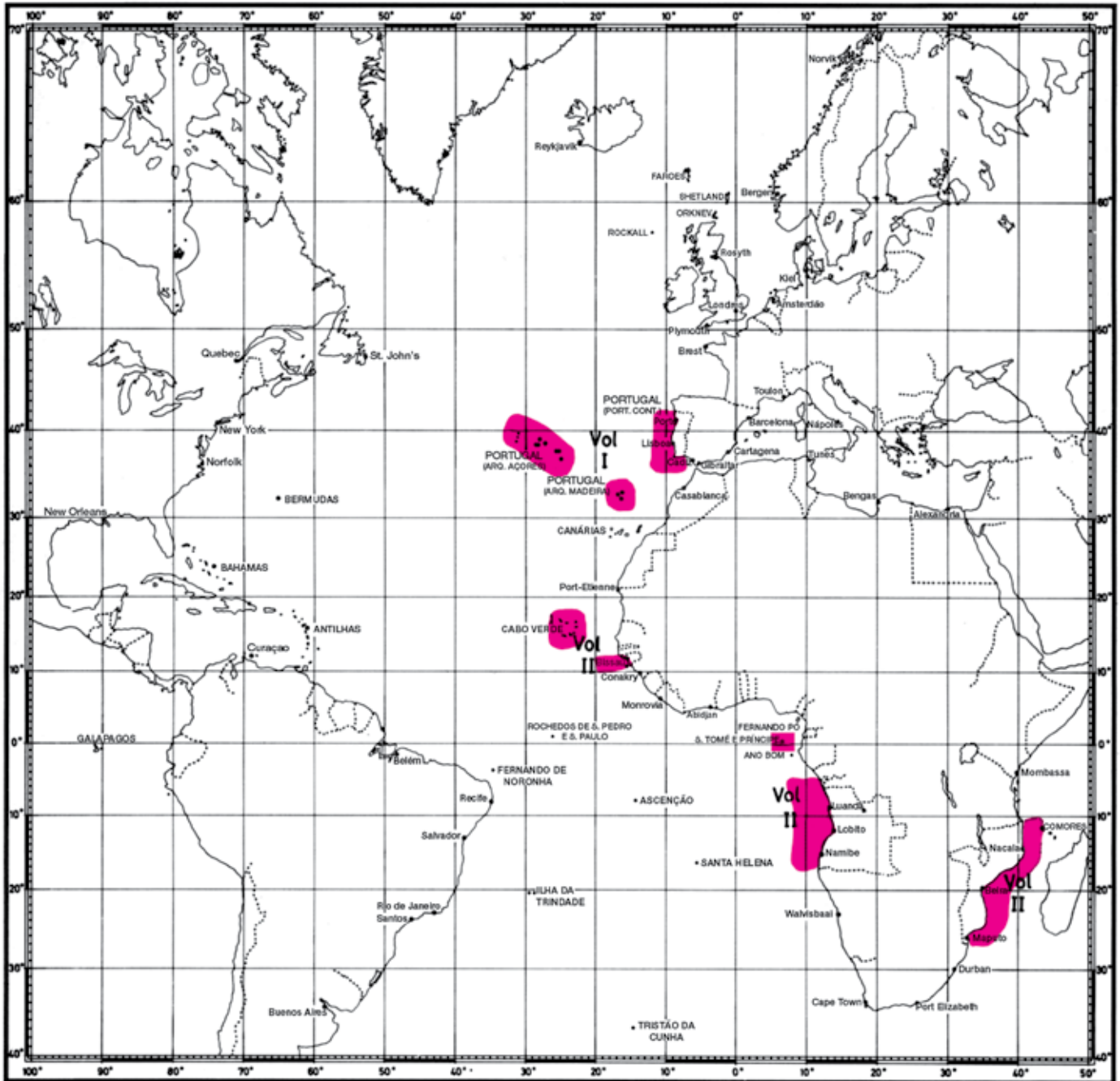


## **CAPÍTULO 1**

# **GENERALIDADES**

# ÁREAS COBERTAS PELOS VOLUMES I E II DAS TABELAS DE MARÉS



## CAPÍTULO 1

### GENERALIDADES

#### 101 — Organização das Tabelas de Marés

As Tabelas de Marés publicadas pelo Instituto Hidrográfico estão estruturadas de modo a agrupar, em volumes separados, as informações relativas aos portos localizados em território nacional e em Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa e Macau.

Assim:

Volume I — PORTUGAL – Compreende portos de Portugal Continental e dos Arquipélagos dos Açores e da Madeira.

Volume II — PAÍSES AFRICANOS DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA – Compreende portos de Cabo Verde, Guiné-Bissau, S. Tomé e Príncipe, Angola e Moçambique.  
— MACAU.

As Tabelas incluem a seguinte informação básica:

- Previsões das horas e alturas de água das preia-mares e baixa-mares para os portos principais;
- Previsões de alturas horárias para alguns portos principais do Volume I;
- Concordâncias de marés para locais próximos dos portos principais;
- Constantes harmónicas fundamentais para os portos principais;
- Elementos de marés para os portos principais;
- Fases da Lua;
- Calendário 2015;
- Tabela para calcular a altura de maré em qualquer instante e figura explicativa da tabela.

#### 102 — Processo de análise e cálculo das previsões

As previsões apresentadas nas Tabelas de Marés do Instituto Hidrográfico foram calculadas com base em análises harmónicas de séries de observações maregráficas, em regra com a duração de um ano. Os períodos de observações com base nos quais se efetuaram as análises encontram-se indicados na secção «NOTAS» das páginas relativas aos portos respetivos. O número de constituintes (componentes harmónicas da maré) cujas constantes harmónicas podem ser calculadas, e consequentemente a precisão das previsões, dependem da duração da série de observações disponível para cada local. Na maioria dos portos da Tabela de Marés – Volume I, as previsões foram calculadas a partir de períodos de observações de pelo menos um ano.

As constantes harmónicas características de cada constituinte, resultantes da análise harmónica, refletem as variações do nível de água devidas à maré astronómica, e não as variações associadas à maré meteorológica, as quais se manifestam especialmente por oscilações do nível médio do mar de periodicidade mal definida. Os efeitos da variação das condições atmosféricas na variação da altura de água são referidos no parágrafo 104.

As previsões de marés apresentadas nas Tabelas de Marés foram calculadas na Divisão de Oceanografia do Instituto Hidrográfico utilizando a fórmula harmónica. O nível médio das previsões de maré corresponde ao nível médio local adotado para cada porto e encontra-se igualmente indicado na página de notas de cada porto.

## 103 — Precisão das previsões de marés

As previsões de preia-mares e baixa-mares são apresentadas com aproximação ao decímetro. As previsões de alturas horárias para alguns dos portos incluídos no Volume I da Tabela de Marés são apresentadas com aproximação ao centímetro. É de referir, no entanto, que os desvios entre a altura de maré observada e a altura de maré prevista podem ultrapassar frequentemente 0.1 m, devido à conjugação de efeitos meteorológicos, subida do nível médio do mar, variações sazonais, etc. Nos portos interiores, localizados em rios ou estuários, há também que ter em consideração as variações do nível das águas, em consequência de cheias ou estiagens.

A partir da análise sistemática das longas séries de observações maregráficas disponíveis para alguns locais do Globo, concluiu-se que o nível médio do mar se encontra em fase de subida, com uma tendência de cerca de  $1.75 \pm 0.13$  milímetros por ano.

Por esta razão e dado que o plano do Zero Hidrográfico (ZH) foi fixado em relação a níveis médios adotados há várias décadas, são de esperar alturas de água superiores, em cerca de 0.1 m, aos valores indicados na tabela, particularmente em relação aos portos que figuram no Volume I da Tabela de Marés.

No entanto, o referido não implica que não possam ocorrer alturas de água inferiores às previsões apresentadas nas Tabelas de Marés, devido principalmente a efeitos meteorológicos.

## 104 — Ação das condições meteorológicas

As diferenças entre as alturas de maré previstas e as alturas de maré observadas são principalmente originadas por ventos fortes ou de prolongada duração e por pressões atmosféricas anormalmente baixas ou elevadas. As diferenças em tempo são devidas principalmente à ação do vento.

**Pressão atmosférica** — Baixas pressões tendem a fazer subir o nível do mar, enquanto que as altas pressões têm um efeito contrário. Convém contudo notar que o nível da água não se ajusta imediatamente às variações da pressão atmosférica, respondendo, na realidade, à variação da pressão média numa área considerável em torno do ponto em causa.

De um modo aproximado, a uma variação de pressão de 10 hectopascal (milibares) corresponde uma variação do nível das águas de 0.09 m.

Estas diferenças nas alturas de água raramente ultrapassam valores de 0.3 a 0.4 metros, mas convém ter em atenção que elas se podem sobrepôr aos efeitos de outros fenómenos, como os do vento e das seichas.

**Ventos** — A ação do vento no nível médio do mar e, conseqüentemente, nas alturas e horas das marés é muito variável e depende substancialmente da fisiografia da área em questão. Dum modo geral, pode afirmar-se que a ação do vento se traduz numa subida do nível do mar no sentido para onde sopra o vento. Um vento forte soprando para terra provoca a elevação do nível do mar e, portanto, alturas de água superiores às previstas. Fenómeno inverso se passa quando o vento sopra de terra para o mar.

**Seichas** — Mudanças súbitas das condições meteorológicas, como as provocadas pela passagem de uma depressão cavada ou de uma frente ativa, causam oscilações periódicas do nível do mar.

Os períodos podem ser de 5 a 30 minutos e a altura das ondas de 5 a 70 centímetros.

Seichas de pequena amplitude são frequentes e a sua ação faz-se sentir com maior incidência nos portos cujas dimensões e forma os tornam mais suscetíveis a oscilações forçadas.

## 105 — Horas

À data da elaboração da Tabela de Marés para 2015, as horas legais em vigor estão determinadas pela seguinte legislação:

- Para Portugal Continental: Decreto-Lei n.º 17/96, de 8 de março;
- Para o Arquipélago da Madeira: Decreto Regional n.º 6/96/M, de 25 de junho;
- Para o Arquipélago dos Açores: Decreto Regional n.º 16/96/A, de 1 de agosto.

As previsões de marés para os portos que figuram neste volume da Tabela de Marés foram calculadas para os fusos horários que seguidamente se indicam:

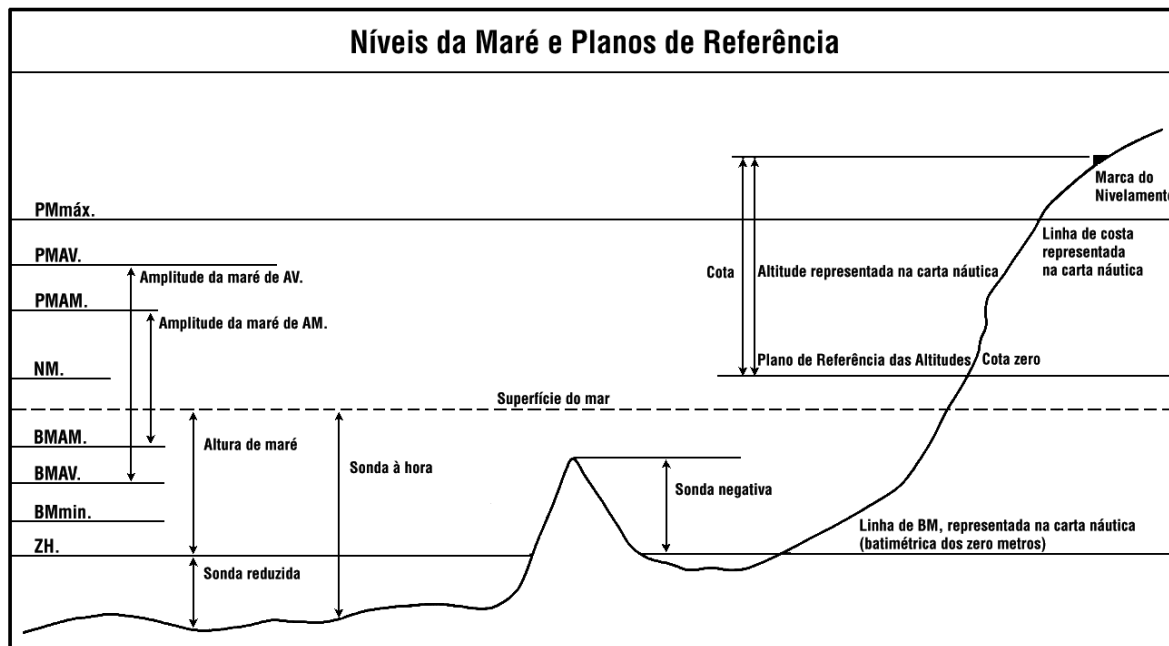
Portugal Continental. . . . .	0 (TU)
Arquipélago da Madeira. . . . .	0 (TU)
Arquipélago dos Açores. . . . .	+ 1 (TU – 1)

Alertam-se os utilizadores deste volume da *Tabela de Marés*, para o facto de as previsões de marés indicadas serem referidas a um fuso horário que poderá não coincidir com o fuso horário correspondente à hora legal.

Em Portugal Continental, Açores e Madeira, entre a 1h TU de 29 de março e a 1h TU de 25 de outubro, deverão os utilizadores adicionar 1 hora aos valores horários indicados na Tabela de Marés.

## 106 — Níveis de referência

Na análise e previsão de marés, é necessário considerar alguns níveis de referência vertical, cuja inter-relação se encontra indicada no esquema seguinte:



- PMmáx.** Nível da maré astronómica mais alta. É a altura de água máxima que se prevê que possa ocorrer devida à maré astronómica, para o ano a que se refere a publicação.
- PMAV.** É o valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas preia-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é maior (próximo das situações de Lua Nova ou Lua Cheia).
- PMAM.** É o valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas preia-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é menor (próximo das situações de Quadro Crescente ou Quarto Minguante).
- NM.** Nível médio. É o valor médio adotado para as alturas de água de um determinado porto, resultante de séries de observações maregráficas de duração variável, relativamente ao qual foram elaboradas as previsões.
- BMAM.** É o valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas baixa-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é menor (próximo das situações de Quarto Crescente ou Quarto Minguante).
- BMAV.** É o valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas baixa-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é maior (próximo das situações de Lua Nova ou Lua Cheia).
- BMmin.** Nível da maré astronómica mais baixa. É a altura de água mínima que se prevê que possa ocorrer devida à maré astronómica, para o ano a que se refere a publicação.
- ZH.** Zero Hidrográfico. É o plano de referência em relação ao qual são referidas as sondas e as linhas isobatimétricas nas cartas náuticas, e as previsões de altura de maré que figuram nas Tabelas de Marés do Instituto Hidrográfico. Nas cartas portuguesas, o ZH. fica situado abaixo do nível da maré astronómica mais baixa, pelo que as previsões de altura de maré são sempre positivas.

Para caracterizar marés com forte desigualdade diurna, como é o caso do porto de Macau (Volume II da *Tabela de Marés*), é necessário definir quatro novos níveis característicos (não representados na figura anterior):

- PMsup. É o valor médio, tomado ao longo do ano, das preia-mares mais altas que ocorrem em cada dia. Para os dias em que ocorre apenas uma PM, este fenómeno é incluído na média, por ser considerado o valor extremo nesse dia.
- PMinf. É o valor médio, tomado ao longo do ano, das preia-mares mais baixas que ocorrem em cada dia. Os dias em que ocorre uma só BM são excluídos da média.
- BMsup. É o valor médio, tomado ao longo do ano, das baixa-mares mais altas que ocorrem em cada dia. Os dias em que ocorre uma só PM são excluídos da média.
- BMinf. É o valor médio, tomado ao longo do ano, das baixa-mares mais baixas que ocorrem em cada dia. Para os dias em que ocorre apenas uma BM, este fenómeno é incluído na média, por ser considerado o valor extremo nesse dia.

Os valores de PMmax., PMAV., PMAM., BMAM., BMAV., BMmin., PMsup., PMinf., BMsup. e BMinf. foram obtidos a partir das previsões anuais para os portos incluídos nas Tabelas de Marés, sendo assim válidos para o ano a que a mesma se refere. Os valores destes níveis característicos apresentam-se no Capítulo 3 – Elementos de Marés.

Os elementos de marés variam de ano para ano com uma periodicidade de cerca de 18.6 anos, que corresponde à duração de um ciclo de revolução dos nodos da órbita lunar.

**A informação sobre elementos de marés contida nas cartas náuticas é ajustada de modo a ser representativa de todo o ciclo nodal (devido à impossibilidade de atualização anual), podendo num dado ano ser menos precisa que a informação contida nas Tabelas de Marés para esse mesmo ano.**

A explicação mais detalhada do significado dos termos acima introduzidos pode encontrar-se no Anexo A-6 — Glossário de Termos.

#### 107 — Fases da Lua

A informação relativa às fases da Lua apresentada nesta publicação foi fornecida pelo Observatório Astronómico de Lisboa.

#### 108 — Alturas de maré

As alturas de maré previstas são expressas em metros e calculadas para cada porto em relação ao ZH. O nível médio das alturas de maré corresponde a um valor médio adotado com base em séries de observações maregráficas de duração variável, em torno do qual oscilam as ondas constituintes da maré astronómica.

Assim, para se obter o valor da profundidade num determinado local e num dado momento, haverá que somar a altura de água indicada pelas Tabelas de Marés ao valor da sonda que figura na carta náutica para esse local (sonda reduzida).

#### 109 — Cálculo da altura de maré em qualquer instante e da hora correspondente a determinada altura de maré

A tabela que consta no Anexo A-4 permite determinar a altura de água em qualquer instante, por uma interpolação baseada no pressuposto de que a forma da onda de maré é sinusoidal, o que, em rigor, não sucede.

O cálculo, muito rápido e simples, exige o conhecimento das seguintes variáveis: horas e alturas da preia-mar e da baixa-mar que enquadram o instante pretendido (valores esses que são extraídos diretamente da Tabela de Marés), duração da Enchente/Vazante, amplitude da maré e o tempo que decorre após ou antes da baixa-mar mais próxima.

Exemplo:

Cálculo da altura de água em **Lisboa, no dia 4 de Abril de 2015, às 10h 30m (TU).**

		Hora	Altura
Na página 2-56:	PM mais próxima	<b>15h 27m</b>	<b>3.7 m</b>
	BM mais próxima	<b>09h 00m</b>	<b>0.7 m</b>
		Duração da enchente = <b>06h 27m</b> <sup>(1)</sup>	Amplitude da maré = <b>3.0 m</b> <sup>(2)</sup>

O intervalo desde a BM mais próxima é **10h 30m – 09h 00m = 01h 30m** <sup>(3)</sup>

Na tabela do Anexo A – 4 da «Duração da enchente ou da vazante» procurar a coluna com o valor mais próximo de <sup>(1)</sup>, neste caso, 6:30. Nessa coluna, procurando a linha com o valor mais aproximado do intervalo <sup>(3)</sup> encontra-se o valor 1:31. Depois, seguindo nessa linha até à coluna da «Amplitude da maré» com o valor mais próximo do valor calculado <sup>(2)</sup>, neste caso 3.00, encontra-se como *correção aditiva* o valor **0.39 m**.

Aplicando a correção ao valor da BM prevista, obtém-se:

$$0.7 \text{ m} + 0.39 \text{ m} = 1.09 \text{ m} \sim \mathbf{1.1 \text{ m}}$$

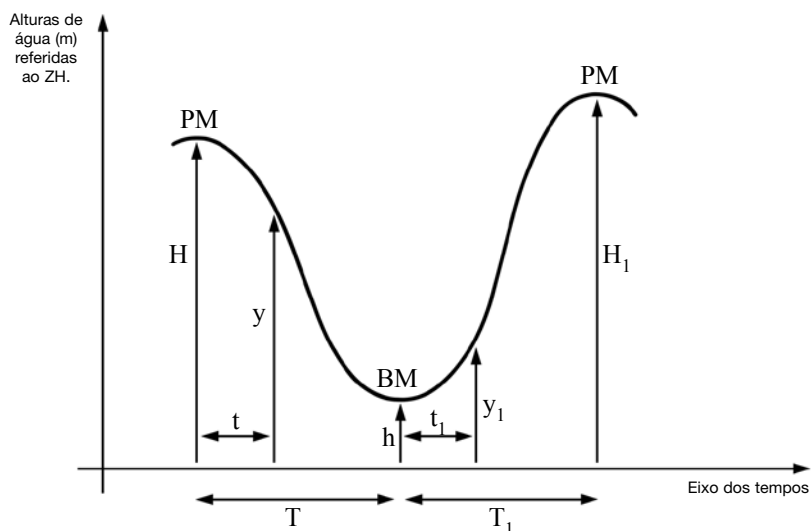
Utilizando a tabela no sentido inverso, é possível determinar a hora correspondente a determinada altura de água.

### 110 — Cálculo da altura de maré em qualquer instante e da hora correspondente a determinada altura de maré – método analítico

Assumindo que a forma da onda de maré é sinusoidal, o que, como já foi dito, não é rigorosamente verdadeiro, é possível determinar a altura de maré em qualquer instante e da hora correspondente a uma determinada altura de água com recurso a expressões analíticas.

Isto é, conhecendo:

- os valores de H ou H<sub>1</sub> e h (alturas de água das PM e BM que enquadram o intervalo de tempo no qual se vai efetuar o cálculo);
- o valor de T ou T<sub>1</sub> (intervalo em tempo entre PM e BM ou BM e PM);
- o valor de t ou t<sub>1</sub> (intervalo em tempo entre o evento imediatamente anterior (PM ou BM) e a hora a que se pretende saber a altura da maré).



Pode calcular-se:

- a) A altura de água (y) em qualquer momento depois de uma PM

$$y = \frac{H + h}{2} + \frac{H - h}{2} \cos \frac{\pi t}{T}$$

- b) A altura de água (y<sub>1</sub>) em qualquer momento depois de uma BM

$$y_1 = \frac{h + H_1}{2} + \frac{h - H_1}{2} \cos \left( \frac{\pi t_1}{T_1} \right)$$

- c) A diferença entre as alturas de água a dado momento e na PM anterior

$$H - y = (H - h) \operatorname{sen}^2 \frac{\pi t}{2T}$$

- d) A diferença entre as alturas de água a dado momento e na BM anterior

$$y_1 - h = (H_1 - h) \operatorname{sen}^2 \frac{\pi t_1}{2T_1}$$

e) O intervalo de tempo (t) após uma PM em que a maré atinge um dado valor y

$$t = \frac{T}{\pi} \arccos \frac{2y - H - h}{H - h}$$

f) O intervalo de tempo (t<sub>1</sub>) após uma BM em que a maré atinge um dado valor y<sub>1</sub>

$$t_1 = \frac{T_1}{\pi} \arccos \frac{2y_1 - h - H_1}{h - H_1}$$

## 111 — Concordâncias de marés para locais próximos dos portos principais

### 111.1 Informação disponibilizada

A tabela que consta nas páginas 3-2 e 3-3 «Concordâncias de marés para locais próximos dos portos principais, compreende» o nome do porto principal de referência (em maiúsculas), seguido da lista de todos os portos secundários.

Na linha do porto principal figuram os números das páginas com previsões para esse porto, a localização geográfica, o nível médio e as alturas de água das preia-mares e baixa-mares médias, previstas em situação de águas mortas médias e águas vivas médias.

Nas linhas dos portos secundários estão indicados a posição geográfica e a altura do nível médio local, bem com as correções a aplicar em tempo e em altura quer em águas mortas, quer em águas vivas, relativamente aos valores previstos para o porto principal. Em alguns casos estão igualmente indicadas as relações de amplitude entre o porto secundário e o porto principal de referência.

Situações de ausência de informação em alguma coluna não significam que não haja correções a fazer; significam que as mesmas não puderam ser calculadas por falta de informação nos respetivos portos.

Caso para o porto secundário pretendido constar na tabela correções em altura e, simultaneamente, relações de amplitude sugere-se a utilização das correções em altura pois trata-se de informação mais detalhada e que permite diferenciar uma situação de preia-mar da de baixa-mar.

### 111.2 Cálculo das alturas das preia-mares e baixa-mares

A tabela dos portos secundários fornece, para cada porto principal de referência, as alturas de água das preia-mares (PM) e baixa-mares (BM) previstas em situação de águas mortas médias e águas vivas médias. Admitindo que as correções em altura variam proporcionalmente à altura no porto principal de referência, as mesmas podem ser determinadas por interpolação linear. A página A-8 apresenta uma folha onde é possível fazer as correções por interpolação gráfica.

Segue-se um exemplo da aplicação das concordâncias para a determinação da altura de água da BM num porto secundário.

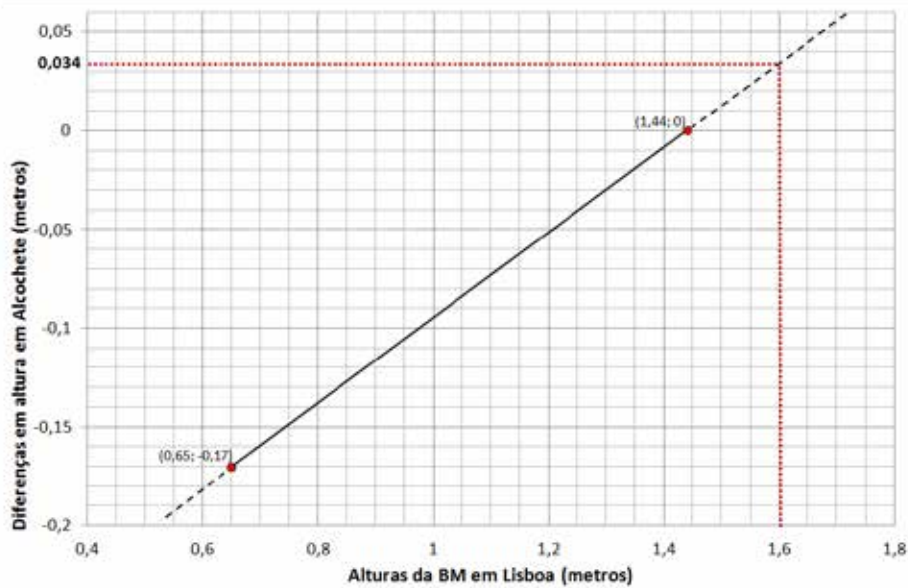
Suponhamos que em Lisboa está prevista uma BM de 1.6 m; qual a altura de água da BM respetiva em Alcochete?

De acordo com a tabela da página 3-3, tem-se:

NOME DO PORTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS84)		NÍVEL MÉDIO m	CORREÇÕES EM TEMPO				CORREÇÕES EM ALTURA				RELAÇÃO DE AMPLITUDE	
	Lat (N) ° ' "	Long (W) ° ' "		PM		BM		PM		BM		AM	AV
				AM h min	AV h min	AM h min	AV h min	AM m	AV m	AM m	AV m		
<b>LISBOA</b> (Págs. 2-53 a 2-58)	<b>38 42.62</b>	<b>9 07.53</b>	<b>2.20</b>					<b>2.96</b> 1	<b>3.75</b> 2	<b>1.44</b> 3	<b>0.65</b> 4		
Paço de Arcos .....	38 41.5	9 17.6	2.08	-0 23	-0 31	-0 13	-0 20	-0.24	-0.33	0	+0.05	0.85	0.88
Pedrouços .....	38 41.6	9 13.5	2.10	-0 18	-0 21	-0 16	-0 21	-0.17	-0.22	0	0	0.91	0.93
Trafaria .....	38 40.5	9 13.9	2.10	-0 12	-0 18	-0 09	-0 13	-0.19	-0.26	0	0	0.88	0.92
Cacilhas .....	38 41.3	9 08.9	2.20	-0 11	-0 11	-0 14	-0 17	0	0	0	0	0.97	1.00
Arsenal do Alfeite .....	38 40.1	9 08.9	2.20	-0 07	-0 13	-0 15	-0 17	0	-0.05	0	0	1.01	0.99
Montijo .....	38 41.4	9 02.9	2.25	-0 03	-0 06	-0 13	-0 17	+0.06	+0.11	0	-0.07	1.02	1.06
Seixal .....	38 39.0	9 04.6	2.25	0	-0 05	-0 11	-0 15	0	+0.07	+0.06	0	0.98	1.02
Cabo Ruivo .....	38 45.4	9 05.5	2.25	0	0	-0 11	-0 14	+0.08	+0.15	0	-0.11	1.05	1.08
Alcochete .....	38 45.4	8 58.0	2.30	0	-0 07	-0 03	0	+0.17	+0.25	0	-0.17	1.10	1.13
Ponta da Erva .....	38 50.0	8 58.0	2.35	+0 09	+0 11	+0 02	+0 11	+0.25	+0.34	0	-0.13	1.14	1.15
Póvoa de Santa Iria .....	38 51.4	9 03.7	2.30	+0 10	+0 17	+0 02	+0 13	+0.20	+0.18	0	0	1.15	1.07
Vila Franca de Xira .....	38 57.1	8 59.4	2.40	+0 28	+0 36	+0 41	+1 11	+0.32	+0.28	+0.11	+0.22	1.14	1.02
Carregado - Terra .....	39 00.5	8 56.5	2.40	+1 07	+1 18	+1 30	+2 05	+0.28	0	+0.15	+0.48	1.08	0.84



Da leitura da tabela verifica-se que a uma BM de 0.65 m corresponde uma correção em altura de -0.17 m; por sua vez, a uma BM de 1.44 m não deve ser efectuada qualquer tipo de correção. Traçando, uma recta que una os dois pontos definidos pela informação acabada de referir, constata-se que a uma BM em Lisboa de 1.6 m corresponde uma correção em altura de 0.034 m.

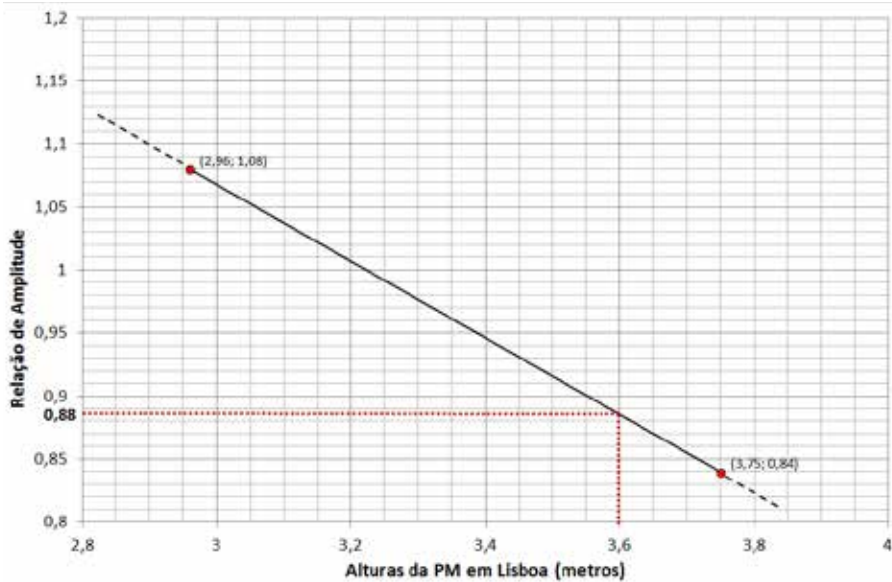


Aplicando a correção em altura, a BM em Alcochete será de 1.6 m + 0.034 m ~1.63 m.

### 111.3 Cálculo das alturas das preia-mares e baixa-mares usando a relação de amplitudes

Em Lisboa está prevista uma PM de 3.6 metros às 2h 57m. Qual o valor da PM no Carregado?

No gráfico abaixo, a uma altura de 3.6 metros em Lisboa corresponde uma relação de amplitudes de 0.88.



Então, a elevação de maré em Lisboa relativamente ao nível médio (2,20 m) será:

$$3.60 \text{ m} - 2.20 \text{ m} = \mathbf{1.40 \text{ m}}$$

Aplicando a relação de amplitudes, a elevação de maré no Carregado será:

$$1.40 \text{ m} * 0.88 = 1.232 \text{ m} \sim \mathbf{1.23 \text{ m}}$$

Logo, a altura de maré da PM no Carregado será:

$$2.40 \text{ m (nível médio no Carregado)} + 1.23 \text{ metros} = \mathbf{3.63 \text{ m}}$$

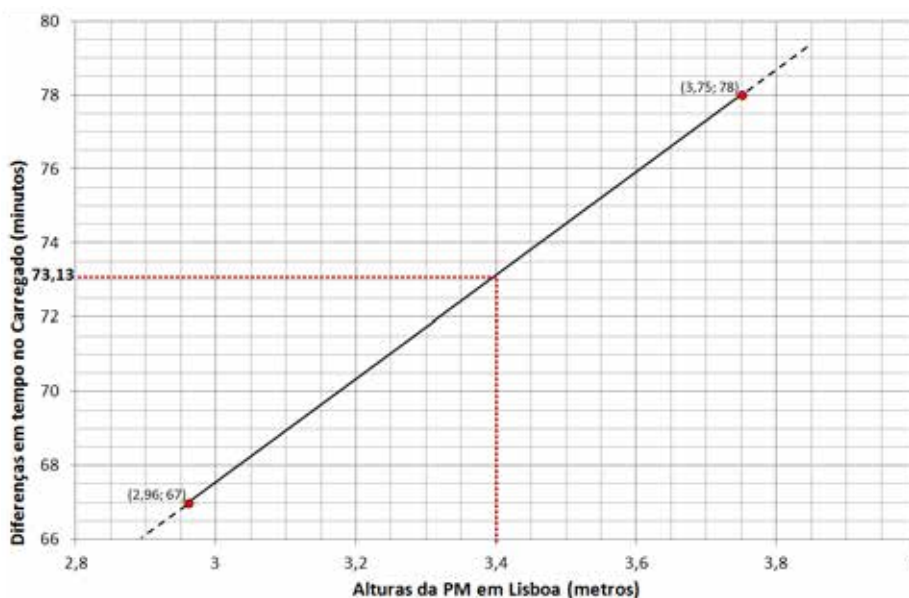
#### 111.4 Cálculo das horas das preia-mares e baixa-mares

Admitindo que as correções em tempo também variam proporcionalmente à altura no porto principal de referência, as mesmas podem igualmente ser determinadas por interpolação linear.

Segue-se um exemplo da aplicação das concordâncias para a determinação da hora da PM num porto secundário.

Suponhamos que em Lisboa está prevista uma PM de 3.4 m às 10h 30m. Qual a hora da PM no Carregado?

De acordo com a mesma página da tabela de concordâncias observa-se que a uma altura de 2.96 m de PM em Lisboa corresponde uma correção em tempo de 1h 07m, ou seja 67 minutos; por sua vez, a uma altura de água de PM em Lisboa de 3.75 m corresponde uma correção em tempo de 1h 18m, ou seja 78 minutos. Traçando a reta que une estes dois pontos é fácil verificar que a uma altura de 3.4 m corresponderá uma correção em tempo de 73.13 minutos.



Assim, se a PM em Lisboa está prevista para as 10h 30m, a PM no Carregado será aproximadamente às 10h 30m + 01h 13m = 11h 13m.

**Alertam-se os utilizadores deste volume da Tabela de Marés, para o facto da aplicação das concordâncias se basear em aproximações, pelo que não garantem uma precisão idêntica à que se obtém a partir da fórmula harmónica.**

#### 112 — Alterações relativamente à edição anterior

Na edição da Tabela de Marés do Instituto Hidrográfico para 2015 foram introduzidas as seguintes alterações:

- Foram atualizadas as constantes harmónicas de **Ponta Delgada**.
- O porto das Lajes das Flores passou a porto principal e o porto de Santa Cruz das Flores passou a porto secundário.
- Foi revisto e atualizado o texto que consta no Capítulo I – Generalidades.