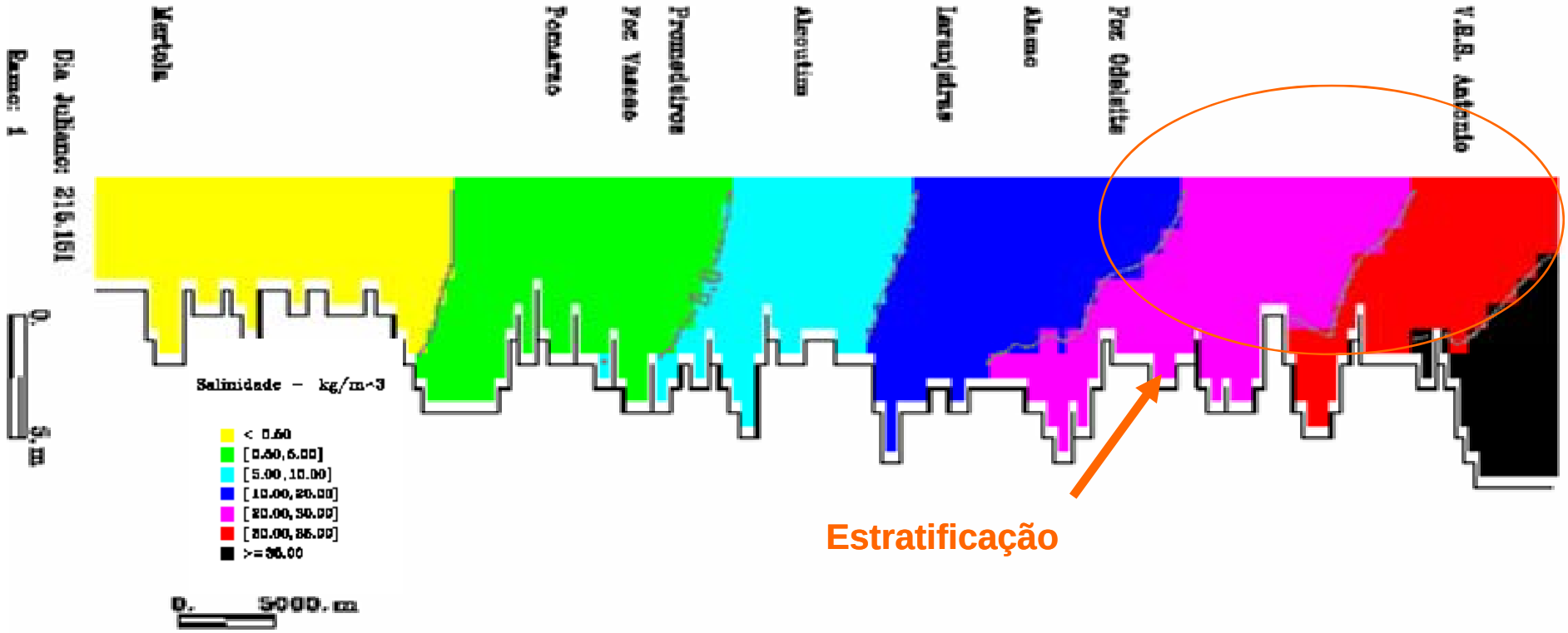


1m da sup – Premedeiros (2006)

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **RESULTADO DAS APLICAÇÕES**

Regime seco, BMAM



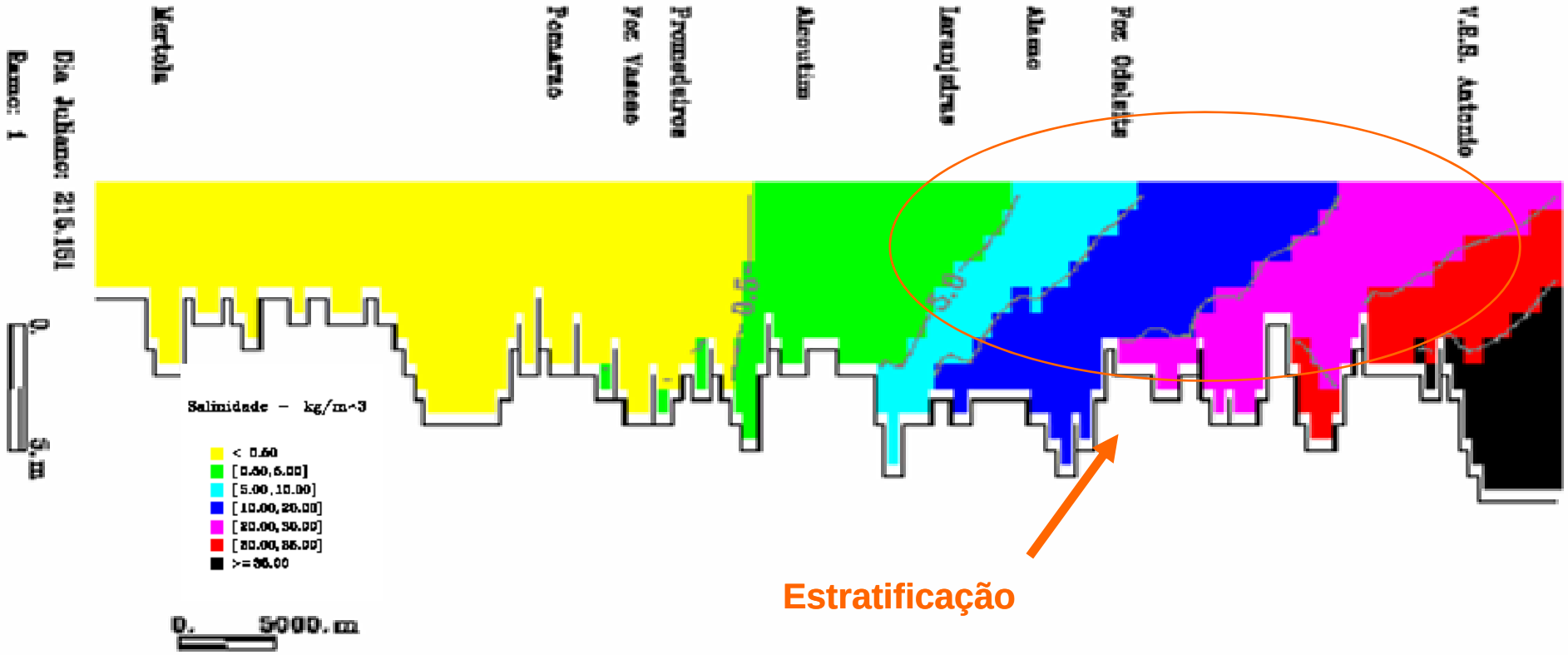
Estratificação

Distribuição longitudinal da salinidade

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA INTRUSÃO SALINA – Modelo e resultados

- **RESULTADO DAS APLICAÇÕES**

Regime húmido, BMAM



Estratificação

Distribuição longitudinal da salinidade

SINTESE DOS RESULTADOS DA MODELAÇÃO MATEMÁTICA

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA INTRUSÃO SALINA NO ESTUÁRIO DO GUADIANA

- A **intrusão salina** no estuário do Guadiana **tende a ultrapassar o Pomarão na vigência do regime seco**

- A vizinhança de **Premedeiros** constitui o **limite da intrusão salina** na vigência do **regime húmido**.

- O estuário a **jusante de Alcoutim** é sede de **fenómenos de estratificação**, excepto em preia-mar, mais pronunciados nos períodos de marés mortas.

SINTESE DOS RESULTADOS DA MODELAÇÃO MATEMÁTICA

- Em regime seco não é viável a captação de água doce por períodos suficientemente longos em nenhuma das estações. Na estação situada mais a montante, em Premedeiros, apenas será possível captar água doce continuamente durante o mês de Janeiro, intermitentemente durante o mês de Fevereiro e esporadicamente no mês de Março.

- Em regime médio já será possível captar continuamente água doce em Premedeiros durante praticamente dois meses – Janeiro e Fevereiro – e intermitentemente durante cinco meses – em Novembro e Dezembro e de Março a Maio. Também será possível captar água doce em Alcoutim intermitentemente de Novembro a Março.

- Em regime húmido será possível captar água doce continuamente em Premedeiros durante quatro meses – de Dezembro a Março – e intermitentemente outros quatro meses – em Novembro e de Abril a Junho. Em Alcoutim passa também a ser possível a captação praticamente em contínuo durante os mesmos quatro meses e intermitentemente durante dois meses – em Novembro e em Abril. Apenas neste regime é de considerar uma captação nas Laranjeiras, de forma intermitente durante três meses – de Dezembro a Fevereiro. A possibilidade de captação na foz de Odeleite existe mas é esporádica.

DEFINIÇÃO DOS REGIMES TIPO DE BOMBAGEM

Solução	Local	Regime	Horas anuais	Caudal (m3/s)	Total (m3)
I	Premedeiros	6meses/ano	4380	1,06	~$15x10^6$
II	Alcoutim	3meses/ano	2190	2,12	~$15x10^6$
III	Premedeiros	Permanente	8760	0,53	~$15x10^6$
IV	Alcoutim	6meses/ano	4380	1,06	~$15x10^6$
V	Alcoutim	Permanente	8760	0,53	~$15x10^6$
VI	Laranjeiras/Álamo	12h/dia ou 15 dias/mês ou 6 meses/ano	4380	1,06	~$15x10^6$
VII	Foz de Odeleite	6h/dia ou 7,5dias/mês ou 3 meses/ano	2190	2,12	~$15x10^6$

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE ADUÇÃO

Caudal

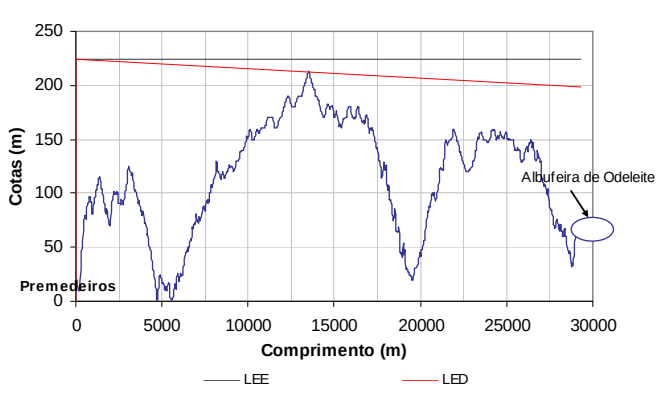
O caudal a bombar foi determinado com base no volume anual da adução e na duração do período possível de bombagem associado a cada local, função da variação da salinidade.

Na determinação do caudal de dimensionamento admitiu-se um caudal de 10% do caudal entrado no sistema para compensar as perdas e fugas que possam ocorrer.

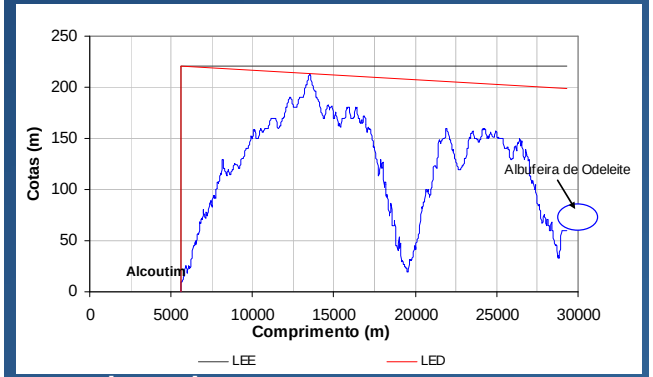
$$Qdim = V / PB \times Ff$$

Qdim – Caudal de dimensionamento em (m3/s);
V – Volume anual a garantir (m3);
PB – Período de captação ou bombagem (s);
Ff – Factor de perdas e fugas.

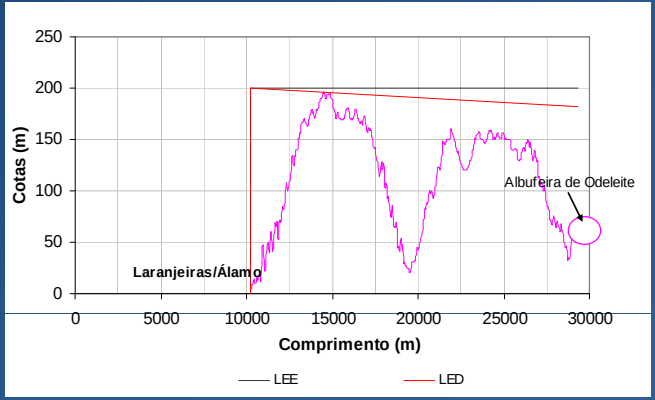
Perfis



Premedeiros



Alcoutim



Laranjeiras/Álamo

Foz de Odeleite

A adução desenvolve-se ao longo das vias rodoviárias, vias municipais e as Nacionais 122 e 122-1 consoante os casos. Os trajectos são sinuosos. Os pontos mais altos exigem às estações de bombagem alturas de elevação entre 225 m e 110 m.

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE ADUÇÃO

Perdas de carga

Fórmula de Darcy-Weisbach e Colebrook-White. Coeficiente de rugosidade de 0,10 mm (aço, água bruta).

Material das condutas

Materiais possíveis: o Polietileno; o Betão; o Ferro Fundido Dúctil com juntas travadas e o Aço.

A solução em **Aço** apresenta-se mais adequada:

- **permite pressões elevadas**
- **juntas soldadas**, garantindo **maior fiabilidade**, para além de permitir **bastante maleabilidade** em termos de acessórios facilitando o percurso da tubagem.

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE ADUÇÃO

Estudo Económico

- Encargos de investimento
- Encargos de manutenção
- Encargos energéticos
- Taxa de actualização – de 3% (2007 a 2030) num cenário de avaliação a preços constantes

Encargos energéticos

- Termo Tarifário fixo
- Encargos de potência (tarifas flutuantes, função da hora)
- Custo unitário de energia (função do período do ano)
- Custo de elevação

RESULTADOS APURADOS

Solução	Regime EDIA	Regime	Local de captação	Q (l/s)	L (m)	Δh (m)	ϕ(mm)	Investimento inicial (€x10^6)		Investimento inicial Total (€x10^6)	Manutenção (€x10^6/ano)		Energia (€x10^6/ano)	Operação Anual Total (€x10^6)	Total actualizado (horizonte de projecto 2030) (€x10^6)
								Condutas	Estação Elevatória		Condutas	Estação Elevatória			
I	Regime Húmido	6meses/ano	Premedeiros	1060	29300	225	1100	23.4	4.9	28.3	0.234	0.348	1.3	1.9	58
II		3meses/ano	Alcoutim	2120	23700	220	1500	30.8	7.3	38.1	0.308	0.478	1.7	2.4	77
III	Caudal constante de 22,5 m^3/s	Permanente	Premedeiros	530	29300	225	800	13.5	3.2	16.7	0.135	0.209	1.0	1.4	39
IV		6meses/ano	Alcoutim	1060	23700	220	1100	19.0	4.8	23.8	0.190	0.301	1.2	1.7	52
V	Caudal constante de 27,5 m^3/s	Permanente	Alcoutim	530	23700	220	800	10.9	3.2	14.1	0.109	0.182	1.0	1.3	36
VI		12h/dia 15d/mês 6meses/ano	Laranjeiras/Alamo	1060	19100	200	1100	15.3	4.6	19.9	0.153	0.259	1.1	1.5	45
VII		6h/dia 7,5d/mês 3meses/ano	Odeleite	2120	5300	110	1500	6.9	5.2	12.1	0.069	0.190	0.8	1.1	32

9º Congresso da Água

Água: desafios de hoje, exigências de amanhã

Cascais, Centro de Congressos do Estoril - 2 a 4 de Abril de 2008

IDENTIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NO ESTUÁRIO DO GUADIANA

Mário Teles, Sofia Costa Freire

Unidade de Engenharia das Zonas Costeiras

AGRADECIMENTO

A Hidroprojecto agradece à ÁGUAS DO ALGARVE
a possibilidade de realizar o presente trabalho

HIDROPROJECTO
ENGENHARIA E GESTÃO, S.A.