



GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA

AVISO LEGAL

Este documento e todas as informações nele contidas constituem propriedade do Estado de Santa Catarina, sendo seu conteúdo destinado exclusivamente à consulta e leitura por parte dos interessados.

É proibida a reprodução, distribuição, divulgação ou utilização deste material, no todo ou em parte, sem autorização prévia, expressa e por escrito do Estado.

O uso não autorizado sujeitará o infrator às sanções previstas na legislação vigente, incluindo a obrigação de ressarcir eventuais valores correspondentes às partes utilizadas, especialmente por tratar-se de material produzido no âmbito de Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI).



Sumário

1.	OBJETIVO	3
2.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3.	NORMAS E RECOMENDAÇÕES	5
4.	PROJEÇÃO E NÍVEL DE REFERÊNCIA	6
5.	CONDIÇÕES AMBIENTAIS	7
5.1.	Ventos	7
5.2.	Nível d'água	9
5.3.	Ondas e correntes	11
6.	REGRAS DE NAVEGAÇÃO PARA O TRECHO DA HIDROVIA	26
7.	EMBARCAÇÕES DE PROJETO	27
8.	MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO	31
8.1.	Dimensionamento de Estruturas Acostáveis	31
8.2.	Dimensionamento de vias navegáveis	34
8.3.1.	Dimensionamento Vertical	35
8.3.2.	Dimensionamento Horizontal	39
9.	MEMÓRIA DE CÁLCULO	45
9.1.	Cálculo de squat	45
9.2.	Cálculo do Adernamento Dinâmico	52
9.3.	Cálculo de tolerância a resposta a ondas	54
9.4.	Cálculo da Profundidade Total – PIANC, 2014	57
9.5.	Cálculos de largura do canal	58
10.	RESULTADOS	60

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

1. OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo a apresentação do estudo de navegação para dimensionamento das vias navegáveis e arranjo das estruturas de atracação integrantes do sistema de transporte aquaviário da grande Florianópolis. Serão apresentados os parâmetros ambientais locais, regras de navegação local, embarcação tipo, métodos de dimensionamento de vias navegáveis, e aplicação de todos esses itens em um projeto de vias navegáveis e avaliação conceitual de manobras.

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes documentos complementam esse memorial, sendo:

NÚMERO	TÍTULO/ DESCRIÇÃO
SCPAR07322-GER-RL-001	CARACTERIZAÇÃO DO REGIME DE CORRENTES, ONDAS, VENTOS E NÍVEIS D'ÁGUA

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

3. NORMAS E RECOMENDAÇÕES

Todo o projeto e estudo deverão estar de acordo com os códigos e normas listadas a seguir, devendo ainda atender a todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, prevalecerá aquele que for mais restrito. As normas e recomendações utilizadas nesse estudo são:

NÚMERO	TÍTULO/ DESCRIÇÃO
1	PIANC, 2014: World Association for Waterborne Transport Infrastructure: Harbor Approach Channels Design Guidelines, Report 121 / 2014;
2	PIANC, 2019: World Association for Waterborne Transport Infrastructure: Design Guidelines for Inland Waterway Dimensions, Report 141 / 2019;
3	ROM 3.1-1999: Configuración Marítima del Puerto: canal de acceso y área de flotación;
4	CEM-USACE, 2000: Coastal Engineering Manual - United States Corps of Engineers;
5	THORENSEN, C. A. 2010. Port Designer's Handbook. 2. Ed. ICE Publishing. 632 p.
6	HENSEN, H. 2003. Tug Use in Port. 2. Ed. Londres: The Nautical Institute. 205 p.
7	NPCP-SC, 2016. Normas Práticas da Capitania Fluvial de Santa Catarina.
8	NORMAM 17, 2015. Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação. Marinha do Brasil
9	NORMAM 11, 2017. Normas da Autoridade Marítima para Obras, Dragagens, Pesquisa e Lavra de Minerais sob, sobre e às Margens das Águas Jurisdicionais Brasileiras.
10	CHM – 1902 – Proximidades da Ilha de Santa Catarina (Escala 1:11.000)
11	VANZ, A., GARBOSSA, L.H.P., FERNANDES, L.G. Alagamentos devido a maré positiva em Florianópolis, SC, Brasil. Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2014. Itajaí – SC.

4. PROJEÇÃO E NÍVEL DE REFERÊNCIA

O sistema de unidades a ser utilizado é o Sistema Internacional de Unidades. O sistema de coordenadas a ser utilizado é definido pelos seguintes parâmetros:

- Projeção: Universal Transverse Mercator (UTM);
- Datum: Sirgas 2000;
- Zona: 22 Sul;
- Meridiano Central: $-51,00^{\circ}$;
- Datum vertical: DHN.

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

5. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Na elaboração desse estudo deverão ser observadas as condições ambientais do local, onde será implantado o terminal, de forma a embasar o dimensionamento das vias navegáveis.

5.1. Ventos

Os ventos na região da baía de Florianópolis são multidirecionais e possuem sua origem em dois sistemas meteorológicos distintos, sendo:

- Ventos do quadrante norte: Originários principalmente entre NNW e NE, são gerados pelo anticiclone semi-permanente do Atlântico sul, um sistema fixo posicionado em uma latitude tal que gera ventos constantes do quadrante. São os ventos mais frequentes na região, principalmente nos períodos de verão e primavera. Possuem magnitudes médias de 6 a 8 m/s (11,60 a 15,50 nós) e extremas de até 18 m/s (35 nós);
- Ventos do quadrante sul: Originados por frentes frias (ciclones extra-tropicais) vindas das regiões polares, possuem magnitudes maiores que os ventos do quadrante norte. São mais frequentes no inverno e podem variar de direção durante a passagem do sistema ciclônico, sendo então originários de SE a SW, podendo alcançar magnitudes extremas de até 24 m/s (46,60 nós). Esses ventos possuem uma magnitude média de 8 a 10 m/s (15,50 a 19,50 nós).

A rosa direcional de ventos é apresentada na Figura 1, enquanto que o diagrama de distribuição conjunta de intensidade e direção é apresentado na Figura 2.

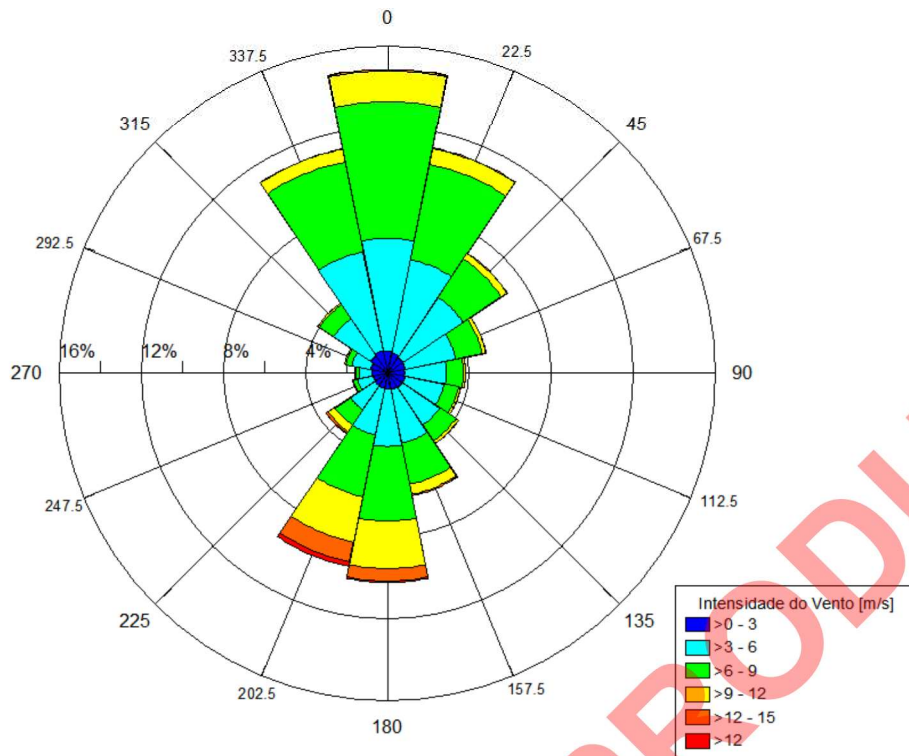


Figura 1. Rosa direcional de ventos para a região de Florianópolis-SC, obtidos pelo modelo de reanálise global NOAA/CSFR.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-2.0	1581	1579	1343	1404	1422	1441	1465	1302	1265	1286	1273	1282	1360	1439	1521	1564	22527	5.919
2.0-4.0	6908	6143	5652	4813	4283	4325	4503	4739	4513	4037	3451	2747	2537	3373	5063	7002	74089	19.468
4.0-6.0	16476	13715	9895	6725	5239	4969	5718	7272	7871	6396	3514	1635	1314	1916	5456	14362	112473	29.554
6.0-8.0	19414	14155	7024	4157	2650	2327	2992	6076	9520	7979	2584	643	552	850	2689	13677	97289	25.564
8.0-10.0	9807	5869	2243	1261	739	631	927	2843	8107	7121	1504	257	271	377	650	5035	47642	12.519
10.0-12.0	2113	1071	512	277	142	180	238	833	5077	5270	799	38	64	142	144	744	17644	4.636
12.0-14.0	250	126	89	42	34	34	57	198	2001	2967	313	10	13	29	13	54	6230	1.637
14.0-16.0	38	33	11	9	6	8	17	48	520	1315	142	2			5	6	2160	0.568
16.0-18.0	5	8	2	4	3		2	7	95	273	26	1			6	2	434	0.114
18.0-20.0			2	2			1	2	10	41	8	1					67	0.018
20.0-22.0									2	6	4						12	0.003
22.0-24.0										1							1	0
Total	56592	42699	26773	18694	14518	13915	15920	23320	38981	36692	13618	6616	6111	8126	15547	42446	380568	
Porc.	14.87	11.22	7.04	4.91	3.81	3.66	4.18	6.13	10.24	9.64	3.58	1.74	1.61	2.14	4.09	11.15		

Figura 2. Diagrama de distribuição conjunta de velocidade e direção dos ventos para a região de Florianópolis-SC, obtidos pelo modelo de reanálise global NOAA/CSFR.

A partir dos dados, é possível caracterizar os ventos, de acordo com a PIANC 121, no caso em que o trecho do canal esteja transversal aos sentidos N e S, como vento transversal predominante moderado (ou até 33 nós), por ser a condição mais atuante.

5.2. Nível d'água

A maré em Florianópolis é caracterizada como micro-marés, de desigualdades diurnas. Com amplitude de média das preamares de sizígia de 1.15 m DHN quando considerado somente a maré astronômica, sofre eventos de sobre-elevação do nível em função de maré meteorológica. A amplitude de maré meteorológica é definida a partir de um estudo de longo prazo em que medições de nível e análise sinóticas de eventos meteorológicos são realizados, algo que não foi realizado em detalhes particularmente para a região de Florianópolis. A sobre-elevação do nível ocorre, no caso da costa oeste do oceano Atlântico Sul, quando há vento do quadrante sul, gerando o transporte de massa d'água para a costa a partir do mecanismo de Ekman. Vanz et. al. (2014) indica níveis máximos de até 1,42 metros em Florianópolis, o que indica uma sobre-elevação de 0,27 m acima das médias das preamares de sizígia. Sendo assim, nesse projeto foi considerada uma maré meteorológica de 0,30 m, que quando simultânea à maré de sizígia, leva o nível a +1,45 m DHN. Esse nível foi definido como nível máximo de projeto, enquanto que o nível de referência, ou nível mínimo, é o 0.00 DHN.

Valores referentes à maré astronômica na região podem ser observados no catálogo de estações maregráficas da FEMAR, apresentado na Figura 3.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : FLORIANÓPOLIS (PORTO) – SC					
Localização : No trapiche de atracação do antigo prédio de oficinas do DNPVN					
Organ. Responsável : INPH / DHN					
Latitude : 27° 36,4' S			Longitude : 48° 33,4' W		
Período Analisado : 02/01/60 a 21/12/60			Nº de Componentes : 60		
Análise Harmônica : Método Tidal Liverpool Institute					
Classificação : Maré de Desigualdades Diurnas					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		II H 4 min		Nível Médio (Zo): 63 cm acima do NR.	
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		115 cm acima do NR.		Média das Preamares Inferiores (MLHW) : 96 cm acima do NR.	
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		30 cm acima do NR.		Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) : 12 cm acima do NR.	
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	5,2	272	MU ₂	0,4	349
Ssa	17,1	050	N ₂	5,0	152
Mm	2,0	125	NU ₂	0,6	174
Mf	6,7	174	M ₂	25,1	070
MTM	-	-	L ₂	1,3	082
Msf	4,2	270	T ₂	0,8	051
Q ₁	3,6	048	S ₂	17,3	067
O ₁	11,7	077	K ₂	5,5	059
M ₁	0,8	209	MO ₃	3,2	334
P ₁	2,4	128	M ₃	5,0	181
K ₁	6,9	136	MK ₃	1,5	085
J ₁	0,6	186	MN ₄	3,7	056
OO ₁	0,4	060	M ₄	8,7	110
MNS ₂	0,5	091	SN ₄	1,0	195
2N ₂	1,5	135	MS ₄	5,0	218
Referências de Nível: RN fixada em pilar de pedra no gramado à direita de quem entra no prédio da Administração do Porto.					
Obs: Outros Períodos : 01/07/08 a 04/07/09; 02/01/530a 02/02/53; 01/04/91 a 01/05/91 Consta das Tábuas das Marés					

Código BND0: 60245

Figura 3. Ficha de mares para Florianópolis, SC, na região da Baía Norte.

5.3. Ondas e correntes

Informações sobre ondas e correntes nos terminais a serem implantados, bem como nas rotas de navegação, foram obtidos a partir de modelagem numérica computacional, apresentada em um relatório auto-explicativo na referência [1]. De um total de 22 pontos, foram extraídas as estatísticas de correntes e ondas, apresentadas aqui na forma de diagramas de distribuição conjunta de Intensidade e direção (Figura 28 à Figura 49), e H_s e direção (Figura 6 à Figura 27), respectivamente. De forma a utilizar o padrão ambiental no cálculo de largura e profundidade necessária para a via navegável, foram realizados traçados preliminares das rotas de navegação entre os terminais. Esses traçados foram separados em trechos, e cada trecho foi caracterizado por uma condição ambiental de ondas e correntes, relacionado ao(s) ponto(s) que o representam.

A Figura 4 apresenta os trechos da rota entre os terminais de Pontal e Tapera, bem como os pontos de controle. Já a Figura 5 apresenta os mesmos elementos, porém para as rotas Beira Mar / Miramar e Miramar / Barreiros.

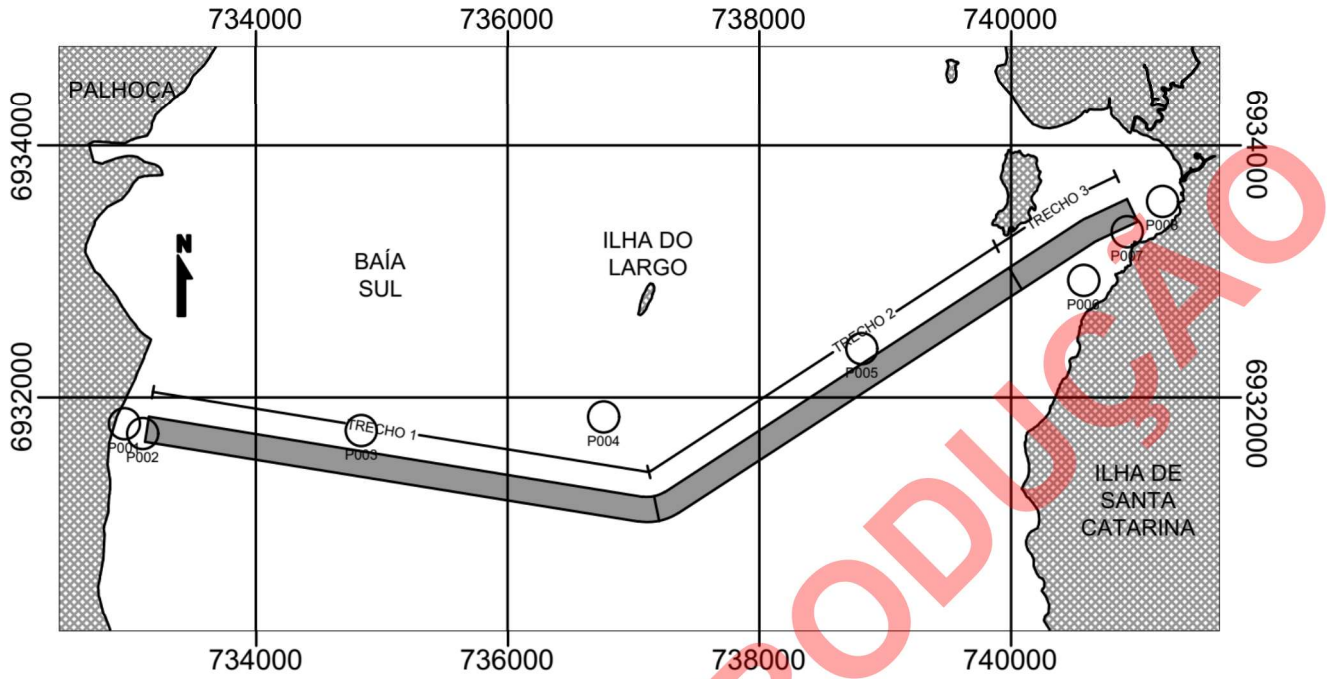


Figura 4. Localização dos trechos das rotas e pontos de controle para a rota Pontal/Tapera.

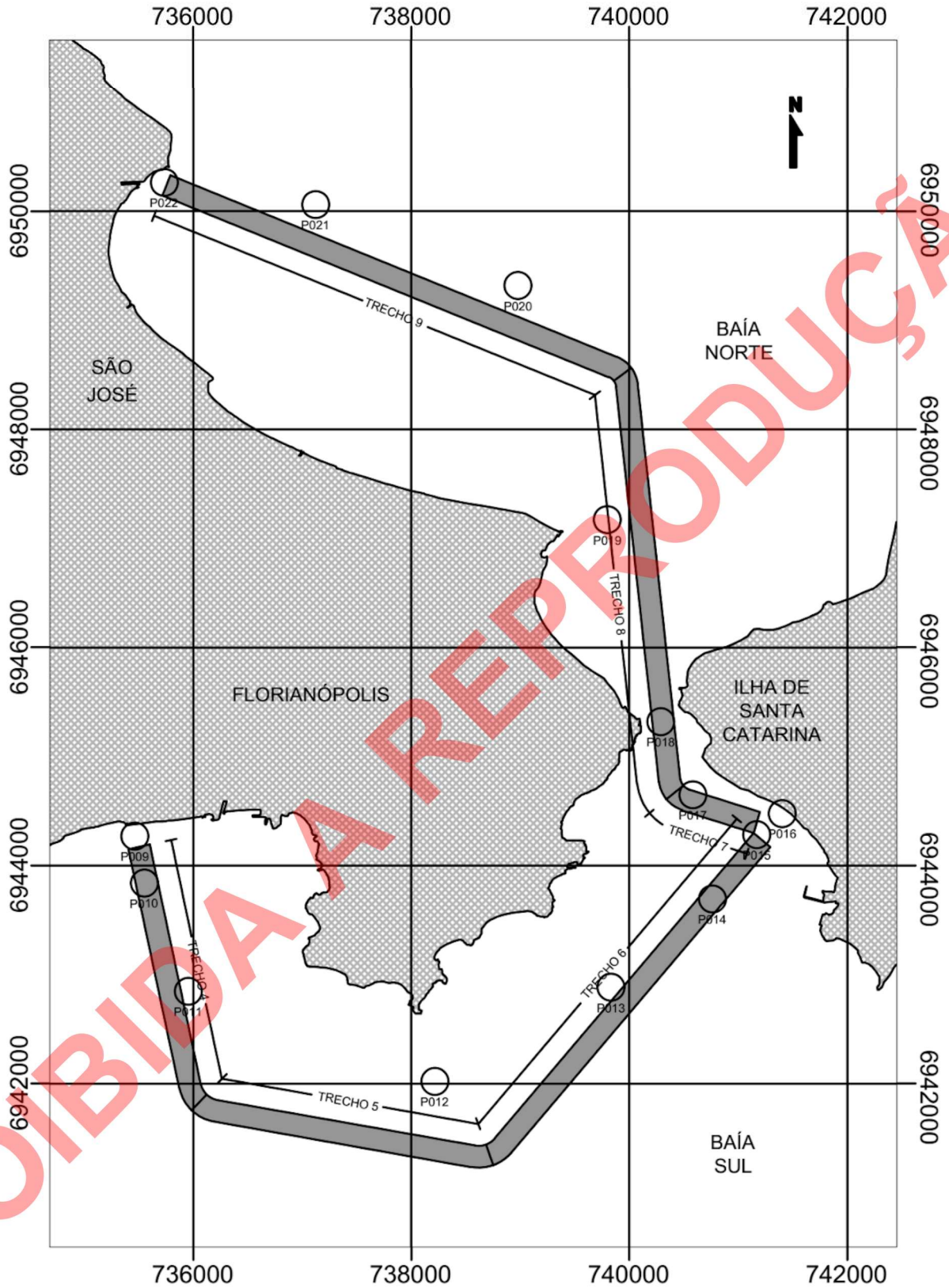


Figura 5. Localização dos trechos das rotas e pontos de controle para as rotas Beira Mar/Miramar e Miramar/Barreiros.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1		13376	28241	1561	843	1219	18078	6216	1979								71513	18.791
0.1-0.2		447	95360	4229	1262	2176	54034	1083	261	56							158908	41.755
0.2-0.3			50530	13468	1769	3944	39793										109504	28.774
0.3-0.4			1618	8790	2563	2600	17687										33258	8.739
0.4-0.5				649	251	443	4841										6184	1.625
0.5-0.6				97	99	343	573										1112	0.292
0.6-0.7				2	25	45	12										84	0.022
0.7-0.8					5												5	0.001
Total	0	13823	175749	28796	6817	10770	135018	7299	2240	56	0	0	0	0	0	0	380568	
Porc.	0	3.63	46.18	7.57	1.79	2.83	35.48	1.92	0.59	0.01	0	0	0	0	0	0		

Figura 6. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P001.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1		15634	18332	1396	766	1121	17277	4664	2461								61651	16.2
0.1-0.2		14932	76057	3651	1248	2162	49739	2517	830	90	30						151256	39.745
0.2-0.3			64728	5039	1538	2532	41821	8									115672	30.395
0.3-0.4			12289	5195	2790	2514	19873										42661	11.21
0.4-0.5			224	896	245	353	5399										7117	1.87
0.5-0.6			11	216	81	258	1422										1988	0.522
0.6-0.7				49	24	90	45										208	0.055
0.7-0.8				3	10	2											15	0.004
Total	0	30572	171641	16445	6702	9032	135576	7189	3291	90	30	0	0	0	0	0	380568	
Porc.	0	8.03	45.1	4.32	1.76	2.37	35.62	1.89	0.86	0.02	0.01	0	0	0	0	0		

Figura 7. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P002.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	8315	9391	893	857	707	703	855	20621	853	748	776	1120	797	587	557	928	48708	12.799
0.1-0.2	11400	36296	1282	1071	1172	1218	1104	33119	1862	637	708	1776	415	440	452	2886	95838	25.183
0.2-0.3	2280	64195	912	935	1010	943	812	33522	375	151	143	201	105	119	129	430	106262	27.922
0.3-0.4	758	49086	832	1117	1007	744	710	26291	80	44	43	36	25	18	14	29	80834	21.24
0.4-0.5	102	14327	354	868	438	308	168	12006	6	15	13	19	13	6	2		28645	7.527
0.5-0.6	32	2197	25	44	14	15	8	7102	6	7	3	8	1				9462	2.486
0.6-0.7	6	311	5	26	6	9	4	3743	1	1							4113	1.081
0.7-0.8	1	127	8	15	13	8	20	2765									2957	0.777
0.8-0.9		134	6	8	11	9	4	2527									2699	0.709
0.9-1.0		85	6	3	1			764									861	0.226
1.0-1.1		10	6					139									155	0.041
1.1-1.2		3	2	3				26									34	0.009
Total	22894	176162	4331	4947	4379	3957	3687	142625	3183	1603	1686	3160	1356	1171	1154	4273	380568	
Porc.	6.02	46.29	1.14	1.3	1.15	1.04	0.97	37.48	0.84	0.42	0.44	0.83	0.36	0.31	0.3	1.12		

Figura 8. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P003.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	4212	8373	624	760	818	694	677	774	16184	748	837	806	1215	1016	849	2769	41356	10.867
0.1-0.2	906	33023	1375	1324	1730	1321	1218	7812	25955	1329	911	2277	1480	1205	1756	10003	93625	24.601
0.2-0.3		56928	1080	1090	824	721	930	2326	31080	832	455	830	363	305	428	2492	100684	26.546
0.3-0.4	11	53986	728	727	627	533	515	719	28181	193	116	128	97	86	78	766	87491	22.99
0.4-0.5	2774	15617	128	81	61	39	22	32	12366	47	15	23	35	26	28	194	31688	8.327
0.5-0.6	2456	1416	29	32	30	48	42	30	6791	21	22	17	51	31	23	120	11159	2.932
0.6-0.7	549	44	13	17	16	10	14	14	4752	13	12	14	35	27	30	117	5677	1.492
0.7-0.8	209	11	9	9	13	10	11	9	2901	1	2	4	9	1	9	42	3250	0.854
0.8-0.9	97	6	5	3	5		4	5	3246	3		1	1		3	11	3390	0.891
0.9-1.0	79	5	2	2	2	5	2		1609	1	1	1	1			3	1713	0.45
1.0-1.1	24	9	1						391	7	1	1	2	1	1	1	439	0.115
1.1-1.2	4								67	6		1		1	1		80	0.021
1.2-1.3	1								8	5							14	0.004
1.3-1.4									2								2	0.001
Total	11322	169618	3994	4045	4126	3381	3435	11721	133531	3208	2372	4103	3289	2699	3206	16518	380568	
Porc.	2.98	44.57	1.05	1.06	1.08	0.89	0.9	3.08	35.09	0.84	0.62	1.08	0.86	0.71	0.84	4.34		

Figura 9. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P004.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	21067	902	803	743	693	823	974	1053	11882	5722	322	419	538	483			46734	12.28
0.1-0.2	43826	833	718	696	665	581	731	1118	23972	14809	1442	1991	2796	1592	6147	2126	103983	27.323
0.2-0.3	64317	918	822	794	738	775	970	924	7081	30897	1076	1023	1000	741	2684	355	115115	30.248
0.3-0.4	42763	199	166	131	147	130	192	241	1254	20798	219	238	278	211	1101	70	68138	17.904
0.4-0.5	13298	137	109	78	32	20	23	24	183	9657	34	52	46	44	225	79	24041	6.317
0.5-0.6	1755	56	57	57	56	58	52	41	44	5257	19	23	30	37	117	48	7707	2.025
0.6-0.7	128	10	11	24	32	21	25	25	30	4294	31	43	49	39	135	59	4956	1.302
0.7-0.8	45	4	1	3	6	6	4	9	3115	24	12	29	34	113	152		3557	0.935
0.8-0.9	46	7	2	5	3	3	1	1	3170	4	7	7	6	30	51		3343	0.878
0.9-1.0	42	1		1	2	1	2	2	2013	1	2			3	14		2085	0.548
1.0-1.1	11		1						716				1				736	0.193
1.1-1.2	1								125	2				1			131	0.034
1.2-1.3									33	1							34	0.009
1.3-1.4									8								8	0.002
Total	187299	3067	2690	2532	2368	2418	2975	3433	44457	100614	3175	3641	4655	3243	11038	2963	380568	
Porc.	49.22	0.81	0.71	0.67	0.62	0.64	0.78	0.9	11.68	26.44	0.83	0.96	1.22	0.85	2.9	0.78		

Figura 10. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P005.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	311	11459	23778	2679	1812	1780	1852	1828	1782	15563	21941	1129	2286	16850	2136	5725	112911	29.669
0.1-0.2	172	17690	12790	1651	1152	1102	1089	1201	1239	10737	45073	2396	2474	50830	15610	20398	185604	48.77
0.2-0.3	20	530	440	258	301	376	365	403	383	431	31514	1185	765	20058	139		57168	15.022
0.3-0.4		7	17			1	1	3	4	3	11922	171	83	1569			13781	3.621
0.4-0.5						1		1	2		7371	92	38	403			7908	2.078
0.5-0.6											3006	25	7	46			3084	0.81
0.6-0.7											112						112	0.029
Total	503	29686	37025	4588	3265	3260	3307	3436	3410	26734	120939	4998	5653	89756	17885	26123	380568	
Porc.	0.13	7.8	9.73	1.21	0.86	0.86	0.87	0.9	0.9	7.02	31.78	1.31	1.49	23.58	4.7	6.86		

Figura 11. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P006.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	542	2496	15254	16810	3274	1948	2017	2017	2050	2171	44254	4525	4364	2632	45573	4348	154275	40.538
0.1-0.2		4101	2936	2665	551	571	558	606	587	662	51870	5986	3768	3183	89136		167180	43.929
0.2-0.3		31	47	27	9	1	11	7	11	12	29620	2050	605	247	5842		38520	10.122
0.3-0.4		3	2			1			2	1	12873	710	24	34	111		13761	3.616
0.4-0.5											5748	140			2		5890	1.548
0.5-0.6											896	11					907	0.238
0.6-0.7											25	10					35	0.009
Total	542	6631	18239	19502	3834	2521	2586	2630	2650	2846	145286	13432	8761	6096	140664	4348	380568	
Porc.	0.14	1.74	4.79	5.12	1.01	0.66	0.68	0.69	0.7	0.75	38.18	3.53	2.3	1.6	36.96	1.14		

Figura 12. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P007.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	17	6620	8196	15196	4068	3002	3066	2989	2934	2895	59902	4829	3214	64389	16967	335	198619	52.19
0.1-0.2	102	714	344	575	140	127	144	144	195	250	49960	8782	2119	66711	10176		140483	36.914
0.2-0.3	11	4	1	6	2	4	3	2	7	6	16498	11384	258	1869	18		30073	7.902
0.3-0.4											50	9697	5	24			9776	2.569
0.4-0.5											1571	3					1574	0.414
0.5-0.6											43						43	0.011
Total	130	7338	8541	15777	4210	3133	3213	3135	3136	3151	126410	36306	5599	132993	27161	335	380568	
Porc.	0.03	1.93	2.24	4.15	1.11	0.82	0.84	0.82	0.82	0.83	33.22	9.54	1.47	34.95	7.14	0.09		

Figura 13. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P008.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1		5729	8952	9505	44311	12830	30824	23450	16133	7620	8924	17374	6224	3393			195269	51.31
0.1-0.2		1018	6552	6966	10623	4190	10642	67276	11749	545	358	625	252	87			120883	31.764
0.2-0.3							19	25355	25396								50770	13.341
0.3-0.4							1	58	13453								13512	3.55
0.4-0.5									134								134	0.035
Total	0	6747	15504	16471	54934	17020	41486	116139	66865	8165	9282	17999	6476	3480	0	0	380568	
Porc.	0	1.77	4.07	4.33	14.43	4.47	10.9	30.52	17.57	2.15	2.44	4.73	1.7	0.91	0	0		

Figura 14. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P009.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	1649	1425	1549	3237	6154	2543	13825	8744	14086	1686	1708	2125	5065	3062	2747	5332	74937	19.691
0.1-0.2	18296	10229	13515	36518	8774	6837	25524	7173	30193	4452	2231	2106	3460	11027	12678	2614	195627	51.404
0.2-0.3	37	204	1260	968	342	305	4352	1680	51220	321	93	61	41	75	129	76	61164	16.072
0.3-0.4		2	15	4	2	12	253	536	25100	2			1	7			25934	6.815
0.4-0.5					1		43	54	14946								15044	3.953
0.5-0.6						7			5556								5563	1.462
0.6-0.7									2161								2161	0.568
0.7-0.8									134								134	0.355
0.8-0.9									4								4	0.001
Total	19982	11860	16339	40727	15273	9697	44004	18187	143400	6461	4032	4292	8567	14171	15554	8022	380568	
Porc.	5.25	3.12	4.29	10.7	4.01	2.55	11.56	4.78	37.68	1.7	1.06	1.13	2.25	3.72	4.09	2.11		

Figura 15. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P010.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	84	2253	952	896	1115	7611	1435	1542	14966	964	1017	742	1018	2199	2515	2114	41423	10.885
0.1-0.2	12256	17352	2979	2955	3407	28570	1660	1721	26610	1522	3197	1354	1700	6372	7976	21821	141452	37.169
0.2-0.3	7925	18949	3998	3330	2783	13222	1712	1744	39493	1477	1705	1044	1126	1399	4469	23035	127411	33.479
0.3-0.4	30	2221	142	150	151	1504	561	1008	29802	256	365	105	64	88	192	587	37226	9.782
0.4-0.5	9	59	4	6	2	155	12	143	13688	31	46	2	3	2	11		14173	3.724
0.5-0.6		3				56	17	29	10217	15							10337	2.716
0.6-0.7						11			4084	121							4221	1.109
0.7-0.8								2	2805	755							3562	0.936
0.8-0.9									161	554							715	0.188
0.9-1.0									11	36							47	0.012
Total	20304	40837	8075	7337	7458	51129	5397	6194	141837	5732	6330	3247	3911	10060	15163	47557	380568	
Porc.	5.34	10.73	2.12	1.93	1.96	13.43	1.42	1.63	37.27	1.51	1.66	0.85	1.03	2.64	3.98	12.5		

Figura 16. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P011.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	9547	7562	1980	3883	834	816	805	14262	2016	790	1011	2233	6248	2568			54555	14.335
0.1-0.2	48780	15096	3252	6224	1179	1196	1259	31082	2616	1426	3311	2412	8233	2616			128682	33.813
0.2-0.3	36733	25251	4818	4028	813	795	760	30989	1632	690	1477	569	2982	236			111773	29.37
0.3-0.4	2383	11898	1918	2476	411	427	454	28040	296	112	231	71	277	3			48997	12.875
0.4-0.5	32	982	28	80	15	16	23	12836	63	37	79	109	131				14431	3.792
0.5-0.6	2	173	11	50	6	6	9	6556	27	65	36	158	143				7242	1.903
0.6-0.7	156	10	46	8	9	12	4345	8	37	18	55	32					4736	1.244
0.7-0.8	52	9	9	3			5	3601	2	15			7	10			3713	0.976
0.8-0.9	8	5	1	1			3	3149									3167	0.832
0.9-1.0	1	3						2332	1								2337	0.614
1.0-1.1								785									785	0.206
1.1-1.2								122									122	0.032
1.2-1.3								25									25	0.007
1.3-1.4								3									3	0.001
Total	0	97477	61179	12034	16797	3270	3265	3330	138127	6661	3172	6163	5614	18056	5423	0	380568	
Porc.	0	25.61	16.08	3.16	4.41	0.86	0.86	0.88	36.29	1.75	0.83	1.62	1.48	4.74	1.42	0		

Figura 17. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P012.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	35417	826	858	888	829	3086	1243	1302	1268	12120	1003	1641					60481	15.892
0.1-0.2	73238	845	821	831	728	5377	992	925	975	31633	2128	4588					123081	32.341
0.2-0.3	71727	660	600	564	576	4192	728	735	985	33950	468	1309					116494	30.611
0.3-0.4	21203	53	48	87	77	430	79	175	245	24604	109	222					47332	12.437
0.4-0.5	2572	9	12	8	13	43	25	47	27	10749	185	49					13739	3.61
0.5-0.6	395	10	17	13	11	79	11	10	10	5585	238						6379	1.676
0.6-0.7	163	11	4	7	9	20	4	4	4	4677	80						4983	1.309
0.7-0.8	100	7	1							3117	6						3236	0.85
0.8-0.9	22	4								3294							3320	0.872
0.9-1.0										1251							1252	0.329
1.0-1.1										227							227	0.06
1.1-1.2										37							37	0.01
1.2-1.3										7							7	0.002
Total	204837	2426	2361	2398	2243	13227	3083	3199	3517	131251	4217	7809	0	0	0	0	380568	
Porc.	53.82	0.64	0.62	0.63	0.59	3.48	0.81	0.84	0.92	34.49	1.11	2.05	0	0	0	0		

Figura 18. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P013.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1						2132	7139	1621	1560	16027	3201	644	625	621	688	33887	68145	17.906
0.1-0.2	480					628	9938	1649	1639	32969	3908	2519	923	921	949	80565	137088	36.022
0.2-0.3	537					1278	4485	749	877	34262	1231	943	251	269	255	59965	105102	27.617
0.3-0.4	28					21	201	75	80	22918	341	86	24	18	23	15791	39606	10.407
0.4-0.5	23					2	143	4	4	10143	269	15	11	9	11	1690	12324	3.238
0.5-0.6	16						41	5	6	4432	1122	18	15	23	19	418	6115	1.607
0.6-0.7	4						3	13	5	3266	1487	6	6	8	1	171	4973	1.307
0.7-0.8								2		1880	1601		1			27	3511	0.923
0.8-0.9										1338	1377					9	2724	0.716
0.9-1.0										222	616						838	0.22
1.0-1.1										19	100						119	0.031
1.1-1.2										1	19						20	0.005
1.2-1.3											3						3	0.001
Total	1088	0	0	0	0	4064	21962	4108	4169	127477	15275	4231	1856	1869	1946	192523	380568	
Porc.	0.29	0	0	0	0	1.07	5.77	1.08	1.1	33.5	4.01	1.11	0.49	0.49	0.51	50.59		

Figura 19. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P014.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1							397	21428	4950	19404	7355	1909	1938	2544	64940		124865	32.81
0.1-0.2					211	1038	2721	13470	2910	31543	6878	636	587	621	91901	1946	154462	40.587
0.2-0.3					4	7	383	620	593	31211	6574	124	117	163	14356	12	54164	14.232
0.3-0.4						2	39	171	50	6932	15315	78	83	60	496		23226	6.103
0.4-0.5							1	5	6	237	11438	15	11	4	34		11751	3.088
0.5-0.6								1	1	14	6272	1	2	1	12		6304	1.656
0.6-0.7											4300						4300	1.13
0.7-0.8											1344						1344	0.353
0.8-0.9											133						133	0.035
0.9-1.0											19						19	0.005
Total	0	0	0	0	215	1047	3541	35695	8510	89341	59628	2763	2738	3393	171739	1958	380568	
Porc.	0	0	0	0	0.06	0.28	0.93	9.38	2.24	23.48	15.67	0.73	0.72	0.89	45.13	0.51		

Figura 20. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P015.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1						4189	2766	21478	10761	23955	11283	2936	3709	14693	101564		197334	51.852
0.1-0.2						174	197	1818	2046	41327	8699	483	540	558	44375		100217	26.334
0.2-0.3						1	2	274	307	25375	13046	155	173	239	792		40364	10.606
0.3-0.4								40	21	1880	19474	32	5	21	2		21475	5.643
0.4-0.5									1	71	11315	6	1				11394	2.994
0.5-0.6											5779						5779	1.519
0.6-0.7											3333						3333	0.876
0.7-0.8											607						607	0.159
0.8-0.9											58						58	0.015
0.9-1.0											7						7	0.002
Total	0	0	0	0	0	4364	2965	23610	13136	92608	73601	3612	4428	15511	146733	0	380568	
Porc.	0	0	0	0	0	1.15	0.78	6.2	3.45	24.33	19.34	0.95	1.16	4.08	38.56	0		

Figura 21. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P016.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	8019																75728	19.899
0.1-0.2	16585					804	9515	1900	1794	33496	2082	743	772	703	751	74054	143199	37.628
0.2-0.3	969					70	3821	827	900	33930	402	100	110	123	119	52626	93997	24.699
0.3-0.4	51						83	29	68	23303	55	24	37	32	35	11923	35640	9.365
0.4-0.5	37						99	31	14	11196	45	11	12	19	12	1197	12673	3.33
0.5-0.6	6						28	6	2	6652	12	13	13	17	9	324	7082	1.861
0.6-0.7								3	5	4847	2	1		1	2	97	4958	1.303
0.7-0.8										3026						16	3042	0.799
0.8-0.9										2921						1	2922	0.768
0.9-1.0										1087							1087	0.286
1.0-1.1										195							195	0.051
1.1-1.2										38							38	0.01
1.2-1.3										7							7	0.002
Total	25667	0	0	0	0	874	19664	4723	4605	140275	3364	1608	1666	1656	1717	174749	380568	
Porc.	6.74	0	0	0	0	0.23	5.17	1.24	1.21	36.86	0.88	0.42	0.44	0.44	0.45	45.92		

Figura 22. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P017.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	20715	1295	1329	1421	1473	1554	1685	2370	2738	13945	756	787	853	976	987	4774	57658	15.151
0.1-0.2	10403	2803	2536	2377	2444	2659	2620	3723	3547	40448	1968	1944	1771	1644	1465	21617	103969	27.319
0.2-0.3	42467	2186	1896	1747	1707	1377	1913	1715	2232	37025	1089	1049	1047	1018	1036	8683	108187	28.428
0.3-0.4	36330	652	515	462	430	401	355	417	512	21330	274	231	238	225	199	1696	64267	16.887
0.4-0.5	14990	143	107	82	56	44	28	68	54	10163	8	15	17	21	16	254	26066	6.849
0.5-0.6	2510	115	99	107	67	73	84	71	75	6825	51	31	29	21	23	170	10351	2.72
0.6-0.7	377	14	17	24	17	18	24	23	36	3666	13	7	9	9	10	45	4309	1.132
0.7-0.8	76			9	4	6	4	3	29	3482	12	7	4	8	6	6	3656	0.961
0.8-0.9	75								68	1497			1	4	1	7	1661	0.436
0.9-1.0	37									66						2	370	0.097
1.0-1.1	6									56						1	64	0.017
1.1-1.2										10							10	0.003
Total	127986	7208	6499	6229	6198	6132	6714	8390	9619	138447	4171	4072	3973	3924	3752	37254	380568	
Porc.	33.63	1.89	1.71	1.64	1.63	1.61	1.76	2.2	2.53	36.38	1.1	1.07	1.04	1.03	0.99	9.79		

Figura 23. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P018.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	6957	1433	2085	4079	1121	1305	1485	21063	5143	1345	1381	1414	1373	2384	3789	4593	60950	16.016
0.1-0.2	16598	6054	2460	5810	1237	1145	1056	41082	9110	701	672	619	537	2080	3075	14858	107094	28.141
0.2-0.3	29307	14181	1639	3741	981	1024	1035	32433	1166	517	520	490	467	460	872	8675	97488	25.616
0.3-0.4	33339	18015	1566	3231	521	407	331	12733	277	255	244	209	231	191	214	2210	73974	19.438
0.4-0.5	15729	5284	179	188	102	83	68	5093	67	53	60	47	46	31	59	509	27598	7.252
0.5-0.6	3580	2154	41	81	38	39	41	3964	18	14	9	5	5	7	8	262	10266	2.698
0.6-0.7	431	329	32	74	28	21	25	1216	13	10	11	12	5	3	7	188	2405	0.632
0.7-0.8	41	141	7	28	6	4	3	149	6	7	5	8	5	2	3	37	452	0.119
0.8-0.9	16	84	3	5		1	1	16	1	2	3			2	4	12	152	0.04
0.9-1.0	3	75	4	2												9	96	0.025
1.0-1.1	4	47	5			1	1		1	2				4	2	1	73	0.019
1.1-1.2	3	12		1					1							1	19	0.005
Total	106008	47810	8021	17240	4034	4031	4046	117750	15803	2906	2905	2806	2655	5162	8033	31358	380568	
Porc.	27.86	12.56	2.11	4.53	1.06	1.06	1.06	30.94	4.15	0.76	0.76	0.74	0.7	1.36	2.11	8.24		

Figura 24. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P019.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1		18726	1915	2049	3048	1755	1749	11176	721	556	503	647	1020	1150	924		45939	12.071
0.1-0.2	1443	27559	985	1001	5144	1214	1294	36361	1877	1742	1839	3534	2394	2835	5012	7354	101588	26.694
0.2-0.3	2421	45650	1081	1171	4665	900	944	35264	963	781	749	851	738	468	1834	5339	103819	27.28
0.3-0.4	13957	41037	939	901	4044	786	707	15769	483	299	208	186	257	186	324	1497	81580	21.436
0.4-0.5	6958	15464	203	198	399	40	48	6745	94	60	46	36	101	45	59	236	30732	8.075
0.5-0.6	1315	3504	40	34	102	73	39	4122	53	41	39	10	40	22	45	187	9666	2.54
0.6-0.7	174	376	5	7	78	8	4	3803	21	15	11	16	19	18	17	236	4808	1.263
0.7-0.8	37	129	4	14	45	5	3	1497	5	1			1	4	2	95	1844	0.485
0.8-0.9	15	84	2	7	6	1	6	220	2	3	2	1			2	12	363	0.095
0.9-1.0	15	86	1	4	2			34	1				1			4	148	0.039
1.0-1.1	12	43	1	5				3								5	69	0.018
1.1-1.2	6	6															12	0.003
Total	26353	152664	5176	5391	17533	4782	4794	114994	4220	3498	3397	5282	4574	4726	8219	14965	380568	
Porc.	6.92	40.11	1.36	1.42	4.61	1.26	1.26	30.22	1.11	0.92	0.89	1.39	1.2	1.24	2.16	3.93		

Figura 25. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P020.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	45	20126	2071	2244	3003	2712	6930	4869	1163	991	1705	1744	763	723	1242	1355	51686	13.581
0.1-0.2	2845	29316	1385	2040	4160	2534	13336	24593	1547	1291	2666	1714	813	983	2177	7051	98451	25.869
0.2-0.3	2232	46498	1595	1557	3130	1929	14065	20969	712	586	651	458	380	353	678	3552	99345	26.104
0.3-0.4	565	51820	960	1110	2771	2590	9363	7619	407	269	429	226	144	165	146	941	79525	20.896
0.4-0.5	152	26990	394	355	1019	196	5185	1710	244	114	169	29	14	11	16	145	36743	9.655
0.5-0.6	173	5100	13	13	35	63	3270	159	94	59	44	6	3	2	6	64	9104	2.392
0.6-0.7	99	576	20	14	30	42	3116	73	34	22	11	6	6	2	3	13	4067	1.069
0.7-0.8	24	185	6	11	40	25	825	9	10	4	5	1	1	1	1	1147	0.301	
0.8-0.9	3	102	6	4	20	11	119	2	1	1	4				1	274	0.072	
0.9-1.0		123	2	3				18	2							3	156	0.041
1.0-1.1		54	1													55	0.014	
1.1-1.2		13	1														14	0.004
Total	6138	180904	6454	7351	14208	10102	56227	60005	4212	3339	5684	4186	2124	2242	4268	13124	380568	
Porc.	1.61	47.54	1.7	1.93	3.73	2.65	14.77	15.77	1.11	0.88	1.49	1.1	0.56	0.59	1.12	3.45		

Figura 26. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P021.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	46241	5661	3645	3572	3787	10193	1067	514	594	1071							76345	20.061
0.1-0.2	2346	88257	5191	5573	9314	42365	2202	1757	2497	931							160433	42.156
0.2-0.3		58050	7114	5585	13250	33556	128	44	19	24							117770	30.946
0.3-0.4		7199	3202	2922	6325	3082	17	4	7								22758	5.98
0.4-0.5		513	184	202	1930	48	2		6								2885	0.758
0.5-0.6		82	60	101	119	1	1										364	0.096
0.6-0.7			1	11	1												13	0.003
Total	0	48587	159762	19397	17966	34726	89245	3417	2319	3123	2026	0	0	0	0	0	380568	
Porc.	0	12.77	41.98	5.1	4.72	9.12	23.45	0.9	0.61	0.82	0.53	0	0	0	0	0		

Figura 27. Diagrama de distribuição conjunta (H_s [m] x Dir) de ondas no ponto P022.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	2084	927	109	43	34	29	35	70	314	1989	346	123	81	82	126	266	6658	75.797
0.1-0.2	995	242							7	865	1						2110	24.021
0.2-0.3	10	1								5							16	0.182
Total	3089	1170	109	43	34	29	35	70	321	2859	347	123	81	82	126	266	8784	
Porc.	35.17	13.32	1.24	0.49	0.39	0.33	0.4	0.8	3.65	32.55	3.95	1.4	0.92	0.93	1.43	3.03		

Figura 28. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P001.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	927	625	164	85	69	70	75	153	440	1262	658	258	171	128	175	307	5567	63.377
0.1-0.2	1038	582	6	4	2	1			38	1036	68					1	2776	31.603
0.2-0.3	315	90								29							434	4.941
0.3-0.4	7																7	0.08
Total	2287	1297	170	89	71	71	75	153	478	2327	726	258	171	128	175	308	8784	
Porc.	26.04	14.77	1.94	1.01	0.81	0.81	0.85	1.74	5.44	26.49	8.27	2.94	1.95	1.46	1.99	3.51		

Figura 29. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P002.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	748	128	33	18	14	21	36	103	573	584	189	112	91	81	135	409	3275	37.284
0.1-0.2	1270	32						6	1107	522	15	3			2	55	3012	34.29
0.2-0.3	789	8							900	102						2	1801	20.503
0.3-0.4	358	3							240	5							606	6.899
0.4-0.5	75	1							6								82	0.934
0.5-0.6	8																8	0.091
Total	3248	172	33	18	14	21	36	109	2826	1213	204	115	91	81	137	466	8784	
Porc.	36.98	1.96	0.38	0.2	0.16	0.24	0.41	1.24	32.17	13.81	2.32	1.31	1.04	0.92	1.56	5.31		

Figura 30. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P003.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	435	184	88	43	30	38	59	135	482	183	55	33	29	37	77	194	2102	23.93
0.1-0.2	867	171	10	1	1	1	2	32	977	35	4	1			3	40	2145	24.419
0.2-0.3	809	37	1						863	8							1722	19.604
0.3-0.4	622	8							624	2							1259	14.333
0.4-0.5	434	1							349								784	8.925
0.5-0.6	292								111								403	4.588
0.6-0.7	193								16								209	2.379
0.7-0.8	101								1								102	1.161
0.8-0.9	38																38	0.433
0.9-1.0	18																18	0.205
1.0-1.1	2																2	0.023
Total	3811	401	99	44	31	39	61	167	3423	228	59	34	29	37	80	241	8784	
Porc.	43.39	4.57	1.13	0.5	0.35	0.44	0.69	1.9	38.97	2.6	0.67	0.39	0.33	0.42	0.91	2.74		

Figura 31. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P004.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	554	529	195	81	66	79	154	498	713	33	6	4	4	7	12	63	2998	34.13
0.1-0.2	1050	227						62	1528							12	2879	32.776
0.2-0.3	760	44						1	1066								1871	21.3
0.3-0.4	437	11							332								780	8.88
0.4-0.5	189								21								210	2.391
0.5-0.6	42																42	0.478
0.6-0.7	4																4	0.046
Total	3036	811	195	81	66	79	154	561	3660	33	6	4	4	7	12	75	8784	
Porc.	34.56	9.23	2.22	0.92	0.75	0.9	1.75	6.39	41.67	0.38	0.07	0.05	0.05	0.08	0.14	0.85		

Figura 32. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P005.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	600	782	547	353	252	176	132	95	127	262	1352	769	350	222	232	358	6609	75.239
0.1-0.2	285	714	232	149	126	21	2			6	484	23	2	1	2	11	2058	23.429
0.2-0.3	14	80	9	11	3												117	1.332
Total	899	1576	788	513	381	197	134	95	127	268	1836	792	352	223	234	369	8784	
Porc.	10.23	17.94	8.97	5.84	4.34	2.24	1.53	1.08	1.45	3.05	20.9	9.02	4.01	2.54	2.66	4.2		

Figura 33. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P006.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	81	239	929	650	295	193	167	186	324	654	1728	1066	368	184	112	75	7251	82.548
0.1-0.2	2	36	284	27						4	809	284	55	4			1505	17.133
0.2-0.3			11							1	14	2					28	0.319
Total	83	275	1224	677	295	193	167	186	324	659	2551	1352	423	188	112	75	8784	
Porc.	0.94	3.13	13.93	7.71	3.36	2.2	1.9	2.12	3.69	7.5	29.04	15.39	4.82	2.14	1.28	0.85		

Figura 34. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P007.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	631	1194	375	96	98	78	117	413	1496	906	158	61	70	36	54	137	5920	67.395
0.1-0.2	165	929	31	5	3	4	5	52	884	488	27	3				3	2559	29.588
0.2-0.3	10	91	1	1				6	6	77	59	4					255	2.903
0.3-0.4		4							2	3							10	0.114
Total	806	2218	407	103	101	82	128	471	2459	1456	189	64	70	36	54	140	8784	
Porc.	9.18	25.25	4.63	1.17	1.15	0.93	1.46	5.36	27.99	16.58	2.15	0.73	0.8	0.41	0.61	1.59		

Figura 35. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P008.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	21	23	46	392	1068	319	153	106	112	138	331	1356	369	44	19	14	4511	51.355
0.1-0.2				286	1268	27				4	56	1603	114	1			3359	38.24
0.2-0.3				34	471							308	7				820	9.335
0.3-0.4				3	72							18	1				94	1.07
Total	21	23	46	715	2879	346	153	106	112	142	387	3285	491	45	19	14	8784	
Porc.	0.24	0.26	0.52	8.14	32.78	3.94	1.74	1.21	1.28	1.62	4.41	37.4	5.59	0.51	0.22	0.16		

Figura 36. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P009.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	269	427	973	1483	1284	495	250	146	105	111	187	614	725	370	236	215	7890	89.822
0.1-0.2			7	431	384	18					1	22	16				879	10.007
0.2-0.3				8	7												15	0.171
Total	269	427	980	1922	1675	513	250	146	105	111	188	636	741	370	236	215	8784	
Porc.	3.06	4.86	11.16	21.88	19.07	5.84	2.85	1.66	1.2	1.26	2.14	7.24	8.44	4.21	2.69	2.45		

Figura 37. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P010.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	447	295	355	604	732	772	526	398	399	416	516	641	618	694	648	599	8660	98.588
0.1-0.2		1	9	52	20	20	7	1				1	1	1	3	8	124	1.412
Total	447	296	364	656	752	792	533	399	399	416	516	642	619	695	651	607	8784	
Porc.	5.09	3.37	4.14	7.47	8.56	9.02	6.07	4.54	4.54	4.74	5.87	7.31	7.05	7.91	7.41	6.91		

Figura 38. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P011.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	32	79	227	274	222	109	69	90	96	161	230	347	182	64	41	26	2249	25.603
0.1-0.2			150	726	164	2			10	47	273	760	20				2152	24.499
0.2-0.3			21	837	12						89	868	1				1828	20.811
0.3-0.4				693							43	607					1343	15.289
0.4-0.5				484							4	243					731	8.322
0.5-0.6				267								38					305	3.472
0.6-0.7				123								3					126	1.434
0.7-0.8				45													45	0.512
0.8-0.9				5													5	0.057
Total	32	79	398	3454	398	111	69	90	106	208	639	2866	203	64	41	26	8784	
Porc.	0.36	0.9	4.53	39.32	4.53	1.26	0.79	1.02	1.21	2.37	7.27	32.63	2.31	0.73	0.47	0.3		

Figura 39. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P012.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	126	336	259	80	46	29	29	48	137	360	272	70	39	22	37	40	1930	21.972
0.1-0.2	7	630	306	2				1	21	770	267						2004	22.814
0.2-0.3		633	223						1	859	133						1849	21.05
0.3-0.4		539	153							712	17						1421	16.177
0.4-0.5		425	92							402	1						920	10.474
0.5-0.6		254	37							103							394	4.485
0.6-0.7		150	12							16							178	2.026
0.7-0.8		71	6							2							79	0.899
0.8-0.9		8															8	0.091
0.9-1.0		1															1	0.011
Total	133	3047	1088	82	46	29	29	49	159	3224	690	70	39	22	37	40	8784	
Porc.	1.51	34.69	12.39	0.93	0.52	0.33	0.33	0.56	1.81	36.7	7.86	0.8	0.44	0.25	0.42	0.46		

Figura 40. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P013.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	302	184	91	54	35	69	99	244	307	120	42	23	24	25	51	165	1835	20.89
0.1-0.2	660	124					5	307	742	32	1					81	1952	22.222
0.2-0.3	750	26						139	862	1	1					28	1807	20.571
0.3-0.4	705							37	693	1						7	1443	16.428
0.4-0.5	529							6	396							1	932	10.61
0.5-0.6	324								142								466	5.305
0.6-0.7	175								45								220	2.505
0.7-0.8	96								4								100	1.138
0.8-0.9	22								2								24	0.273
0.9-1.0	5																5	0.057
Total	3568	334	91	54	35	69	104	733	3193	154	44	23	24	25	51	282	8784	
Porc.	40.62	3.8	1.04	0.61	0.4	0.79	1.18	8.34	36.35	1.75	0.5	0.26	0.27	0.28	0.58	3.21		

Figura 41. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P014.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	119	64	51	62	109	297	845	182	18	22	11	12	21	42	392	561	2808	31.967
0.1-0.2						34	1566	56	3				1	2	582	525	2769	31.523
0.2-0.3							660	1							635	322	1618	18.42
0.3-0.4							98								524	173	795	9.051
0.4-0.5							3								350	96	449	5.112
0.5-0.6															166	49	215	2.448
0.6-0.7															91	12	103	1.173
0.7-0.8															25	1	26	0.296
0.8-0.9															1		1	0.011
Total	119	64	51	62	109	331	3172	239	21	22	11	12	22	44	2766	1739	8784	
Porc.	1.35	0.73	0.58	0.71	1.24	3.77	36.11	2.72	0.24	0.25	0.13	0.14	0.25	0.5	31.49	19.8		

Figura 42. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P015.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	71	40	37	38	81	433	1960	108	22	12	9	23	30	169	2427	192	5652	64.344
0.1-0.2						1	245								1658		1904	21.676
0.2-0.3							1								854		855	9.734
0.3-0.4															315		315	3.586
0.4-0.5															57		57	0.649
0.5-0.6															1		1	0.011
Total	71	40	37	38	81	434	2206	108	22	12	9	23	30	169	5312	192	8784	
Porc.	0.81	0.46	0.42	0.43	0.92	4.94	25.11	1.23	0.25	0.14	0.1	0.26	0.34	1.92	60.47	2.19		

Figura 43. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P016.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	214	42	25	15	21	34	77	274	178	69	45	23	29	40	69	198	1353	15.403
0.1-0.2	120						6	533	255	8			1	2	34	481	1440	16.393
0.2-0.3	15							580	184						1	535	1315	14.97
0.3-0.4	2							555	130							536	1223	13.923
0.4-0.5								493	57							527	1077	12.261
0.5-0.6								410	18							446	874	9.95
0.6-0.7								254	10							352	616	7.013
0.7-0.8								132	1							253	386	4.394
0.8-0.9								51	2							169	222	2.527
0.9-1.0								20	2							118	140	1.594
1.0-1.1								4								70	74	0.842
1.1-1.2								1								40	41	0.467
1.2-1.3								1								13	14	0.159
1.3-1.4																8	8	0.091
1.4-1.5																1	1	0.011
Total	351	42	25	15	21	34	83	3308	837	77	45	23	30	42	104	3747	8784	
Porc.	4	0.48	0.28	0.17	0.24	0.39	0.94	37.66	9.53	0.88	0.51	0.26	0.34	0.48	1.18	42.66		

Figura 44. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P017.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	118	90	65	47	57	87	120	79	53	66	45	39	29	36	63	76	1070	12.181
0.1-0.2	222	40	21	13	7	10	105	374	142	74	10	3		5	31	234	1291	14.697
0.2-0.3	160	24	5	10	6	3	12	575	88	25					8	339	1255	14.287
0.3-0.4	121	4	1	2	1		1	638	32	5						366	1171	13.331
0.4-0.5	93	1						551								375	1020	11.612
0.5-0.6	40							475								385	901	10.257
0.6-0.7	31							333								332	696	7.923
0.7-0.8	11							209								295	515	5.863
0.8-0.9	4							89								206	299	3.404
0.9-1.0	4							37								171	212	2.413
1.0-1.1								16								127	143	1.628
1.1-1.2								5								79	84	0.956
1.2-1.3								1								55	56	0.638
1.3-1.4								1								36	37	0.421
1.4-1.5																15	15	0.171
1.5-1.6																12	12	0.137
1.6-1.7																6	6	0.068
1.7-1.8																1	1	0.011
Total	804	159	92	72	72	100	238	3383	315	170	55	42	29	41	102	3110	8784	
Porc.	9.15	1.81	1.05	0.82	0.82	1.14	2.71	38.51	3.59	1.94	0.63	0.48	0.33	0.47	1.16	35.41		

Figura 45. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P018.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	301	115	70	80	85	122	345	368	28	12	7	5	10	11	37	384	1980	22.541
0.1-0.2	160	1			2	9	156	971	3						9	747	2058	23.429
0.2-0.3	60						19	1002								805	1886	21.471
0.3-0.4	22							740								703	1465	16.678
0.4-0.5	5							391								438	834	9.495
0.5-0.6	3							126								230	359	4.087
0.6-0.7	3							24								118	145	1.651
0.7-0.8	1							3								43	47	0.535
0.8-0.9																10	10	0.114
Total	555	116	70	80	87	131	520	3625	31	12	7	5	10	11	46	3478	8784	
Porc.	6.32	1.32	0.8	0.91	0.99	1.49	5.92	41.27	0.35	0.14	0.08	0.06	0.11	0.13	0.52	39.59		

Figura 46. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P019.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	123	58	43	29	37	83	184	527	387	236	136	155	165	282	595	349	3389	38.582
0.1-0.2	36	10	1			6	149	1104	235	26	6	3	8	49	833	655	3121	35.531
0.2-0.3	2							33	623	28					425	542	1653	18.818
0.3-0.4								1	156	1					135	227	520	5.92
0.4-0.5									6						23	62	91	1.036
0.5-0.6															2	8	10	0.114
Total	161	68	44	29	37	89	367	2416	651	262	142	158	173	331	2013	1843	8784	
Porc.	1.83	0.77	0.5	0.33	0.42	1.01	4.18	27.5	7.41	2.98	1.62	1.8	1.97	3.77	22.92	20.98		

Figura 47. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P020.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	588	152	81	62	62	71	157	662	972	405	233	174	215	277	581	1220	5912	67.304
0.1-0.2	172						5	360	752	13					30	1203	2535	28.859
0.2-0.3	4								174							100	324	3.689
0.3-0.4									2	10							13	0.148
Total	764	152	81	62	62	71	162	1070	1908	418	233	174	215	277	611	2524	8784	
Porc.	8.7	1.73	0.92	0.71	0.71	0.81	1.84	12.18	21.72	4.76	2.65	1.98	2.45	3.15	6.96	28.73		

Figura 48. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P021.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.
0.0-0.1	119	267	883	86	28	11	9	14	24	87	952	458	97	55	45	45	3180	36.202
0.1-0.2	4	23	1579	5				1	16	96	1685	29				1	3439	39.151
0.2-0.3		15	1102						8	56	465	3					1649	18.773
0.3-0.4			392							2	25						419	4.77
0.4-0.5			92										1				93	1.059
0.5-0.6			4														4	0.046
Total	123	305	4052	91	28	11	9	15	48	241	3127	491	97	55	45	46	8784	
Porc.	1.4	3.47	46.13	1.04	0.32	0.13	0.1	0.17	0.55	2.74	35.6	5.59	1.1	0.63	0.51	0.52		

Figura 49. Diagrama de distribuição conjunta (Intensidade [m/s] x Dir) de correntes no ponto P022.

A partir da análise por trecho, as condições de corrente transversal predominante, corrente longitudinal predominante e altura de ondas foram determinadas e compiladas na forma de tabela. As mesmas são apresentadas na Tabela 1. As condições já foram caracterizadas de acordo com as indicações da PIANC 121.

Tabela 1. Condições ambientais por trecho das hidrovias de transporte marítimo em Florianópolis – SC.

Trecho da hidrovia	Pontos representativos	Corrente transversal predominante	Corrente longitudinal predominante	Altura de onda de proa e través	Vento transversal predominante

1	P003 P004	Forte	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Moderado
2	P005	Fraco	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Moderado
3	P006	Negligenciável	Baixo	$H_s \leq 1\text{ m}$	Moderado
4	P010 P011	Fraco	Baixo	$H_s \leq 1\text{ m}$	Fraco
5	P012	Negligenciável	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Moderado
6	P013 P014	Negligenciável	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Moderado
7	P017	Forte	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Moderado
8	P018 P019	Negligenciável	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Fraco
9	P020 P021	Moderado	Baixo	$1\text{ m} < H_s < 3\text{ m}$	Moderado

Para o dimensionamento da altura das estruturas fixas, foram dimensionadas as alturas máximas de ondas acima do nível de projeto para cada localidade de atracadouro. O dimensionamento foi realizado da seguinte forma: foi determinado, a partir do ponto de controle, a máxima onda que poderá ocorrer no local do atracadouro (período de retorno de 50 anos). A partir disso, considerando que a onda oscila sobre o nível estático em crista e cava, foi determinada a altura da crista acima do nível estático como 80% da altura de onda (considerando uma situação cnoidal). O valor de crista acima do nível d'água foi arredondado para determinar a altura que a onda irá atingir. Os resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Onda máxima a ser utilizada para dimensionamento da altura das estruturas fixas.

Terminal	H_s Extremo	Crista acima do nível d'água [m]	Altura máxima de onda acima do NR [m]
Pontal	1	0,8	0,8
Tapera	0,8	0,64	0,7
Beira mar	0,7	0,56	0,6

Miramar	1,2	0,96	1
Barreiros	0,9	0,72	0,75

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

6. REGRAS DE NAVEGAÇÃO PARA O TRECHO DA HIDROVIA

A região da baía norte e baía sul, locais onde serão implantados os terminais e rotas de navegação para transporte marítimo, não possuem nenhum porto, havendo somente marinas de embarcações de recreio e píeres de apoio a embarcações pesqueiras de pequeno e médio porte. As Normas Práticas da Capitania dos Portos de Santa Catarina (NPCP-SC) indica, para a região de Florianópolis, as seguintes observações:

“A Capital do Estado de Santa Catarina não possui um porto organizado nem uma administração central. Para demandar o canal de acesso ao norte da Ilha de Santa Catarina, os pontos mais importantes a reconhecer são a Ilha do Arvoredo, com seu farol visível a 24MN, e as pontas do Rapa e de Ganchos, no continente que se encontra referenciado na Carta n° 1903/DHN. Para demandar pelo canal de acesso ao sul, destacam-se as Ilhas Moleques do Sul, visíveis a 20MN, a Ilha do Coral e a Ponta dos Naufragados, as duas últimas com faróis, que se encontram referenciadas na Carta n° 1904/DHN. O acesso, por qualquer canal, somente deve ser feito por navegante que tenha perfeito conhecimento da área, que é muito assoreada e apresenta inúmeras pedras submersas, devendo ser consultada a publicação Roteiro Costa Sul, bem como observadas as informações divulgadas nos Avisos aos Navegantes. Também não há fundeadouros específicos. As embarcações podem fundear nas Baías Norte e Sul, em fundos de 06 metros com lama. Em qualquer situação, não há abrigo para os ventos dos Quadrantes Norte, Oeste e Sul. As atividades náuticas desenvolvidas incluem a pesca artesanal, o transporte de passageiros e competições náuticas.”

Sendo assim, deverá ser realizado um novo ordenamento aquaviário e implantação das normas na NPCP para a região da baía norte e baía sul, caso o projeto de transporte marítimo seja efetivamente realizado.

7. EMBARCAÇÕES DE PROJETO

Serão consideradas 4 embarcações de projeto, sendo 3 embarcações de passageiros (PAX) e uma embarcação de veículos e passageiros (PAX-Ro). As dimensões principais das embarcações de projeto são apresentadas na Tabela 3, enquanto que diagramas esquemáticos das embarcações são apresentados da

Tabela 3. Características principais das embarcações de projeto.

Símbolo	Descrição	Embarcação				Unid.
		PAX-Ro	PAX 1600	PAX 960	PAX 120	
DWT	DWT	1,000.00	500.00	250.00	100.00	[t]
Δ_m	Deslocamento	1,800.00	800.00	400.00	150.00	[t]
LOA	Comprimento Total	70.60	58.00	42.00	26.00	[m]
L_{pp}	Comprimento entre perpendiculares	62.70	57.00	41.40	24.50	[m]
B	Boca	14.60	11.60	9.20	8.00	[m]
T	Calado estático	3.25	1.65	1.80	1.85	[m]
C_b	Coefficiente de bloco	0.85	0.45	0.45	0.40	[-]
C_p	Capacidade de passageiros	100.00	1,600.00	960.00	120.00	[n.]
C_v	Capacidade de veículos	50.00	-	-	-	[n.]
V_r	Velocidade operacional	13.00	11.00	11.00	25.00	[nós]
H_{st}	Altura da superestrutura em relação a linha d'água	22.60	8.75	6.60	7.00	[m]
L_{dc}	Altura do deck em relação a linha d'água (carregado)	1.75	2.15	1.60	2.25	[m]
L_{dl}	Altura do deck em relação a linha d'água (lastro)	1.75	1.55	1.25	2.25	[m]
P	Pontal	5.40	3.00	3.00	2.00	[m]

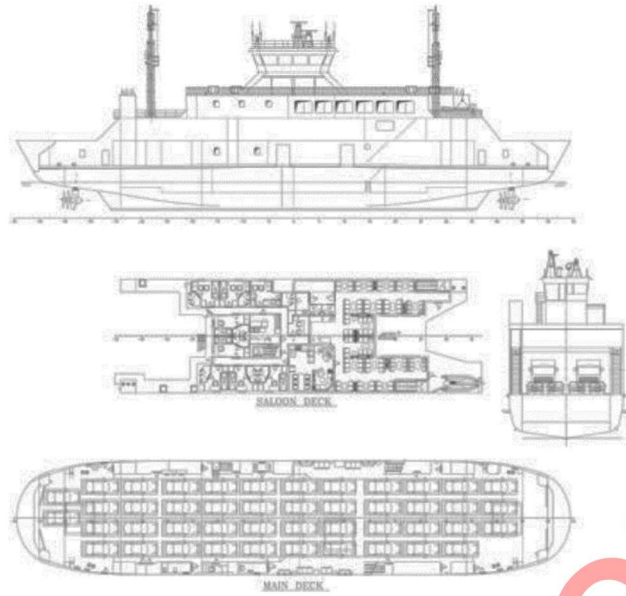


Figura 50. Diagrama esquemático da embarcação de projeto PAX-Ro.

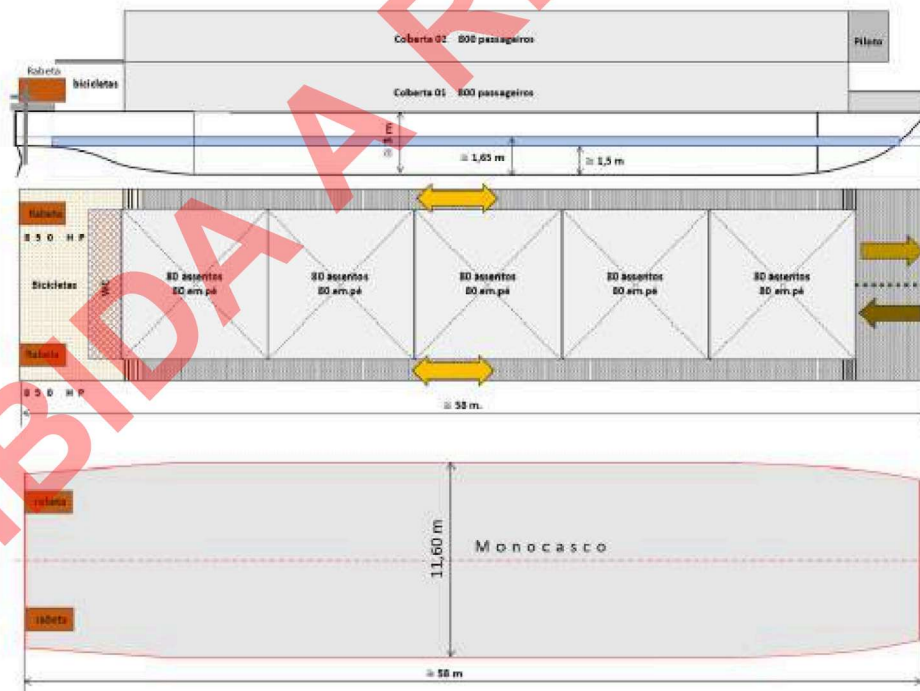


Figura 51. Diagrama esquemático da embarcação de projeto PAX 1600.

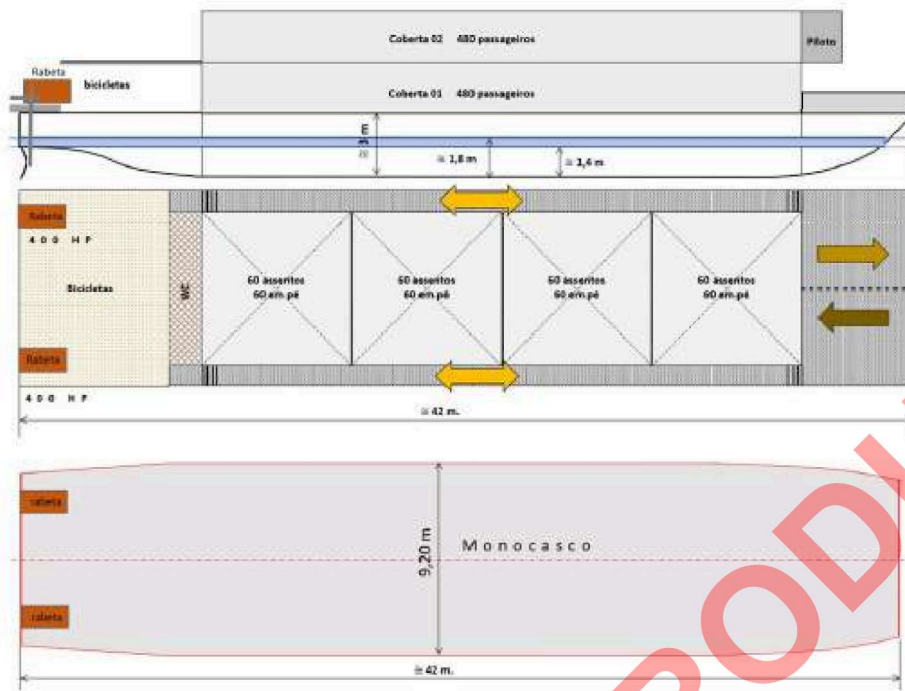


Figura 52. Diagrama esquemático da embarcação de projeto PAX 960.

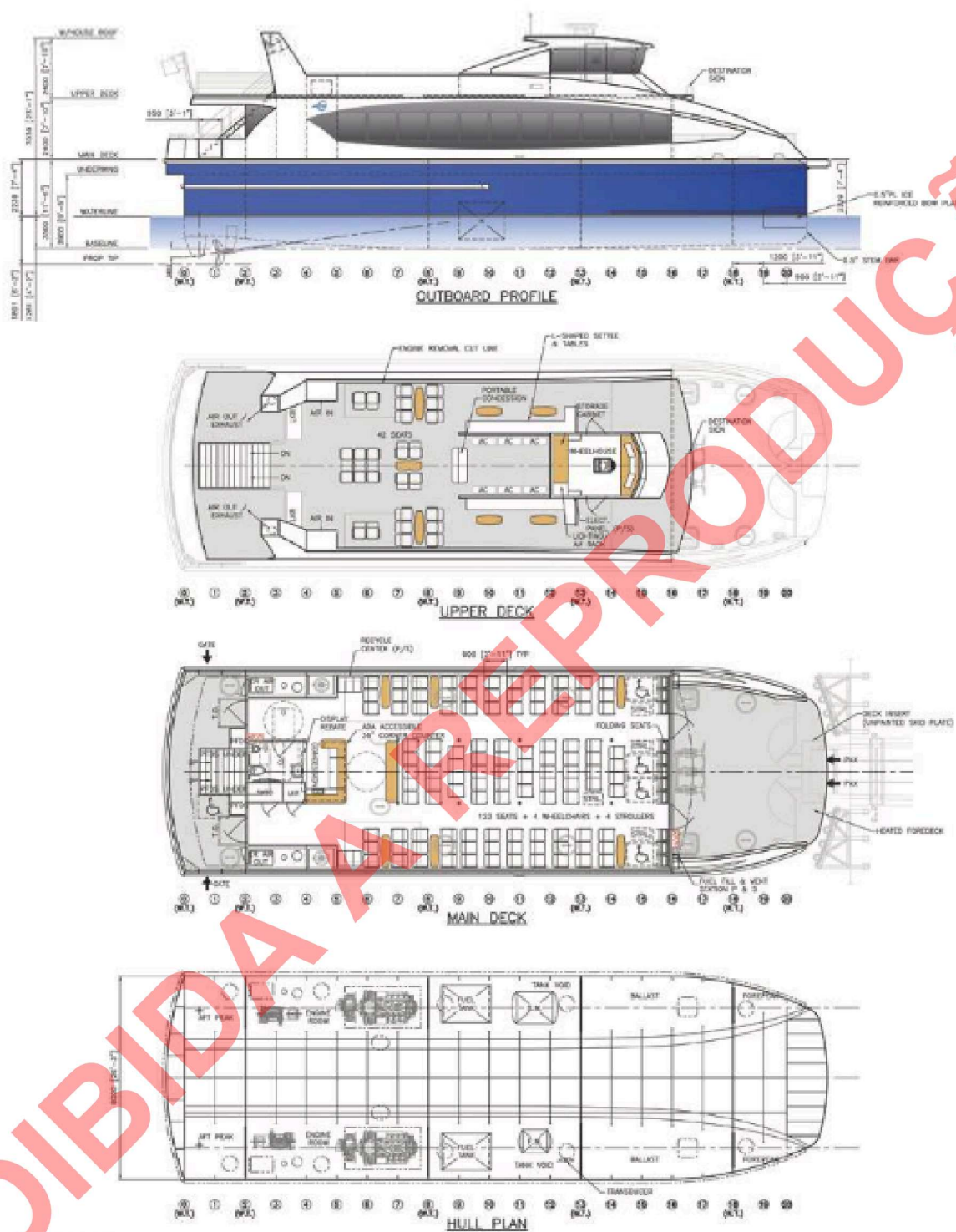


Figura 53. . Diagrama esquemático da embarcação de projeto PAX 120.

8. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

A seguir, os principais métodos de dimensionamento para arranjo geral portuário são apresentados.

8.1. Dimensionamento de Estruturas Acostáveis

Neste item são apresentados os métodos, presentes nas recomendações e normas, para dimensionamento do arranjo geral de estruturas acostáveis. A metodologia desenvolvida é apresentada a partir dos seguintes itens, considerados em ordem:

- Definição dos navios de projeto, carga a ser movimentada, definição da atividade de importação ou exportação e quantidade de berços por navio e por carga;
- Determinação das folgas (distâncias) entre dois navios atracados, um navio atracado e uma estrutura rígida, e entre um navio atracado e navios passantes;
- Locação de equipamentos de movimentação de carga para dimensionamento da estrutura em si;
- Determinação do arranjo geral com base nos itens citados acima e em um possível arranjo de vias navegáveis.

O primeiro item é definido como critério inicial de projeto, e normalmente alia-se a uma análise de viabilidade técnica e econômica e financeira do terminal, na maioria das vezes desenvolvidos pelo projetista e pelo empreendedor em conjunto.

O segundo é aplicado a partir de guias e normas em projetos portuários. A referência utilizada neste caso para distanciamento entre dois navios atracados e um navio atracado e uma estrutura é a [5], a partir da aplicação da tabela de referência apresentada na Figura 54. Para o caso de cargas perigosas, tais como combustíveis, a determinação das distâncias é realizada pelo cálculo dos raios dos rebocadores. Esta metodologia considera que, no caso de uma emergência, a retirada da embarcação com o auxílio de rebocadores deve ser livre de qualquer impedimento. Para tal, assume-se a condição de auxílio apresentada na Figura 55. Para determinação do comprimento do cabo mais o comprimento dos rebocadores, ou o raio de

ação dos rebocadores, é também utilizada a referência [5], na qual se encontra a Tabela 4. No caso, L_r é o comprimento horizontal entre o ponto de reboque e a extremidade do rebocador.

O terceiro passo é a determinação das larguras e distâncias relativas ao píer ou cais em si, associado a locação de equipamentos de movimentação de carga. Estas dimensões influenciam consideravelmente no arranjo geral das estruturas, uma vez que a característica do equipamento pode interferir com outras movimentações no cais. Por exemplo, esteiras transportadoras de fertilizantes são locadas no nível do chão, impossibilitando a passagem de veículos como caminhões porta contêiner.

Ao final, a combinação de todos estes fatores, associados a um esforço de desenhos de projeto, determinam o arranjo geral do terminal. Entende-se arranjo geral pois o arranjo das estruturas de atracação é altamente influenciado pelo arranjo das vias navegáveis do terminal e de terminais próximos, e vice e versa.

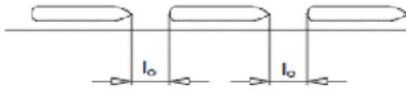
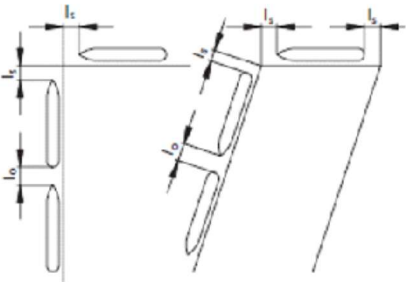
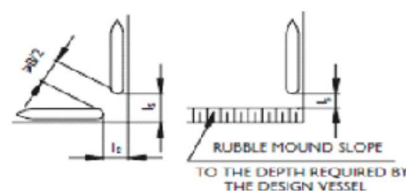
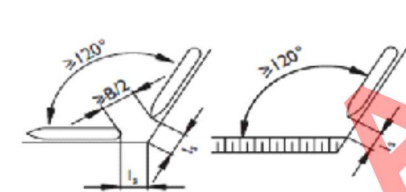
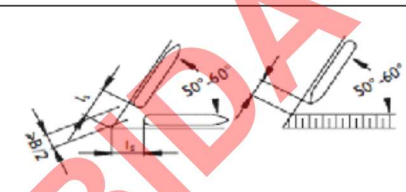

Esquema representativo do cais	Valores das variáveis em função do comprimento total (LOA) para o maior navio afetando o cálculo dimensional sendo analisado				
	Acima de 300	300-201	200-151	150-100	Menos que 100
1. Distância entre navios atracados no mesmo alinhamento 	30	25	20	15	10
2. Separação entre navios e mudanças no alinhamento ou tipo de estrutura					
a) 	30	25	20	10	5
b) 	45/40	30	25	20	15
c) 	30/25	20	15	15	10
d) 	60	50	40	30	20
e) 	20	15	15	10	10

Figura 54. Dimensões mínimas de distanciamento entre embarcações e estruturas acostáveis (Fonte: ROM 3.1. 1999)

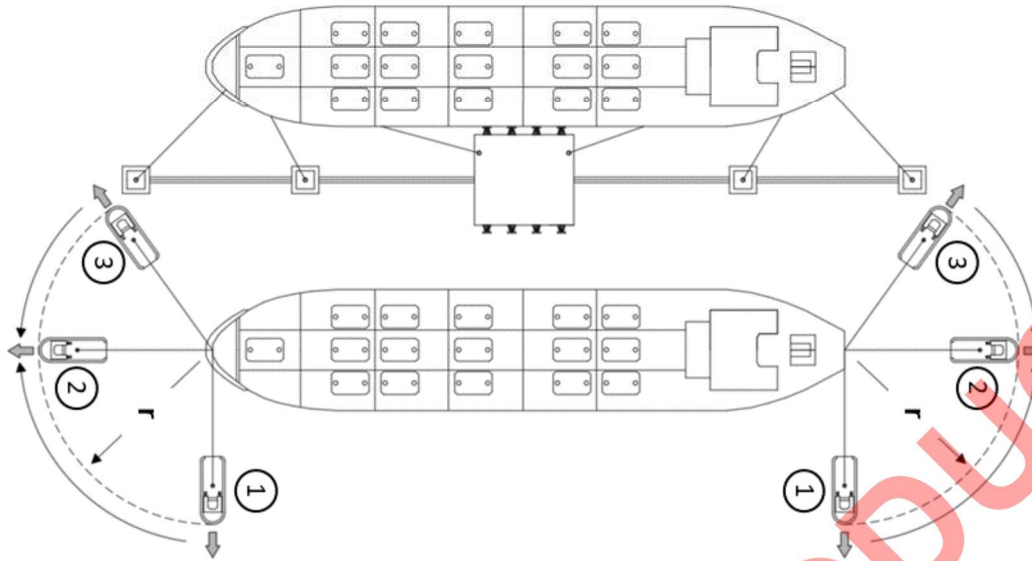


Figura 55. Diagrama esquemático das posições de rebocadores durante manobras de acostagem e saída de navios.

Tabela 4. Valores de raio de rebocadores em função do tamanho da embarcação (FONTE: ROM, 1999)

Deslocamento da embarcação (t)	Lr (m)
Até 5.000	45
Mais que 5.000 até 10.000	45-60
Mais que 10.000 até 20.000	51-60
Mais que 30.000 até 60.000	61-70
Mais que 60.000	71-85

8.2. Dimensionamento de vias navegáveis

Vias navegáveis podem ser divididas, fundamentalmente em três elementos:

- Canal de acesso: O canal de navegação é a via de acesso entre o terminal e o mar aberto, e é projetado com base nas dimensões do navio de projeto escolhido. O desenho do traçado do mesmo deve levar em consideração as condições naturais do ambiente para determinação de aspectos de largura, alinhamento e profundidade, para que se possa elaborar as primeiras ideias de viabilidade do projeto. Esta etapa, portanto, trata de uma análise de possibilidades para que possa ser escolhido o melhor arranjo do canal.
- Bacia de evolução: Área dedicada exclusivamente a manobra que a embarcação tem de realizar para alterar a posição de chegada (do canal de acesso) a posição necessária a atracação ou desatracação e saída. Esta deve ser mandatoriamente abrigada com menos de 1,5 metros de onda, e normalmente trata-se do local onde a embarcação inicia a contagem com a ajuda de rebocadores;
- Bacia de atracação: Área em que a embarcação efetua a manobra de atracação, desde a bacia de evolução até o berço.

A bacia de evolução e bacias de atracação combinam-se na chamada bacia portuária, área em que as embarcações efetuam manobras de atracação e desatracação. Esta área é sempre abrigada da ação das ondas, e preferencialmente de ventos e correntes. Este fato possibilita que estas áreas contem com menores profundidades do que o canal de acesso.

A seguir veremos os métodos utilizados para dimensionamento das profundidades e geometria das vias navegáveis para o trecho do Rio Tietê próximo ao terminal da MRS.

8.3.1. Dimensionamento Vertical

O dimensionamento vertical de um canal de acesso pode ser aplicado para determinação da profundidade, representada pela distância entre a linha d'água de referência e o fundo, e para o chamado calado aéreo, distância entre a linha d'água de referência e uma estrutura como pontes e equipamentos.

Quando consideramos a definição da profundidade do canal de acesso, devemos considerar os aspectos apresentados na Figura 56, que são explicados a seguir, baseados na referência 1.

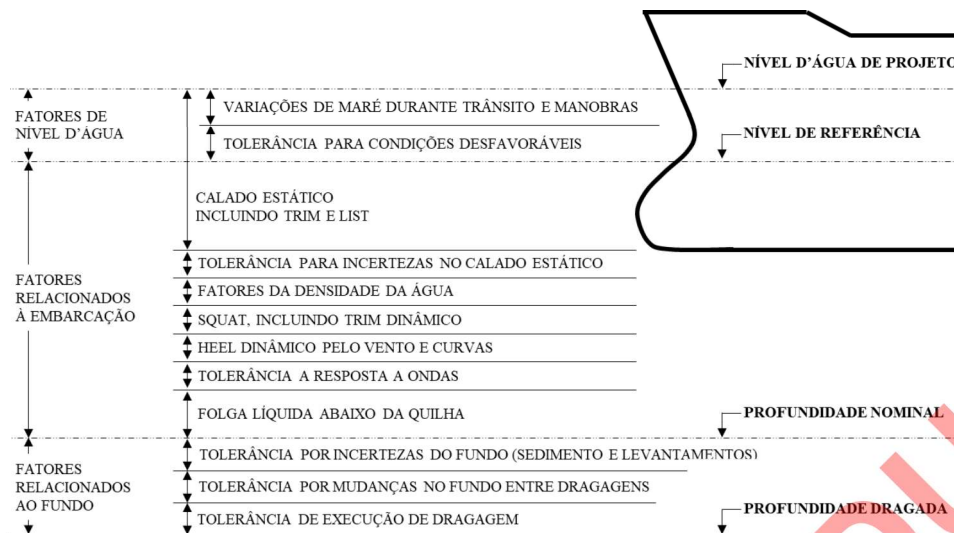


Figura 56. Aspectos utilizados no dimensionamento de profundidades de canais de acesso.

Fatores de nível d'água

São dois os fatores de nível d'água que devem ser considerados no dimensionamento de profundidades para uma via navegável. O primeiro é a variação da maré durante o trânsito, geralmente aplicado para canais de navegação de grande extensão, no qual o tempo de percurso é tal que o nível varia entre o início o final do acesso. Neste caso, podem ser considerados níveis diferentes para diferentes trechos da via navegável. O segundo fator, relacionado a tolerâncias por condições desfavoráveis, são dimensionadas em função de marés meteorológicas negativas, a serem adicionadas sobre o nível de referência astronômico.

Fatores relacionados a embarcação

Calado estático da embarcação: Dimensão nominal do espaço compreendido entre a linha d'água e o fundo da quilha da embarcação quando parada. Normalmente é utilizado o valor representativo da embarcação em plena carga;

Tolerância por incertezas no calado estático: O calado pode não ser medido de maneira precisa, uma vez que suas medições podem ter sido realizadas em locais com diferentes condições

(principalmente de salinidade) do que no porto de projeto. Outra causa é a inclinação por desbalanceamento da carga no navio.

Efeito da densidade da água: Se incluem neste conceito as mudanças do calado estático da embarcação que ocorrem devido a fatores como temperatura, salinidade e sólidos em suspensão da água em que o mesmo navega. É comum atribuir o valor crítico referente a água do mar ($1,03 \text{ t/m}^3$), no entanto a mudança de calado da embarcação que se encontra nestas condições e em água doce ($1,0 \text{ t/m}^3$) é de 3% do calado total. Portanto, para águas salobras, é atribuído um incremento de 1,5% do calado total.

Efeito Squat (trimado dinâmico): Deslocamento diferencial vertical da embarcação em seu comprimento, ocasionado pela ação de propulsão: normalmente, a quilha da embarcação na região da proa, quanto a mesma encontra-se em movimento a vante, se dispõe mais próxima a linha d'água que aquela de popa, que sofre um afundamento em função do deslocamento.

Adernamento dinâmico pelo vento e curvas: Quando navios realizam curvas sujeitos a ventos, ocorre o chamado adernamento dinâmico, com um afundamento da quilha. Este fator pode ser calculado a partir de uma série de equações dependentes de fatores como velocidade do vento, características da embarcação e da manobra.

Tolerância a resposta a ondas: Profundidade além do calado estático que a embarcação atinge em função de seu deslocamento vertical causado por ondas. Este valor é peculiar da interação entre a embarcação e as características da onda: altura, período e direção de incidência. Portanto sua definição precisa não pode ser obtida por métodos além de provas de mares ou simulação dinâmica de embarcações. Com o intuito de parametrizar esta relação, é sugerida uma tabela apresentada na referência 3 (Tabela 5). Esta relação considera embarcações típicas, portanto, que sofram com o efeito do período da onda.

Tabela 5. Valores de resposta vertical em ondas em relação entre altura de ondas e Comprimento total da embarcação (FONTE: ROM, 1999)

LOA (m)	Altura de onda (m)							
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
75	0.1	0.17	0.34	0.58	0.76	1.02	1.3	1.58
100	0.05	0.14	0.28	0.46	0.65	0.87	1.12	1.36
150	0	0.09	0.2	0.34	0.51	0.69	0.87	1.08
200	0	0.05	0.15	0.26	0.4	0.57	0.72	0.92
250	0	0.03	0.1	0.21	0.33	0.48	0.63	0.8
300	0	0	0.07	0.16	0.25	0.39	0.56	0.68
400	0	0	0.04	0.11	0.18	0.31	0.51	0.58

Folga líquida abaixo da quilha: Distância real entre a quilha da embarcação e o fundo, que é determinada geralmente pela natureza do fundo e pelas normas vigentes do país, especificamente da região em que irá se encontrar o porto. No caso do Brasil, a norma vigente (Normas Práticas da Capitania dos Portos – NPCP) conta com o seguinte padrão:

- Fundos lamosos: 2,6% da profundidade local;
- Fundos arenosos: 5,0% da profundidade local;
- Fundos Rochosos: 8,0% da profundidade local;

Fatores relacionados ao fundo

Tolerância por incertezas do fundo: Este valor deve ser definido pelo projetista, e representa o erro associado a imprecisão vertical do método de sondagem batimétrica do local. Dentre os parâmetros a serem considerados no erro, estão: precisão do transdutor, profundidade, incertezas no levantamento maregráfico, precisão da compensação de movimentos, entre outros.

Tolerância para mudanças do fundo entre dragagens: representa o valor a ser somado na profundidade total do canal quando se considera a espessura do pacote sedimentar que pode assorear na região entre atividades de dragagem, seja de implantação ou manutenção. Considerado este valor, se garante que a via estará navegável mesmo com o assoreamento previsto na região, ampliando-se os períodos entre dragagens.

Tolerância de execução de dragagem: Valor referente a precisão de corte do aparato que irá realizar dragagem no local. Dragas de maior porte tendem a apresentar tolerâncias maiores que as de menor porte, em função da dimensão de seu terminal de dragagem.

Calado aéreo: Quando falamos em calado aéreo, a PIANC 121/2014 apresenta os elementos a serem considerados em seu cálculo. O cálculo de calado aéreo é mais simples que o da profundidade, e considera a altura total da superestrutura da embarcação mais uma folga do calado aéreo. A Figura 57 apresenta as dimensões principais a serem utilizadas no cálculo do calado aéreo.

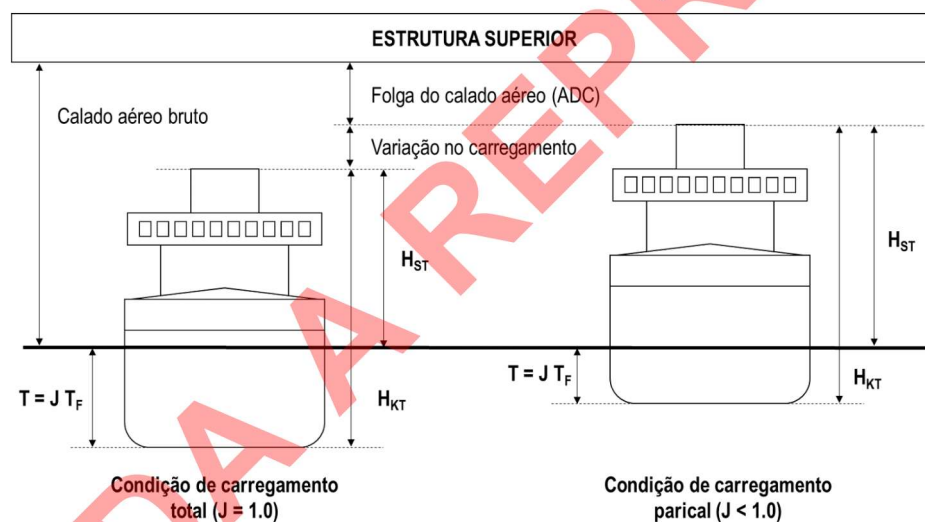


Figura 57. Dimensões utilizadas para cálculo do calado aéreo (Modificado de PIANC 121/2014)

8.3.2. Dimensionamento Horizontal

A navegação em canais é realizada manualmente, uma vez que a mesma deve ser controlada com o objetivo único de manutenção do rumo. Desta forma, aplica-se a prática de redundância de segurança através da utilização de uma série de sobre larguras, dimensionadas como uma taxa da largura da embarcação. A composição destas sobre-larguras é determinada por coeficientes, estipulados pelo PIANC 1997 como:

- Wbm - Faixa básica de manobras: Área que a embarcação utiliza para manutenção de um rumo principal, determinada através de sua capacidade de manobra e retomada do rumo;
- Wi- Série de componentes ambientais, velocidade da embarcação e características da carga que determinam as margens de segurança a ser adotada para sobre-largura do canal;
- Wp - Distância de passagem: Largura que deve ser adicionada a largura total do canal quando o mesmo é de mão dupla, referente a distância entre duas embarcações;
- Wbr - Distância de segurança da margem, dependente do tipo de margem e da velocidade da embarcação.

É importante citar que nestas não se encontra representado o fator de sobre-largura Wi, este que não apresenta um local definido no canal, como as outras, mas é distribuído ao longo do mesmo ao final do somatório de larguras. As componentes que determinam o fator Wi podem ser observadas na Tabela 6.

Tabela 6. Taxas a serem multiplicadas a boca (largura) da embarcação para efeito de dimensionamento de largura do canal de acesso (FONTE: PIANC, 2014).

Largura (Wi)	Velocidade da Embarcação	Canal Externo (mar aberto)		Canal Interno (águas abrigadas)	
(a) Velocidade da embarcação (relativo a água)					
$V_s \geq 12$ nós	Rápida		0,1 B		
$8 \text{ nós} \leq V_s < 12$ nós	Moderada		0,0		
$5 \text{ nós} \leq V_s < 8$ nós	Baixa		0,0		
(b) Vento transversal predominante					
Fraco	Rápida		0,1 B		
$V_{cw} < 15$ nós ($< \text{Beaufort } 4$)	Moderada		0,2 B		
	Baixa		0,3 B		
Moderado	Rápida		0,3 B		
$15 \text{ nós} \leq V_{cw} < 33$ nós (Beaufort 4 a 7)	Moderada		0,4 B		
	Baixa		0,6 B		
Forte	Rápida		0,5 B		
$33 \text{ nós} \leq V_{cw} < 48$ nós (Beaufort 7 a 9)	Moderada		0,7 B		
	Baixa		1,1 B		
(c) Corrente transversal predominante					
Negligenciável $V_{cc} < 0,2$ nós	Todas	0,0		0,0	
	Rápida	0,2 B		0,1 B	
Fraco	Moderada	0,25 B		0,2 B	
$0,2 \text{ nós} \leq V_{cc} < 0,5$ nós	Baixa	0,3 B		0,3 B	
	Rápida	0,5 B		0,4 B	
Moderado	Moderada	0,7 B		0,6 B	
$0,5 \text{ nós} \leq V_{cc} < 1,5$ nós	Baixa	1,0 B		0,8 B	
	Rápida	1,0 B		-	
Forte	Moderada	1,2 B		-	
$1,5 \text{ nós} \leq V_{cc} < 2,0$ nós	Baixa	1,6 B		-	
(d) Corrente longitudinal predominante					
Baixo VIC $< 1,5$ nós	Todas		0,0		
	Rápida		0,0		
Moderado	Moderada		0,1 B		
$1,5 \text{ nós} \leq VIC < 3,0$ nós	Baixa		0,2 B		
	Rápida		0,1 B		
Forte	Moderada		0,2 B		
$V_s \geq 3,0$ nós	Baixa		0,4 B		
(e) Altura de ondas de proa e través Hs					
$H_s \leq 1$ m	Todas	0,0		0,0	
$1 \text{ m} < H_s < 3$ m	Todas	$\sim 0,5$ B		-	
$H_s \geq 3$ m	Todas	$\sim 1,0$ B		-	
(f) Auxílio a navegação					
Excelente			0,0		
Bom			0,2 B		
Moderado			0,4 B		
(g) Tipo de fundo					
se profundidade $h \geq 1,5 T$			0,0		
se profundidade $h < 1,5 T$, então					
Liso e mole			0,1 B		
Rugoso e duro			0,2 B		
(h) Profundidade da hidrovía h					
		$h \geq 1,5 T$	0,0 B	$h \geq 1,5 T$	0,0 B
		$1,5 T > h \geq 1,25 T$	0,1 B	$1,5 T > h \geq 1,15 T$	0,2 B
		$h < 1,25 T$	0,2 B	$h < 1,15 T$	0,4 B
(i) Cargas perigosas					
			Ver comentário		

Através da Tabela 6 é possível notar que cada fator descrito exerce uma influência no movimento horizontal da embarcação, devendo-se então multiplicar a boca da mesma por uma taxa representativa de cada fator para composição da largura total do canal. Por isso faz-se essencial a determinação das condições ambientais e de operação.

Já a faixa básica de manobras é uma área proporcional a largura (boca) da embarcação, dimensionada em função da capacidade de manobras da mesma. Isto deve ser considerado pois o rumo teórico da embarcação, representado pela linha do eixo do canal, não é sempre exequível em função de aspectos como: a manobrabilidade inerente da embarcação (causada por elementos de propulsão e leme), a qual varia de acordo com a razão entre a profundidade e o calado; a habilidade do timoneiro; os recursos visuais disponíveis ao timoneiro, e visibilidade geral. Desta forma sugere-se a utilização das seguintes taxas de sobre-largura referentes a este aspecto:

- Manobrabilidade pobre: 1,8B
- Manobrabilidade moderada: 1,5B
- Manobrabilidade boa: 1,3B

Embarcações movimentam um volume determinado de água quando trafegam, este chamado volume de carena. Os efeitos de ação e reação deste volume no fundo e nas bordas do canal tende a causar reações de rumo indesejadas na embarcação. Portanto quando analisada a distância da embarcação para as margens do canal, deve ser considerada a característica da margem, esta que afeta diretamente na manutenção do rumo. Taxas de sobre-largura aplicadas para cada tipo de margem podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 7. Taxas de sobre-largura a serem aplicadas para efeitos de margem (FONTE: PIANC, 2014).

Largura por Distâncias das Margens (WBR ou WBG)	Velocidade da Embarcação	Canal Externo (mar aberto)	Canal Interno (águas abrigadas)
Talude subaquático suave (1:10 ou menos inclinado)	Rápida	0,2 B	0,2 B
	Moderada	0,1 B	0,1 B
	Baixa	0,0 B	0,0 B
Beiras taludares e bancos	Rápida	0,7 B	0,7 B
	Moderada	0,5 B	0,5 B
	Baixa	0,3 B	0,3 B
Estruturas íngremes e rígidas	Rápida	1,3 B	1,3 B
	Moderada	1,0 B	1,0 B
	Baixa	0,5 B	0,5 B

Quando analisada a sobre-largura referente ao encontro de duas embarcações em trânsito, consideram-se basicamente dois aspectos: A velocidade típica das embarcações ao trafegar no canal está associada à intensidade de um ocasional acidente e ao volume de deslocamento

(carena), e a intensidade de cruzamentos no canal. Sendo assim, aplicam-se as taxas apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Taxas de sobre-largura a serem aplicadas para canais de tráfego duplo (FONTE: PIANC, 2014).

Largura por distância de passagem (WP)	Canal Externo (mar aberto)	Canal Interno (águas abrigadas)
Velocidade da embarcação Vs (nós)		
- Rápido: $Vs \geq 12$	2,0 B	1,8 B
- Moderado: $8 \leq Vs < 12$	1,6 B	1,4 B
- Devagar: $5 \leq Vs < 8$	1,2 B	1,0 B

Considerados todos os aspectos descritos, para fins de dimensionamento da largura total do canal, devem ser adotadas as seguintes formulações:

$$W = W_{BM} + \sum w_I + W_{BR} + W_{BG}$$

$$W = W_{BM} + 2 \times \sum w_I + W_{BR} + W_{BG} \sum w_P$$

Onde W é igual à largura total do canal e sendo a primeira a ser aplicada para canais de mão simples e a segunda para canais de mão dupla.

Quando é impossível a realização de um canal de acesso retilíneo, as curvas do mesmo devem ser projetadas através de dois parâmetros: O raio de curvatura e a largura adicional em trechos curvos. A largura em trechos retos do canal difere-se em extensão daquela a ser aplicado em trechos curvos uma vez que a embarcação sofre com menor controle de rumo quando realizando uma curva.

O cálculo do raio mínimo de curvatura do canal é realizado com base no comprimento entre perpendiculares, calado estático da embarcação, profundidade do canal e o ângulo do leme que será realizada a manobra. A próxima seção apresenta as funções a serem utilizadas para determinação do raio de curvatura mínimo do canal. Sugere-se para embarcações de grande

porte a utilização de um ângulo de leme de 20°. O raio é aplicado através de um arco que liga os limites de dois trechos retilíneos do canal.

Já a largura adicional é calculada através da profundidade, calado estático e boca da embarcação, e ângulo de leme em que será realizada a manobra.

Descritos os aspectos e critérios de dimensionamento de canais de acesso, será agora apresentada a metodologia de projeto de dimensionamento conceitual de bacias portuárias, estas que são setores elementares na operação de qualquer terminal.

A bacia de evolução deve ser dimensionada com diâmetro maior ou igual a 2 vezes o comprimento total (LOA), conforme indicado pelas recomendações da PIANC. O diâmetro pode diminuir após a avaliação de manobras em simuladores.

9. MEMÓRIA DE CÁLCULO

9.1. Cálculo de squat

O Squat máximo ocorre normalmente pela popa, especialmente para navios de forma completa, como tanqueiros. Em canais muito estreitos e para navios esbeltos (tais como passageiros ou contêiner), o squat máximo ocorre pela popa. Barrass propõe que o local de squat máximo (proa ou popa) é relacionado ao coeficiente de bloco (C_b), onde:

- $C_b < 0,7$ – Squat máximo na popa
- $C_b > 0,7$ – Squat máximo na proa

Dentre as equações de cálculo empírico de squat, utilizadas em projetos para dimensionamento de profundidade, todas irão prever o squat máximo, geralmente assumido na popa. Somente as equações de Barrass e Romisch provem valores para squat pela popa.

É importante ressaltar que várias fórmulas de squat são disponíveis na literatura. O guia da PIANC 121/2014 indica diversas fórmulas. Cada fórmula apresenta sua limitação de aplicação, frente as características dos experimentos nas quais as mesmas foram desenvolvidas. A Tabela 9 apresenta os limites de aplicação de cada uma das fórmulas em função dos parâmetros da via navegável, da embarcação e da combinação entre estes.

Tabela 9. Aplicabilidade das equações de squat em função de parâmetros da embarcação, canal, e combinação entre os dois.

Variável		Fórmula de Squat						
		Tuck (1966)	Husska/Guliev (1976)	ICORELS (1980)	Barrass3 (2002)	Eryuzlu2 (1994)	Römisch (1989)	Yoshimura (1986)
Configuração	Irrestrito	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Restrito	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Confinado	Sim	Sim		Sim		Sim	Sim
Limites	F_{nh}	F_{nh}^{2+}	$\leq 0,7$	$\leq 0,7 V_{Cr}$	V^2	F_{nh}^{2+}	V^{2+}, V_{Cr}	V^2
	C_B	0,60 - 0,80	0,60 - 0,80	0,60 - 0,80	0,50 - 0,85	$\geq 0,80$		0,55 - 0,80
	S				0,10 - 0,25			
	B/T		2,19 - 3,50	2,19-3,50		2,40 - 2,90	2,60	2,50 - 5,50
	h/T		1,10 - 2,00	1,10 - 2,00	1,10 - 1,40	1,10 - 2,50	1,19 - 2,25	$\geq 1,2$
	h_T/h		0,22 - 0,81	0,22 - 0,81				
	L/B		5,50 - 8,50	5,50 - 8,50		6,70 - 6,80	8,70	3,70 - 6,00
	L/T		16,1 - 20,2	16,1 - 20,2			22,90	

O cálculo de squat se estabelece a partir de fatores do navio, fatores do canal e fatores combinados de canal e navio. A seguir, todos os fatores bem como as diversas fórmulas de squat total são apresentados.

Cálculo de fatores do navio

Três fatores referentes ao navio são utilizados no cálculo do squat. Um deles é o coeficiente de plano de água (C_{WP}), ou a área que o navio ocupa em planta. Outro é o volume de deslocamento (∇), e a área da seção transversal (A_S) em perfil. A forma simplificada de cálculo dos mesmos, apresentado pela PIANC é:

$$C_{WP} = \frac{1}{3} (2C_b + 1)$$

$$\nabla = C_b L_{pp} TB$$

$$A_S = 0.98BT$$

Onde:

- C_b = Coeficiente de bloco da embarcação;
- L_{pp} = Comprimento entre perpendiculares da embarcação;
- T = Calado estático;
- B = Boca máxima.

Cálculo de fatores do canal

Fatores relacionados ao canal, utilizados no cálculo de squat para algumas fórmulas propostas são a largura de topo do canal (W_{top}), área de seção do canal (A_c), profundidade média (h_m) e profundidade relevante (h_{mt}). A Figura 58 apresenta estas variáveis aplicadas em três configurações de canais: Irrestrito, Restrito, e tipo Canal.

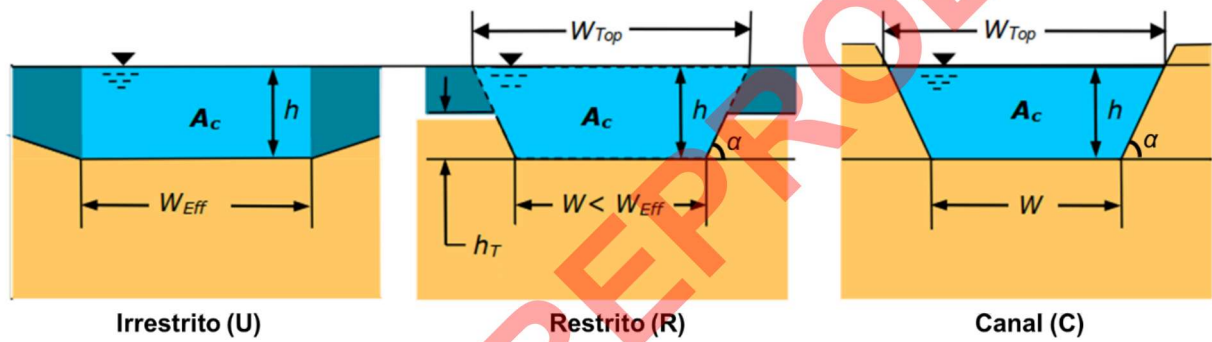


Figura 58. Diagrama esquemático dos elementos de canal.

As fórmulas para obtenção dessas variáveis de canal são:

$$W_{top} = W \text{ para configuração irrestrito.}$$

$$W_{top} = W + 2(\alpha) \text{ para configuração restrita ou canal}$$

$$A_c = Wh \text{ para a configuração irrestrito}$$

$$A_c = \frac{(W+W_{top})h}{2} \text{ para a configuração restrito ou canal}$$

$$h_m = \frac{A_c}{W_{top}}$$

$$h_{mt} = h - \frac{h_r}{h} (h - h_m)$$

Cálculo de fatores combinados de canal e navio

Calculados os fatores de canal e de navio, os mesmos devem ser combinados para sua aplicação nas fórmulas de squat. Os fatores principais são o fator de bloqueamento do canal (S), o fator de retorno de velocidade (S_2), número de froude (F_{nh}) e um coeficiente de velocidade crítica K_c . Os mesmos são calculados de acordo com as seguintes formulações:

$$S = \frac{A_s}{A_c}$$

$$S_2 = \frac{S}{1-S}$$

$$F_{nh} = \frac{V_s}{\sqrt{gh}}$$

$$K_c = \left[2 \cos \cos \left(\frac{\pi}{3} + \frac{(1-S)}{3} \right) \right]^{1.5}$$

Onde g é a aceleração da gravidade e V_s é a velocidade da embarcação. A seguir, as principais formulações de cálculo de squat total são apresentadas.

Cálculo do Squat – Huuska Guliev

Huuska e Guliev (1976) apresentam uma fórmula de squat de proa (S_{bh}), como sendo:

$$S_{bH} = C_S \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}} K_S$$

$$K_S = \{7,45s_1 + 0,76s_1 > 0,03 \quad 1,0s_1 \leq 0,03\}$$

$$s_1 = \{0,03 U \frac{S}{K_1} R S C\}$$

Onde K , é uma variável definida em função da profundidade da trincheira, podendo ser adotada como 1 no caso de trincheiras baixas.

Cálculo do Squat - Icorels

O cálculo do squat pela proa sugerido por ICORELS (1980) é:

$$S_{b,l} = C_S \times \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \times \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}}$$

Onde C_s é uma variável definida pelo coeficiente de bloco do navio, sendo:

$$C_S = \{1,7 C_b < 0,72, \quad 0,7 \leq C_b < 0,82, \quad 4 C_b \geq 0,8\}$$

Cálculo do Squat – Barrass3

Barrass (2004) sugere uma formulação simples para cálculo do squat máximo, tanto de proa quanto de popa, através da seguinte equação:

$$S_{Max,B3} = \frac{C_b V_k^2}{100/K}$$

Onde

$$K = 5,74S^{0,76}$$

e V_k é a velocidade da embarcação em nós.

Cálculo do Squat – Eryuzlu2

Eryuzlu e Hausser (1978) sugeriram uma formulação para squat de proa definido através de simulações físicas como:

$$S_{b,E2} = 0,298T \left(\frac{h}{T} \right)^{0,1725} F_{nh}^{2,289} K_B$$

Onde K_B é um fator de correção referente a largura do canal em relação a boca da embarcação, definido por:

$$K_B = \left\{ \frac{3,1}{\sqrt{W/B}} \frac{W}{B} < 9,61 \quad 1,0 \frac{W}{B} \geq 9,61 \right.$$

Cálculo do Squat – Romisch

Romisch (1989) apresenta os cálculos de squat máximo para proa e popa através das seguintes equações:

$$S_{b,R} = C_V C_F K_{\Delta T} T$$

$$S_{s,R} = C_V K_{\Delta T} T$$

Onde,

$$C_V = 8 \left(\frac{V}{V_{cr}} \right)^2 \left[\left(\frac{V}{V_{cr}} - 0,5 \right)^4 + 0,0625 \right]$$

$$C_F = \left(\frac{10C_b}{L_{pp}/B} \right)^2$$

$$K_{\Delta T} = 0,155 \sqrt{h/T}$$

$$V_{cr} = \{C_U K_U U C_C K_C R C_R K_R C\}$$

$$C_U = \sqrt{gh}$$

$$C_C = \sqrt{gh_m}$$

$$C_C = \sqrt{gh_{mt}}$$

$$K_U = 0,58 \left[\left(\frac{h}{T} \right) \left(\frac{L_{pp}}{B} \right) \right]^{0,125}$$

$$K_C = \left[2 \sin \sin \left(\frac{(1-S)}{3} \right) \right]^{1,5}$$

$$K_R = K_U \left(1 - \frac{h_r}{h} \right) + K_C \left(\frac{h_r}{h} \right)$$

No caso de utilização do squat pela formulação de Romisch, adota-se o maior entre os valores obtidos para proa e popa.

Cálculo do Squat – Yoshimura

Yoshimura (1986) propõe uma fórmula para cálculo do squat máximo de proa como:

$$S_{b,Y} = \left[\left(0,7 + 1,5 \frac{1}{h/T} \right) \left(\frac{C_b}{L_{pp}/B} \right) + 15 \frac{1}{h/T} \left(\frac{C_b}{L_{pp}/B} \right)^3 \right] \frac{V_e^2}{g}$$

Onde

$$V_e = \{V_s U \frac{V_s}{(1-S)} R, C$$

9.2. Cálculo do Adernamento Dinâmico

Cálculo da profundidade adicional por Adernamento Dinâmico (vento e curvas)

$$Z_{WR} = F_k \left(\frac{B}{2} \sin \sin \phi_{WR} \right)$$

$$\phi_{WR} = \phi_R + \phi_W$$

Onde:

- Z_{WR} = Profundidade adicional por adernamento dinâmico
- F_k = Fator de curvatura da quilha (entre 0,76 e 0,9 utilizando o último como mais conservador)
- ϕ_R = Ângulo de adernamento por curva
- ϕ_W = Ângulo de adernamento por vento

Cálculo do ângulo de adernamento por vento

$$\Phi_W = \frac{M_W}{g\rho_{\text{agua}} \nabla GM}$$

$$M_W = l_w + F_{Wy}$$

$$l_w = \overline{KG}_w - \frac{T}{2}$$

$$F_{Wy} = \frac{1}{2} \rho_{ar} C_{Wy} A_{V,L} V_{WR}^2$$

$$C_{Wy} = \sum_{n=1}^3 C_{yn} \sin \sin (n\Phi_W)$$

$$C_{y1} = 0,509 + 4,904 \frac{A_{V,L}}{L_{PP}^2} + 0,022 \frac{A_{V,L}}{A_{V,F}}$$

$$C_{y2} = 0,0208 + 0,23 \frac{A_{V,L}}{L_{PP}^2} - 0,075 \frac{X_l}{L_{PP}}$$

$$C_{y3} = -0,357 + 0,943 \frac{A_{V,L}}{L_{PP}^2} + 0,0381 \frac{L_{PP}}{B}$$

Onde:

- $A_{V,L}$ = Área vélica lateral acima da linha d'água
- $A_{V,F}$ = Área vélica frontal acima da linha d'água
- X_l = Distância entre a perpendicular frontal e o centro de $A_{V,L}$
- V_{WR} = Velocidade do vento
- T = Calado estático da embarcação
- KG_w = Altura do centro da área vélica lateral medida da quilha
- GM = Altura metacêntrica, simplificada como $B/25$;
- ρ_{ar} = Densidade do ar
- ρ_{agua} = Densidade da água

O valor de KG_w pode ser determinado pela seguinte equação

$$\overline{KG}_w = T - \frac{G+h}{2}$$

Onde:

- G = Pontal da embarcação
- h = Altura da superestrutura

Cálculo do ângulo de adernamento por curvas

$$\phi_R = \phi_\phi + \phi_c$$

$$\phi_c = \frac{l_r U_c^2}{g R_c \overline{GM}}$$

$$l_r = \overline{KG} - \frac{T}{2}$$

Onde:

- \overline{KG} = Altura do centro de gravidade medido a partir da quilha
- U_c = Velocidade da embarcação durante a curva
- R_c = Raio de curva, determinado por

$$R_c = \frac{L_{PP}}{A_l \times K_R}$$

Onde:

- A_l = Ângulo máximo de leme
- K_R = Coeficiente adimensional determinado por tabela em PIANC (2014)

9.3. Cálculo de tolerância a resposta a ondas

A tolerância de reposta a ondas a ser somada aos fatores de profundidades ($Z_{max,3}$) é calculada a partir da seguinte fórmula:

$$Z_{max,3} = H_s C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6$$

Onde H_s é a altura significativa de ondas, e C_1 a C_6 são coeficientes de multiplicação definidos por diversos fatores. C_1 é definido por:

$$C_1 = 0.707 \sqrt{\ln \left[\frac{N_w}{\ln(1/(1-P_m))} \right]}$$

Onde:

- N_w = número de ondas que o navio pode esperar encontrar nessa área durante cada ocorrência durante a vida útil de projeto;
- P_m = definido pela equação:

$$P_m = 1 - (1 - P_{DL})^{1/N_{cases}}$$

Onde:

- N_{cases} = é o número de casos críticos durante a vida útil.
- P_{DL} = probabilidade de excedência ou probabilidade de falha durante a vida útil. Valores razoáveis de P_{DL} variam entre 0,05 e 0,80.

Os fatores C_2 a C_6 são definidos por tabelas, apresentadas a seguir:

Tabela 10. Valores de coeficiente C2 em função de altura de ondas e comprimento entre perpendiculares.

L_{pp} (m)	Altura Significativa de Onda, H_s (m)							
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00

≤ 75	0.20	0.17	0.23	0.29	0.31	0.34	0.37	0.40
100	0.10	0.14	0.19	0.23	0.26	0.29	0.32	0.34
150	-	0.09	0.14	0.17	0.21	0.23	0.25	0.27
200	-	0.05	0.10	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23
250	-	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20
300	-	-	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.17
400	-	-	0.03	0.06	0.08	0.11	0.14	0.15

Tabela 11. Valores a serem adotados de coeficientes C_3 a C_6 em função de características e condições.

Símbolo	Nome do coeficiente	Valor	Condição
C_3	Condição de carregamento	1.00	Deslocamento $\geq 90\%$
		1.20	Deslocamento $\leq 50\%$
C_4	Velocidade do navio	1.00	$F_{nh} \geq 0.05$
		1.25	$F_{nh} = 0.15$
		1.35	$F_{nh} \leq 0.25$
C_5	Profundidade	1.00	$h/T \geq 1.50$
		1.10	$h/T \leq 1.05$
C_6	Ângulo de incidência de ondas	1.00	$\Psi \leq 15^\circ$
		1.40	$\Psi = 35^\circ$
		1.70	$\Psi = 90^\circ$ (través)

Os coeficientes C_2 são interpolados para determinação de um coeficiente mais preciso em função de diferentes alturas de onda e comprimentos de embarcação.

9.4. Cálculo da Profundidade Total – PIANC, 2014

$$H_t = H_{na} + H_e + H_{rf}$$

Onde:

- H_t = profundidade total da hidrovia
- H_{na} = fatores de nível d'água
- H_e = fatores relacionados à embarcação
- H_{rf} = Fatores relacionados ao fundo

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

9.5. Cálculos de largura do canal

Cálculo da Largura em trechos retilíneos

Caso de canal de uma via

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

Caso de canal de duas vias

$$W = 2W_{BM} + 2\sum W_i + W_{BR} + W_{BG} + \sum W_p$$

Onde:

- W_{BM} = Largura da faixa básica de manobras
- W_i = Largura adicional por efeitos de ventos, correntes, etc.
- W_{BR} = Largura adicional de afastamento da margem do lado verde
- W_{BG} = Largura adicional de afastamento da margem lado encarnado
- W_p = Largura adicional entre navios passantes

Cálculo da Largura adicional em curvas em função de ângulo de deriva

$$\Delta W_{DA} = \frac{LOA^2}{aR_c}$$

Onde:

- ΔW_{DA} = largura adicional do traçado da embarcação devido a ângulo de drift em uma seção curva do canal
- R_c = Raio de curva
- a = fator dependente do tipo do navio: $a = 8$ para embarcações normais; $a = 4,5$ para

embarcações com deslocamento maior com $C_b \geq 0,8$ (tanqueiros, graneleiros, etc.)

Cálculo da Largura adicional em curvas em função tempo de resposta

$$\Delta W_{RT} = 0,4B$$

Onde:

- ΔW_{RT} = largura adicional do traçado da embarcação devido ao tempo de resposta

PROIBIDA A REPRODUÇÃO

10. RESULTADOS

O cálculo da profundidade foi realizado através da PIANC 121, considerando as variáveis apresentadas na Tabela 12. Aplicadas as variáveis, o resultado para profundidade total da hidrovia é apresentado na Tabela 14, considerada uma folga líquida abaixo da quilha de 0,5 metros. Já as variáveis de entrada e resultados para o cálculo da largura do canal em trechos retilíneos e curvos são apresentados na Tabela 15 e na Tabela 16, respectivamente. Uma importante observação a ser feita é que os cálculos de adernamento dinâmico por ventos e curvas não são aplicáveis para embarcações de menor porte, utilizadas nesse projeto. Sendo assim, os valores foram calculados, e caso maior que 0,50 metros, o valor de 0,50 foi adotado. Já os cálculos de squat foram realizados de acordo com a metodologia de Yoshimura (1986), única que não apresenta limitações para as embarcações de projeto e condições de fundo.

Tabela 12. Variáveis de entrada para cálculo de profundidades e geometria das vias navegáveis.

Descrição	Variável	PAX-Ro	PAX 1600	PAX 960	Unidade
Comprimento total da embarcação	LOA	70.60	58.00	42.00	[m]
Comprimento entre perpendiculares	LPP	62.70	57.00	41.40	[m]
Boca	B	14.60	11.60	9.20	[m]
Calado estático	T	3.25	1.65	1.80	[m]
Coefficiente de bloco	C_b	0.85	0.45	0.45	[-]
Volume de carena	∇	3,349.97	1,110.12	695.52	[m ³]
Deslocamento	-	1,800.00	800.00	400.00	[ton]
DWT	DWT	1,000.00	500.00	250.00	[ton]
Altura metacêntrica	G_M	2.17	1.10	1.20	[m]
Profundidade da lâmina d'água estimada	h	4.50	3.00	3.00	[m]
Velocidade do navio em trechos retilíneos	v	11.00	11.00	11.00	[nós]
Pontal da embarcação	G	5.40	3.00	3.00	[m]
Altura do centro de gravidade medido a partir da quilha	K_G	3.35	8.74	4.97	[m]
Área vélica lateral	A_{VL}	355.43	355.43	355.43	[m ²]
Área vélica frontal	A_{VF}	360.00	360.00	360.00	[m ²]
Distância entre a perpendicular frontal e o centro de A_{VL}	X_I	76.00	76.00	76.00	[m]
Altura do centro da área vélica lateral medida da quilha	K_{GW}	6.08	4.77	6.09	[m]

Velocidade vento	V_{WR}	33.00	33.00	33.00	[nós]
Velocidade da embarcação durante a curva	U_c	8.00	8.00	8.00	[nós]
Raio de curva	R_c	353.00	290.00	210.00	[m]
Ângulo de leme	A_l	20.00	20.00	20.00	[graus]
Coefficiente para raio de curvatura	K_R	0.55	0.66	0.66	[-]
Ângulo de vento	D_v	Var	Var	Var	[°]

Tabela 13. Coeficientes de entrada para cálculos de profundidade adicional por ondas e vento.

Trecho	Embarcação de projeto	Hs	C6	Direção relativa do vento [°]
1	PAX-Ro	1.10	1.70	90.00
2	PAX-Ro	1.10	1.40	90.00
3	PAX-Ro	0.60	1.00	90.00
4	PAX 1600	1.00	1.00	15.00
5	PAX 1600	1.30	1.70	90.00
6	PAX 1600	1.30	1.40	35.00
7	PAX 1600	1.30	1.70	90.00
8	PAX 1600	1.20	1.00	15.00
9	PAX 1600	1.20	1.70	90.00

Tabela 14. Variáveis e resultados para cálculo de profundidade.

Descrição	Trecho									Unidade
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Variações de maré durante trânsito e manobras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[m]
Tolerância para condições desfavoráveis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[m]
Calado estático incluindo trim e list	3.25	3.25	3.25	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	[m]
Tolerância para incertezas no calado estático	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[m]
Fatores de densidade da água	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[m]
Squat, incluindo trim dinâmico	1.40	1.40	1.40	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	[m]
Adernamento dinâmico pelo vento e curvas	0.14	0.14	0.14	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	[m]
Tolerância por resposta a ondas	1.50	1.24	0.48	0.73	1.62	1.33	1.62	0.88	1.49	[m]
Folga líquida abaixo da quilha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	[m]
Tolerância por incertezas no fundo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	[m]
Tolerância por mudanças no fundo entre dragagens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[m]
Tolerância de execução de dragagem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[m]
Profundidade total	7.35	7.08	6.33	4.40	5.28	5.00	5.28	4.55	5.16	[m]
Profundidade total arredondada	7.40	7.10	6.40	4.40	5.30	5.00	5.30	4.60	5.20	[m]
FAQ/Profundidade	0.14	0.14	0.16	0.23	0.19	0.20	0.19	0.22	0.19	[-]
Folga Bruta abaixo da quilha	4.15	3.85	3.15	2.75	3.65	3.35	3.65	2.95	3.55	[m]

Tabela 15. Fatores de multiplicação e largura do canal em trechos retilíneos.

Variável	Trecho									Unidade
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
W_{BM}	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	[-]
$W_{i,a}$	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	[-]
$W_{i,b}$	0.30	0.30	0.30	0.10	0.30	0.30	0.30	0.00	0.30	[-]
$W_{i,c}$	1.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	1.00	0.00	0.40	[-]
$W_{i,d}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[-]
$W_{i,e}$	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	[-]
$W_{i,f}$	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	[-]
$W_{i,g}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[-]

$W_{i,h}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[-]
W_{BR}	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	[-]
W_{BG}	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	[-]
WP	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	[-]
Total	4.00	3.20	2.50	2.50	3.00	3.00	4.00	2.70	3.40	[-]
B	14.60	14.60	14.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	[m]
Largura do canal em trechos retilíneos (1 via)	58.40	46.72	36.50	29.00	34.80	34.80	46.40	31.32	39.44	[m]
Largura do canal em trechos retilíneos (2 vias)	140.16	116.80	96.36	76.56	88.16	88.16	111.36	81.20	97.44	[m]
Largura do canal em trechos retilíneos (2 vias) - Arredondada	140.00	120.00	100.00	80.00	90.00	90.00	110.00	85.00	100.00	[m]

Tabela 16. Fatores e resultados para cálculo de largura do canal em trechos curvos.

Variável	Trecho					Unidade
	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4	Curva 5	
LOA	70.60	58.00	58.00	58.00	58.00	[m]
a	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	[-]
R_C	353.00	290.00	290.00	290.00	290.00	[m]
B	14.60	14.60	14.60	11.60	11.60	[m]
ΔW_{DA}	1.77	1.45	1.45	1.45	1.45	[m]
ΔW_{RT}	5.84	5.84	5.84	4.64	4.64	[m]
Largura em trechos curvos (1 via)	66.01	54.01	43.79	35.09	40.89	[m]
Largura em trechos curvos (2 vias)	155.37	131.38	110.94	88.74	100.34	[m]
Largura em trechos curvos (2 vias) - Arredondada	160.00	130.00	110.00	90.00	100.00	[m]

As profundidades a serem adotadas nos trechos curvos são relativos a maior profundidade do trecho retilíneo adjacente, sendo:

- Curva 1: 7.40 m;
- Curva 2: 5.30 m;
- Curva 3: 5,30 m;
- Curva 4: 5,30 m;
- Curva 5: 5,20 m.

As bacias de evolução a serem implantadas para cada terminal apresentam os seguintes diâmetros:

- Pontal: 3*LOA Pax-Ro = 211,80 m;
- Tapera: 3*LOA Pax-Ro = 211,80 m;
- Beira Mar: 3*LOA Pax1600 = 174,00 m;
- Miramar: 3*LOA Pax1600 = 174,00 m;
- Barreiros: 3*LOA Pax1600 = 174,00 m;

Foi adotado como fator de multiplicação o valor de 3 pois não há auxílio de rebocadores para as manobras. Esse valor poderá ser diminuído no caso de uma validação por simulações de manobrabilidade de embarcações.