



**Tanque de
Provas Numérico**
Universidade de São Paulo
TPN - USP

Projeto

Avaliação Náutica da Operação de Navios de Cruzeiros em Vitória/ES

RT2 – ESTUDO LOCACIONAL



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria de Turismo

Março 2024



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

USP
Universidade de São Paulo



PROJETO

Avaliação Náutica da Operação de Navios de Cruzeiros em Vitória/ES

USP	CÓDIGO DO RELATÓRIO	TÍTULO DO RELATÓRIO				
	RT2	ESTUDO LOCACIONAL				
CLIENTE	COORDENADOR TPN					Prof. Dr. Eduardo Aoun Tannuri
GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO <i>Secretaria de Turismo</i>	EQUIPE					Eng. Naval Daniel Prata Vieira
	ORIGINAL	REVISÃO A	REVISÃO B	REVISÃO C	REVISÃO D	REVISÃO E
DATA	22/12/2023	06/02/2024	28/03/2024			
EXECUÇÃO	Equipe	EAT	EAT			
VERIFICAÇÃO	EAT					
APROVAÇÃO	EAT					

Sumário

1	Introdução	4
2	Embarcações tipo (Navios de Cruzeiro)	5
2.1	TPN Passageiro L306B37 (Calado 8,5m)	6
2.2	TPN Passageiro L333B38 (Calado 8,45m)	8
3	Embarcações tipo (Tenders e Escuna).....	10
4	Estudo Locacional – Área de fundeio	11
4.1	Avaliação Vertical Conceitual	12
4.2	Avaliação Horizontal Conceitual	15
5	Estudo Locacional – Área de desembarque dos Tenders / Escunas	19
6	Referências Gerais.....	20

1 Introdução

O propósito do projeto é a realização de estudos técnicos e náuticos, simulações de manobra e análise de risco em áreas costeiras portuárias do Espírito Santo, mais especificadamente em Vitória/ES. A operação de estudo será de um navio de cruzeiro para fundeio com ferro e Sistema DP nas proximidades da Ilha do Boi com desembarque de passageiros por meio de embarcações menores (tenders ou escunas) para um ponto em terra, a ser definido.

A proposta de área para fundeio do navio e as alternativas para o ponto de desembarque, são mostradas na figura seguinte.



Figura 1 - Local de fundeio e possíveis pontos de desembarque

Este relatório apresenta o estudo locacional baseado em normas técnicas.

2 Embarcações tipo (Navios de Cruzeiro)

O estudo contemplará a verificação das condições de manobrabilidade e controlabilidade dos navios-tipos abaixo, bem como os impactos causados nos navios e rebocadores de apoio pelas forças ambientais.

Os navios selecionados para simulação foram:

- **TPN Passageiro L306B37** [$L305.7m$; $B37.2m$; $T8.5m$; *displacement* 61.504tonnes; *cargo capacity* 11.247DWT, 2 eixos x 21.000kW, 3 x 2200kW Bow Thrusters, 3 x 2200kW Stern Thrusters] – semelhante ao Costa Diadema
- **TPN Passageiro L333B38** [$L333.0m$; $B38.0m$; $T8.45m$; *displacement* 68.598tonnes; *cargo capacity* 10.100DWT, 2 eixos x 20.200kW, 3 x 3100kW Bow Thrusters, 2 x 3100kW Stern Thrusters] – semelhante ao MSC Fantasia

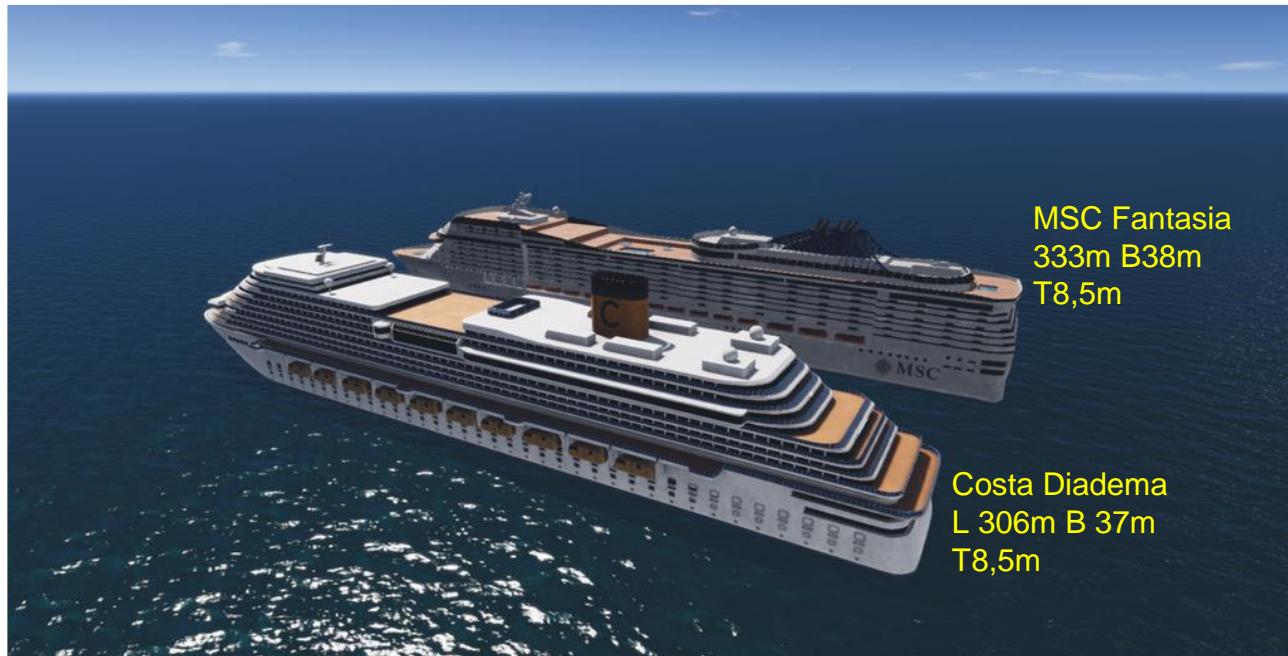


Figura 2 – Navios tipo

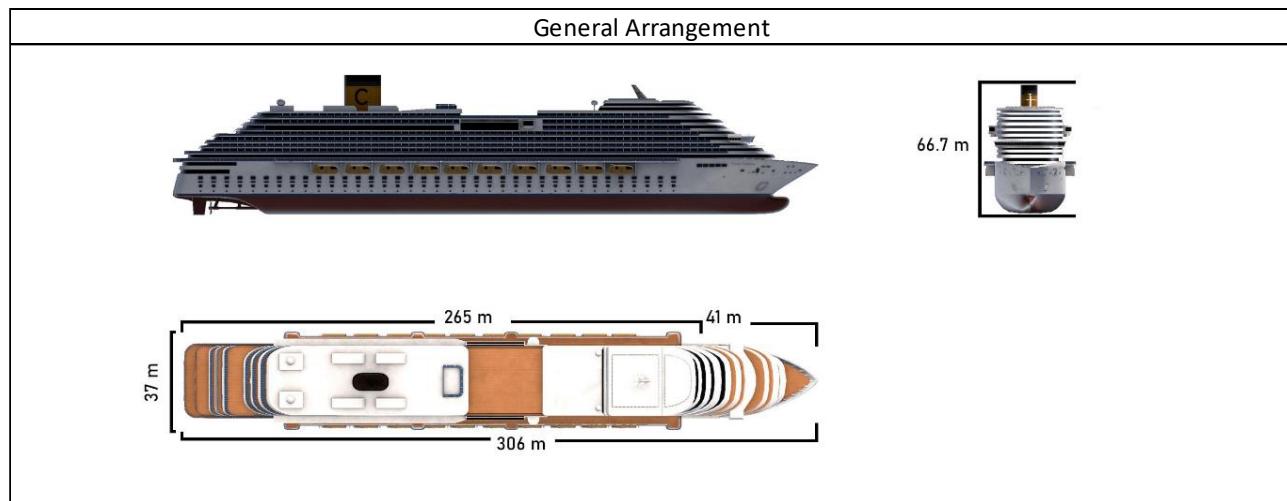
Os dados de manobra dos navios são apresentados nas seções seguintes.

2.1 TPN Passageiro L306B37 (Calado 8,5m)

Ship Name	TPN Passageiro L306B37
-----------	------------------------

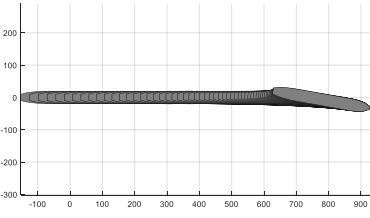
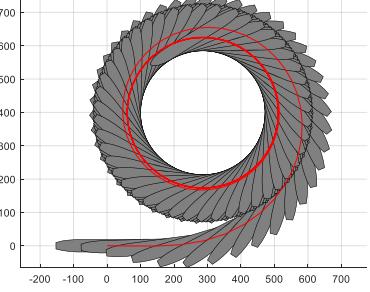
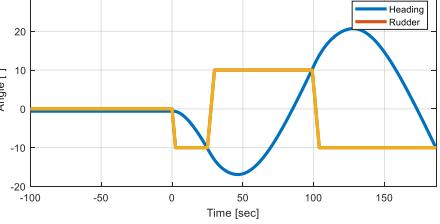
Ship's Particulars

LOA	305.7	m	Cargo Capacity	11247	DWT
LBP	269.1	m	Block Coeff.	0.72	
Beam	37.2	m			
Draught (Aft)	8.5	m	Frontal Wind. Area	2202 m ²	
Draught (Fwd)	8.5	m	Lateral Wind. Area	11937 m ²	
Displacement	61504	tonnes	Air Draft	63.1	m



Propulsion Particulars					
Propulsion Type	2 x General Electric		Telegraph	RPM / Teleg.	Speed (kts)
Engine Type	Diesel Electric		Full Sea Speed	139 / 100%	20.9
MCR	2 x 21000	kW	Full Speed	97 / 70%	14.7
Minimum RPM		rpm	Half Ahead	71 / 51%	10.7
		kts	Slow Ahead	47 / 34%	7.1
Full Ahead - Full Astern		min:sec	D. Slow Ahead	28 / 20%	3.7
Direction of Rotation	Clockwise		D Slow Astern	-28 / -20%	0.0
Propeller Diameter	5.8	m	Slow Astern	-47 / -34%	0.0
Astern Power	52	%	Haf Astern	-71 / -51%	0.0
			Full Astern	-97 / -70%	0.0

Steering Particulars					
Rudder Type					
Rudder Area	2x 27	m ²	Bow Thruster	3 x	2200kW
Max Angle		45 deg	Stern Thruster	3 x	2200kW
Midships to Hardover		11.25 sec			

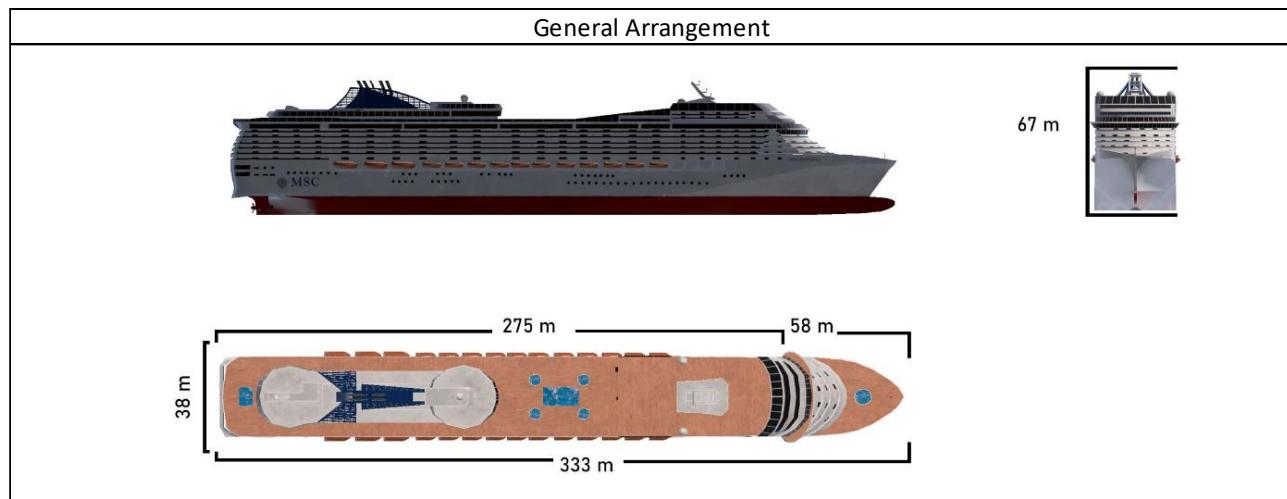
Manoeuvering Performance (Deep Water)	
Crash Stop (Half Ahead - Full Astern)	
Travel Distance	778 m
Head Reach	778 m
Side Read	8 m
Time to Stop	265 sec
	
Turning Circle (Full Ahead)	
Port/Stbd	
Advance	565
Tactical Daimeter	635
Transfer	254
Speed Loss at 90 deg	33.34
	
10/10 Zig-Zag (Full Ahead)	
1st Overshoot	7 deg
2nd Overshoot	11 deg
Time to 1st Overshoot	47 sec
Time to 2nd Overshoot	128 sec
	

2.2 TPN Passageiro L333B38 (Calado 8,45m)

Ship Name	TPN Passageiro L333B38
-----------	------------------------

Ship's Particulars

LOA	333	m	Cargo Capacity	10100	DWT
LBP	296	m	Block Coeff.	0.72	
Beam	38	m			
Draught (Aft)	8.45	m	Frontal Wind. Area	2262 m ²	
Draught (Fwd)	8.45	m	Lateral Wind. Area	14345 m ²	
Displacement	68598	tonnes	Air Draft	67	m

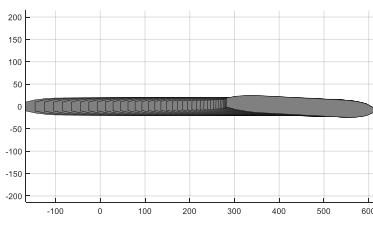
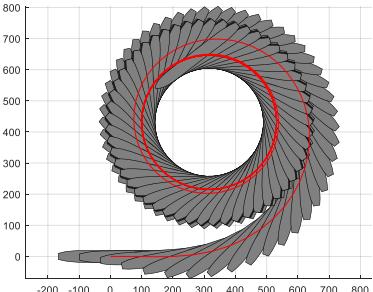
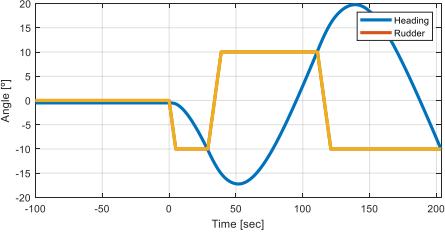


Propulsion Particulars

			Telegraph	RPM / Teleg.	Speed (kts)
Propulsion Type	2 x FPP		Full Sea Speed	130 / 100%	20.2
Engine Type			Full Speed	85 / 65%	13.1
MCR	20200	kW	Half Ahead	52 / 40%	8.1
Minimum RPM		rpm	Slow Ahead	36 / 28%	5.6
		kts	D. Slow Ahead	26 / 20%	3.4
Full Ahead - Full Astern		min:sec	D Slow Astern	-29 / -22%	-1.3
Direction of Rotation	Clockwise		Slow Astern	-39 / -30%	-2.8
Propeller Diameter	6	m	Haf Astern	-47 / -36%	-4.1
Astern Power	52	%	Full Astern	-85 / -65%	-8.0

Steering Particulars

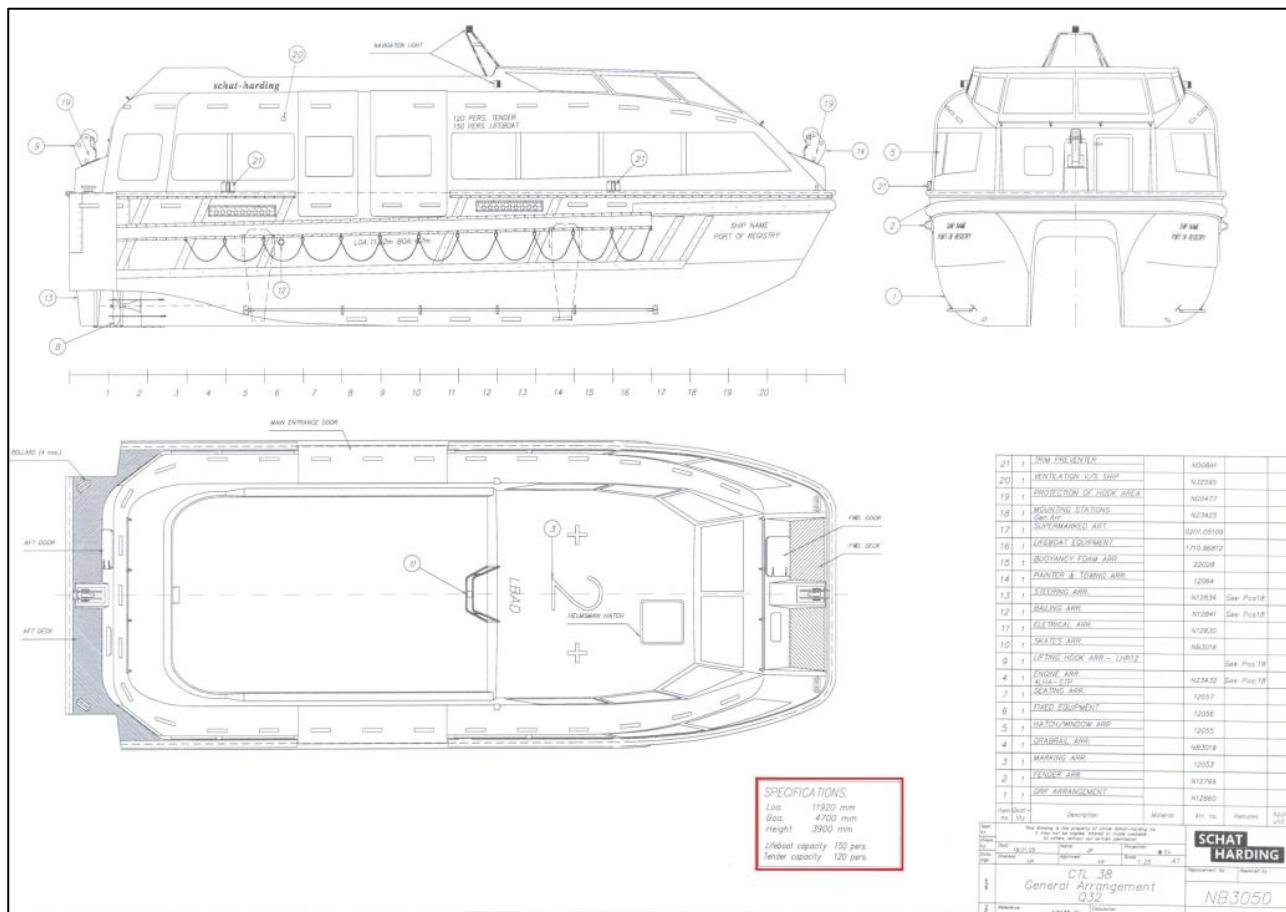
Rudder Type	2 x Becker rudder	Bow Thruster	3 x	3100kW
Rudder Area	2 x 27 m ²	Stern Thruster	2 x	3100kW
Max Angle	45 deg			
Midships to Hardover	22.5 sec			

Manoeuvering Performance (Deep Water)	
Crash Stop (Half Ahead - Full Astern)	
Travel Distance	448 m
Head Reach	448 m
Side Read	0 m
Time to Stop	192 sec
	
Turning Circle (Full Ahead)	
Port/Stbd	
Advance	619
Tactical Diameter	678
Transfer	274
Speed Loss at 90 deg	32.98
	
10/10 Zig-Zag (Full Ahead)	
1st Overshoot	7 deg
2nd Overshoot	10 deg
Time to 1st Overshoot	52 sec
Time to 2nd Overshoot	139 sec
	

3 Embarcações tipo (Tenders e Escuna)

Como alternativa para transporte dos passageiros, serão assumidas as embarcações a seguir:

- Tender [$L11.92m$; $B4.7m$; $T1.0m$]



- Escunas tipo (baseadas nas que operam em Balneário Camboriú):

Escuna	LOA [m]	Boca [m]	Calado [m]
Barco Pirata	29,24	6,5	1,6
Capitão Ganco	26,7	7,8	1,8
Aventura Pirata	31,4	7,2	1,7
Piratão	26,4	7,6	1,8

4 Estudo Locacional – Área de fundeo

O estudo conceitual de área de acesso náutico é composto pela aplicação das normas e recomendações portuárias (seguindo a PIANC 2014 ou ROM 1999). Ele pode ser usado para avaliação prévia das dimensões horizontais e verticais de um terminal portuário e dos seus acessos náuticos, incluindo Canal de Acesso, Área de Giro de Aproximação e com especial destaque à Área de Fundeo, tal como ilustrado na figura seguinte.

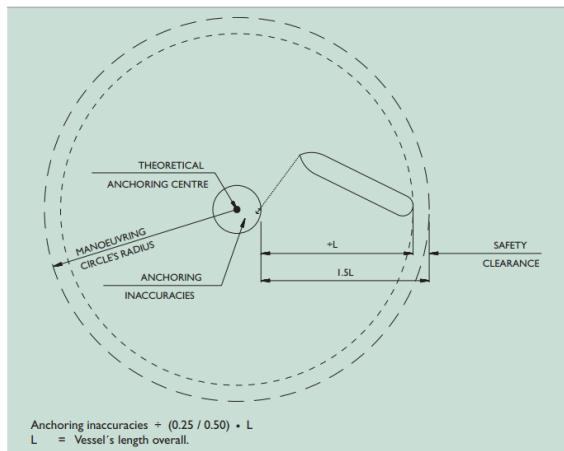


Figura 3 Definição para área mínima de fundeo (ROM)

A profundidade, por sua vez, depende de fatores diversos tais como a folga sob a quilha necessária, tolerâncias e imprecisões de dragagem, velocidade de navegação (*squatting*), movimento em ondas e condições ambientais. Será considerado o afundamento do navio em navegação (*squat*) segundo as formulações recomendadas pelas referidas normas, bem como adernamento devido a curvas e ventos. Em seguida, aplicam-se os procedimentos recomendados pelas normas, considerando-se as condições ambientais da região.

A largura do canal de acesso depende, segundo a norma PIANC 2014, de diversos fatores entre eles o tipo de carga e navio, as condições ambientais, a folga sob a quilha, o tipo de canal (1 ou 2 vias) dentre outros. Assim, este cálculo será feito ao longo dos diversos trechos do canal de acesso até a área de fundeo proposta, e para todos os cenários de estudo, resultando a largura necessária em cada um.

Para Vitória, será avaliada a área candidata abaixo, próxima à Ilha do Boi. É uma região mais abrigada de ondas, permitindo o acesso do navio utilizando-se o mesmo Alinhamento A usado pelos navios que acessam o Porto de Vitória.

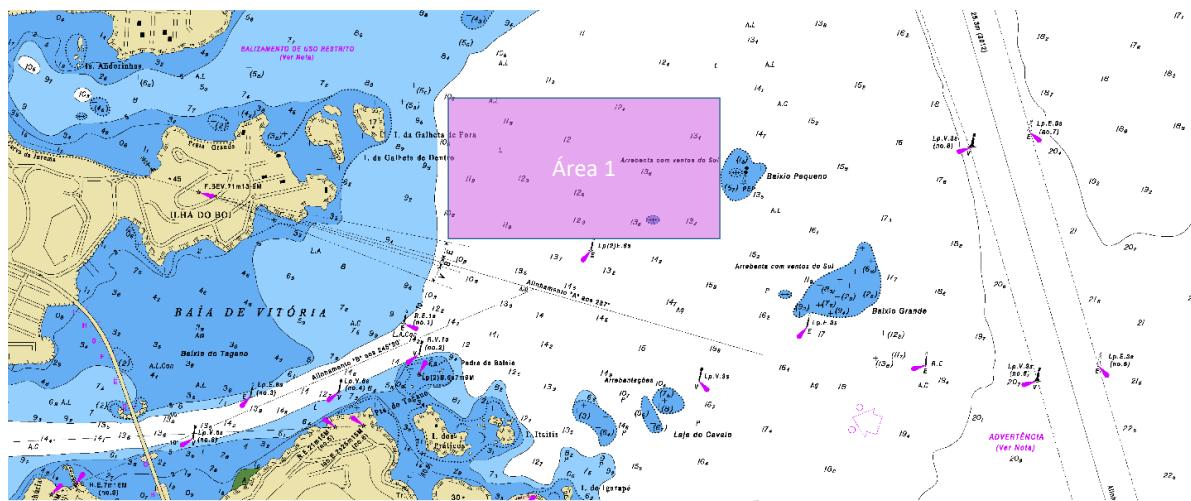


Figura 4 Área candidata para avaliação em Vitória

4.1 Avaliação Vertical Conceitual

As ondas na área de fundeo foram calculadas no Relatório Técnico 1, e reproduzidas aqui para um período de 2 anos completos (01SET2021 a 31AGO2023).

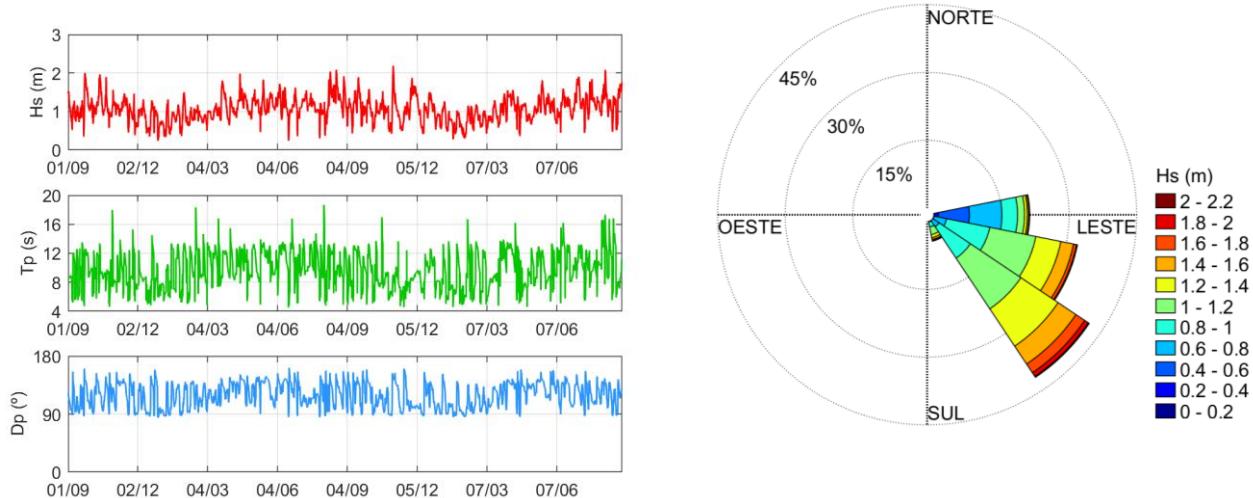


Figura 5 Série temporal e histograma direcional de ondas na área proposta para fundeo

Apresenta-se abaixo o histograma apenas considerando a temporada de cruzeiros (outubro a maio). A Figura 7 mostra que em 99,9% do período de temporada de cruzeiros a altura significativa de ondas é inferior a 2m, e em 52,2% do tempo inferior a 1m.

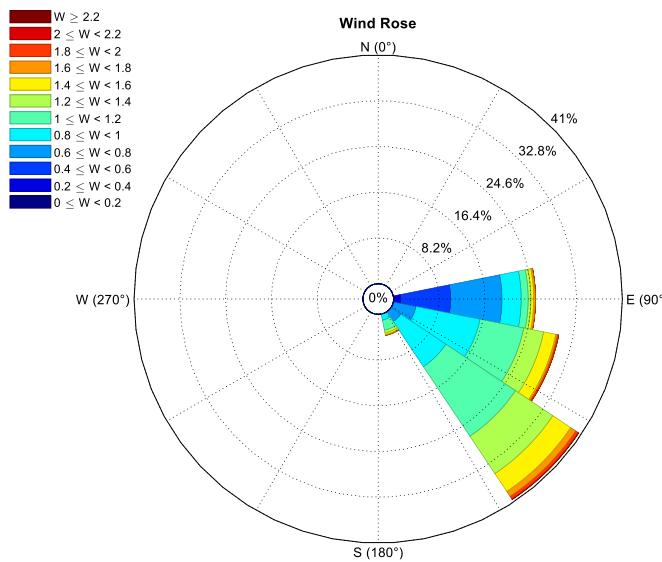


Figura 6 Histograma direcional de ondas na área proposta para fundeo - temporada de cruzeiros

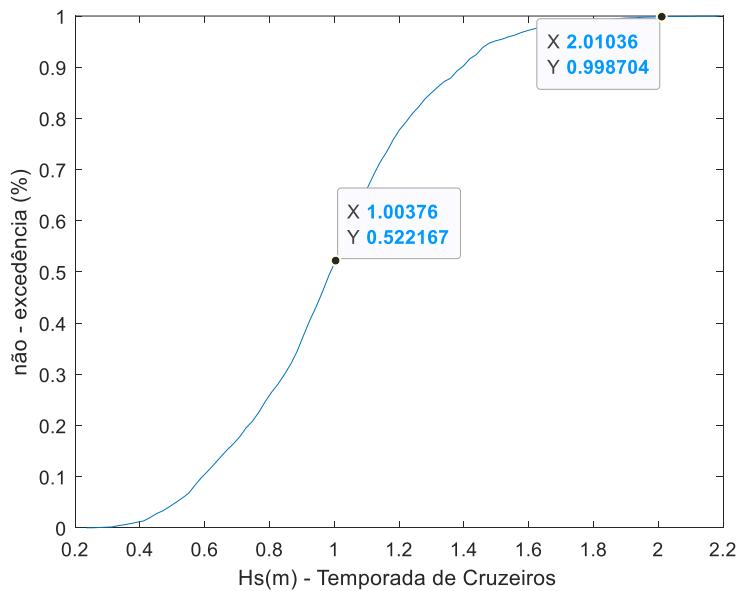


Figura 7 Gráfico de excedência de ondas - temporada de cruzeiros

Assim, aplicando-se a tabela de projeto vertical conceitual da PIANC (2014), considerando-se ondas com Hs de até 2m e fundo areia, obtém-se profundidade necessária de $1,25 \times \text{Calado} + 0,5 = 11,2\text{m}$, para um Calado de 8,5m. Adotou-se o multiplicador médio sugerido pela PIANC (1,25).

Description	Vessel Speed	Wave Conditions	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
Ship Related Factors F_s					
Depth h	$\leq 10 \text{ kts}$	None		$1.10 T$	
	$10 - 15 \text{ kts}$			$1.12 T$	
	$> 15 \text{ kts}$			$1.15 T$	
	All	Low swell ($H_s < 1 \text{ m}$)			$1.15 T$ to $1.2 T$
	All	Moderate swell ($1 \text{ m} < H_s < 2 \text{ m}$)			$1.2 T$ to $1.3 T$
	All	Heavy swell ($H_s > 2 \text{ m}$)			$1.3 T$ to $1.4 T$
	Add for Channel Bottom Type				
	All	All	Mud	None	None
	All	All	Sand/clay	0.4 m	0.5 m
	All	All	Rock/coral	0.6 m	1.0 m
Air Draught Clearance (ADC)					
ADC	All	All		$0.05 H_{st}$	$0.05 H_{st} + 0.4 T$

Notes:

- For Ship Related Factors: Assumes $T > 10 \text{ m}$. If $T < 10 \text{ m}$, use value for $T = 10 \text{ m}$
- Swell means waves with peak periods T_p greater than 10 s
- For Outer Channel swell values, use lower value for smaller swell wave periods and higher value for larger swell periods
- Value of significant wave height H_s is dependent on required operation, design ship type, level of accessibility, wave period and relative wave direction
- H_{st} is the distance from the sea surface to the top of the ship
- Seawater density assumed for T . Additional adjustments required if fresh water.

Figura 8 Projeto Vertical Conceitual (PIANC, 2014)

A área com profundidade acima de 11,2m é mostrada abaixo, baseando-se na batimetria da carta náutica oficial.

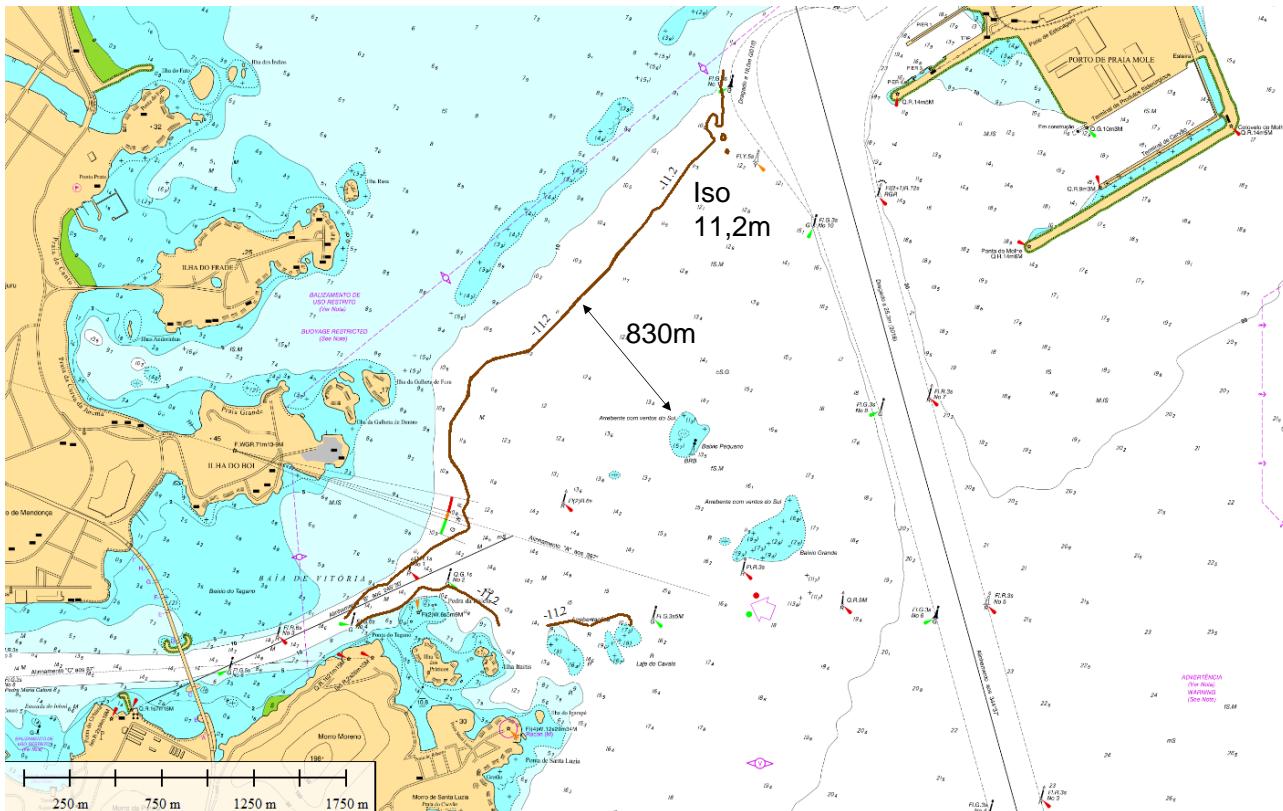


Figura 9 Área com profundidade acima de 11,2m

4.2 Avaliação Horizontal Conceitual

Considerando-se uma área de fundeio convencional, a ROM (1999) indica o raio mínimo necessário segundo a figura abaixo.

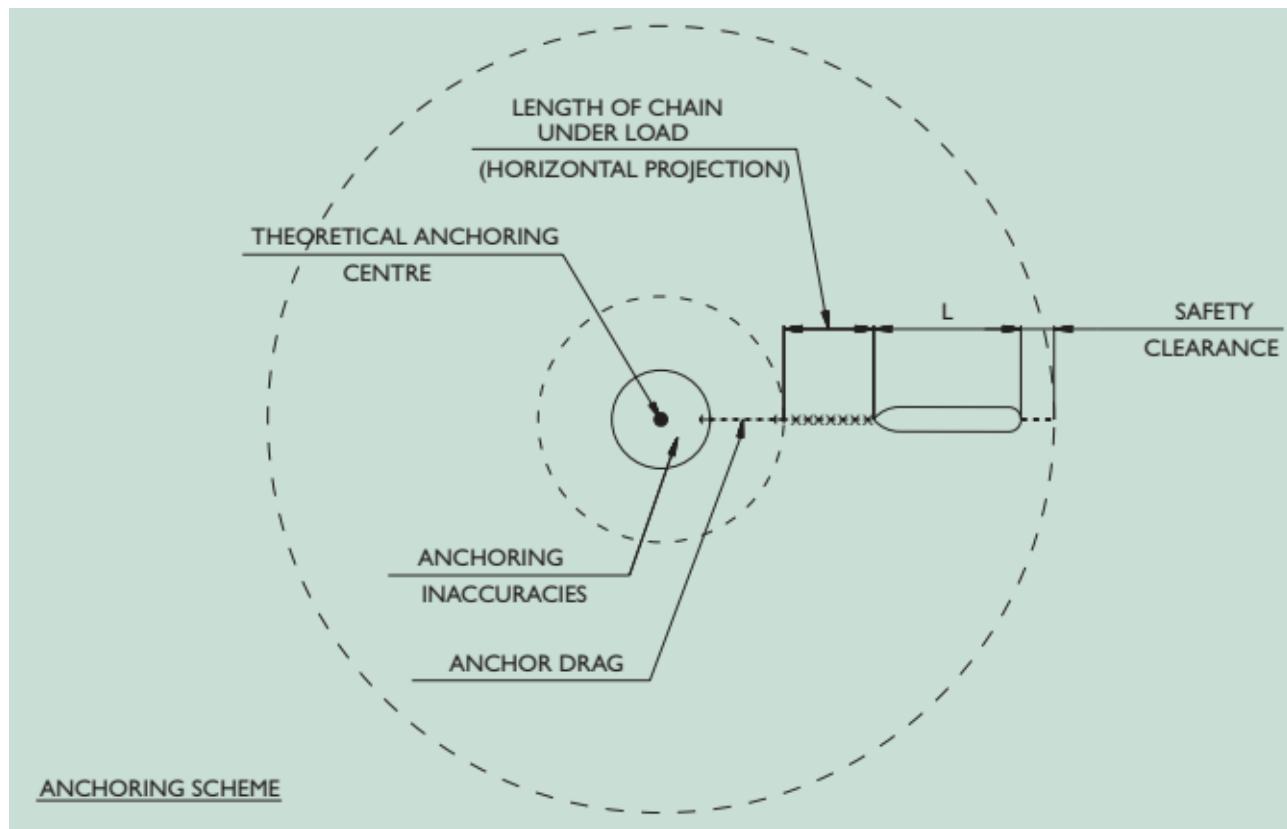


Figura 10 Raio de giro de um navio ancorado (ROM,1999)

Os termos são estimados como:

Comprimento do Navio		333.0
Comprimento da amarra	5 quarteladas (*número quarteladas informado pelos comandantes)	137.5
Imprecisão de fundeio	10%LOA (fundeio de precisão)	33.3
Arrasto da âncora	ancoragem<20kn, fundo com boa tença	0.0
Margem de segurança	10%LOA	33.3
Raio		537m

Nota-se que é previsto um fundeio de previsão (em que se admite uma mínima imprecisão e 10% LOA no ponto de ancoragem), e assume-se um fundo com boa tença.

Estes parâmetros, que devem ser confirmados posteriormente através da consulta aos comandantes e práticos, realização de simulação e estudo da natureza do fundo.

Com estas hipóteses, o raio de giro é de 537m, a figura seguinte mostra a área de fundeio proposta e seu centro.

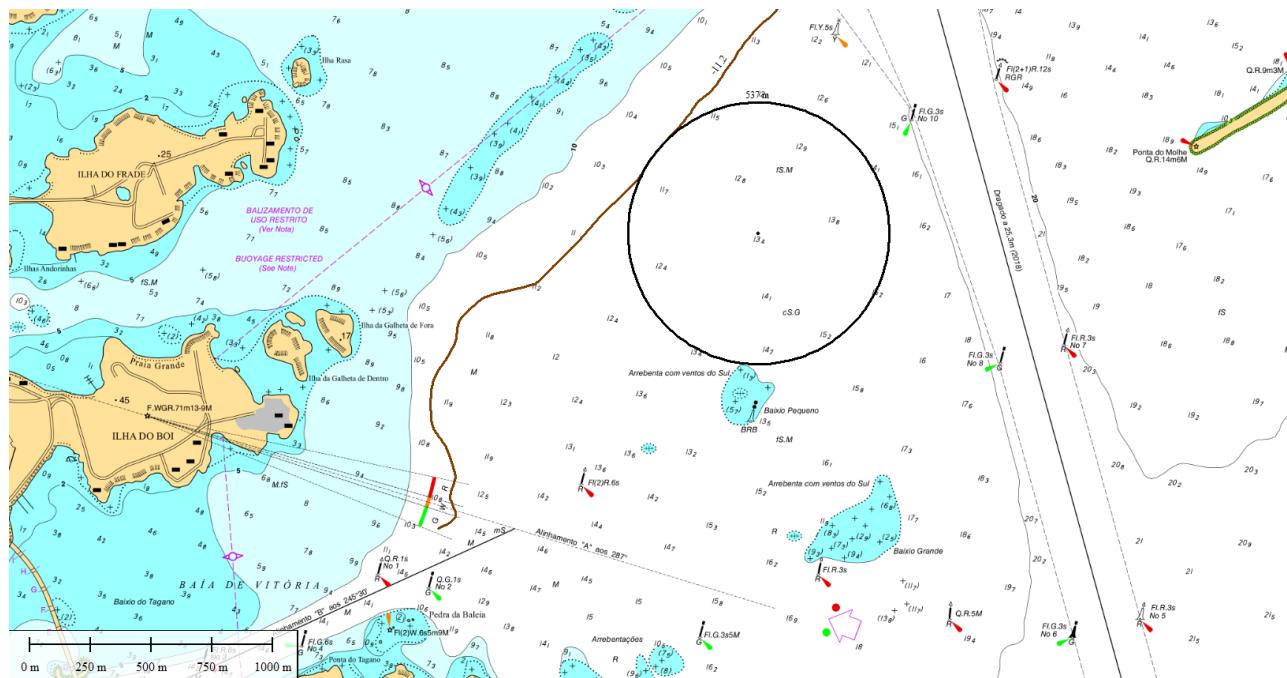


Figura 11 Área proposta para fundeo (centro de fundeo em Lat/Lon: 20° 18' 14.4474" S, 40° 15' 27.6954" W)

Em termos de canal de acesso, o projeto conceitual da PIANC (2014) indica largura requerida mínima de 163,4m, como mostrado abaixo.

Navio	Faixa adicional para margem		Canal
Loa	333.0 m	Velocidade	0.0 B
Boca	38.0 m	Manobrabilidade do navio	Boa
Calado	8.5 m	Faixa basica de manobra W _B	1.3 B
Velocidade	5.0 Nós		
<input type="checkbox"/> Grande área vélida	Faixa adicional para margem		Velocidade
<input type="checkbox"/> Grande deslocamento	Talude ingreme e corais		Vento cruzado
<input checked="" type="checkbox"/> Margem a bombordo	Canal externo	Canal interno	Correnteza cruzada
<input checked="" type="checkbox"/> Margem a bosteste	0.3 B	0.3 B	Correnteza longitudinal
Largura adicional para curvas		Profundidade	Altura de onda
Raio minimo	4.0 L 1332.0 m	Raio utilizado	0.0 B
Passenger ship	OK	Auxilios a navegação	Auxilios a navegação
Ângulo de drift	Tempo de resposta	Canal externo	Tipo de fundo
6.93 m	0.4 B	Canal interno	Canal interno
	TOTAL	Cargas perigosas	Cargas perigosas
	0.58 B	TOTAL	1.9 B
Largura de canal final			
Seção reta		Seção curva	
163.4 m	4.3 B	Canal externo	4.9 B
			185.5 m

Figura 12 Projeto Conceitual Horizontal PIANC (2014) para canal de acesso à área de fundeo.

Em termos de canal de acesso para esta área de fundeo, assumem-se 3 opções:

Canal A: um possível canal de acesso para a Área de Fundeio é mostrada abaixo. Após utilizar o Canal de Vitória (Alinhamento “A”), o navio deve guinar para boreste e acessar um canal com largura acima de 450m. Assumem-se, **de forma preliminar**, 4 boias para demarcar este acesso, conforme indicado. A posição efetiva das boias deverá ser alvo de um estudo de sinalização náutico e aprovação da Marinha (CHM).

- Boia Verde: Lat/Lon: 20° 18' 47.4714" S, 040° 16' 10.7294" W
- Boia Perigo Casco: Lat/Lon: 20° 18' 40.4007" S, 040° 15' 42.0088" W
- Boia E Canal: Lat/Lon: 20° 18' 40.4007" S, 040° 15' 42.0088" W
- Boia E Bacia: Lat/Lon: 20° 18' 40.4007" S, 040° 15' 42.0088" W

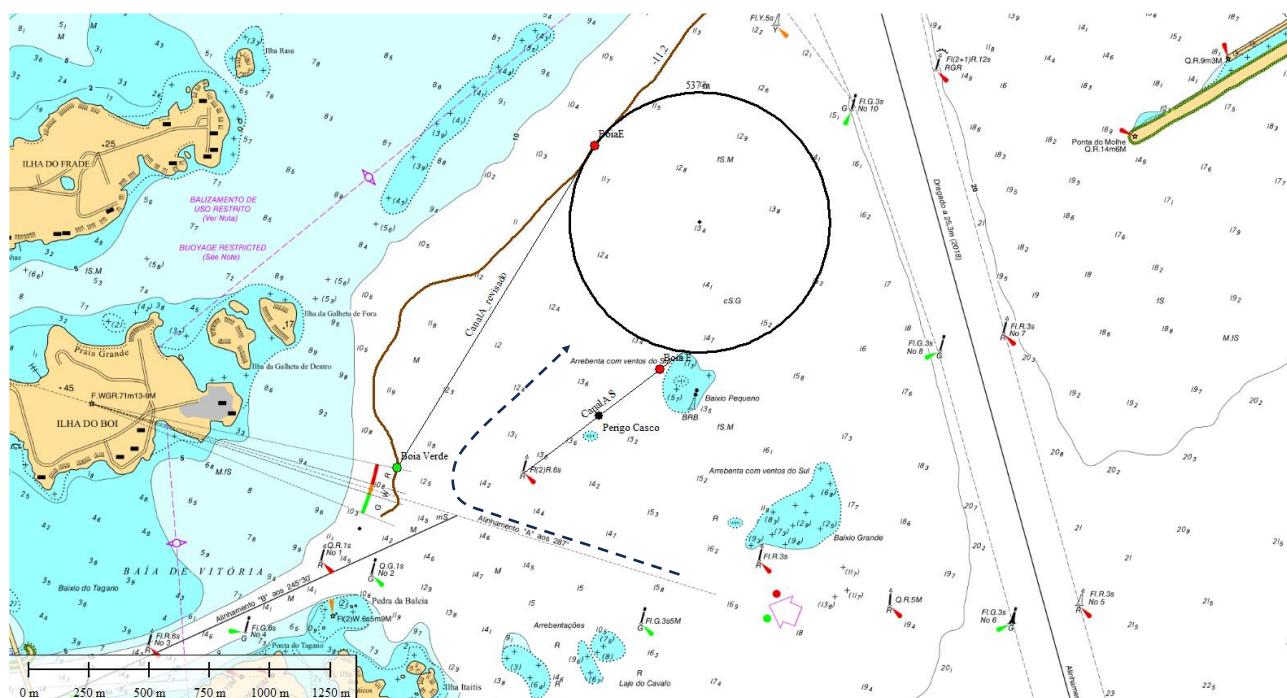


Figura 13 Canal A de Acesso

Canal B: o possível canal esquemático mostrado na figura abaixo, com alinhamento de 0° e largura de 250m. Nesta figura apresentam-se também, **de forma preliminar**, 3 boias adicionais para sinalizar o canal e bacia. A posição efetiva das boias deverá ser alvo de um estudo de sinalização náutico e aprovação da Marinha (CHM)

- Boia Perigo Casco: Lat/Lon: 20° 18' 40.4007" S, 040° 15' 42.0088" W
- Boia E Canal: Lat/Lon: 20° 18' 40.4007" S, 040° 15' 42.0088" W
- Boia E Bacia: Lat/Lon: 20° 18' 40.4007" S, 040° 15' 42.0088" W

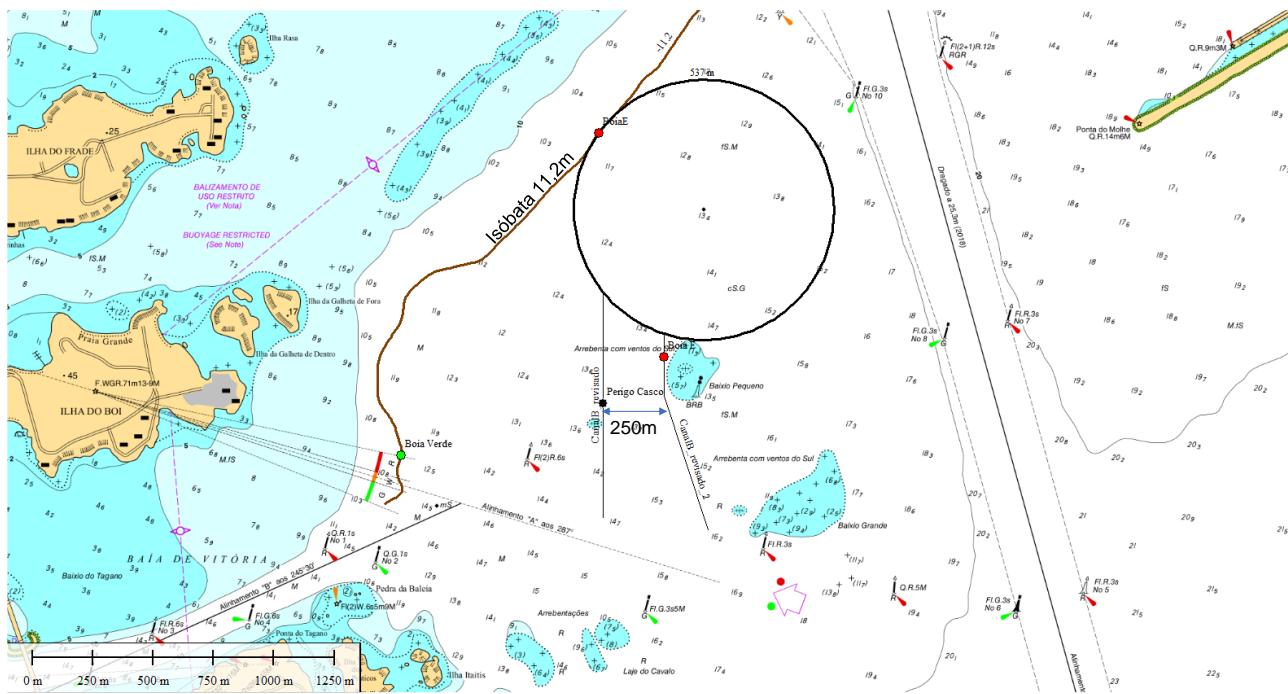


Figura 14 Canal B de Acesso

Canal C: será avaliado a acesso por meio do cruzamento com o Canal do Tubarão, como mostrado abaixo. Este canal possui alinhamento 278° e largura de 800m. Utiliza-se o espaço entre a Boia E7 (já existente) e o molhe. Para este canal, deve-se adicionar no mínimo a Boia demarcando a área de fundeio. A posição efetiva das boias deverá ser alvo de um estudo de sinalização náutico e aprovação da Marinha (CHM)

- Boia E Bacia: Lat/Lon: 20° 18' 40.40007" S, 040° 15' 42.0088" W

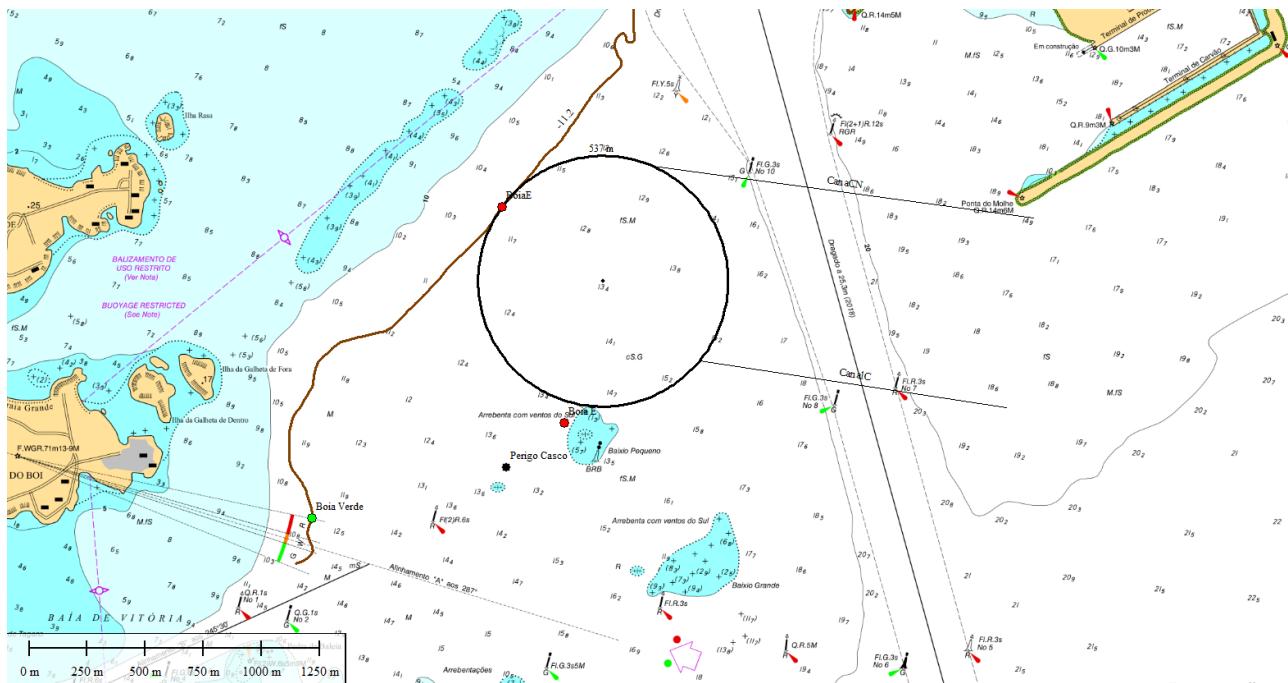


Figura 15 Canal C de Acesso

5 Estudo Locacional – Área de desembarque dos Tenders / Escunas

Avaliam-se 5 alternativas de pontos de desembarque em terra como mostrado na Figura 1, e em detalhe na Figura 16 abaixo.



Figura 16 – Localização dos pontos. Imagem Google Earth.

O Relatório Técnico 1 apresentou a modelagem de ondas em cada um destes pontos, e apresenta-se a seguir uma avaliação estimada da disponibilidade de cada um destes pontos, considerando-se o critério:

- Elevação máxima de onda de 0,5m na área de operação do tender (o que equivale a $H_s \leq 0,25m$)

Ponto		Uptime (% tempo $H_s \leq 0,25m$)
P1	Píer Hotel Ilha do Boi	99,8%
P2	Píer Shop Vitória	11,7%
P3	Praça do Papa	79,2%
P4	38º Batalhão	100,0%
P5	Píer Iemanjá	54,0%

6 Referências Gerais

BARRERA, R.D. ; SCHIAVETO NETO, L.A. ; VIEIRA, D.P. ; MESQUITA, E.S. ; TANNURI, E.A. . Azimuth stern drive (ASD) vector tugs positioning and towing force prediction during docking, steering and braking maneuvers. APPLIED OCEAN RESEARCH, v. 110, p. 102611, 2021.

HENSEN H., Tug Use in Ports, A Practical Guide, 2a Edição, The Nautical Institute, 2003.

IALA 1048 Guideline. "The Use of Simulation as a Tool for Waterway Design and AtoN Planning Edition 2.0." 2011.

PIANC, "Harbour Approach Channels Design Guidelines, Report no 121." 2014.

ROM, "Recommendations for Maritime Works (Spain) ROM 3.1-99: Designing Maritime Configuration of Ports. Approach Channels and Floatation Areas, Spain: CEDEX", 1999.

Tetratech, 2018, Modelagem de Ondas e Hidrodinâmica para Suporte aos Estudos de Manobra no Canal de Acesso ao Porto de Vitória – ES - Modelagem de Ondas e Hidrodinâmica, Relatório Técnico O18118-MOG-01-C, Outubro/2018.

**INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO**

Documento capturado em 30/04/2024 10:36:20 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por DILSON HENRIQUE DIAS (ANALISTA DO EXECUTIVO - GEINFRA - SETUR - GOVES)
Valor Legal: CÓPIA SIMPLES | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2024-N1W1RH>