



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA

NT - NOTA TÉCNICA ESTIMATIVA DE NÍVEIS EXTREMOS DE MARÉ



Consórcio

ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLI

Junho/2009

951-PMJ-PDC-NT-P003
Rev. 0/A

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

**Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU – da Bacia Hidrográfica do Rio
Cachoeira no Município de Joinville**

NT – NOTA TÉCNICA
ESTIMATIVA DE NÍVEIS EXTREMOS DE MARÉ

CONSÓRCIO ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLi

951-PMJ-PDC-NT-P003

Junho / 2009

ÍNDICE

	PÁG.
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
3. DADOS BÁSICOS.....	9
3.1 ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS.....	9
3.2 OBSERVAÇÕES DE CAMPO.....	17
3.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	19
4. ANÁLISE HARMÔNICA E PERMANÊNCIA DE MARÉ.....	23
4.1 DETERMINAÇÃO DAS COMPONENTES HARMÔNICAS.....	23
4.1.1 Correlação Direta.....	24
4.1.2 Análise Harmônica.....	27
5. NÍVEIS DE PERMANÊNCIA DAS MARÉS.....	34
6. CONCLUSÕES.....	38
7. REFERÊNCIAS.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

FIGURA 2.1 - ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS E AMPLITUDE DAS MARÉS NA COSTA BRASILEIRA.....	7
FIGURA 2.2 - DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE PADRONIZADA DO EFEITO DO RUÍDO METEOROLÓGICO TÍPICO DA COSTA SUDESTE DO BRASIL.....	9
FIGURA 3.1 - DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DAS SEMIAMPLITUDES DE MARÉ – PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL – SANTA CATARINA - BRASIL.....	10
FIGURA 3.2 - CONSTANTES HARMÔNICAS PARA O PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL.....	11
FIGURA 3.3 - MAREGRAMAS COMPARATIVOS DO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL – FEV- MAR/2009	12
FIGURA 3.4 - MAREGRAMAS COMPARATIVOS DO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL – MAR/2009	13
FIGURA 3.5 - CORRELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS CALCULADOS PELA METODOLOGIA DESENVOLVIDA E A PREVISÃO DA MARINHA DO BRASIL	13
FIGURA 3.6 - TÁBUA DE MARÉ - PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL (A PARTIR DE REF. 4)	14
FIGURA 3.7 - LOCALIZAÇÃO DA RÉGUA MAREGRÁFICA NA RUA JULIANO MOREIRA, BAIRRO BOA VISTA - 03/02/09	17
FIGURA 3.8 - PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE...23	
FIGURA 3.9 - PRECIPITAÇÕES ACUMULADAS MENSAIS – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE	23
FIGURA 3.10 - PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS AGRUPADAS PELO PERÍODO HIDROLÓGICO	23
FIGURA 4.1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES OBSERVADOS E CALCULADOS ATRAVÉS DE CORRELAÇÃO DIRETA COM O PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL)	25
FIGURA 4.2 - ALTURAS DE MARÉ (EM M) – OBSERVADAS E CALCULADAS – CORRELAÇÃO DIRETA	27
FIGURA 4.3 - DISTRIBUIÇÃO DE ESPECTRAL DA MARÉ DAS SEMIAMPLITUDES DE MARÉ – POSTO PDDU	29
FIGURA 4.4 - ALTURAS DE MARÉ (EM M) – OBSERVADAS E CALCULADAS – ANÁLISE HARMÔNICA	29
FIGURA 4.5 - VALORES OBSERVADOS, CALCULADOS E SÉRIE DE NÍVEIS DE MARÉ – POSTO PDDU (CONTINUA).....	30
FIGURA 4.6 - ENVOLTÓRIAS E NÍVEL MÉDIO DO MAR DURANTE O PERÍODO DE OBSERVAÇÃO – POSTO PDDU.....	33

<i>FIGURA 5.1 - NÍVEIS MÁXIMOS DAS PREAMARES ASTRONÔMICAS MENSAIS.....</i>	<i>34</i>
<i>FIGURA 5.2 - NÍVEIS MÁXIMOS DAS PREAMARES ASTRONÔMICAS – PERÍODOS SECO E CHUVOSO</i>	<i>35</i>
<i>FIGURA 5.3 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DAS ALTURAS DE MARÉ ASTRONÔMICA E FREQUÊNCIA ACUMULADA.....</i>	<i>35</i>
<i>FIGURA 5.4 - PERMANÊNCIA DOS NÍVEIS D'ÁGUA NO RIO CACHOEIRA (MARÉ ASTRONÔMICA).....</i>	<i>36</i>
<i>FIGURA 5.5 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA E FREQUÊNCIA ACUMULADA DOS NÍVEIS MÁXIMOS DE MARÉ COMBINADO COM O RUÍDO METEOROLÓGICO PADRÃO.....</i>	<i>37</i>
<i>FIGURA 5.6 - PERMANÊNCIA DOS NÍVEIS COMBINADA COM O RUÍDO METEOROLÓGICO.....</i>	<i>37</i>

ÍNDICE DE QUADROS

PÁG.

QUADRO 2.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DA MARÉ NA COSTA BRASILEIRA	7
QUADRO 3.1 COMPONENTES HARMÔNICAS DA MARÉ NO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL	10
QUADRO 3.2 DADOS MAREGRÁFICOS NA FOZ DO RIO CACHOEIRA – POSTO PDDU	18
QUADRO 3.2 DADOS MAREGRÁFICOS NA FOZ DO RIO CACHOEIRA – POSTO PDDU	19
QUADRO 3.3 PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE.....	20
QUADRO 3.3 PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE.....	21
QUADRO 3.4 PRECIPITAÇÕES MENSAIS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE.....	21
QUADRO 3.4 PRECIPITAÇÕES MENSAIS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE.....	22
QUADRO 4.1 COMPONENTES DA MARÉ – POSTO PPDU	28
QUADRO 6.1 PERMANÊNCIA DOS NÍVEIS DA ÁGUA NO ESTUÁRIO DO RIO CACHOEIRA	38

1. INTRODUÇÃO

Esta nota técnica tem por objetivo documentar os estudos desenvolvidos para estimativa dos níveis extremos de maré no estuário do Rio Cachoeira, situado no município de Joinville, visando o estabelecimento de condições de contorno que considerem de forma conjunta os eventos chuvosos e de maré, para os elementos de macrodrenagem da bacia do Rio Cachoeira.

O sistema de drenagem da bacia do Rio Cachoeira é influenciado pela maré do estuário do mesmo, que é influenciada pelas condições de águas rasas e ruído meteorológico. Desta forma, este estudo, além de estabelecer as condições próprias da maré local, a partir de observações de campo, procura correlacionar as componentes astronômicas com o comportamento hidrológico.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O mecanismo de formação das ondas de maré é complexo, sendo em primeira análise, relacionado ao movimento do sistema terra-sol-lua. Nas regiões de estuários, a onda de maré apresenta oscilações de alta frequência em função da topobatimetria local, descarga fluvial e dissipação de energia devido aos atritos no fundo e margens do estuário. Desta forma, a onda de maré num estuário pode ser consideravelmente deformada.

A interação entre a onda de maré e as margens é responsável pela alteração das alturas de maré e velocidades das correntes. A convergência das margens do estuário, no sentido externo-interno, provoca a compressão da onda de maré e, na ausência de atrito, provoca o aumento da altura de água. Quando o atrito é importante, ocorre a redução das cotas máximas atingidas.

As marés na costa brasileira tem amplitudes que variam entre 0 e 12 m, predominando entretanto valores inferiores a 2 m¹ (Figura 2.1). De acordo com a referência mencionada, na região do estudo, a amplitude máxima aproxima-se de 1,50m.

A análise dos fenômenos de maré é feita a partir da decomposição das alturas em componentes harmônicos a partir da análise espectral (Franco, 1988²) e as principais componentes são relacionadas ao movimento diurno do sol e da lua, sendo denominadas de componentes 'diurnas e semidiurnas'. Estas respondem por mais de 80% da amplitude total da maré. No caso dos estuários, as componentes de águas rasas também aparecem, como harmônicos combinados das componentes M₂, S₂ e N₂.

1 Vellozo, T.G. e Alves, A.R. - Características gerais do fenômeno da maré no Brasil. Anais Hidrográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação, Tomo LXI, 2006.

2 Franco, A.S. - "Tides - fundamentals, analysis and prediction" - 2nd. Ed, FCTH, S. Paulo, 249 p., 1988

$$H_m = H_{\text{médio}} + \sum_1^n N_{i,\text{ano}} \cdot a_i \cos(w_i \cdot t + E_{i,\text{ano}} - F_i) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$H_{\text{médio}}$ é o nível de referência considerado

$N_{i,\text{ano}}$ é o fator de correção da amplitude da componente i, para o ano

$E_{i,\text{ano}}$ é o fator de correção da fase da componente i, para o ano

a_i é a amplitude da componente i

F_i é a fase da componente i

QUADRO 2.1
PRINCIPAIS COMPONENTES DA MARÉ NA COSTA BRASILEIRA

Período	Componente	Velocidade (°/hora)
Diurno	O_1	13,943
	K_1	28,440
	Q_1	57,424
Semi Diurno	M_2	28,984
	S_2	30,000
	N_2	58,984
	T_2	57,968
Águas Rasas	MS_4	58,984
	M_4	57,968
	M_3	43,476

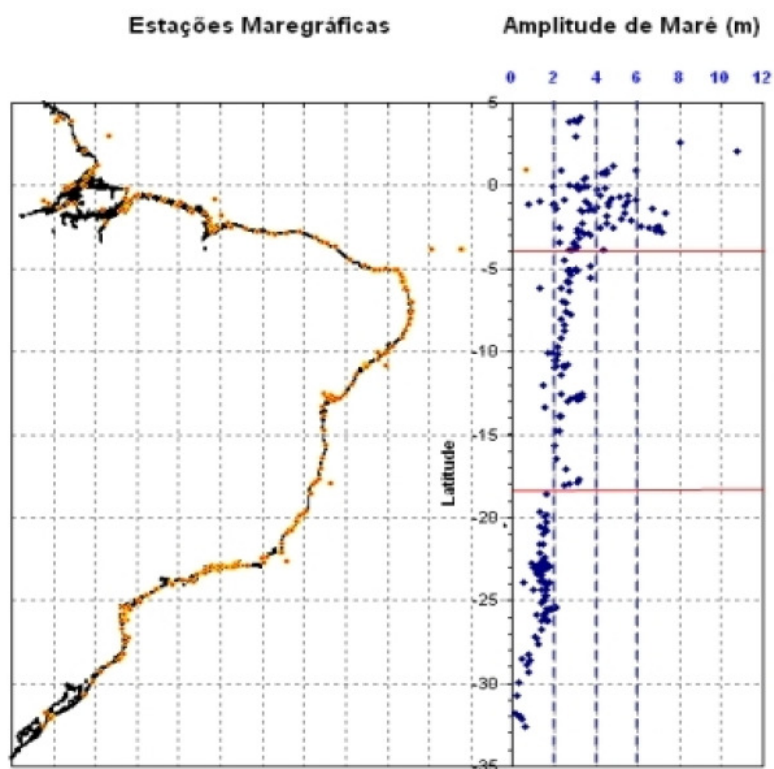


Figura 2.1 - Estações maregráficas e amplitude das marés na costa brasileira

O número de forma de Courtier³ permite definir a importância das marés diurnas e semidiurnas para um estuário:

$$N_f = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad \text{Eq. 2}$$

$N_f < 0,25$ – maré semidiurna

$0,25 < N_f < 1,5$ - maré mista com predominância semidiurna

$1,5 < N_f < 3,0$ - maré mista com predominância diurna

$N_f > 3,0$ - maré diurna

Os níveis extremos de maré são atingidos quando um máximo ou um mínimo da maré astronômica, que são determinísticos, coincidem, respectivamente com um máximo ou um mínimo do efeito meteorológico, que é probabilístico. Assim, a previsão de níveis máximos ou mínimos pode ser efetuada em termos de probabilidade acumulada ou seu inverso, o período de retorno (Pugh & Vassie, 1978).

O método consiste no emprego de uma previsão de maré para o local desejado, por um período longo (20 ou 30 anos) e no cálculo da densidade de probabilidade das alturas resultantes, seguido de sua convolução com a densidade de probabilidade das variações do nível médio de uma estação de referência padronizada. A densidade de probabilidade das variações do nível “médio” do mar, devidamente padronizada pode ser aceita como ruído típico regionalmente válido para uma extensa área (Franco, 2000).

O ruído típico disponível para a costa sudeste do Brasil é obtido a partir da estação de Cananéia, utilizando-se uma série de 20 anos de alturas horárias. O gráfico mostrado a seguir indica a distribuição de probabilidade da variação do nível médio do mar bem com a permanência destes níveis.

³ Miranda, L.B.; Kjerfve, B. & Castro Filho, B.M. - Princípios de oceanografia física de estuários, EdUPS, São Paulo, 2002.

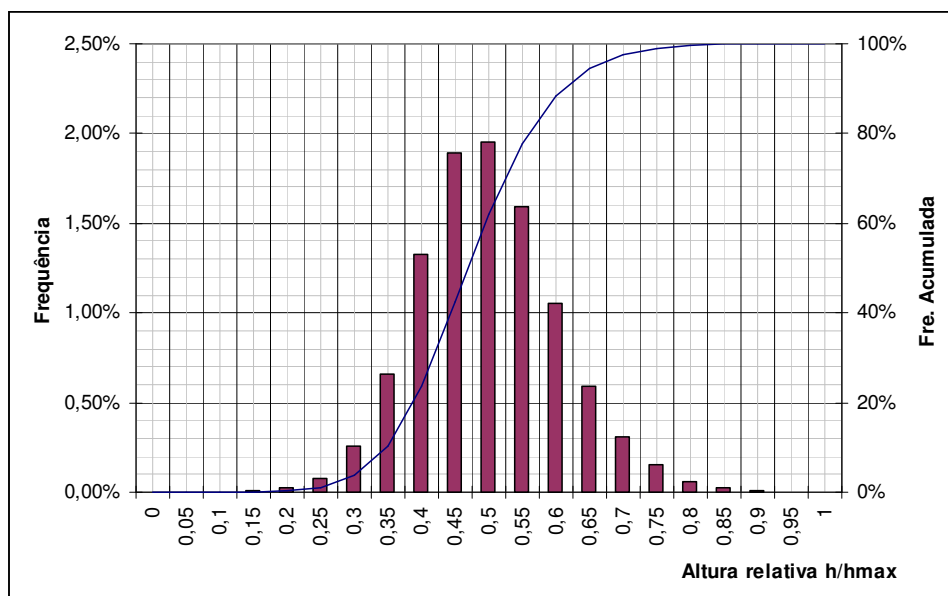


Figura 2.2 - Distribuição de probabilidade padronizada do efeito do ruído meteorológico típico da costa sudeste do Brasil

Resumidamente, por meio desta técnica, utiliza-se a estação local para a determinação das constantes harmônicas e com isto a previsão da maré astronômica e sua distribuição de freqüências, combinando-a com a distribuição de freqüências do nível médio do mar, obtendo-se como produto a curva de permanência procurada.

3. DADOS BÁSICOS

3.1 ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS

Na região de estudo encontra-se a estação maregráfica operada pela administração do porto de São Francisco do Sul, na entrada da Bahia da Babitonga (SC). Para esta estação, são disponíveis as constantes harmônicas preparadas pela Marinha do Brasil⁴, conforme apresentado no Quadro 3.1.

Os principais dados desta estação são:

- ✓ Nome: São Francisco do Sul – Porto
- ✓ Nível Médio do mar: 0,84 m
- ✓ Período de análise: 22/12/1959 a 23/11/1960
- ✓ Número de Componentes: 29

⁴ Disponível em <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>

QUADRO 3.1
COMPONENTES HARMÔNICAS DA MARÉ NO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

<i>Componente</i>	<i>Semi Amplitude (m)</i>	<i>Fase °</i>	<i>Componente</i>	<i>Semi Amplitude (m)</i>	<i>Fase °</i>
M2	0,387	77	P1	0,023	127
S2	0,25	76	T2	0,02	57
M4	0,173	197	SN4	0,012	291
O1	0,114	73	NU2	0,011	168
M3	0,112	217	OO1	0,009	315
SSA	0,096	123	M1	0,008	230
K2	0,089	63	MM	0,007	359
SA	0,084	118	MNS2	0,003	163
MS4	0,08	292	J1	0,002	180
MO3	0,076	16			
MN4	0,069	150			
N2	0,069	151			
K1	0,068	132			
MF	0,067	170			
MSF	0,046	248			
MK3	0,037	114			
Q1	0,034	58			
MU2	0,026	112			
L2	0,025	84			
2N2	0,024	138			

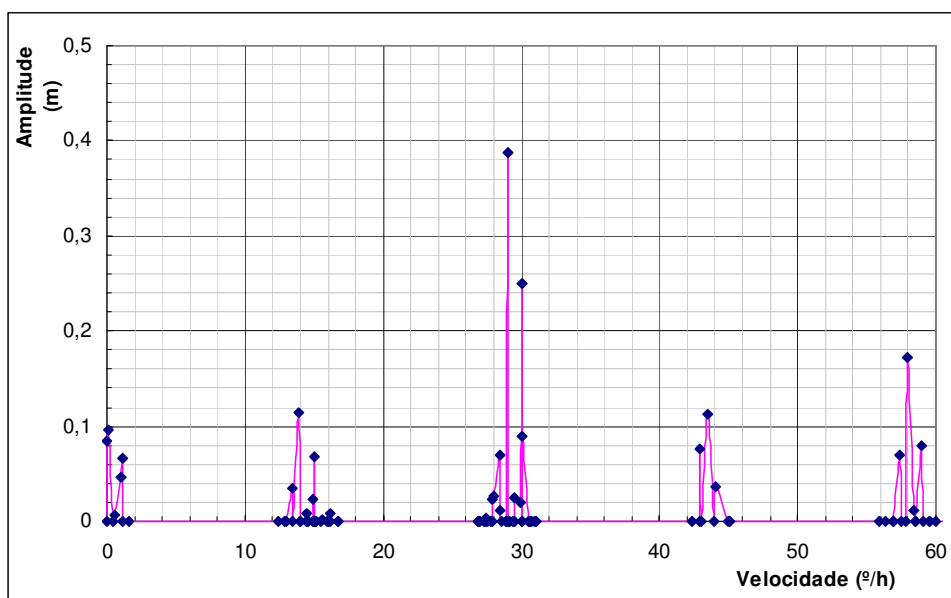


Figura 3.1 - Distribuição espectral das semi-amplitudes de maré – Porto de São Francisco do Sul – Santa Catarina - Brasil

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR <i>Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras</i>					
Nome da Estação :		SÃO FRANCISCO DO SUL (PORTO) – SC			
Localização :		Na ponte de atracação da Delegacia da Capitania dos Portos			
Organ. Responsável :		INPH / DHN			
Latitude :		26° 14,7' S	Longitude :		48° 38,5' W
Período Analisado :		22/12/59 a 23/11/60		Nº de Componentes : 60	
Análise Harmônica :		Método Tidal Liverpool Institute			
Classificação :		Maré de Desigualdades Diurnas			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		II H 17 min	Nível Médio (Zo):		84 cm acima do NR.
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		153 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :		115 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		32 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :		14 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	8,4	118	MU ₂	2,6	112
Ssa	9,6	123	N ₂	6,9	151
Mm	0,7	359	NU ₂	1,1	168
Mf	6,7	170	M ₂	38,7	077
MTM	-	-	L ₂	2,5	084
Msf	4,6	248	T ₂	2,0	057
Q ₁	3,4	058	S ₂	25,0	076
O ₁	11,4	073	K ₂	8,9	063
M ₁	0,8	230	MO ₃	7,6	016
P ₁	2,3	127	M ₃	11,2	217
K ₁	6,8	132	MK ₃	3,7	114
J ₁	0,2	180	MN ₄	6,9	150
OO ₁	0,9	315	M ₄	17,3	197
MNS ₂	0,3	163	SN ₄	1,2	291
2N ₂	2,4	138	MS ₄	8,0	292
Referências de Nível: RN-1 implantada na escada do edifício em frente do pier RN-3 no Pátio da Bandeira da Delegacia da Capitania dos Portos					
Obs: Outros Períodos: 01/01/30 a 04/01/31; 01/01/56 a 01/02/56; 02/12/59 a 23/11/60 ; 01/05/68 a 01/06/68; 22/11/96 a 03/02/97. Existem no INPH registros de 1922 a 1988. Consta das Tábuas das Marés					

Figura 3.2 - Constantes Harmônicas para o Porto de São Francisco do Sul

A maré, de acordo com o parâmetro da Eq. 2 é semidiurna, com leve tendência a diurna - $N_f = (6,8 + 11,4) / (38,7 + 25) = 0,29$. A distribuição espectral indicada na Figura 3.1 mostra que a componente principal (M_2 e S_2 - aproximadamente 30°) tem harmônicos significativos em $0^\circ, 15^\circ, 45^\circ$ e 60° (valores aproximados), o que indicará a presença de vários máximos ao longo do dia.

Com a finalidade de geração de níveis de maré para este estudo, foi desenvolvida uma rotina de cálculo harmônico a partir da Eq. 1, utilizando-se uma planilha eletrônica. Para validação do modelo assim construído foi empregado o modelo de previsão de maré Xtides e a Tábua de Marés publicada pela Marinha do Brasil⁴, tomando-se como base os meses de fevereiro a abril de 2009. Esta validação é necessária para serem evitados erros de cálculo e ainda porque as constantes de maré disponibilizadas para este estudo (Figura 3.2) são antigas e podem ter sido objeto de revisão ainda não publicados.

⁵ David Flater. XTide. <http://www.flaterco.com/xtide/>. 2005-07-04.

Nas Figuras 3.3 e 3.4 apresentam-se as comparações entre os valores máximos de maré obtidos através da Tábua de Marés, do cálculo através do software XTide e da planilha de cálculo. Através da Figura 3.5 pode-se constatar a perfeita aderência entre os modelos de cálculo, para o todo o período em que foram feitas as observações de campo, bem como a correlação entre os mesmos, validando-se assim o algoritmo de cálculo empregado para determinação das marés astronômicas neste estudo.

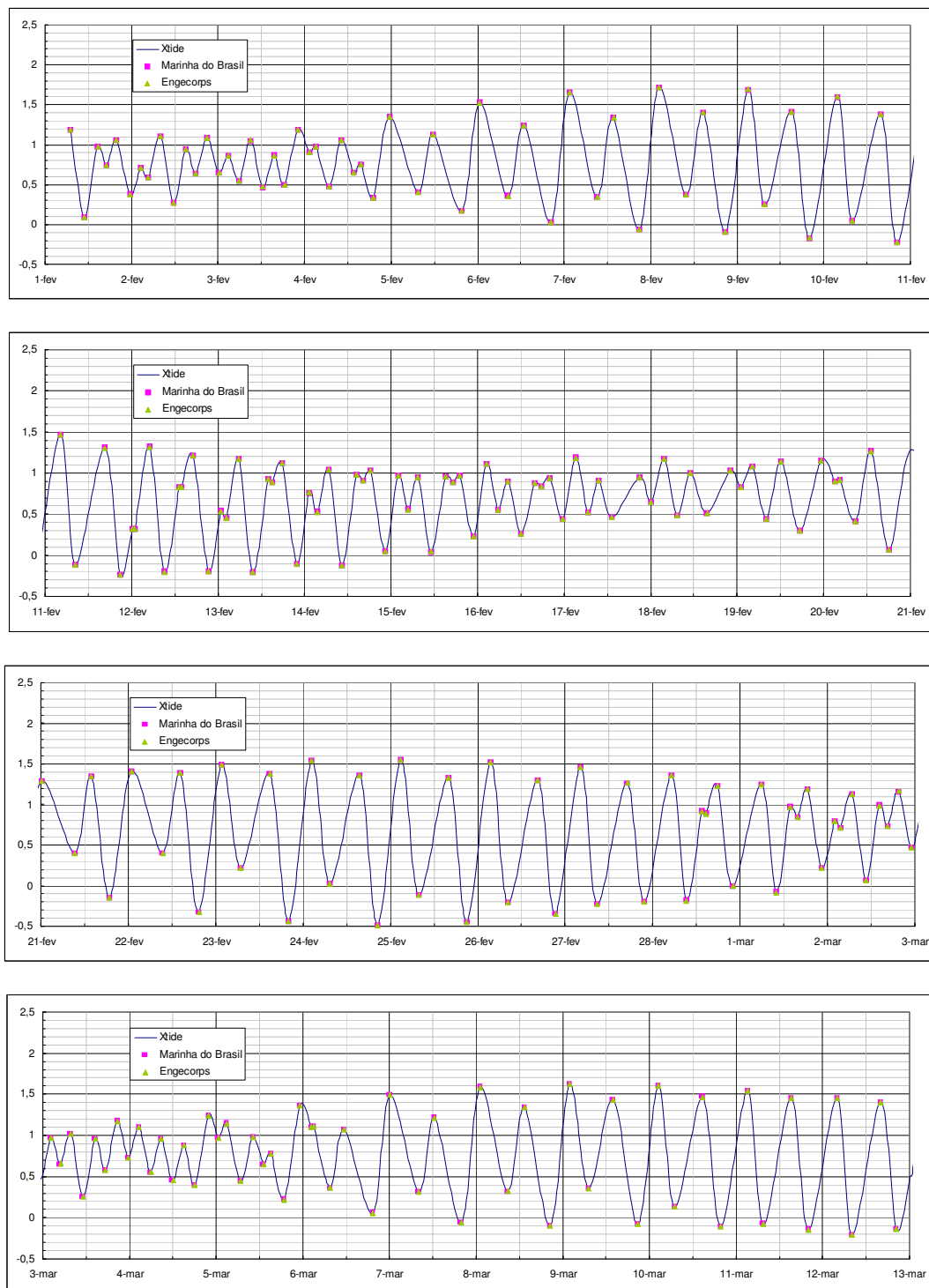


Figura 3.3 - Maregramas comparativos do Porto de São Francisco do Sul – Fev-Mar/2009

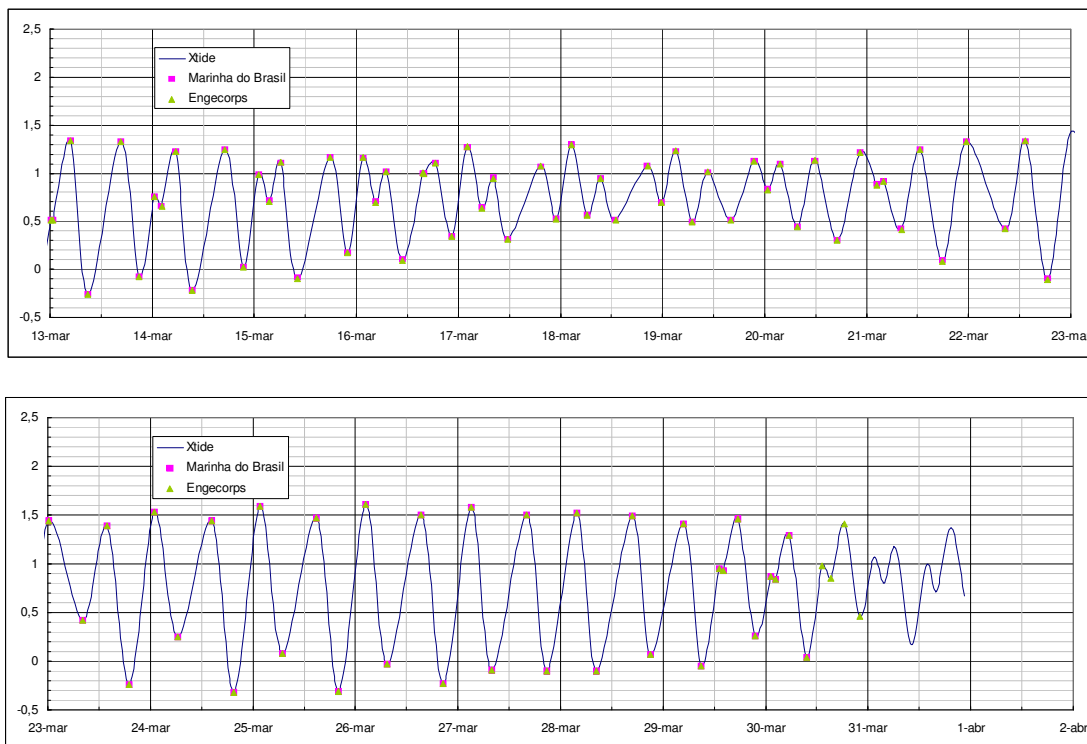


Figura 3.4 - Maregramas comparativos do Porto de São Francisco do Sul – Mar/2009

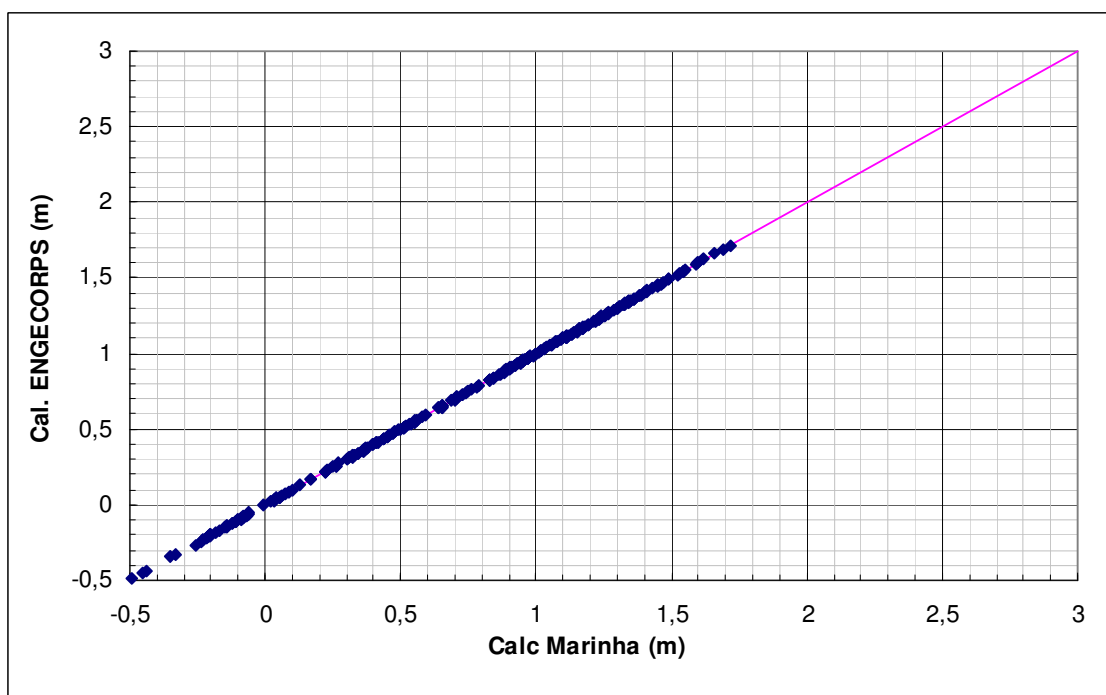


Figura 3.5 - Correlação entre os níveis calculados pela metodologia desenvolvida e a Previsão da Marinha do Brasil

Lua	Dia	Hora	Alt.(m)	Lua	Dia	Hora	Alt.(m)	Lua	Dia	Hora	Alt.(m)
	DOM	07:02	1,1		DOM	05:53	1,3		QUA	01:43	1,2
	01/02/09				01/03/09				01/04/09		
		10:58	0			09:56	-0,1			04:51	0,7
		14:43	1			13:49	1			07:23	1
		17:04	0,7			15:41	0,9			10:51	0,3
		19:56	1			18:38	1,2			14:04	1
		23:39	0,3			22:26	0,2			16:53	0,6
										20:15	1,3
										23:21	0,8
	SEG	02:39	0,7		SEG	01:53	0,8				
	02/02/09				02/03/09						
		04:49	0,6			03:39	0,7				
		08:02	1			06:45	1,1		QUI	02:09	1,2
									02/04/09		
		11:41	0,2			10:28	0,1			05:43	0,5
		15:06	0,9			14:08	1			08:32	0,9
		17:54	0,6			16:36	0,8			11:38	0,5
		21:00	1,1			19:32	1,2			14:32	0,9
						23:02	0,4			17:38	0,3
										21:24	1,3
	TER	00:19	0,6								
	03/02/09				TER	02:04	0,9				
		02:56	0,8		03/03/09						
		05:56	0,4			04:56	0,6		SEX	00:15	1
									03/04/09		
		09:08	1			07:45	1			02:45	1,2
		12:26	0,4			11:06	0,2			06:23	0,4
		15:34	0,9			14:38	1			09:49	0,9
		18:28	0,5			17:19	0,6			12:43	0,7
		22:09	1,2			20:38	1,1			14:49	0,8
						23:47	0,7			18:13	0,2
										22:39	1,3
	QUA	01:23	0,8								
	04/02/09				QUA	02:34	1				
		03:06	0,9		04/03/09						
		06:51	0,3			05:54	0,4		SAB	01:53	1
									04/04/09		
		10:21	1			08:53	0,9			02:56	1
		13:38	0,6			11:56	0,4			07:04	0,4
		15:53	0,8			15:00	0,9			11:00	1
		19:04	0,3			18:02	0,4			18:54	0
		23:23	1,3			21:53	1,2			23:43	1,4
	QUI	07:36	0,3		QUI	00:43	0,9		DOM	07:43	0,4
	05/02/09				05/03/09				05/04/09		
		11:38	1,1			02:56	1,1			12:02	1,2
		19:41	0,1			06:43	0,3			19:28	0
						10:04	0,9				
						12:58	0,6		SEG	00:34	1,5
	SEX	00:26	1,5						06/04/09		
	06/02/09										
		08:17	0,3			15:08	0,8			07:39	0,4
		12:43	1,2			18:43	0,2			12:56	1,3
		20:09	0			23:02	1,3			19:39	0,1
	SAB	01:21	1,6		SEX	07:21	0,2		TER	01:19	1,6
	07/02/09				06/03/09				07/04/09		
		08:56	0,3			11:23	1			06:06	0,3
		13:38	1,3			19:13	0			13:39	1,5
		20:32	0							18:47	0,1
					SAB	00:08	1,4				
					07/03/09						
	DOM	02:09	1,7			08:00	0,2		QUA	02:04	1,6
	08/02/09								08/04/09		
		07:49	0,4			12:26	1,1			06:34	0,1
		14:24	1,4			19:49	-0,1			14:19	1,6
		20:04	-0,1							18:58	0,2

Figura 3.6 - Tábua de Maré - Porto de São Francisco do Sul (a partir de ref. 4) (continua)

[illegible]

Figura 3.6 - Tábua de Maré - Porto de São Francisco do Sul (a partir de ref. 4) – continuação.

					TER	02:06	1,3						
					17/03/09								
☾	SEG	02:32	1,2			05:24	0,6	☾	SEX	02:53	1,2		
	16/02/09								17/04/09				
		05:49	0,5			08:00	0,9			06:30	0,6		
		08:21	0,9			11:38	0,3			10:04	1		
		11:54	0,2			19:23	1,1			15:43	0,4		
		15:49	0,9			22:58	0,5			20:47	1,2		
		17:43	0,8										
		20:00	0,9	☾	QUA	02:43	1,3		SAB	00:19	0,8		
					18/03/09				18/04/09				
		23:24	0,4			06:13	0,5			03:13	1		
						09:09	0,9			07:02	0,5		
	TER	03:04	1,2			12:53	0,5			11:11	1		
	17/02/09												
		06:38	0,5			20:17	1			16:45	0,2		
		09:34	0,8			23:41	0,6			21:45	1,3		
		13:00	0,4										
		16:13	0,7										
					QUI	03:06	1,2		DOM	01:47	0,8		
					19/03/09				19/04/09				
		17:51	0,7			06:58	0,4			03:36	0,9		
		20:58	0,9			10:41	0,9			07:26	0,5		
						16:43	0,4			12:02	1,1		
	QUA	00:06	0,6			21:21	1,1			17:23	0,1		
	18/02/09												
		03:39	1,1							22:43	1,3		
		07:17	0,4		SEX	00:36	0,8						
					20/03/09								
		10:56	0,9			03:34	1		SEG	07:32	0,5		
									20/04/09				
		17:26	0,5			07:32	0,4			12:43	1,2		
		22:02	1			11:53	1			17:58	0		
						17:21	0,2			23:38	1,5		
	QUI	01:02	0,8			22:24	1,1						
	19/02/09												
		04:00	1						TER	05:39	0,5		
									21/04/09				
		07:58	0,4		SAB	02:02	0,8			13:13	1,4		
					21/03/09								
		12:04	1,1			03:38	0,9			18:28	-0,1		
		17:49	0,2			07:58	0,4						
		23:04	1,1			12:41	1,1		QUA	00:26	1,6		
									22/04/09				
	SEX	02:36	0,8			17:58	-0,1			05:53	0,3		
	20/02/09					23:23	1,3			13:49	1,5		
		04:04	0,9										
		08:26	0,4		DOM	08:08	0,4			18:58	0		
					22/03/09								
		13:00	1,2			13:17	1,2		QUI	01:15	1,7		
									23/04/09				
		18:21	0			18:28	-0,2			06:15	0,2		
										14:21	1,7		
	SAB	00:00	1,2		SEG	00:11	1,4			19:17	0,1		
	21/02/09				23/03/09								
		08:47	0,4			06:41	0,3						
		13:45	1,3			13:54	1,3		SEX	02:02	1,7		
									24/04/09				
		18:56	-0,2			19:00	-0,3			06:51	0,2		
										15:00	1,8		
	DOM	00:47	1,4		TER	01:00	1,5			19:43	0,3		
	22/02/09				24/03/09								
		07:28	0,4			06:32	0,2	☼	SAB	02:53	1,7		
		14:21	1,3			14:24	1,4		25/04/09				
										07:21	0,2		
		19:26	-0,4			19:26	-0,3			15:43	1,8		
										20:06	0,4		
	SEG	01:28	1,5		QUA	01:45	1,6						
	23/02/09				25/03/09								
		07:04	0,2			06:54	0,1						
		14:58	1,4			14:56	1,5		DOM	03:41	1,7		
									26/04/09				
		20:00	-0,5			19:54	-0,3			08:00	0,2		
☼	TER	02:09	1,5	☼	QUI	02:26	1,6			16:26	1,9		
	24/02/09				26/03/09					20:39	0,5		
		07:21	0,1			07:15	0						
		15:30	1,4			15:28	1,5		SEG	04:30	1,6		
									27/04/09				
		20:24	-0,5			20:13	-0,2			08:38	0,2		
										12:13	1		
	QUA	02:54	1,5		SEX	03:11	1,6			13:00	1		
	25/02/09				27/03/09								
		07:51	-0,1			07:51	-0,1			17:13	1,8		
		16:00	1,4			16:02	1,6			21:08	0,6		
		20:53	-0,4			20:38	0						

Figura 3.6 - Tábua de Maré - Porto de São Francisco do Sul (a partir de ref. 4) – continuação.

								TER	00:04	1,1
								28/04/09	02:08	1
QUI	03:36	1,5		SAB	03:58	1,6				
26/02/09				28/03/09						
	08:13	-0,2			08:19	-0,1			05:19	1,4
	16:34	1,4			16:45	1,6			09:13	0,3
	21:09	-0,3			21:00	0,1			12:45	1
									14:17	0,9
SEX	04:17	1,5		DOM	04:45	1,5			18:06	1,7
27/02/09				29/03/09						
	08:49	-0,2			08:56	0			21:51	0,7
	17:06	1,3			13:47	1				
	21:36	-0,1			17:28	1,6		QUA	00:47	1,2
								29/04/09		
					21:28	0,3			03:24	0,9
SAB	05:02	1,4							06:11	1,3
28/02/09										
	09:17	-0,2		SEG	00:56	0,9			10:00	0,4
				30/03/09						
	17:49	1,3			02:04	0,9			13:08	0,9
	22:00	0			05:34	1,3			15:23	0,7
					09:30	0,1			19:02	1,6
					13:11	1			22:26	0,8
					14:58	0,9				
					18:17	1,5		QUI	01:19	1,3
								30/04/09		
					22:02	0,5			04:26	0,8
				TER	01:08	1			07:08	1,1
				31/03/09					10:45	0,4
					03:43	0,8			13:47	0,9
					06:24	1,1			16:17	0,5
					10:06	0,2			20:00	1,5
					13:41	1			23:11	0,9
					15:58	0,8				
					19:13	1,4				
					22:41	0,7				

Figura 3.6 - Tábua de Maré - Porto de São Francisco do Sul (a partir de ref. 4) – continuação.

3.2 OBSERVAÇÕES DE CAMPO

As marés na foz do Rio Cachoeira foram observadas, no período de Fevereiro a Maio de 2009, objetivando-se a avaliação dos efeitos do estuário sobre o comportamento dos níveis d'água. Para tal foi instalada uma régua limnimétrica junto à foz, na Rua Juliano Moreira, Bairro Boa Vista, conforme ilustra a Figura 3.7, sendo o local denominado Posto PDDU.

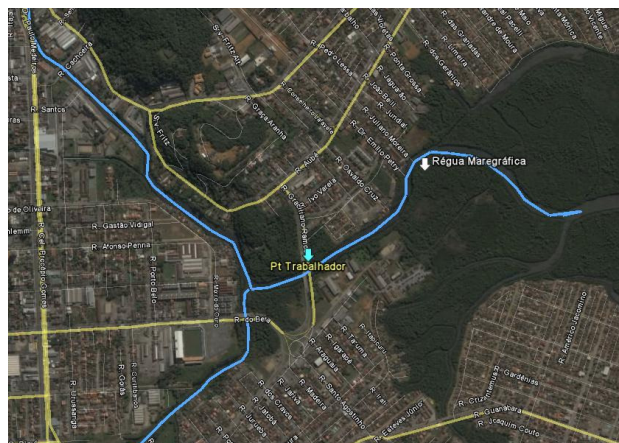


Figura 3.7 - Localização da régua maregráfica na Rua Juliano Moreira, Bairro Boa Vista - 03/02/09

A régua foi nivelada, com o devido transporte de cota a partir de marcos da PMJ, tendo sido o zero estabelecido na cota -1,008 m. As observações tiveram início no dia 2 de fevereiro, tendo sido medidos os valores de preamar e baixamar extremos do dia (duas a três leituras por dia). Ao final do mês de março, os dados foram previamente analisados, decidindo-se observar novamente a quadratura e a sizígia da segunda quinzena do mês de abril.

QUADRO 3.2
DADOS MAREGRÁFICOS NA FOZ DO RIO CACHOEIRA – POSTO PDDU

<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Cota (m)</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Cota (m)</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Cota (m)</i>
02/02/09	08:23	1,73	20/02/09	07:43	0,64	23/04/09	15:00	1,9
02/02/09	11:54	0,68	20/02/09	12:30	1,45	24/04/09	15:40	2,08
02/02/09	15:40	1,92	20/02/09	14:01	1,25	25/04/09	15:40	2,08
02/02/09	17:00	1,89	25/02/09	09:47	0,74	25/04/09	15:29	2,01
02/02/09	18:24	1,02	25/02/09	12:30	1,46	25/04/09	16:23	2,27
03/02/09	06:41	1,00	25/02/09	19:20	1,00	25/04/09	16:28	2,29
03/02/09	09:47	1,68	26/02/09	07:46	0,60	25/04/09	16:31	2,3
03/02/09	12:53	0,65	26/02/09	11:39	1,23	26/04/09	16:38	2,31
03/02/09	15:52	1,55	26/02/09	17:20	2,11	26/04/09	16:49	2,33
03/02/09	18:02	0,84	26/02/09	19:24	1,39	26/04/09	16:50	2,34
03/02/09	18:35	0,73	27/02/09	07:48	0,82	26/04/09	16:51	2,35
04/02/09	06:50	0,51	27/02/09	09:34		26/04/09	16:56	2,38
04/02/09	11:31	1,15	27/02/09	16:27	1,63	26/04/09	16:59	2,39
04/02/09	12:52	0,73	27/02/09	20:01	1,51	26/04/09	17:00	2,4
04/02/09	13:09	0,63	28/02/09	08:50	0,64	26/04/09	17:03	2,42
04/02/09	17:57	0,94	28/02/09	11:32	0,85	26/04/09	17:05	2,43
05/02/09	06:34	0,85	28/02/09	14:00	1,53	26/04/09	17:07	2,44
05/02/09	07:36	0,70	28/02/09	18:40	1,98	26/04/09	17:11	2,45
05/02/09	12:17	1,71	01/03/09	09:44	0,46	26/04/09	17:14	2,46
05/02/09	18:33	0,91	01/03/09	11:56	0,83	26/04/09	17:17	2,47
06/02/09	07:04	0,52	01/03/09	14:13	1,47	26/04/09	17:20	2,48
06/02/09	10:20	1,04	01/03/09	18:46	1,96	26/04/09	17:23	2,49
06/02/09	13:03	1,47	02/03/09	07:48	1,48	26/04/09	17:26	2,5
07/02/09	08:25	0,23	02/03/09	10:05	0,49	26/04/09	17:34	2,5
07/02/09	10:45	0,77	02/03/09	13:30	1,33	27/04/09	17:40	2,21
07/02/09	13:14	1,64	02/03/09	17:18	0,79	29/04/09	16:00	0,5
07/02/09	17:47	0,81	02/03/09	19:17	1,65	30/04/09	11:20	0,5
08/02/09	08:23	0,67	03/03/09	07:43	1,53	30/04/09	21:15	2,05
08/02/09	10:36	0,81	03/03/09	11:54	0,30	01/05/09	08:33	1,65
08/02/09	13:32	1,82	03/03/09	13:48	1,34	01/05/09	17:30	0,6
08/02/09	18:10	0,90	03/03/09	15:33	1,59	01/05/09	21:25	1,6
09/02/09	06:47	1,46	03/03/09	17:52	0,77	02/05/09	17:50	0,45
09/02/09	10:05	0,98	03/03/09	19:27	1,36	03/05/09	18:50	0,4
09/02/09	16:08	2,01	04/03/09	07:44	1,30	03/05/09	23:20	1,79
09/02/09	18:43	0,90	04/03/09	09:38	1,68			
10/02/09	06:50	1,62	04/03/09	12:51	0,77			
10/02/09	10:54	1,03	04/03/09	16:20	1,44			
10/02/09	16:29	2,10	04/03/09	18:56	0,81			
11/02/09	06:40	1,86	05/03/09	07:45	0,72			
11/02/09	08:40	0,40	07/03/09	09:00	0,71			
11/02/09	13:52	1,22	12/03/09	07:42	0,85			
11/02/09	17:39	2,10	16/03/09	09:24	0,96			
12/02/09	06:57	1,98	16/03/09	13:50	1,55			
12/02/09	09:48	0,05	16/03/09	15:40	1,55			
13/02/09	06:30	1,94	16/03/09	18:50	1,97			
13/02/09	10:08	0,47	17/03/09	07:46	1,63			
13/02/09	15:00	1,70	17/03/09	14:20	0,57			

Continua...

QUADRO 3.2
DADOS MAREGRÁFICOS NA FOZ DO RIO CACHOEIRA – POSTO PDDU

<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Cota (m)</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Cota (m)</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Cota (m)</i>
14/02/09	07:31	1,84	17/03/09	16:40	1,47			
14/02/09	11:06	0,04	18/03/09	07:53	0,96			
15/02/09	11:08	0,31	18/03/09	16:59	1,23			
15/02/09	14:33	1,50	19/03/09	07:48	0,82			
15/02/09	18:34	1,24	19/03/09	21:16	1,58			
16/02/09	07:38	1,02	20/03/09	07:23	0,60			
16/02/09	13:42	0,34	20/03/09	15:43	0,70			
16/02/09	20:06	1,34	31/03/09	07:39	1,59			
17/02/09	07:40	0,53	01/04/09	07:48	1,74			
17/02/09	10:48	1,15	02/04/09	07:59	1,53			
17/02/09	13:14	0,29	16/04/09	07:53	1,44			
17/02/09	18:58	0,96	17/04/09	07:53	0,91			
18/02/09	07:33	0,48	17/04/09	10:55	1,26			
18/02/09	10:41	1,34	18/04/09	07:47	0,52			
18/02/09	15:08	0,69	18/04/09	17:25	0,75			
18/02/09	18:42	0,81	20/04/09	09:03	1,09			
19/02/09	08:02	0,63	21/04/09	08:17	0,65			
19/02/09	12:51	1,49	21/04/09	14:27	1,95			
19/02/09	18:00	0,65	22/04/09	08:13	0,6			
19/02/09	19:32	0,67	22/04/09	14:42	1,69			

3.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos empregados neste estudo foram obtidos junto a ANA – Agência Nacional de Águas, e são referentes ao posto Estação Ferroviária, cod. 02648014, situado no município de Joinville, na sub bacia 82, dos Rios Itapocu e Nhundiaquara, coordenadas 26:19:18 S e 48:50:47 W.

Os dados de precipitações máximas diárias obtidas estão listados no Quadro 3.3 e os acumulados mensais estão apresentados no Quadro 3.4. Os registros pluviométricos abrangem um período de 68 anos, de 1938 a 2006, sendo que destes, apenas 62 anos tem dados aproveitáveis. Observa-se que o período outubro – março apresenta-se com as maiores médias mensais (Figura 3.9), superiores a 360 mm/mês, embora em termos absolutos os meses de agosto e setembro também registraram pelo menos uma vez valores acima de 320 mm. O máximo registrado, no mês de janeiro é de 560 mm.

Com relação a precipitação máxima diária ao longo do ano, verifica-se que os maiores valores não apresentam-se de forma preponderante nos meses mais úmidos (Figura 3.8), embora em termos médios constata-se a tendência de ocorrência de precipitações máximas diárias maiores no período outubro – março (acima de 30 mm/dia), enquanto que no período abril – setembro estes máximos diários são inferiores a 30 mm/dia. A Figura 3.10 permite verificar o comportamento das precipitações máximas em função dos períodos hidrológicos Úmido (Outubro - Março) e Seco (Abril – Setembro).

QUADRO 3.3

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1939									31,3	17,2	26,3	36,5
1940	25,3	48,3	49	23,8	36,8	14,6	19,6	81,7	4,2	53,8	31,6	43,6
1941	36,5	91,5	29,4	16,2	41,8	16	10	22,5	40,4	26,5	97,3	44,3
1942	19,4	48,8	60,3	56,4	20,6	55,6	40,7	30,7	26,7	40,3	111,7	46,8
1943	66,8	46,2	26,8	63,4	30,8	35,2	73,6	52,8	26,4	28,6	38,4	28,4
1944	42,5	34,2	14,4	16,8	16,6	12,6	4,3	12,6	2,3	6,8	42,6	8,6
1945	42,2	30,2	14,2	24,2	12,6	40,2	36,8	10,8	16,8	22,4	22,4	34,3
1946	38,2	22,4	22,8	18,2	18,3	35,4	43,8	28,8	23,8	20,7	18,6	22,4
1947	34,2	36,2	22,8	30,8	12,4	29	56	54	38	16	48	23
1948	60,3	65,4	18,2	4,2	25,3	2,2	7,8	26,8	14,4	18,2	22,2	13,2
1949	15,4	16,4	28,6	25,2	9,6	25,2	4,5	17,3	11,4	10,4	15,4	18,4
1950	44,2	17,2	27	21	24,2	13,5	10,4	11,2	21,6	14,2	6,2	6,2
1951	33,6	18,4	14,4	7,6	14,4	10,2	4,3	5,2	27,4	22,4	14,6	14,6
1952	94,4	21,6	10,5	14,4	22,2	26,4	6,2	1,2	18,4	30,5	5,2	31,4
1953	16,8	26,6	18,6	6,4	8,2	4,6	9	4,5	16,4	13,2	20,2	14,6
1954	9,2	14,1	58,6	44,3	30,5	6,3	16,4	7,2	19,2	31,5	4,2	20,4
1955	18,2	47,5	8,2	5,2	55,5	14,2	18,6	3,2	12,4	6,4	24,8	27,2
1956	35,2	8,1	10,4	17,3	14,4	16,1	16,4	7,6	14,2	9,4	2,4	18,4
1957	12,4	40,3	48,2	46,9	30,4	8,7	20,4	38,5	32,6	14,6	9,1	14,7
1958	46,2	21	20,2	20,5	13,5	22	14,5	16,3	20,4	24,3	15,5	39,5
1959	26,5	10,5	40,4	32,5	17,5	18,5	11,8	24,5	10,8	38,5	17,5	15,5
1960	54,2	36,5	58,5	7,5	40	17,4	9,8	17,2	5,2	36,5	61,5	23
1961	18,2	58	15,2	13,5	32,4	16	0	7,5	20,5	60,5	37	13,5
1962	65,8	52,3	33	12,9	5,7	14,7	10,6	5,6	27	16,2	6,2	36
1963	30,3	43	35,1	23,5	16,5	10,5	19,3	11,3	20,1	19,5	24,7	25,3
1964	7	21,5	29,1	21,8	26,2	15,5	16	10	23,3	15	15,5	19,5
1965	25	52,5					69,6	56	40	57,9	40,4	
1966	20,5	84,4	48,5	153,3	32,6	21	15,6	36,8	20,1	46	38	46
1967	41,5	98,2	72	12,4	26,5	37,9	41	12,6	24,4	100	112	36,5
1968	105,4	80,2	49,3	35,5	35,5	8,5	49,4	28	21,5	42,3	21,2	68,5
1969	80	39	49	50	103	49,2	23,5		34,6	30,5	125	15,7
1970	23	37,5	36	49	42,5	60,5	21	35	30,3	49	49	73
1971	71	48	35	102	36	59	64	34	31	72,5	35	23
1972	65	84	70	28	14	63,3	36,3	36	28	41	56,5	198
1973	72,4	66,2	53,2	49	25	53	72,2	51	35	28	64	66
1974	82	33	124	21	20	24	120	27	21,3	30	60	52
1975	148	37,6	34	23	120	32	42	62	18,3	36,2	81,5	41,2
1976			40	31,8	54,7	53,1	32,6	42,9	87,6	32,3	19,5	43,4
1977	95,3	124,6	75,2	40,7	13	3,2	35	19,3	115	80,2	26,3	59
1978	60,7	42,6	58,3	0	52	70	16	50,9	20	9,6	42,1	32
1979	32,5	28,1	28	16	38	15,2	14	8,2	24	18	15	18
1980	13	32	21	6	4	12,2	38	35	14	52	6,1	
1981												
1982												
1983								37,6	96	23	63,8	
1984	34,6	22	36,2	31,8	29	50,3	16	60,4	20	17,6	31,8	16,8
1985	7,6								42,3	81	47,1	46
1986	58,8	55,3	55,3	30,8	10,4	12,6	19		17,5	45,4	43,5	72,2
1987	73,2	82,8	46	38,6	57,8	56,8	21	57,6	51	25	23	14,8
1988	38,8	50,6	26,2	19	36,8	24,8	6,4	6,8	66	26	26,8	30,6
1989	50,4	63	44,4	20,4	28,2	12,8	28,4	4,2	46,4	4,8	22,4	54,2
1990	20	20,8	40,8	12,4	20,8	30,8	18,6	40,6	28,4	42,4	16,4	40,4
1991	24,8	12,8	20,8	38,4								
1992						77	35,6	36,4	15,4	14	42,5	10,5
1993	54	21,9	40,6	21,2	67,7	22,9	31,3	5,8	104,7	32,5	26,5	44,4
1994	31,4	35,7	128	9,1	70		60	17,6	4,3	41,2	22,5	47,5
1995	48	91,2	57,9	17,7	7,8	32,8	93,9	6,3	33,2	29,2	33,7	84,5

Continua...

Continuação

QUADRO 3.3**PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	87,6	90,2	57,8	81,6	29,9	73,2	62,3	13,8	30,6	32,4	52,7	30
1997	75,6	28	42,9	9,2	11	21,8	18	27,8	34,2	67,2	44,1	54
1998	109,8	42,7	52,5	30	8,3	48,7	51	112	87,2	41,8	46,7	61,9
1999	76,2	48,4	63,9	46,1	37,6	18,2	79,6	13,9	38,3	65	42,8	58,7
2000	66,3	82,7	82,9	5,8	11,1	36,2	12,1	25,6	82,3	29,1	29,6	29,5
2001	50	90,2	63,9	22,4	54,7	107,4	61,9	15,3	59,4	59,9	38,7	24,9
2002	38	18,6	42,5	10,1	25,8	18,1	5,2	20,8	43,4	46	17,2	30
2003	70	43	122,1									
2004												
2005												
2006	5	36,4	40	24,7	5,5	11	12	3	20	20	70	20
Mínimo	5	8,1	8,2	0	4	2,2	0	1,2	2,3	4,8	2,4	6,2
Média	47,5	45,8	43,6	28,6	29,9	29,8	30,6	26,7	32,4	33,6	36,7	37,0
Máximo	148	124,6	128	153,3	120	107,4	120	112	115	100	125	198

QUADRO 3.4**PRECIPITAÇÕES MENSAIS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE**

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1939									202	93,7	256	175,2
1940	240	235,3	132,3	153	100,2	33,6	66,6	157,9	14,1	212,3	80,5	143
1941	96,9	246,9	106,3	36,9	122,6	53	23,6	63,3	93,3	109	236,3	187,3
1942	105,7	189,6	193,9	217,3	44	149,1	107,8	38,4	119,5	58,4	198,3	123,5
1943	75,1	183,7	61,4	90,2	64,3	129,3	113,9	106,2	82	118,5	64	117,5
1944	110,5	151,8	55,8	55,4	58,5	27,4	6,7	19,3	2,3	15,3	251	12,9
1945	154,7	137,7	69,9	82,6	37,3	103,5	111,3	34,5	48,5	88,6	116,1	179,1
1946	134,3	171,1	142,2	55,9	58,1	123,6	114,5	96,1	67,8	89,9	42,5	108,8
1947	189,6	168,6	159,8	150	38,6	91	282	196	168	173	178	109,6
1948	220,3	244,5	71,4	12	76,5	2,2	42,3	67,9	49,6	46,4	34,8	44
1949	94,4	50	176	98,7	16	83,2	4,5	46,3	48,3	63,7	56,8	53,4
1950	163	97,8	154,5	90,5	38,7	55,1	20	31,2	49,2	67,4	41,2	62,3
1951	142,3	182,8	48,8	26	22,1	29,4	5,5	8	71,6	178,1	60,5	97,3
1952	191,9	54,3	75,2	24,2	54	70	8,6	1,6	65,7	142,2	49,5	73,5
1953	72,4	124,7	84,2	21	56,7	7	31,8	8,4	31,1	109,6	88	114,8
1954	51,1	64,6	168,1	105,6	111,2	36,5	53,7	12,5	67,2	117,4	14,4	43,1
1955	66,7	133	34	39,5	123	66,5	82,1	13,6	41,1	14,3	85	107,4
1956	150,3	51,5	116	93,4	81,3	57,4	29,5	37	48,8	94,8	11,5	95,8
1957	65,5	107,5	153,1	110,7	103,8	30,5	136,1	112	146,2	102,6	83,4	36,7
1958	133,1	79,9	101,3	101,2	51,2	58,3	37,2	34,9	80,2	82,3	74,1	110,2
1959	93,4	89,7	56,1	75,8	44	24,7	11,8	72,2	46,1	81,1	21	35,2
1960	158,4	231,4	124,2	12,1	76,3	24,6	9,8	77,7	5,2	122,3	136,3	23
1961	51	212,4	87,8	23,4	50,3	46,1	0	7,5	163,8	115	138,4	41,2
1962	127,1	103	33	20,2	8,9	27,2	37,5	5,6	117,2	116,1	13	74,3
1963	156,4	206,6	103,7	40,5	16,5	12,2	19,3	18,9	84,9	108,5	146,6	102,6
1964	43,8	55,4	106,1	96,5	38,2	53	50,7	53,8	49,7	74	57,2	66,4
1965	87,1	141,3					171,6	104,9	122	94,9	164,6	
1966	149,2	303,5	257,2	303,4	64,2	120,5	25,5	80,8	86,8	261,3	130,6	227,4
1967	266,5	475,3	165,4	24,7	44,4	92,1	109,2	34,9	128,3	191,5	446	191,4
1968	418	235	180,1	148,8	72,1	24	94	51,7	82	266,2	55	144,1
1969	268,5	158,8	243,8	204,8	208,5	234,6	44,8		91	119,3	347,9	84,4
1970	162	234,7	154,5	130,2	136,5	314	105,3	134,2	130,8	221,5	163,8	349,1
1971	331,7	189,5	174,5	195	118	97,5	113,7	72,3	169	316,9	70,8	53
1972	475,9	463	382,5	120	31	261,2	196	151,5	211,8	255,8	277,5	367,7
1973	294,9	150,6	137,1	199	98,9	140,2	149,4	212,9	178,9	94,5	135	232

Continua...

Continuação

QUADRO 3.4
PRECIPITAÇÕES MENSAIS (MM) – POSTO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - JOINVILLE

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1974	303,1	185	481	70,1	51,8	79,6	242,2	36,5	63,3	97,3	136	174
1975	254	154,2	157	125,6	275,5	87,9	81,5	177,6	112,3	153,9	298,2	179,6
1976			180,4	91,5	231,9	180,8	99,1	102	123,5	129,2	93,1	131
1977	400,8	262,6	322,9	185,6	30,9	6,7	77,5	98,7	155,8	311,8	206,9	179,9
1978	274,6	175,2	172,4	0	58,8	114	42,8	116,3	73,1	35,6	213,6	220
1979	133,2	140,1	90,3	78,9	168,9	40,7	63,6	42,7	128,7	132,4	119,8	81,6
1980	158,4	170,6	54,4	28,3	14,3	41,4	122,5	234,9	109,6	210	29,4	
1983								96,5	266,2	125,7	305,8	
1984	302,4	90,8	172,5	178,4	107,6	114,4	44,6	319,8	98,3	76,2	270,8	105,4
1985	12,4								109,9	223,9	153	82,1
1986	198,6	273,7	168,9	118,8	36,1	16	67,4		77,9	175	139,6	217,7
1987	221,2	273,4	72,6	164,4	185,3	132	45,8	107,7	129,3	109	75,2	69,8
1988	268	171,2	62,2	102,8	273,8	102,6	8,8	14,4	242,6	112,4	55,4	122,4
1989	563,6	191,8	166,8	132,2	79,8	31,6	97,6	13,6	130,2	16	107,8	360,4
1990	129,4	57,4	145,2	57,2	90	74,4	38	115	101,4	208,2	54	144,8
1991	149,6	79	44,8	82,4								
1992						134	150,5	148,9	79	58,5	142,3	58,5
1993	256,8	78,4	201,8	100,3	125,7	87,9	98,7	16,1	283,8	116	88,7	227,6
1994	199,7	235,5	365,2	70,8	222,8		168,2	19,9	28,9	162,9	125,3	160,7
1995	396	478,7	193,8	36	19,5	110,2	112,8	22,9	156,3	113,5	129,5	210,3
1996	374,8	250,1	344,5	220,1	42,1	227,8	124,7	58,7	199,7	119,7	118,8	130,1
1997	332	88,5	106,6	18,9	46	64,4	64,6	118,3	103,5	375,4	237,5	238,7
1998	445,3	352,4	267,7	98,1	17,4	70,5	151,4	430,4	335,3	253,1	132,1	261,1
1999	361,5	300	274,7	116,4	93,5	86,2	209,2	26,2	155,5	205,5	201,3	180,8
2000	234,1	345,6	147,9	9,2	28,1	76,9	38,8	78,9	220,6	190,7	141,6	112,8
2001	196,2	333,6	196,1	111,9	209,7	195,3	191,9	38,6	188,4	189,7	164,7	78,7
2002	204,2	89,2	110,6	15	60,7	41,6	16,7	100,3	178,2	116,4	75,5	150,2
2003	296,1	119	303,3									
2004												
2005												
2006	14	202,2	132,7	54,6	11,5	30,8	31	3,6	45,1	69,2	315,1	86,6
Mínimo	12,4	50	33	0	8,9	2,2	0	1,6	2,3	14,3	11,5	12,9
Média	203,7	186,8	156,7	93,6	83,3	84,7	81,5	81,1	113,9	137,2	136,4	134,8
Máximo	563,6	478,7	481	303,4	275,5	314	282	430,4	335,3	375,4	446	367,7

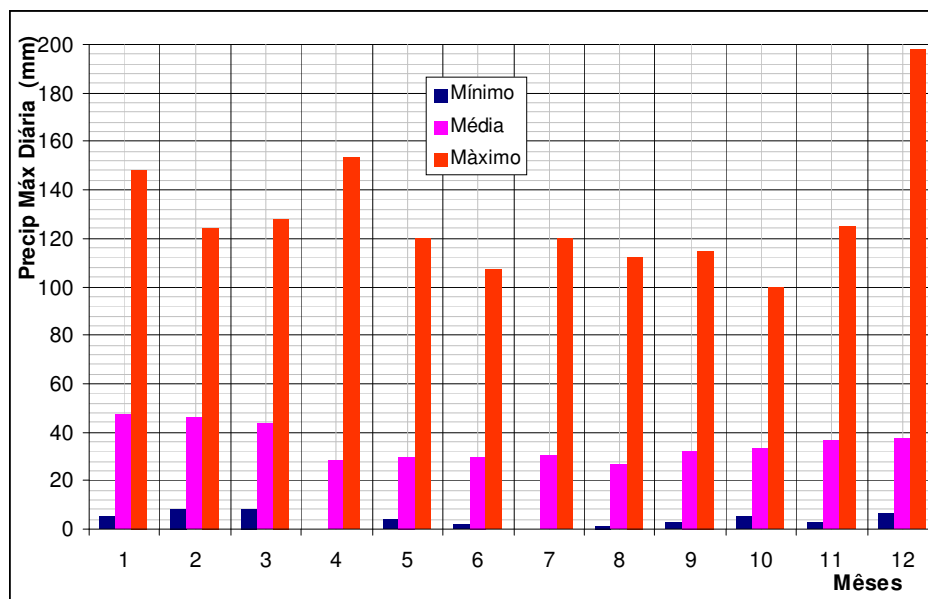


Figura 3.8 - Precipitações Máximas Diárias – Posto Estação Ferroviária - Joinville

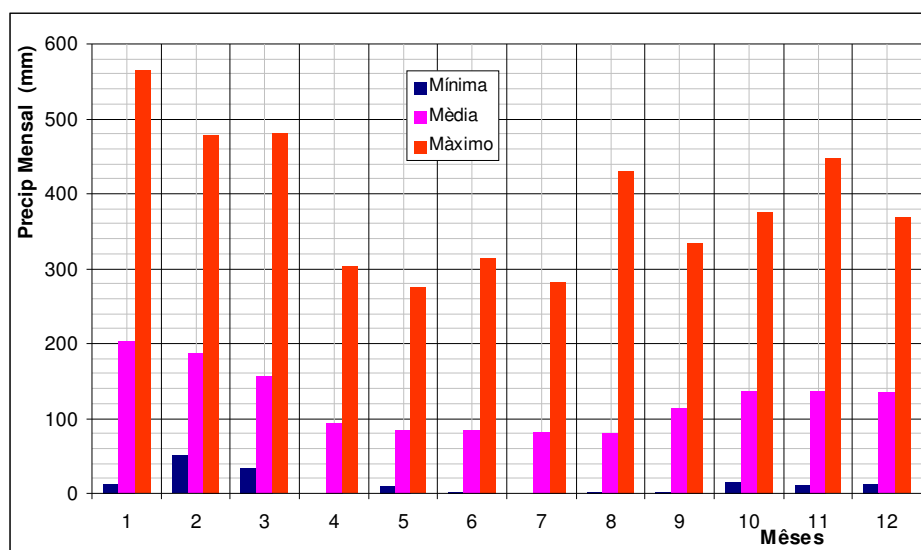


Figura 3.9 - Precipitações Acumuladas Mensais – Posto Estação Ferroviária - Joinville

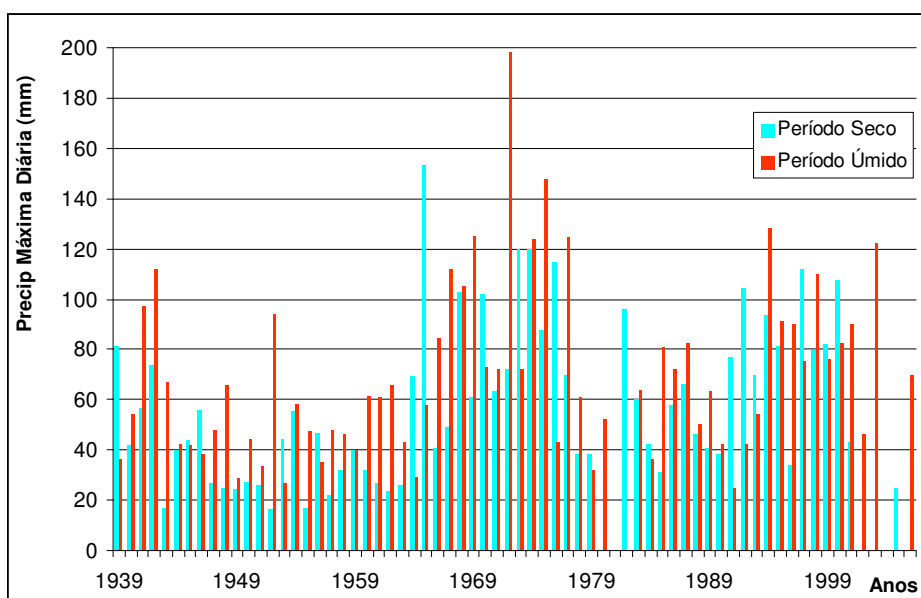


Figura 3.10 - Precipitações Máximas diárias agrupadas pelo período hidrológico

4. ANÁLISE HARMÔNICA E PERMANÊNCIA DE MARÉ

4.1 DETERMINAÇÃO DAS COMPONENTES HARMÔNICAS

A determinação das constantes harmônicas a partir de observações de campo pode ser feita através de diferentes métodos, destacando-se entre eles o que emprega a ‘transformada rápida de Fourier - FFT’, o método dos mínimos quadrados e o método da correlação.

O emprego do FFT é feito a partir de valores horários de maré obtidos dos registros maregráficos contínuos. Como neste estudo foram obtidos dados de campo correspondente aos valores máximos e mínimos de maré, foram empregados os métodos da correlação e dos mínimos quadrados.

4.1.1 Correlação Direta

Considerando a existência da análise harmônica desenvolvida pela Marinha do Brasil, inicialmente optou-se, para obtenção das constantes harmônicas para o Rio Cachoeira, pela correlação direta entre os dois postos a partir da Eq. 3

$$H(t)_{Cachoeira} = a_1 + a_2 H(t + a_3)_{S.Francisco} \quad \text{Eq. 3}$$

Na Eq. 3, as constantes a_1 , a_2 e a_3 são determinadas pelo método dos mínimos quadrados, minimizando-se as diferenças entre os valores observados e calculados para a maré. As alturas de maré para o Porto de São Francisco são estimadas a partir das constantes harmônicas indicadas no Quadro 3.1, conforme o algoritmo descrito anteriormente.

Os valores resultantes são:

$a_1 =$	0,481		
$a_2 =$	1,200		
$a_3 =$	-0,032 dia	-0,771 hora	-46,254 min
$\Sigma \text{erro}^2 =$	5,29 m ²	Erro Médio =	0,0137 m

O termo a_3 representa o 'atraso' da maré observada no Posto PDDU em relação ao posto maregráfico do Porto. Foram considerados 167 valores dos 168 observados, pois em um deles o nível mínimo ficou abaixo da régua. Todos os pontos com desvios superiores a 0,40 m foram considerados *outliers*, restando, portanto 141 observações para a correlação. Embora o erro médio resultante, 0,0137 m possa ser considerado baixo, a correlação pretendida resultou pobre, como pode ser visto através da Figura 4.1 e, principalmente, através da Figura 4.2, de onde se verifica que os valores assim correlacionados situam-se predominantemente fora da faixa de 10% de tolerância. Conclui-se assim que os efeitos do estuário, como preconizado anteriormente, são preponderantes e não permitem a correlação direta.

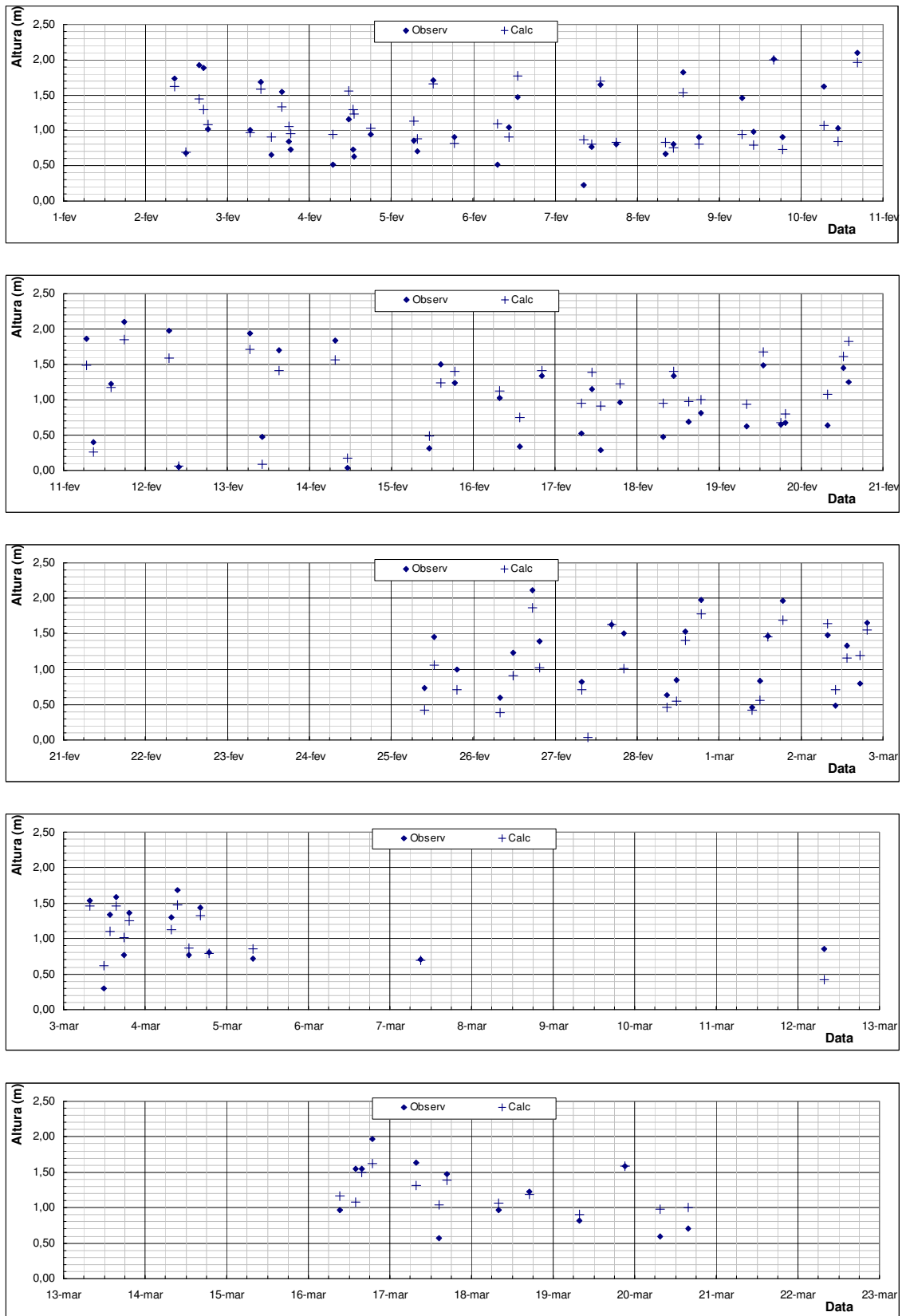


Figura 4.1 - Comparação entre os valores observados e calculados através de correlação direta com o Porto de São Francisco do Sul (continua)

(continuação)

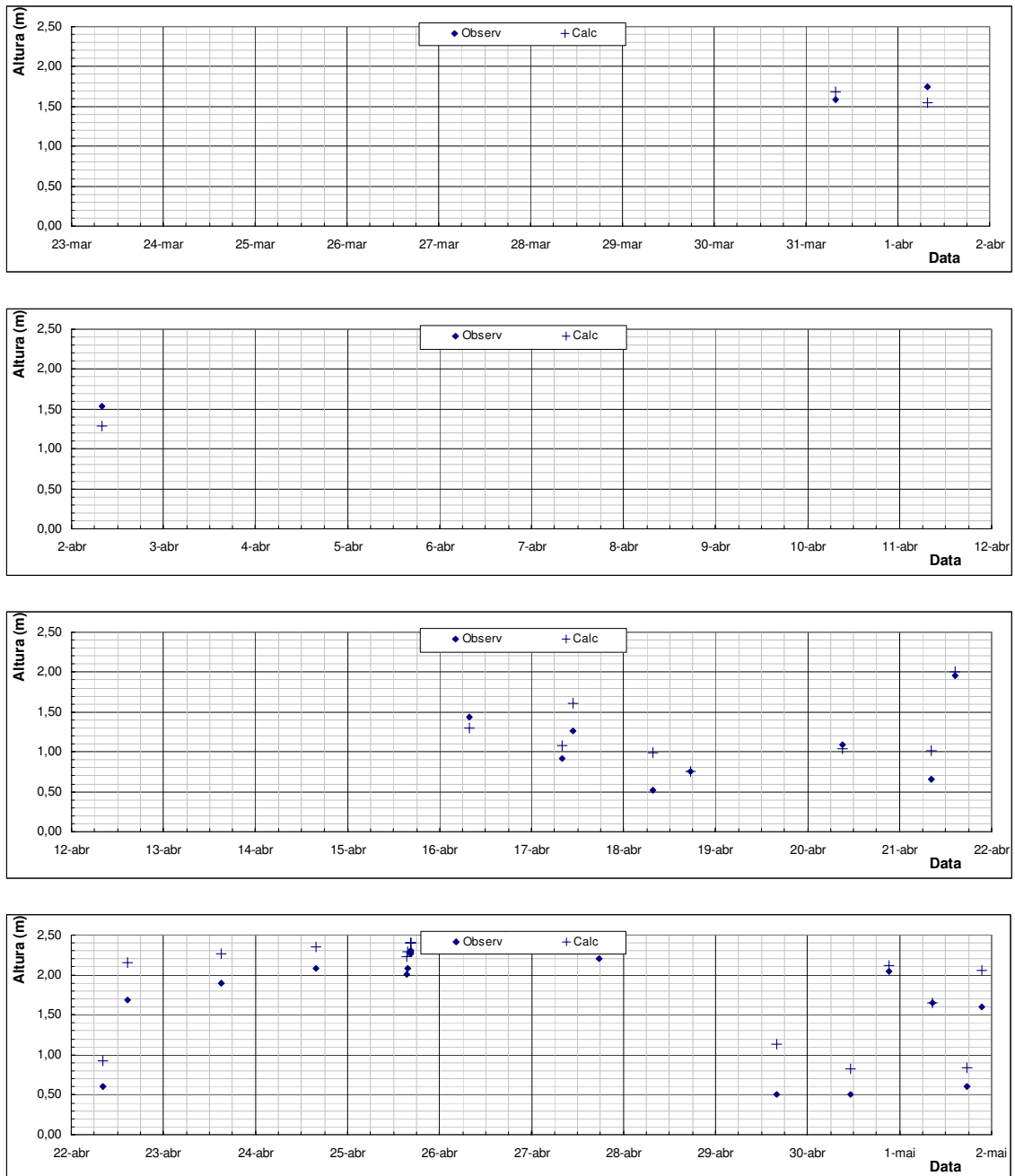


Figura 4.1 - Comparação entre os valores observados e calculados através de correlação direta com o Porto de São Francisco do Sul

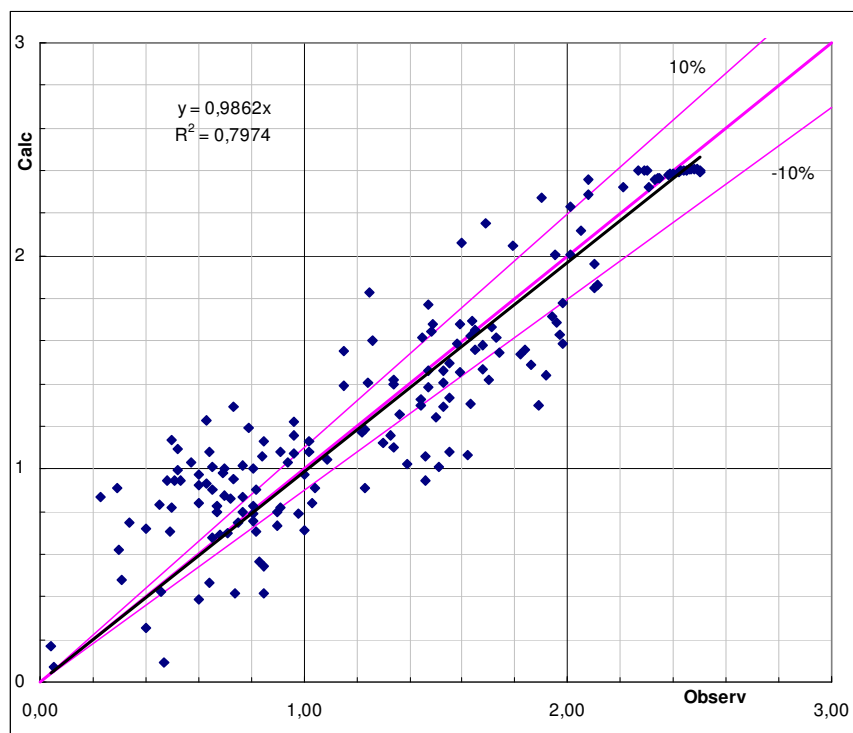


Figura 4.2 - Alturas de Maré (em m) – observadas e calculadas – correlação direta

4.1.2 Análise Harmônica

Para a análise harmônica foram considerados todos os pontos do Quadro 3.2, excluindo-se os 3 outliers indicados abaixo por serem considerados com erro evidente.

2/fev	17:00	1,89
27/fev	09:34	0,38
16/mar	13:50	1,55

Desta forma, com 165 observações foram detectadas 29 componentes, sendo que 24 encontram-se dentro do limite de significância de 5 mm. Os valores resultantes são apresentados no Quadro 4.1. A distribuição espectral das semi-amplitudes pode ser vista na Figura 4.3.

A acuracidade da decomposição harmônica foi verificada considerando-se a autocorrelação entre os valores observados e calculados, cujo índice de determinação resultou igual a 0,95. A Figura 4.4 apresenta graficamente a reta de autocorrelação resultante e as faixas de variação de 10%. A série de marés gerada, a comparação entre os valores observados e calculados, bem como o comportamento do nível médio do mar podem ser vistos nas Figuras 4.5 e 4.6.

QUADRO 4.1
COMPONENTES DA MARÉ – POSTO PDDU

Posto: PDDU - Rua Juliano Moreira, Bairro Boa Vista,

Instalação: 02/02/2009

Período de Observações: 02/02 de 2009 a 03/05/2009

No. de Observações: 165

No. de Componentes: 29

Nível Médio: 1,13 m

Zero da Régua Hidrográfica: -1,008 m (cota IBGE)

<i>Harmônico</i>	<i>Componente</i>	<i>Amplitude (m)</i>	<i>Fase (grau)</i>	<i>Velocidade (grau/hora)</i>
1	M2	0,382	100,8	28,984
2	S2	0,300	95,0	30,000
3	MS4	0,232	354,4	58,984
4	M4	0,210	236,0	57,968
5	M3	0,195	233,8	43,476
6	O1	0,195	82,9	13,943
7	N2	0,186	171,6	28,440
8	MN4	0,165	164,0	57,424
9	T2	0,114	125,5	29,959
10	NU2	0,113	122,3	28,513
11	MM	0,088	346,5	0,544
12	P1	0,076	134,9	14,959
13	MNS2	0,069	126,5	27,424
14	2N2	0,060	135,4	27,895
15	K1	0,058	102,2	15,041
16	L2	0,055	65,9	29,528
17	SN4	0,049	276,2	58,440
18	MO3	0,042	0,0	42,927
19	OO1	0,039	267,0	16,139
20	J1	0,037	247,2	15,585
21	Q1	0,035	11,7	13,399
22	M1	0,021	186,9	14,497
23	MF	0,014	158,7	1,098
24	SSA	0,005	123,7	0,082
25	MSF	0,000	248,2	1,016
26	K2	0,000	65,0	30,082
27	SA	0,000	145,3	0,041
28	MK3	0,000	110,2	44,025
29	MU2	0,000	94,9	27,968

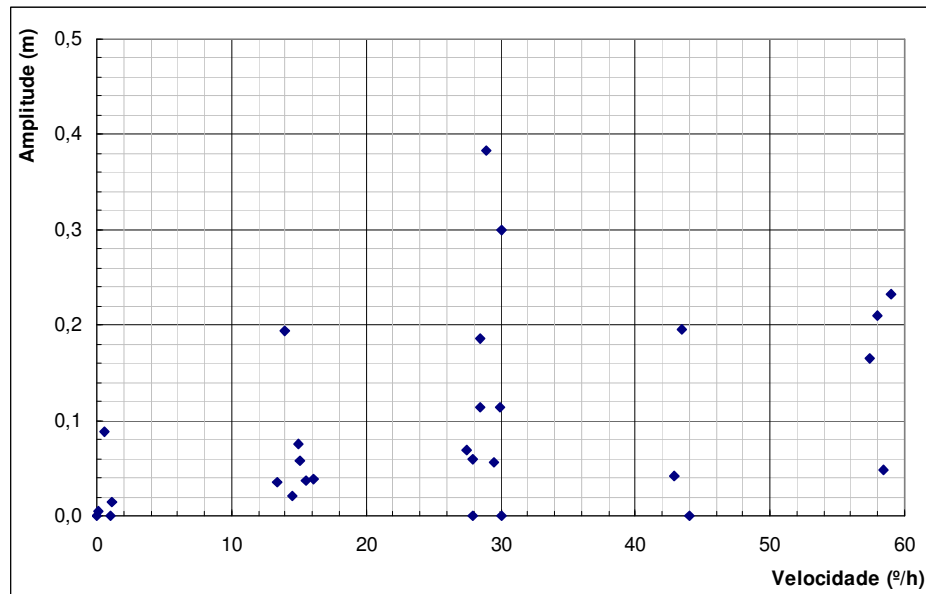


Figura 4.3 - Distribuição de spectral da maré das semi-amplitudes de maré – Posto PDDU

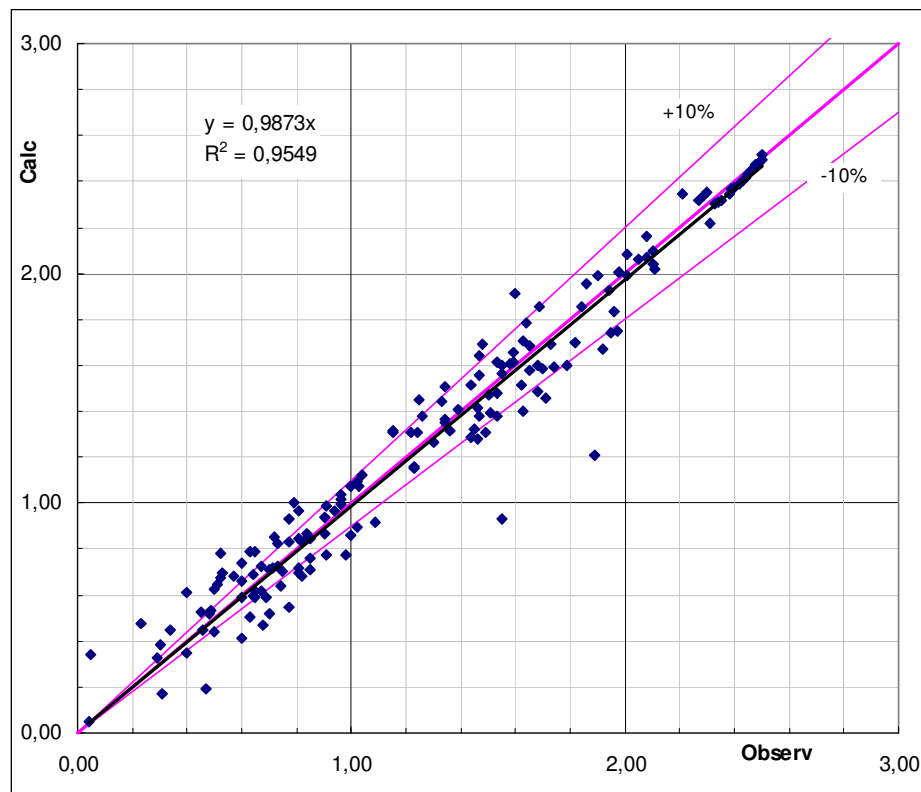


Figura 4.4 - Alturas de Maré (em m) – observadas e calculadas – análise harmônica

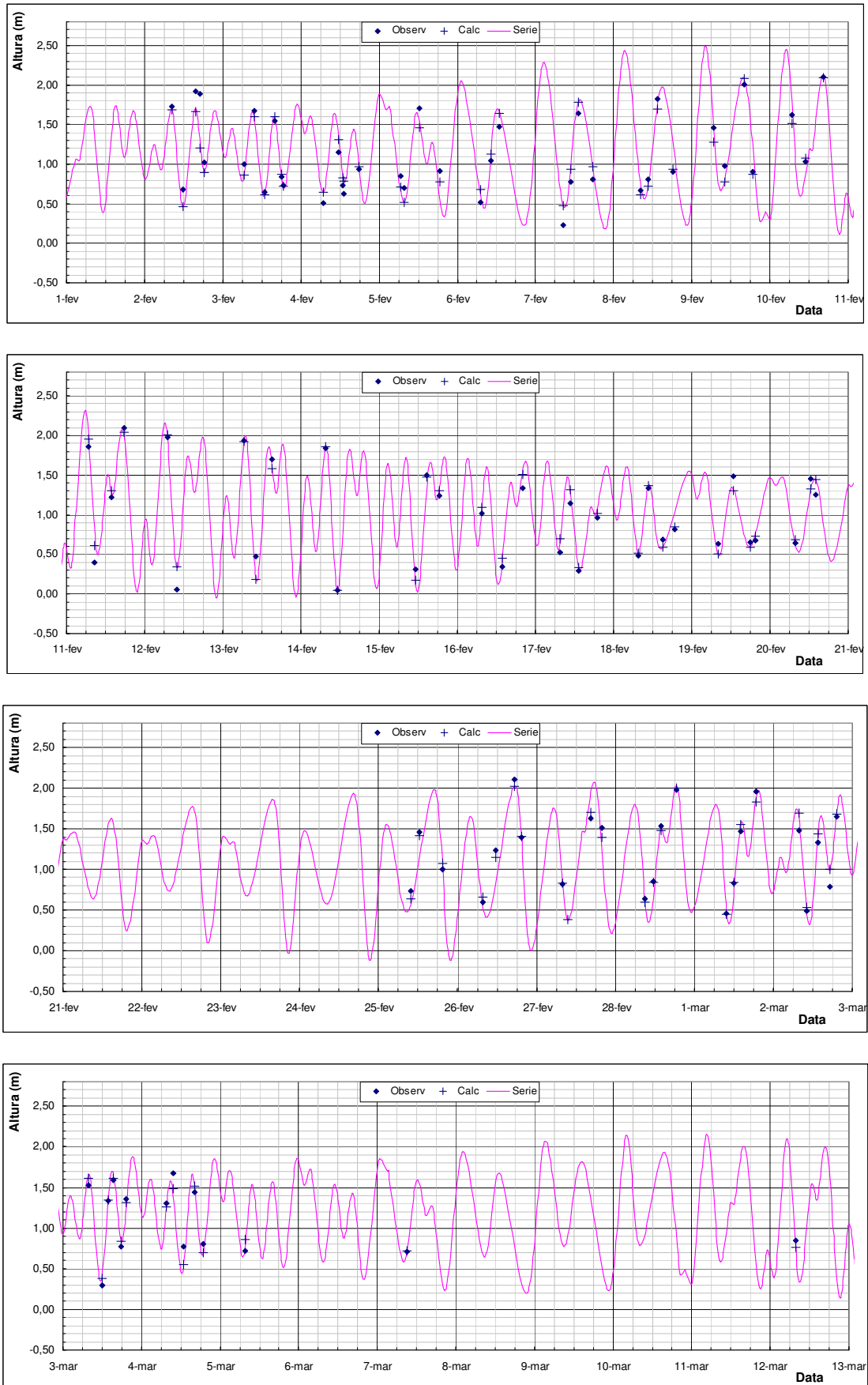


Figura 4.5 - Valores Observados, Calculados e Série de Níveis de Maré – Posto PDDU (continua)

(continuação)

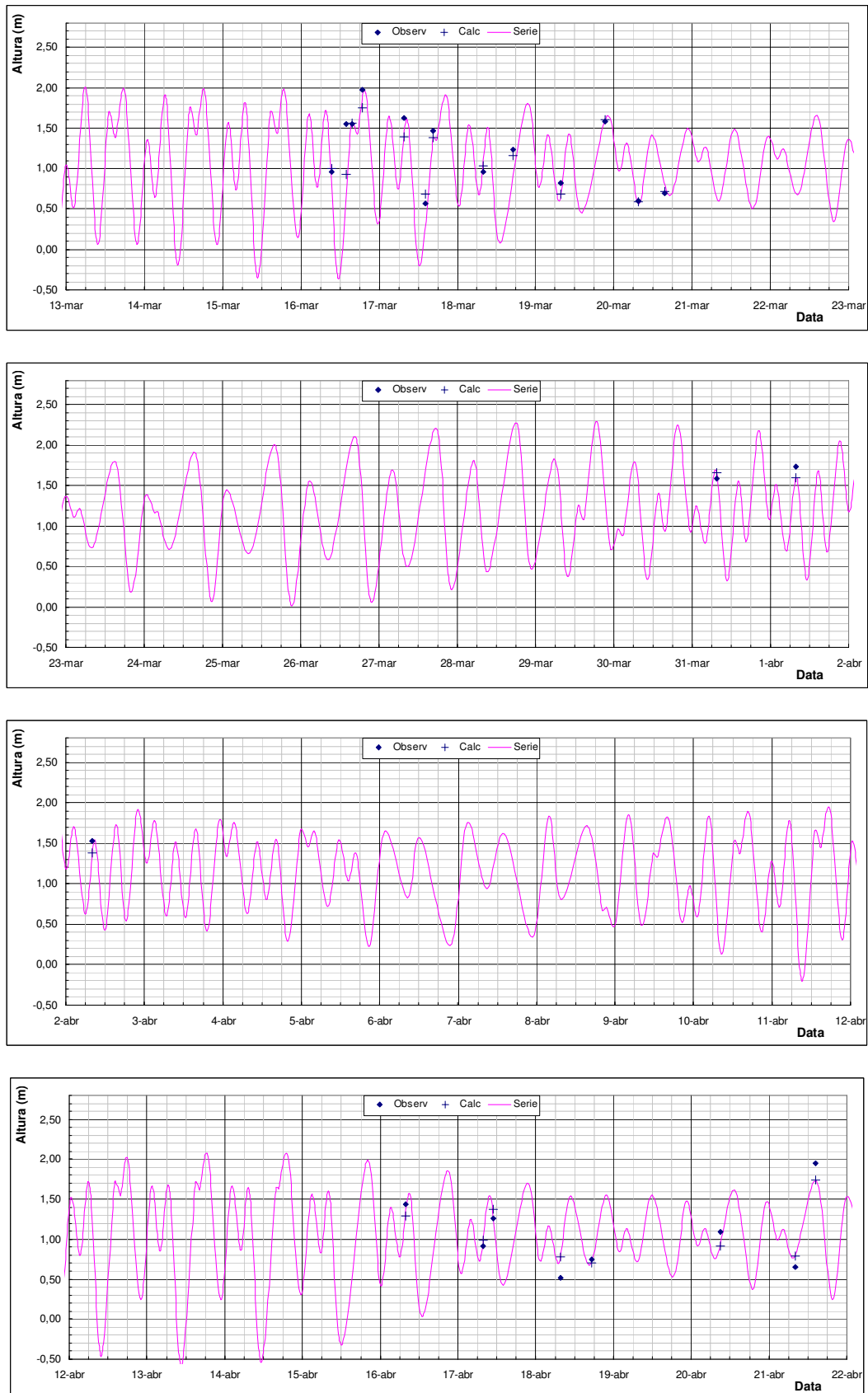


Figura 4.5 - Valores Observados, Calculados e Série de Níveis de Maré – Posto PDDU (continua)

continuação

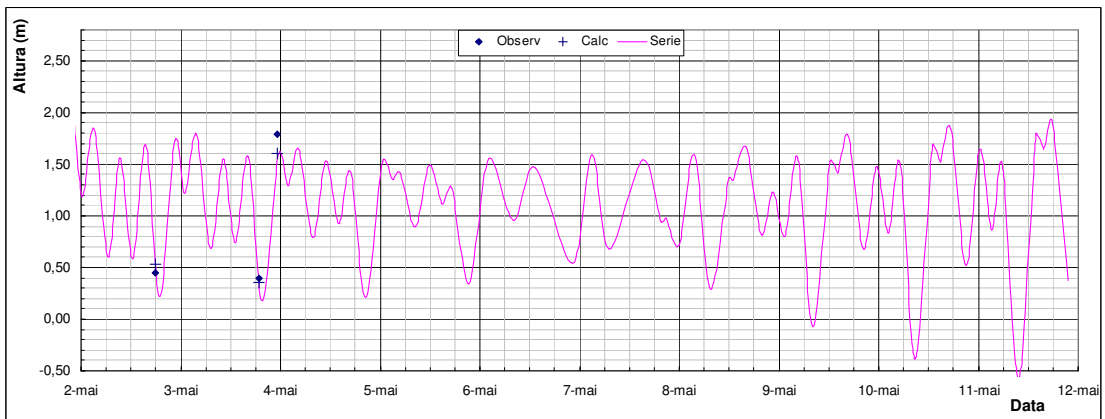
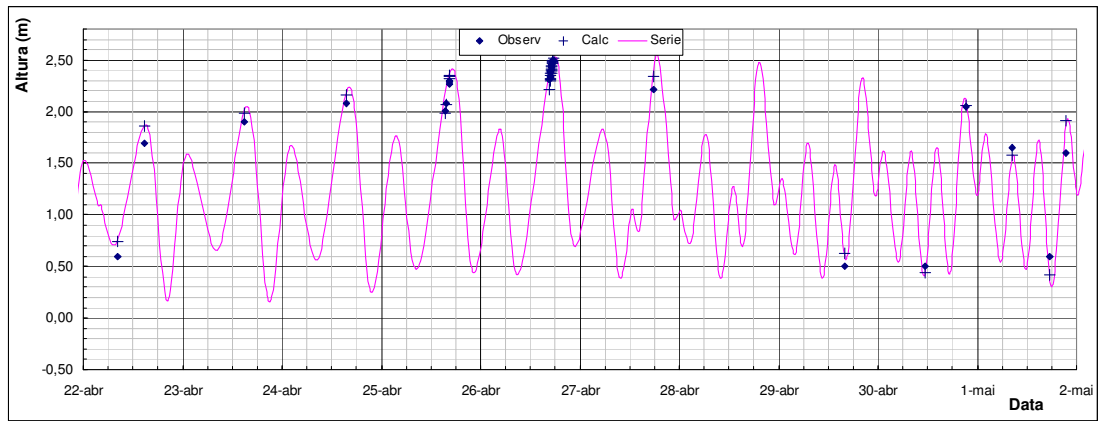


Figura 4.5 - Valores Observados, Calculados e Série de Níveis de Maré – Posto PDDU

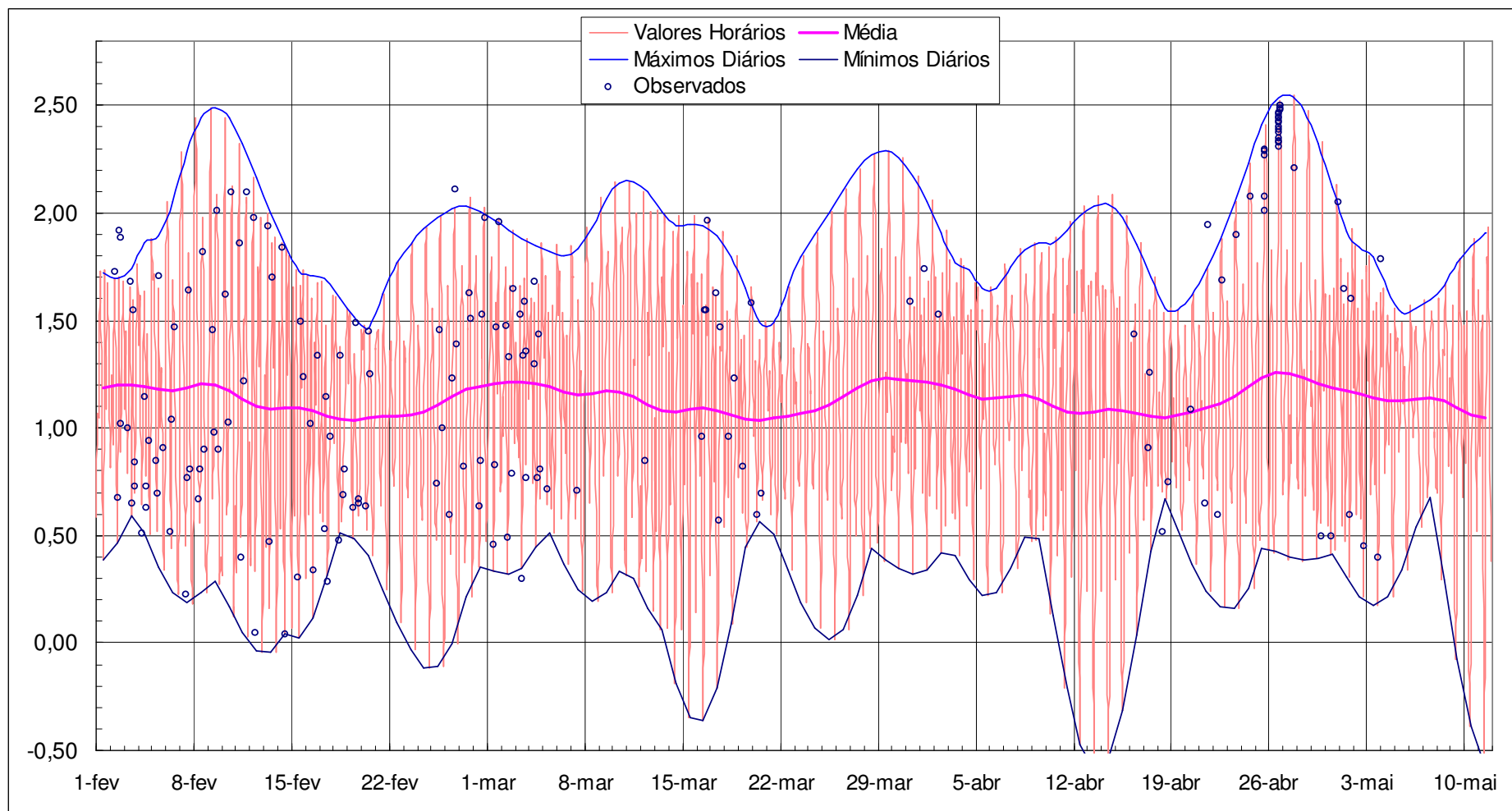


Figura 4.6 - Envoltórias e Nível Médio do Mar durante o período de observação – Posto PDDU

5. NÍVEIS DE PERMANÊNCIA DAS MARÉS

Para a determinação das probabilidades de ocorrência foram geradas as marés astronômicas para o período 1980-2020 e analisado o comportamento das máximas preamares mensais (Figura 5.1). Verifica-se a existência de uma leve tendência de ocorrência das máximas preamares nos meses de Novembro-Fevereiro, praticamente coincidentes com os meses chuvosos.

Esta tendência é nitidamente notada comparando-se os máximos valores de preamar obtidos agregando-se os valores dos meses secos (abril-setembro) e chuvosos (outubro-março), como se verifica na Figura 5.2, embora as diferenças sejam inferiores a 0,15 m.

A distribuição das freqüências dos níveis é indicada na Figura 5.3 e a curva de permanência dos níveis máximos está apresentada na Figura 5.4.

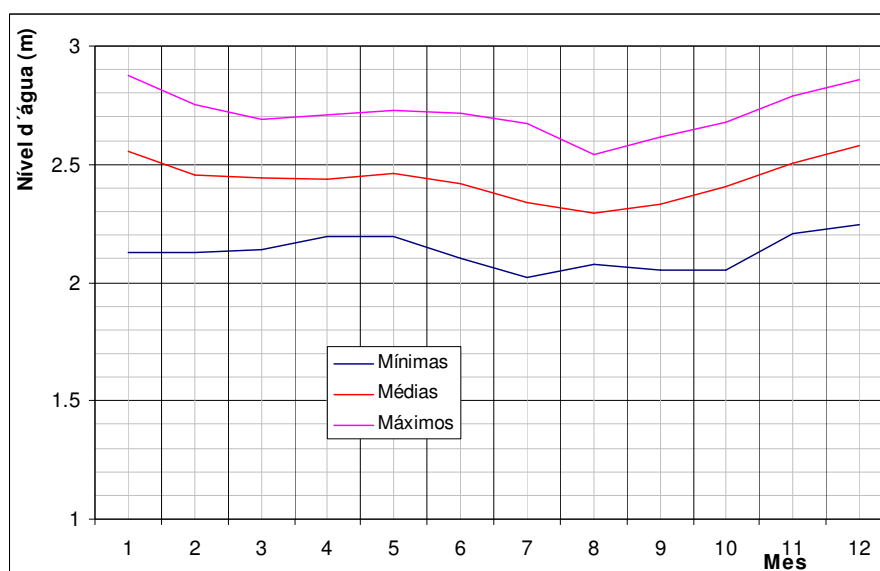


Figura 5.1 - Níveis máximos das preamares astronômicas mensais

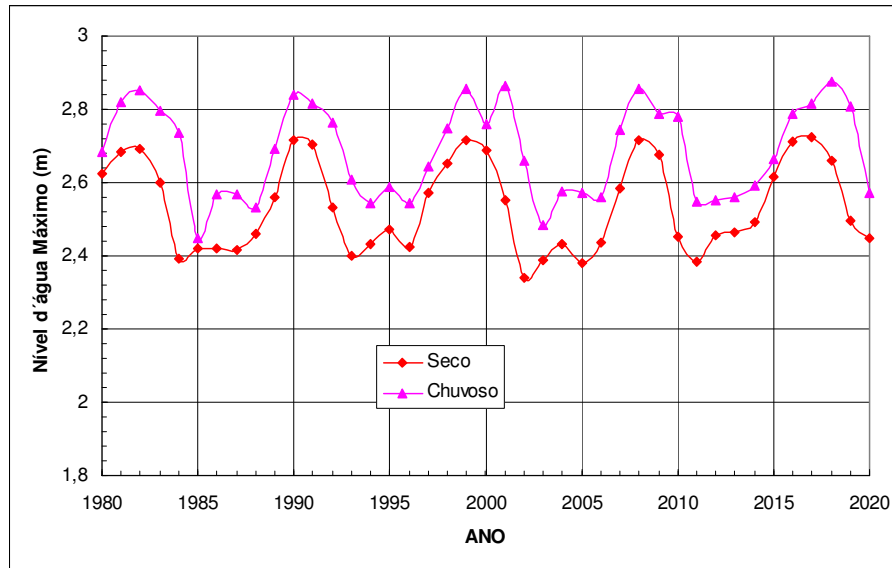


Figura 5.2 - Níveis máximos das preamares astronômicas – períodos seco e chuvoso

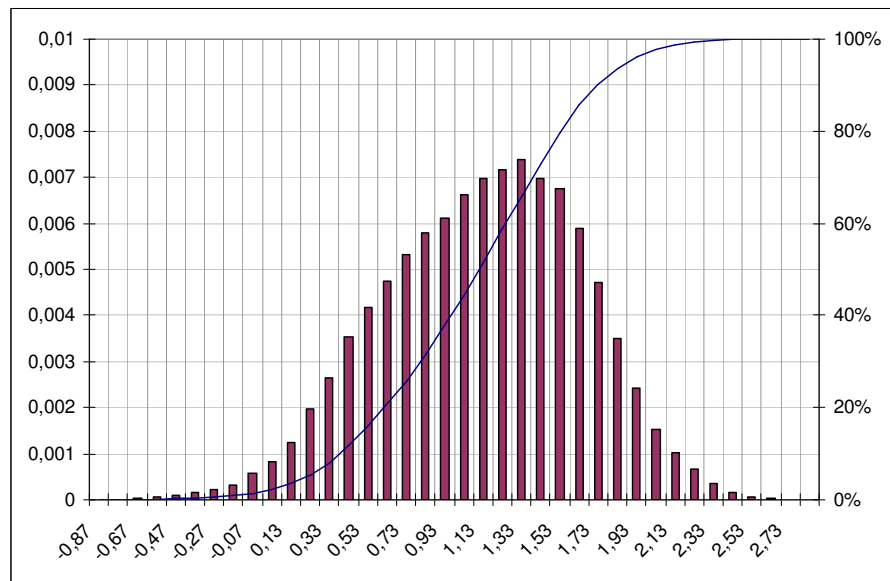


Figura 5.3 - Distribuição de frequência das alturas de maré astronômica e frequência acumulada

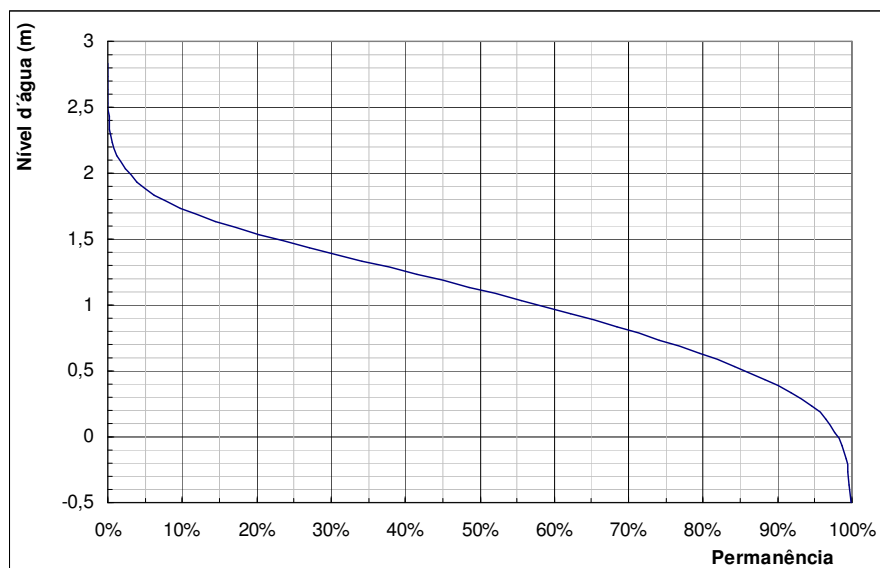


Figura 5.4 - Permanência dos níveis d'água no Rio Cachoeira (Maré astronômica)

Considerando que os máximos valores de nível devido à maré astronômica coincidem com o período chuvoso, pode-se conjugar estas com o ruído meteorológico típico da costa sudeste do Brasil, obtido de Franco (2000), conforme indicado na Figura 2.2, resultando assim a condição mais adequada para consideração das condições de contorno do sistema de drenagem composto pelo Rio Cachoeira e seus afluentes.

Esta curva indica a distribuição da probabilidade associada ao ruído meteorológico para cada altura h/h_{\max} . Desta forma, fazendo-se a convolução entre a probabilidade das alturas máximas de maré (Figura) com a probabilidade do ruído meteorológico (Figura 2.2) obtém-se as curvas a seguir, que indicam a probabilidade conjunta astronômica – meteorológica dos níveis de maré.

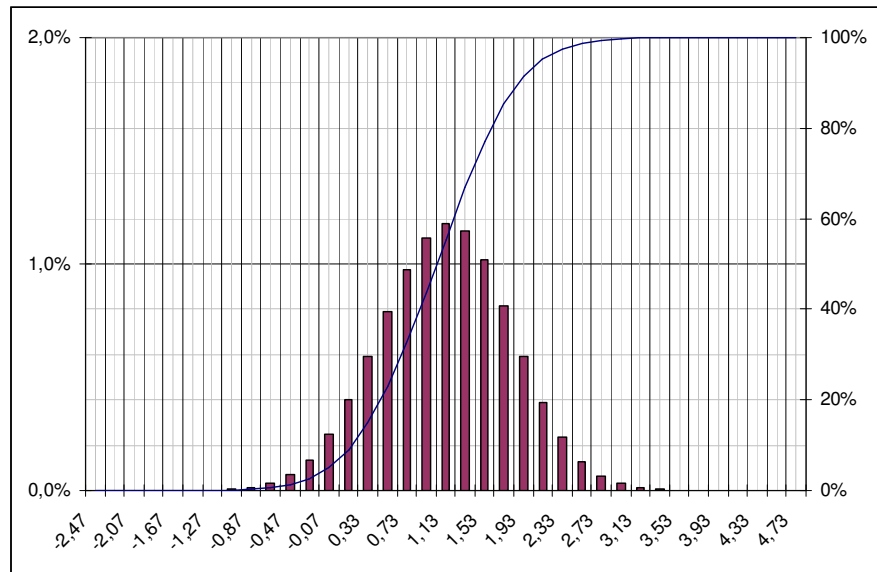


Figura 5.5 - Distribuição de Frequência e Frequência acumulada dos níveis máximos de maré combinado com o ruído meteorológico padrão

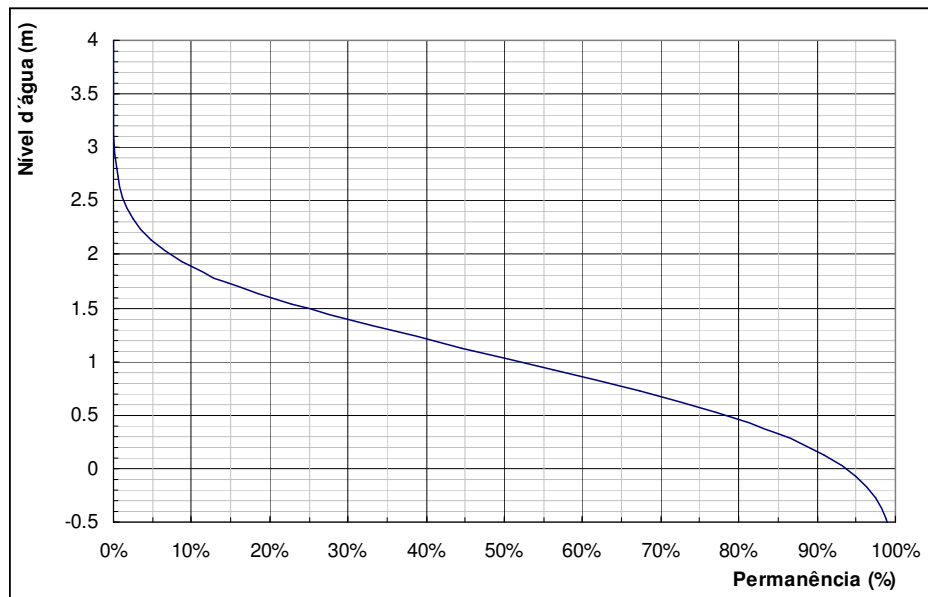


Figura 5.6 - Permanência dos Níveis combinada com o ruído meteorológico

6. CONCLUSÕES

A partir de observações de campo, foram estabelecidas as relações de probabilidade de ocorrência e permanência dos níveis d'água no estuário do Rio Cachoeira, sob influência de maré. Os valores de altura de maré conjugados com o ruído meteorológico típico da costa sudeste do Brasil permitiram a estimativa da permanência dos níveis máximos foram no posto Rio Cachoeira – PDDU, sendo que a cota do nível d'água (RN IBGE) para alguns valores característicos está indicada no Quadro 6.1.

QUADRO 6.1
PERMANÊNCIA DOS NÍVEIS DA ÁGUA NO ESTUÁRIO DO RIO CACHOEIRA

<i>Perm (%)</i>	<i>NA régua</i>	<i>NA (IBGE)</i>
0,1	3,00	1,992
0,5	2,80	1,792
1	2,60	1,592
2	2,41	1,402
5	2,08	1,072
10	1,83	0,822

7. REFERÊNCIAS

- David Flater. XTide. <http://www.flaterco.com/xtide/>. 2005-07-04.
- Vellozo, T.G. e Alves, A.R. - Características gerais do fenômeno da maré no Brasil. Anais Hidrográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação, Tomo LXI, 2006.
- Franco, A.S. – "Tides - fundamentals, analysis and prediction" - 2nd. Ed, FCTH, S. Paulo, 249 p., 1988
- Miranda, L.B.; Kjerfve, B. & Castro Filho, B.M. - Princípios de oceanografia física de estuários, EdUPS, São Paulo, 2002.