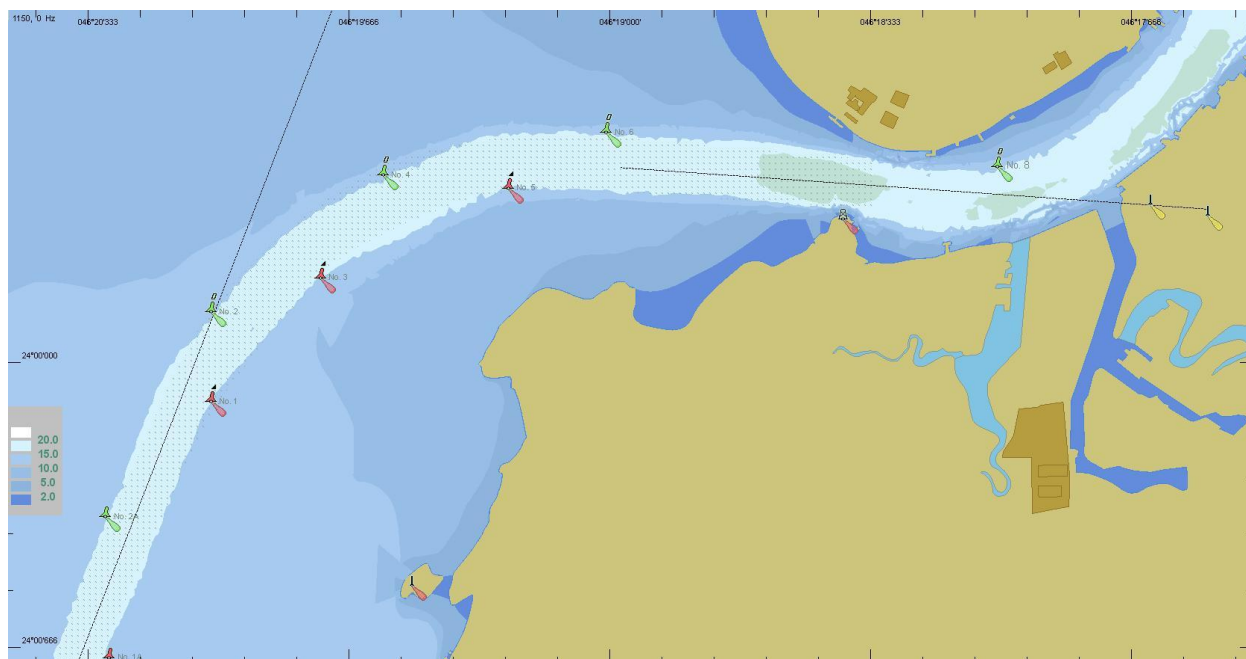




INPH : 026 / 2013

CODIGO : Santos - 1040 / 01

**ESTUDO DE NAVEGABILIDADE DO NOVO TRAÇADO GEOMÉTRICO
DO CANAL DE ACESSO AO PORTO DE SANTOS - SP
“CANAL EXTERNO”**



MAIO / 2013



APRESENTAÇÃO

O Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH tem a satisfação de apresentar à comunidade marítima e científica este relatório, que trata de estudo da navegabilidade de um navio com 334m de comprimento no novo traçado geométrico e balizamento do canal de acesso ao porto de Santos - SP.

Foi utilizado como ferramenta o software *SIMFLEX Simulator* desenvolvido pela empresa dinamarquesa *Force Technology*, que permite simular manobras com diferentes navios em diferentes portos e baías.

O objetivo deste estudo é confirmar as condições de manobrabilidade para o navio descrito no novo trajeto delimitado no projeto.

DOMENICO ACCETTA
Diretor do INPH / SEP



EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

Eng^o Domenico Accetta

- Diretor do INPH

Eng^o Antônio Paulo Silva Pinto

- Vice-Diretor

Equipe

Eng^o Victor Fernandes de Souza

Eng^o Fernando Diaz Garcia

CMG RM1 José Guilherme Thomy

Projetista 3D Rafael de Oliveira Maiorano



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. DADOS AMBIENTAIS.....	6
3. MODELOS 2D E 3D – AREA ENGINEER E 3DSMAX.....	9
4. PREMISSAS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA	12
5. DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES	15
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	34

1. INTRODUÇÃO

O Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH tem a satisfação de apresentar este primeiro relatório, que trata de estudo de navegabilidade do novo traçado geométrico e balizamento do canal de acesso ao porto de Santos – SP.

Em decorrência das obras de dragagem de aprofundamento realizadas no canal de acesso ao porto, foi proposto um novo projeto de balizamento pela empresa HIDROTOPO, em março de 2013 – projeto HD-811/2. Dessa forma, fez-se necessário este estudo para verificação das condições de navegação de um navio com 334 metros de comprimento (LOA).

A Figura 1 apresenta a nova disposição das bóias do canal de acesso do porto de Santos que foi utilizado no estudo.

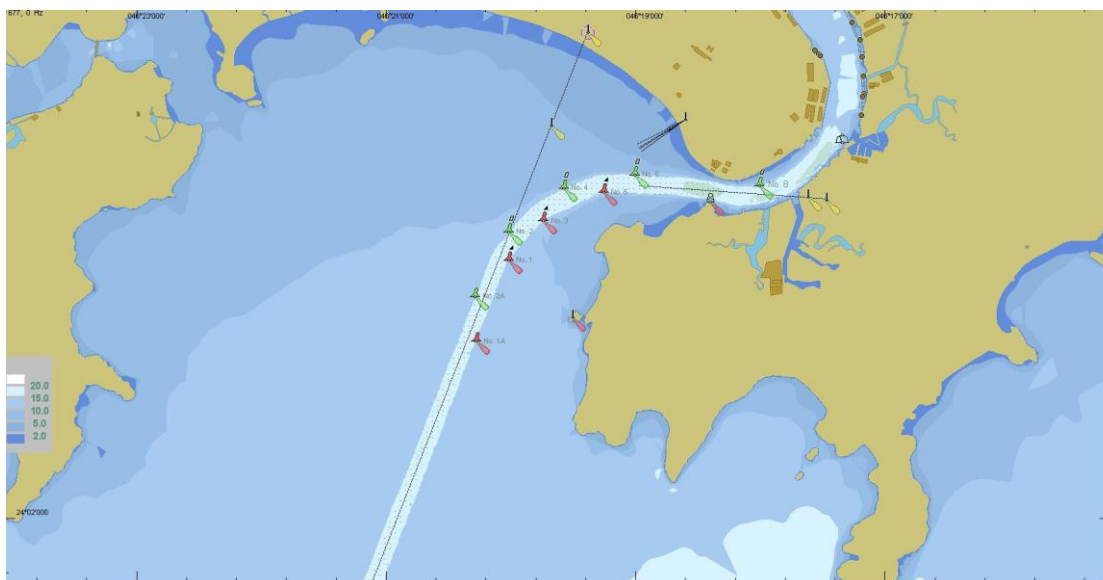


Figura 1: Disposição das bóias do canal de acesso utilizado no estudo.

Para as simulações foi utilizado o modelo matemático correspondente ao navio CMA CGM Nabucco, com 334m de LOA, 13m de calado e 42,8m de boca. Ao todo foram realizadas onze simulações ao longo de três dias (16, 17 e 20 de maio), sendo oito de entrada e três de saída.

Em todas as simulações foi considerada a nova geometria do canal externo e seu novo balizamento, conforme demonstra a Figura 2.

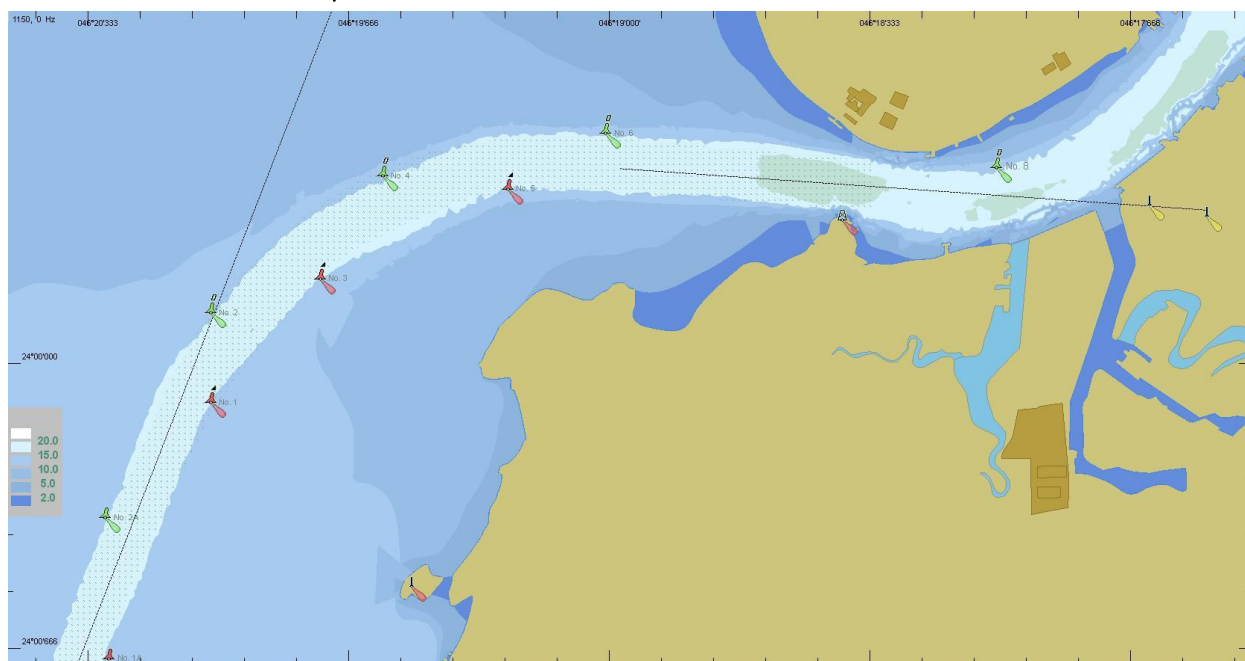


Figura 2: Nova geometria e novo balizamento do canal

Espera-se que o trabalho que se segue ofereça informações úteis e contribua para o desenvolvimento do País, dando subsídios para futuras tomadas de decisão.

1.1. Objetivo

O objetivo desse relatório é apresentar o estudo numérico para verificar as condições de navegabilidade de um navio selecionado, no novo traçado geométrico do canal de acesso ao porto de Santos-SP, para as condições pré-determinadas no item de premissas das simulações.

2. Dados Ambientais

Todas as simulações foram realizadas considerando a maré no nível de redução da DHN, e condições normais de visibilidade.

Os valores utilizados nas simulações foram obtidos a partir de premissas apresentadas pela praticagem à CODESP.

A forma de inclusão de onda e vento no modelo está detalhada abaixo para melhor compreensão.

2.1 Ondas:

Em geral, ao observar o mar, o que se vê é uma superfície caótica, com ondas se propagando em várias direções e com diferentes alturas e períodos.

Um ondógrafo, ao realizar a medição da superfície livre da água, obterá um registro completamente irregular. Isso ocorre porque estão presentes naquele local, ondas diferentes, que se somam originando um registro, a princípio, que não se assemelha a uma onda senoidal.

Na Figura 3, estão representadas em um plano bidimensional, ondas com altura (H) e período (T) diferentes, e o somatório destas ondas. Este representa o registro obtido por um ondógrafo.

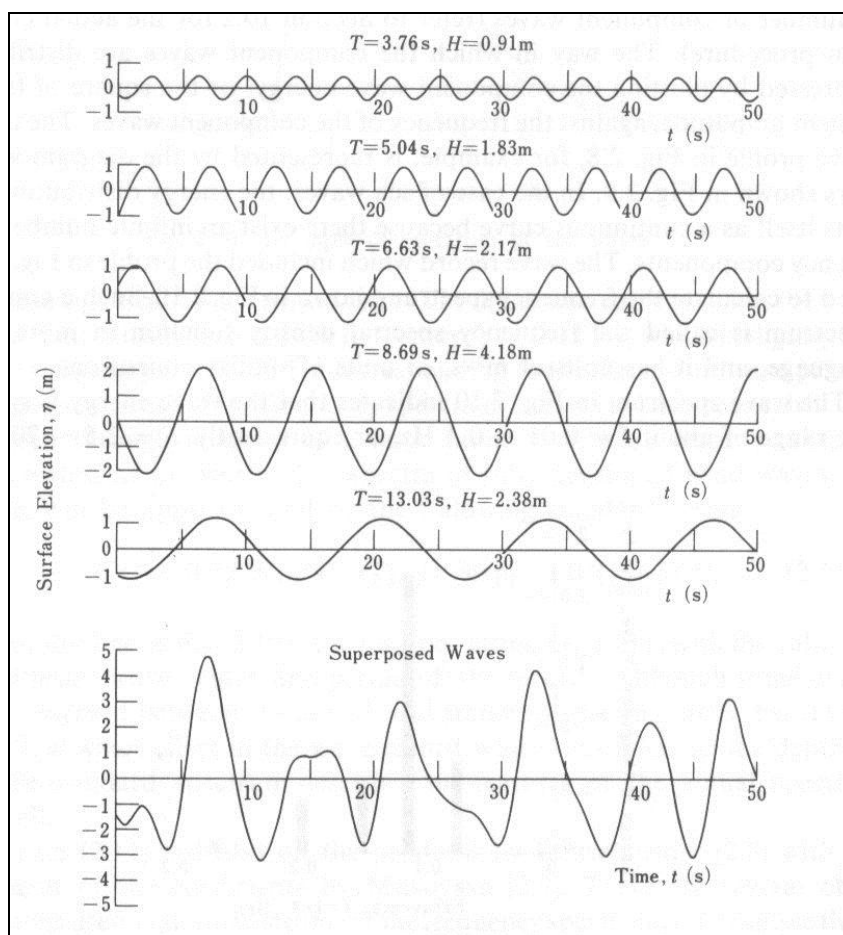


Figura 3. Somatório de diversas componentes de onda. (Goda, 1985)

Desta forma, algumas definições são importantes para o estudo das ondas irregulares, como:

- $H_{\text{máx}}$ → que é a maior altura observada ao longo de todo um registro.
- H_s ou $H_{1/3}$ → Altura Significativa de Onda, que é a média do 1/3 das maiores alturas de onda encontradas em um registro.
- Onda média → é a média das alturas e a média dos períodos.

Segundo DEMIRBILEK & VINCENT (2001), uma estimativa do valor de $H_{\text{máx}}$, pode ser feita a partir de uma relação com a Altura Significativa, onde:

$$H_{\text{máx}} = 1.86 H_{1/3}$$

Todos os valores de onda apresentados neste relatório são de altura significativa (H_s).

2.2 Ventos:

Definições de vento em relação ao vento indicado no simulador comparado com o vento indicado nas embarcações.

No simulador, a velocidade do vento é dada em "velocidade do vento meteorológico". Esta velocidade do vento não é igual à velocidade do vento lido a partir do indicador de vento do navio. Como comparação experimental os seguintes fatos e suposições podem ser destacados:

Indicador de vento registra a velocidade do vento, por exemplo, a 35 metros de altura, enquanto o coeficiente para calcular as forças de vento no simulador refere-se à velocidade do vento a 10 metros de altura e um valor médio de um período de amostragem de 10 minutos.

Informações de vento a partir de fontes meteorológicas devem se referir ao vento a 10 metros de altura.

Leituras de um indicador de vento normalmente referem-se ao valor médio de um intervalo de amostragem de 5 segundos.

A variação da média do vento na altura z acima do nível do solo é obtida pela fórmula:

$$u_z = u_{10} \times \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha$$

u_z = Velocidade do vento em uma certa altura

u_{10} = Velocidade do vento a 10 metros de altura

α = Potência constante (0,12 sobre o mar, sobre a terra 0,16, 0,28 sobre a cidade).

z = Indicador de velocidade do vento a uma altura acima da superfície

Usando dados da ESDU (Engineering Sciences Data Unit) 72026, encontramos a seguinte proporção entre "Vento máximo de 5 segundos" e "10 minutos de vento significativo", igual a 1,25.

Exemplo:

Vento lido no indicador de vento (na embarcação, altura 35 m) = 25 nós

10 min. significativo, por exemplo, em 35 metros de altura = 25 / 1,25 = 20 nós

10 min vento médio a 10 m de altura = $20 / \left(\frac{35}{10} \right)^{0,12} = 17,2$ nós

Isto significa que o que o navegador lê corretamente uma velocidade de vento de 25 nós corresponde a uma velocidade de vento "meteorológica" de 17,2 nós.

Os valores apresentados foram inseridos como vento a 10m de altura.

A Tabela 1 resume os dados ambientais que foram utilizados no estudo.

Tabela 1: Dados ambientais utilizados no estudo.

Dado	Valor	
Nível do mar	-	0 (DHN)
Corrente enchente	-	1,0 Nó
Corrente vazante	-	1,5 Nós
Ventos	SW	8 m/s até 12 m/s
Ondas	SSW	Hs de 1,0m até 2,5m (conforme apresentado)
Batimetria	Carta Náutica 1701 e levantamento batimétrico aprovado pela DHN para este projeto	

3. Modelos 2D e 3D – Area Engineer e 3DSMAX

O Area Engineer (AE) é um *software* complementar ao SIMFLEX NAVIGATOR, que permite criar modelos de novas áreas de navegação (portos) ou modificar modelos já existentes.

No AE criou-se o modelo em planta do porto de Santos, onde são incluídos todos os parâmetros ambientais, juntamente com os de balizamento.

O modelo de elevação, ao ser adicionado a um modelo 3D, elaborado no 3DSMax (*software* de modelagem, animação e renderização em 3D da Autodesk) e incorporado ao SIMFLEX NAVIGATOR, permite a simulação da navegação de forma similar ao que ocorreria em uma situação real, visto que representa numericamente, em tempo real, as condições físicas e ambientais da região a ser simulada.

As figuras 4 e 5 ilustram a elaboração da área do porto em estudo utilizando o AE.

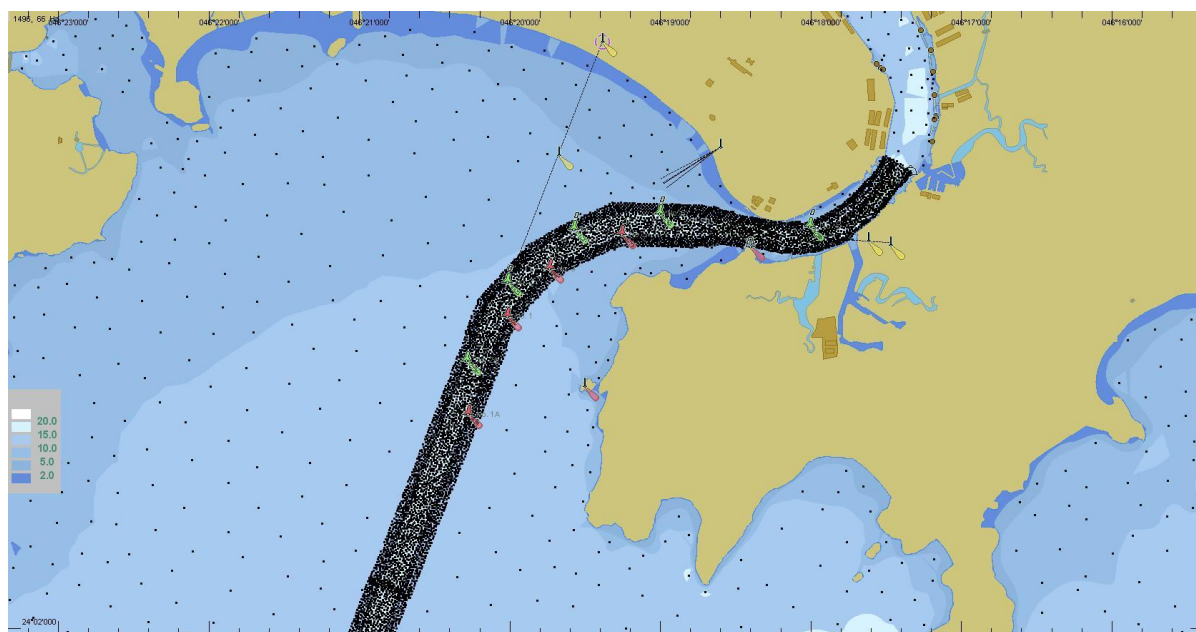


Figura 4 - Modelo 2D da área do porto de Santos no AE.

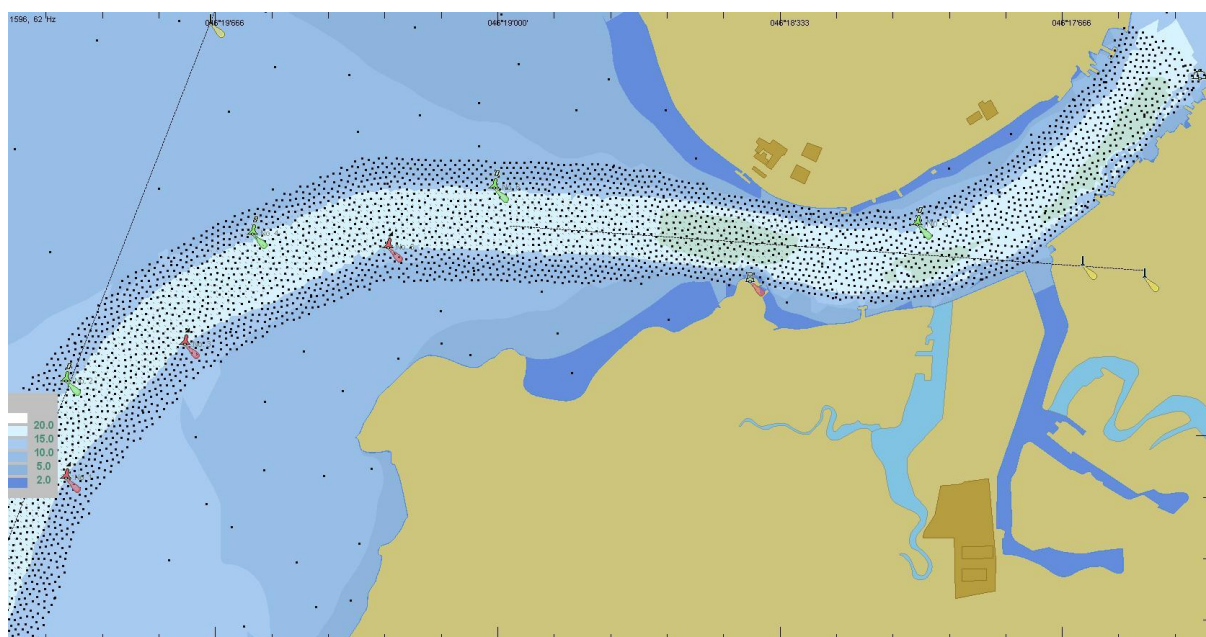


Figura 5 - Modelo 2D com batimetria da área do porto de Santos no AE.

As Figuras 6, 7 e 8 ilustram a elaboração da área 3D do porto de Santos no 3DSMAX.



Figura 6 - Modelo 3D porto de Santos.

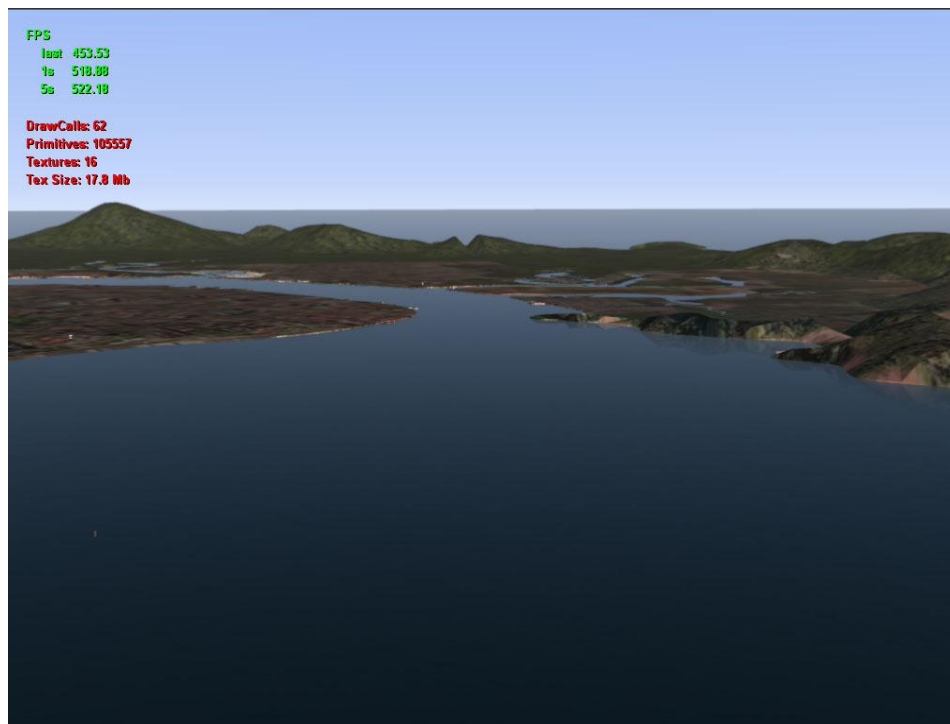


Figura 7 - Modelo 3D da entrada do canal do porto de Santos.

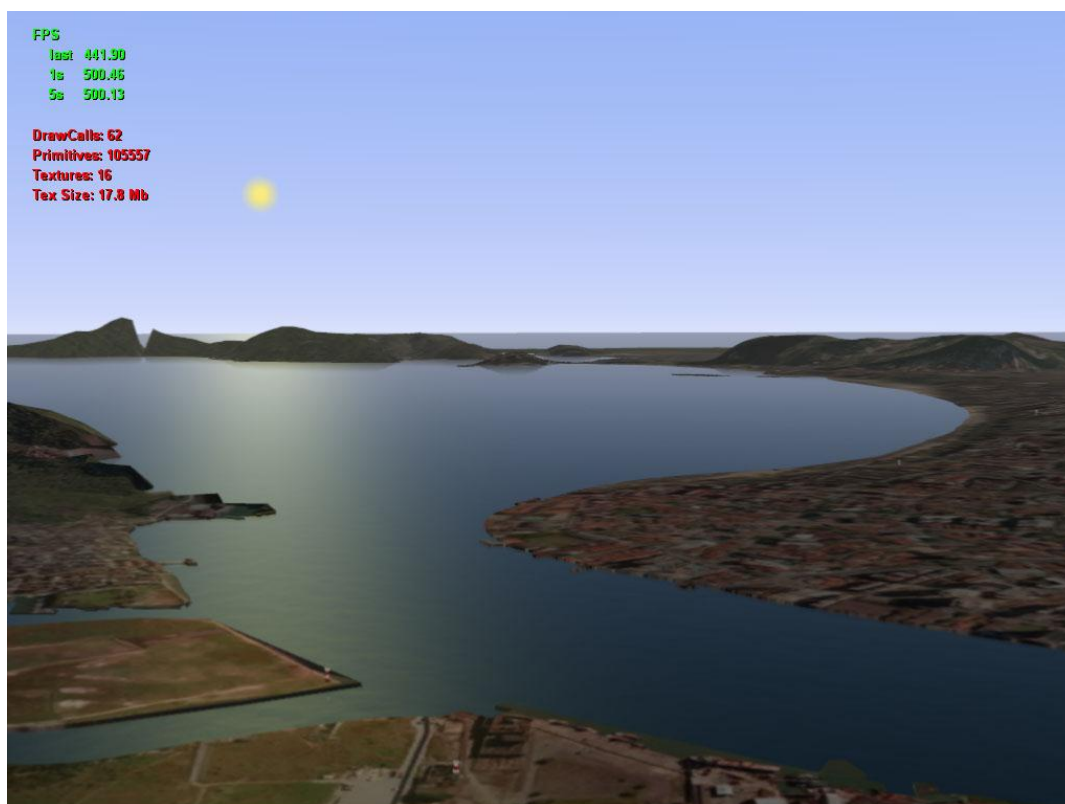


Figura 8 - Modelo 3D porto de Santos.

4. Premissas da Simulação Numérica

Foram realizadas simulações de navegabilidade do navio-tipo em um balizamento modificado, o qual defende o novo traçado geométrico do canal definido em estudos (vide figura 2).

Foi utilizado nas simulações 1 modelo de navio, de número de identificação interna ID 3691, cujas características no SIMFLEX NAVIGATOR estão apresentadas a seguir nas Figuras 9 e 10.

O ângulo máximo do leme foi limitado em 20°, de forma a permitir margem de segurança para eventuais imprevistos, resguardando recursos adicionais. Em nenhum momento foi utilizado suporte de rebocadores.


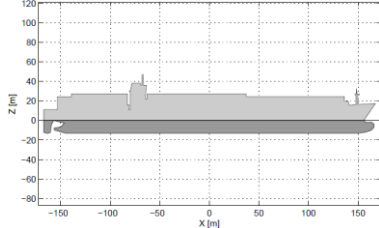
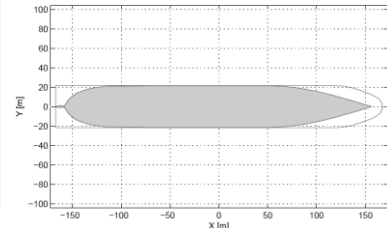
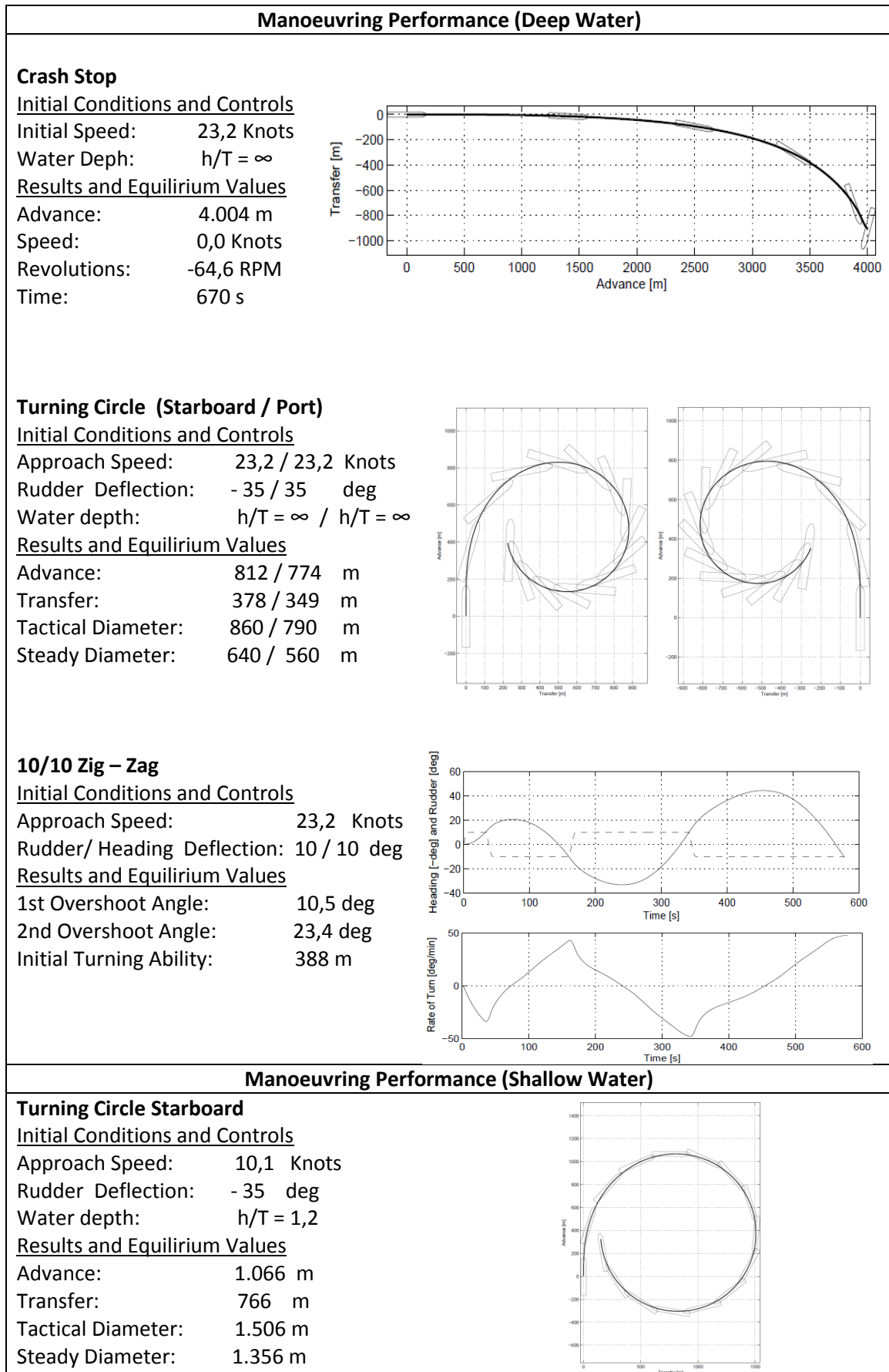
PILOT CARD																																																								
ID: 3691		Ship Name: CMA CGM Nabucco		Date: January 2013																																																				
Ship's Particulars																																																								
LOA:	<u>334,07</u>	m	Frontal Wind Area:	<u>1.518</u> m ²																																																				
LPP :	<u>314,71</u>	m	Lateral Wind Area:	<u>8.441</u> m ²																																																				
Beam:	<u>42,8</u>	m	Wetted Surface:	<u>16.912</u> m ²																																																				
Draught (Aft/Fwd):	<u>13,0/13,0</u>	m	Air Draft:	<u>42,8</u> m																																																				
Displacement:	<u>113.192</u>	m ³	Block Coeff:	<u>0,6464</u>																																																				
Propulsion Particulars																																																								
Propulsion Type:	<u>1 FP (Pitch 0,94)</u>																																																							
Engine Type:	<u>Diesei</u>																																																							
Shaft Power (Ahead) Total:	<u>68.640</u> kW																																																							
Propeller Diameter:	<u>9,00</u> m																																																							
Number of Blades:	<u>6</u>																																																							
Direction of Rotation:	<u>clockwise</u>																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ENG SETTING</th> <th rowspan="2">TELEGRAPH</th> <th rowspan="2">RPM</th> <th colspan="2">Speed (kts)</th> </tr> <tr> <th>1000 m</th> <th>15,6 m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,0</td> <td>Full Ahead</td> <td>94</td> <td>23,2</td> <td>Grounded</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>Ahead</td> <td>65</td> <td>16,0</td> <td>12,6</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>Half Ahead</td> <td>50</td> <td>12,3</td> <td>10,1</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>Slow Ahead</td> <td>35</td> <td>8,5</td> <td>7,0</td> </tr> <tr> <td>0,125</td> <td>D. Slow Ahead</td> <td>25</td> <td>6,0</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>-0,125</td> <td>D. Slow Astern</td> <td>-25</td> <td>-2,6</td> <td>-1,4</td> </tr> <tr> <td>-0,25</td> <td>Slow Astern</td> <td>-35</td> <td>-4,9</td> <td>-2,1</td> </tr> <tr> <td>-0,5</td> <td>Half Astern</td> <td>-50</td> <td>-8,7</td> <td>-5,1</td> </tr> <tr> <td>-1,0</td> <td>Full Astern</td> <td>-65</td> <td>-13,0</td> <td>-8,7</td> </tr> </tbody> </table>					ENG SETTING	TELEGRAPH	RPM	Speed (kts)		1000 m	15,6 m	1,0	Full Ahead	94	23,2	Grounded	0,8	Ahead	65	16,0	12,6	0,5	Half Ahead	50	12,3	10,1	0,25	Slow Ahead	35	8,5	7,0	0,125	D. Slow Ahead	25	6,0	5,0	-0,125	D. Slow Astern	-25	-2,6	-1,4	-0,25	Slow Astern	-35	-4,9	-2,1	-0,5	Half Astern	-50	-8,7	-5,1	-1,0	Full Astern	-65	-13,0	-8,7
ENG SETTING	TELEGRAPH	RPM	Speed (kts)																																																					
			1000 m	15,6 m																																																				
1,0	Full Ahead	94	23,2	Grounded																																																				
0,8	Ahead	65	16,0	12,6																																																				
0,5	Half Ahead	50	12,3	10,1																																																				
0,25	Slow Ahead	35	8,5	7,0																																																				
0,125	D. Slow Ahead	25	6,0	5,0																																																				
-0,125	D. Slow Astern	-25	-2,6	-1,4																																																				
-0,25	Slow Astern	-35	-4,9	-2,1																																																				
-0,5	Half Astern	-50	-8,7	-5,1																																																				
-1,0	Full Astern	-65	-13,0	-8,7																																																				
General Arrangement																																																								
  																																																								
Steering Particulars																																																								
Number of Rudders:	<u>1</u>		Bow Thruster:	<u>1</u>																																																				
Type of Rudder:	<u>Semi Spade</u>		Bow Thruster Power:	<u>2500</u> kW																																																				
Area of Rudder:	<u>104,16</u> m ²																																																							
Max Angle:	<u>35</u> deg																																																							
Turning Velocity (two pumps):	<u>2,55</u> deg/sec																																																							
Midships to Hardover:	<u>13,73</u> sec																																																							

Figura 9: Pilot Card 1 – ID: 3691 – Navio CMA CGM Nabucco (13m calado).



Manoeuvring Performance (Shallow Water)

Turning Circle Starboard

Initial Conditions and Controls

Approach Speed: 10,1 Knots

Rudder Deflection: - 35 deg

Water depth: $h/T = 1,2$

Results and Equilibrium Values

Advance: 1.066 m

Transfer: 766 m

Tactical Diameter: 1.506 m

Steady Diameter: 1.356 m

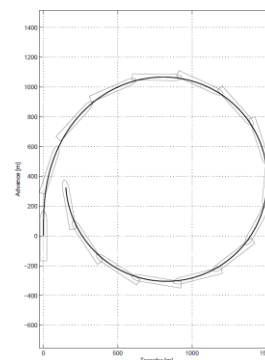


Figura 10: Pilot Card 2 – ID: 3691 - Navio CMA CGM Nabucco (continuação).

5. DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

Foram realizadas onze simulações ao longo de três dias (16, 17 e 20 de maio). As simulações estão descritas a seguir.

ENTRADA DO CANAL

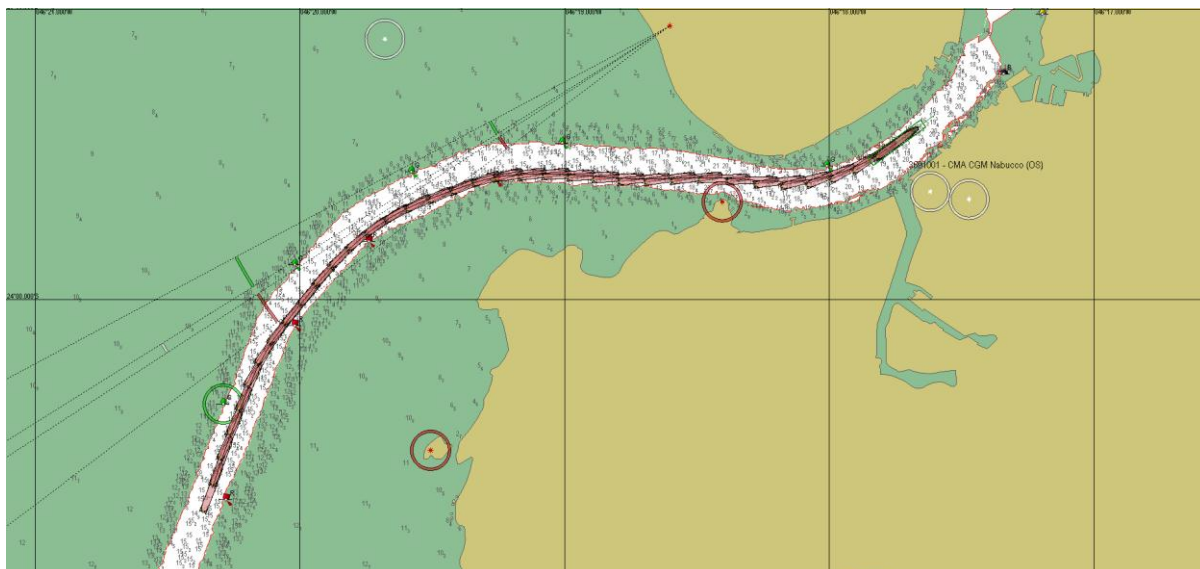
Simulação 1:

Navio 3691
Vento: Zero
Corrente: Zero
Onda: Hs= 1m (Hmáx = 1,86m)

Obs: Corrida de aclimatação. Sem registro gráfico.

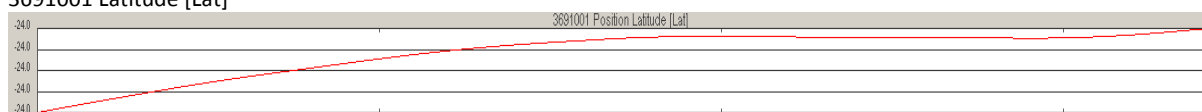
Simulação 2:

Navio 3691
Vento: 8 m/s direção: SW
Corrente: Vazante 1,5 nós.
Onda: Hs=1,5m (Hmáx = 2,79m), direção SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (parte externa do canal)
Hs= 1,0m (Hmáx = 1,86m), direção SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (entrada do canal)
Duração da simulação: 28 min e 27 segundos

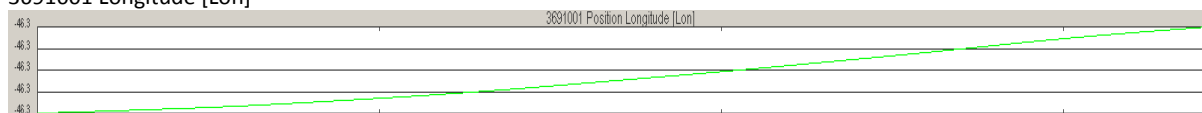


Gráficos:

3691001 Latitude [Lat]

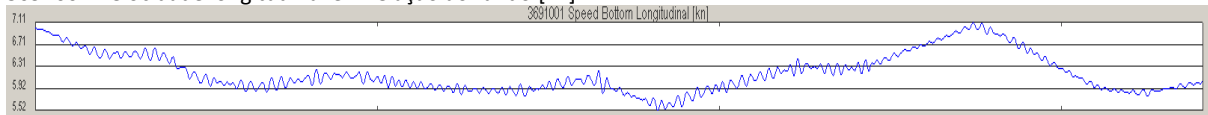


3691001 Longitude [Lon]

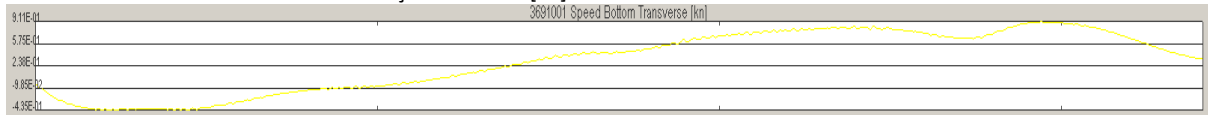




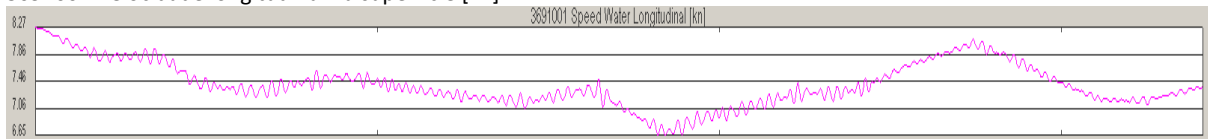
3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]



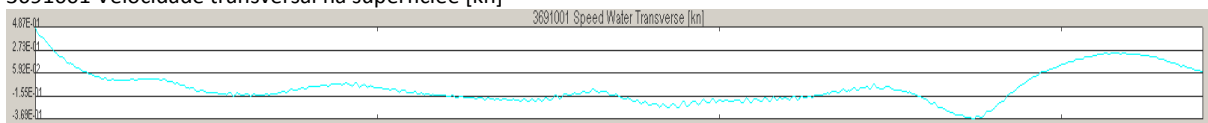
3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]



3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]



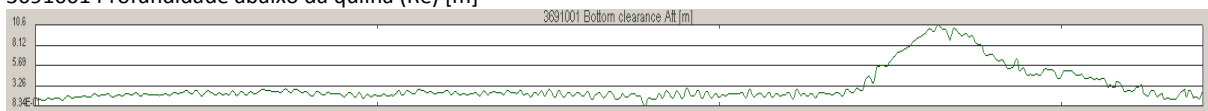
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



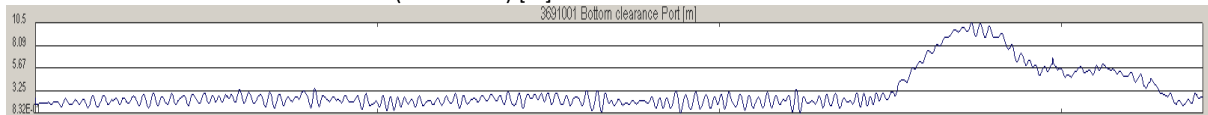
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



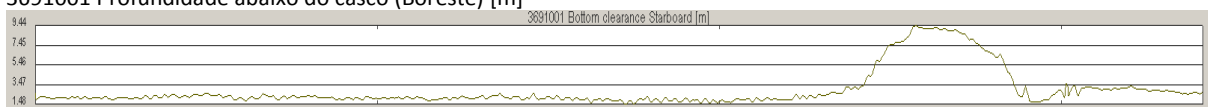
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 3:

Navio 3691

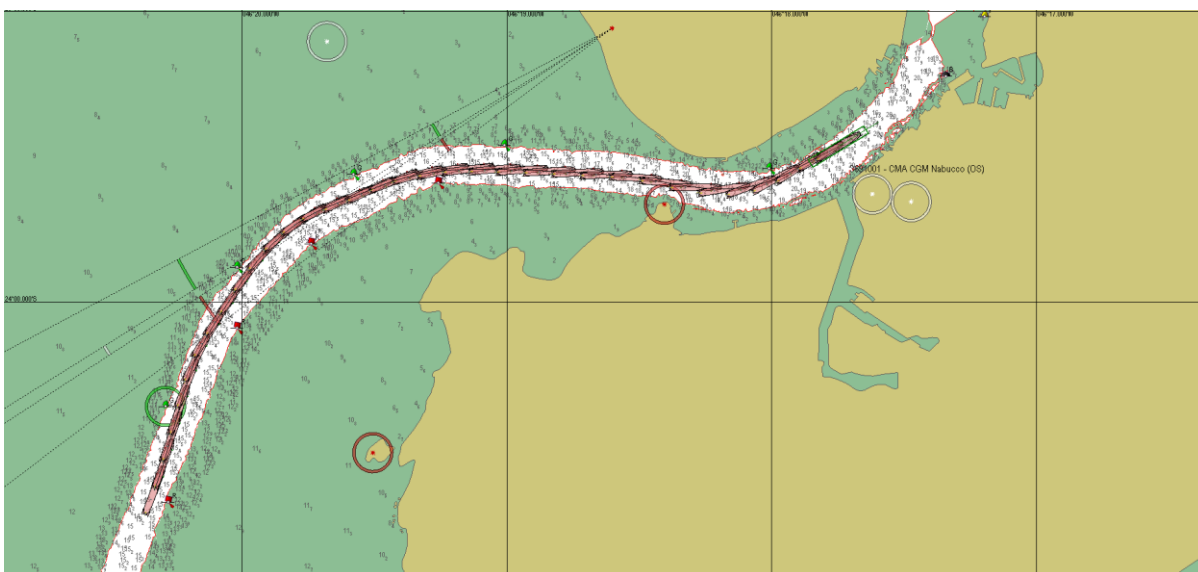
Vento: 8 m/s direção: SW

Corrente: Vazante 1,5 nós

Onda: Hs=1,5m (Hmáx = 2,79m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (parte externa do canal)

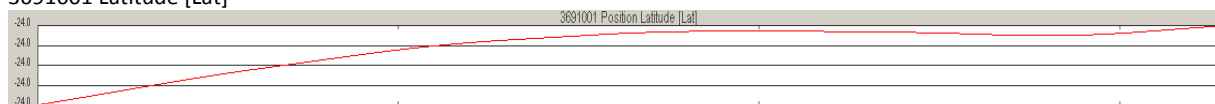
Hs= 1,0m (Hmáx = 1,86m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (entrada do canal)

Duração: 27 min e 20 segundos

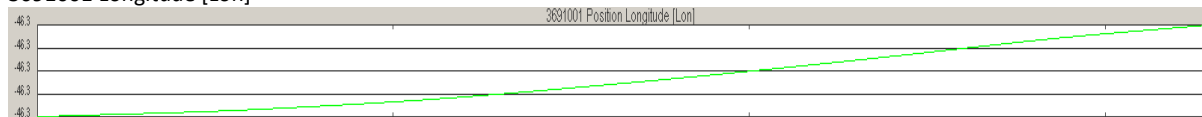


Gráficos:

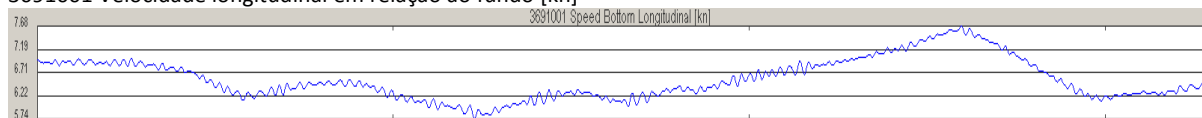
3691001 Latitude [Lat]



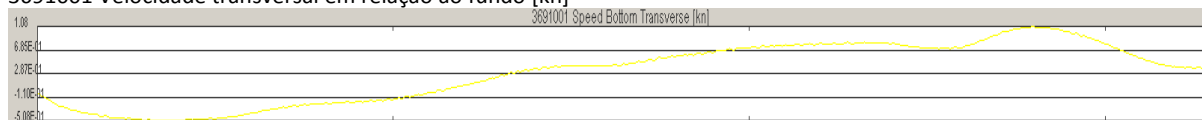
3691001 Longitude [Lon]



3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]

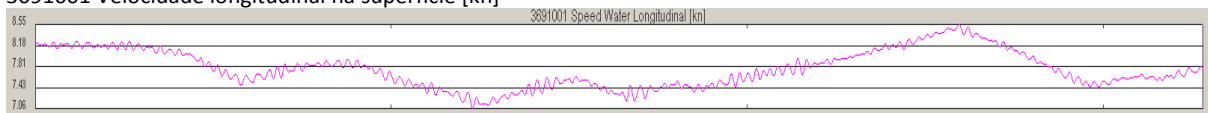


3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

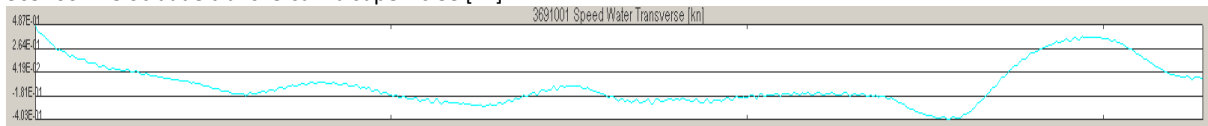




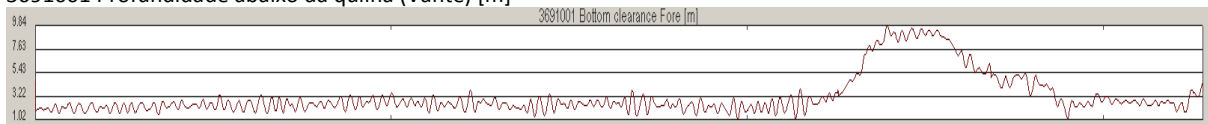
3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]



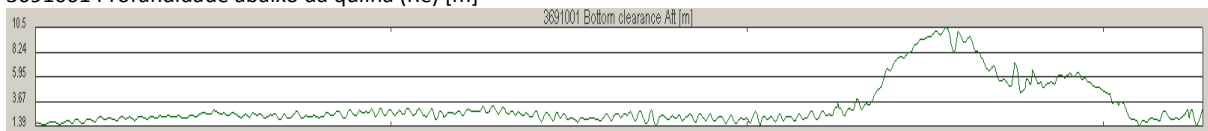
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



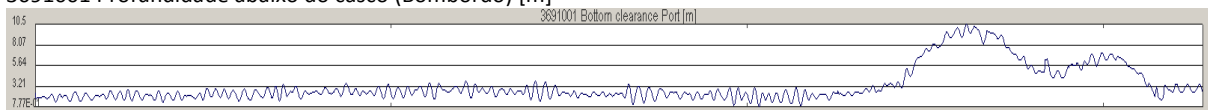
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



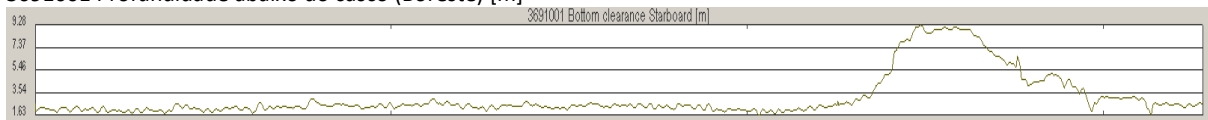
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 4:

Navio 3691

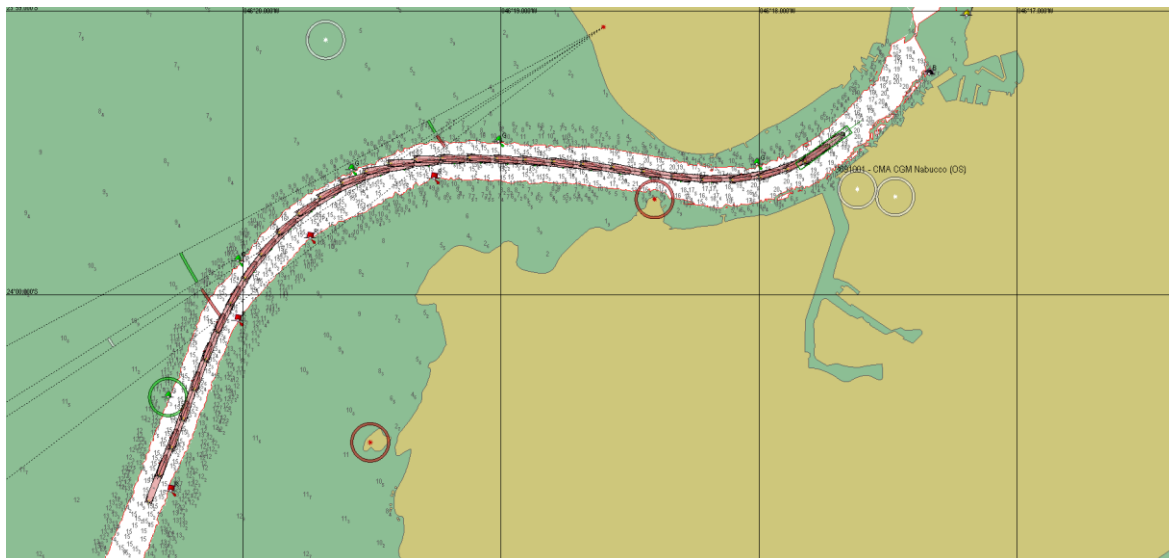
Vento: 10 m/s direção: SW

Corrente: Enchente 1,0 nó

Onda: $H_s=1,5\text{m}$ ($H_{\text{máx}} = 2,79\text{m}$) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (parte externa do canal)

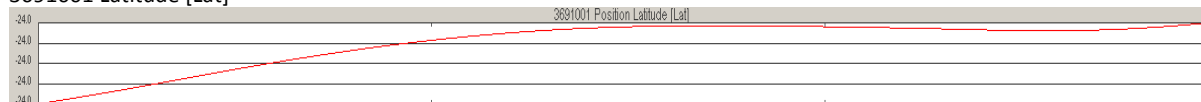
$H_s= 1,0\text{m}$ ($H_{\text{máx}} = 1,86\text{m}$) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (entrada do canal)

Duração: 24 min e 45 segundos

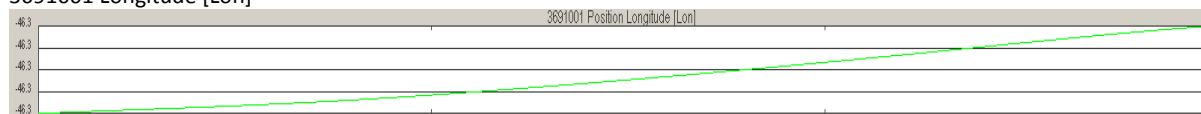


Gráficos:

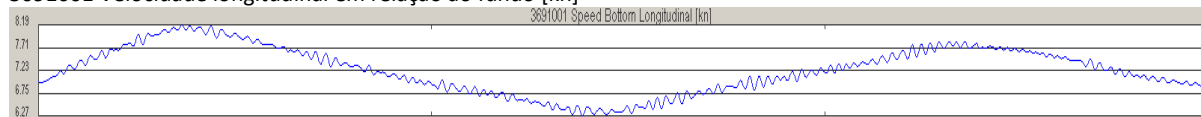
3691001 Latitude [Lat]



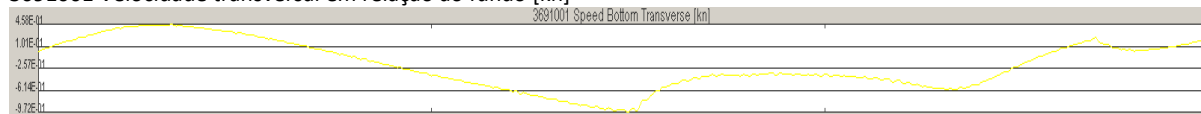
3691001 Longitude [Lon]



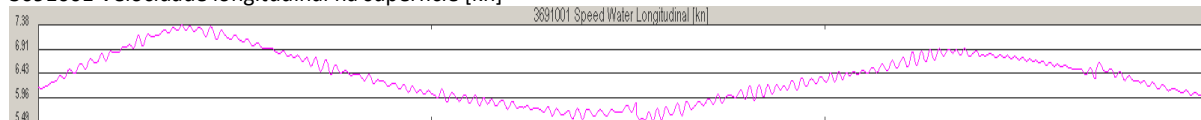
3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]



3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

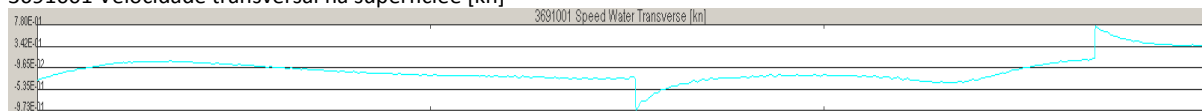


3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]

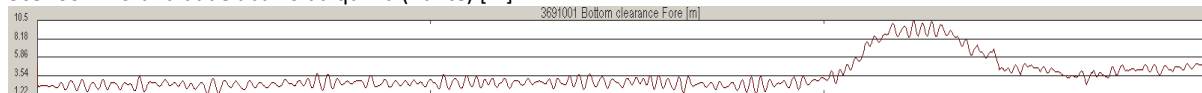




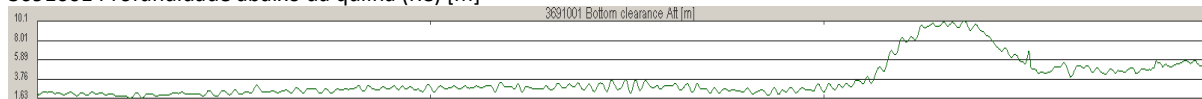
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



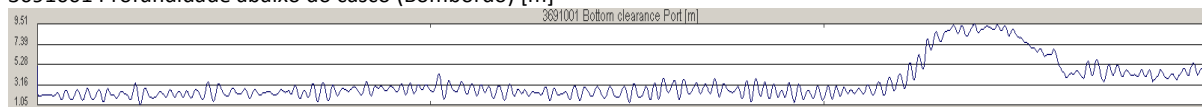
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



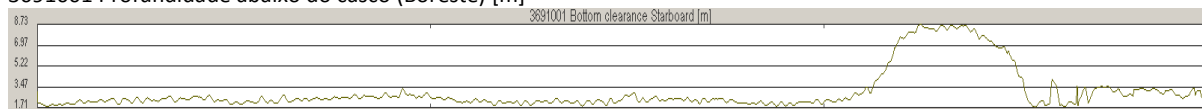
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 5:

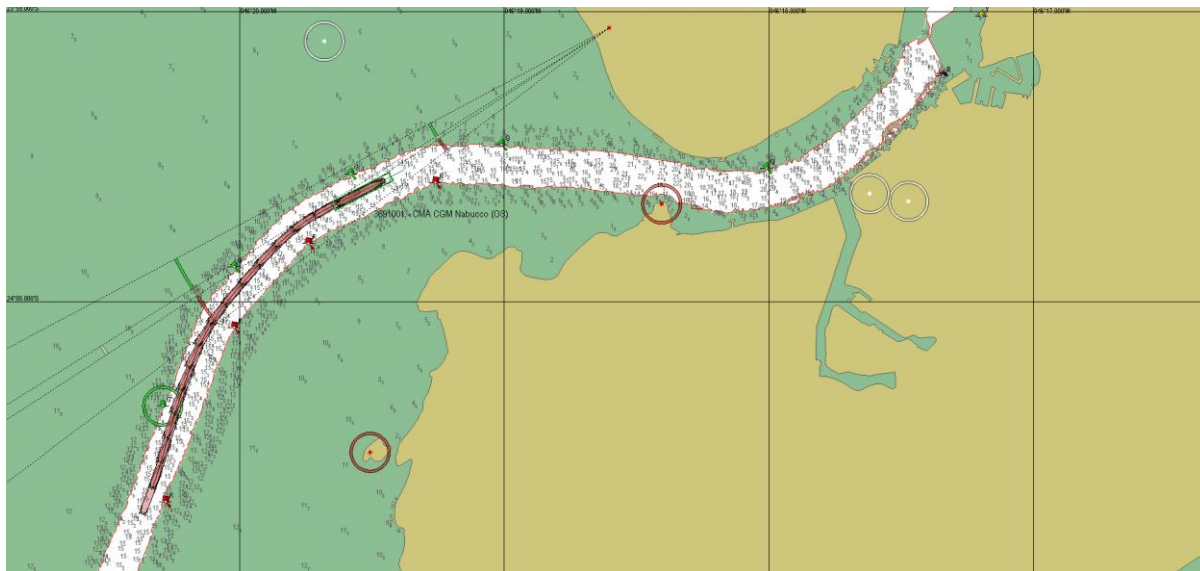
Navio 3691

Vento: 12 m/s Direção:SW

Corrente: Vazante 1,5 nós

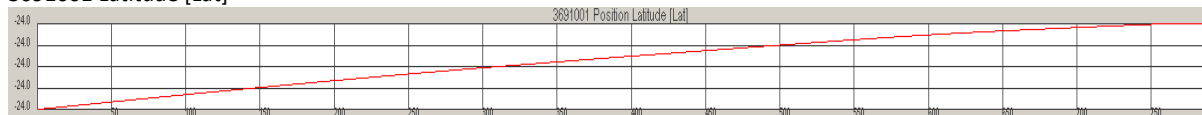
Onda: Hs= 2,5m (Hmáx: 4,65m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Duração: 13 min e 07 segundos (até o encalhe)

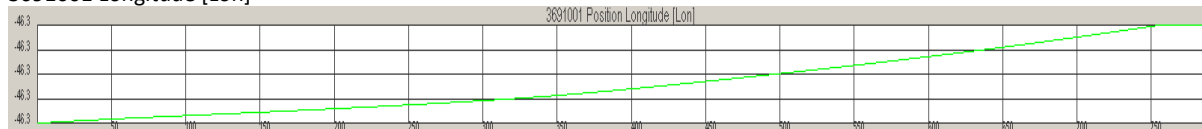


Gráficos:

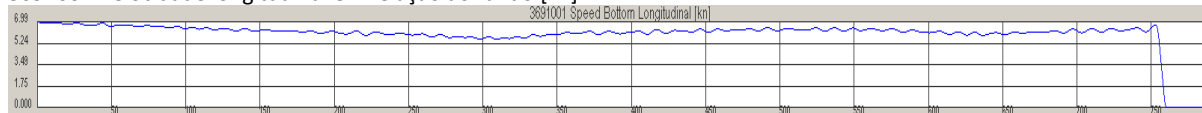
3691001 Latitude [Lat]



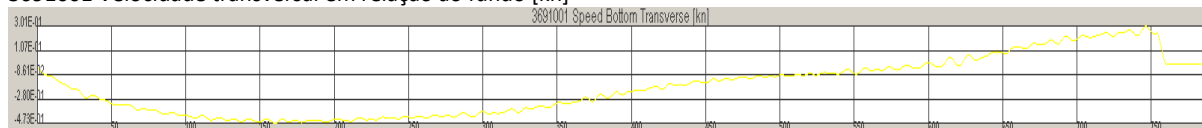
3691001 Longitude [Lon]



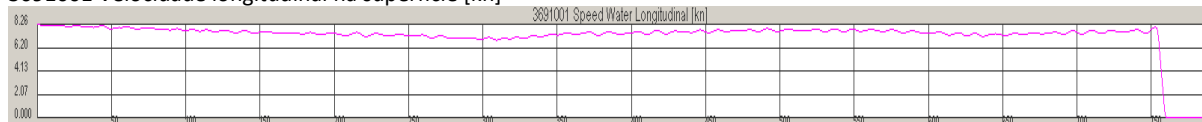
3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]



3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

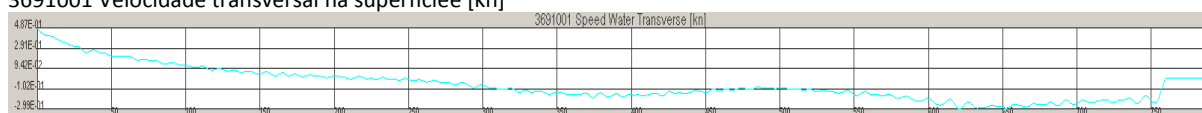


3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]

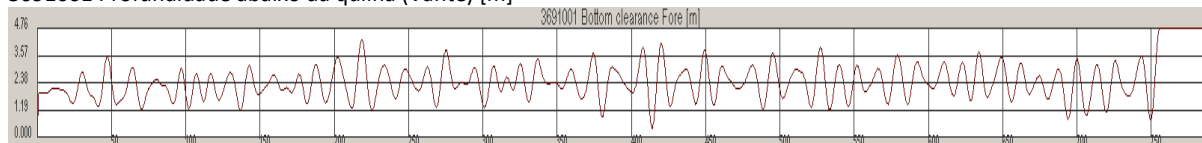




3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



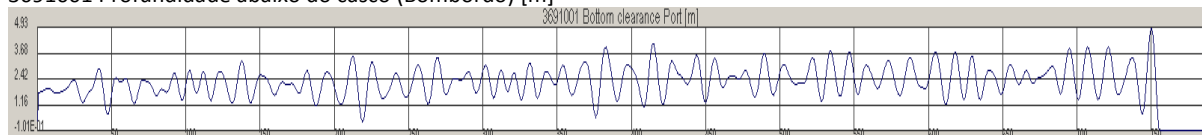
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 6:

Navio 3691

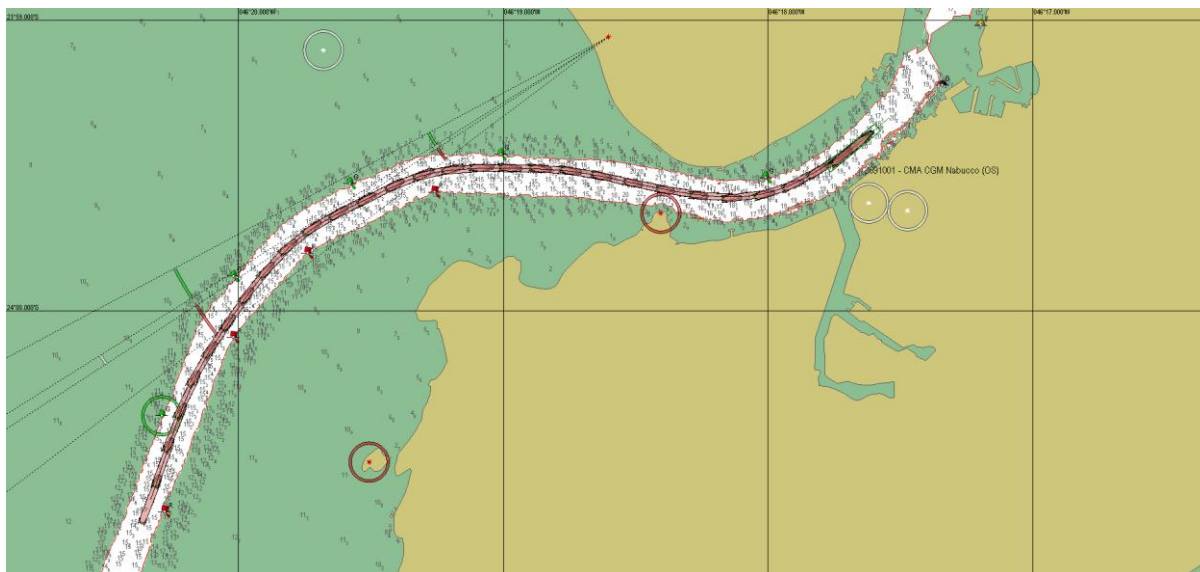
Vento: 12 m/s Direção: SW

Corrente: Vazante 1,5 nós

Onda: Hs=1,8m (Hmáx = 3,35m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (parte externa do canal)

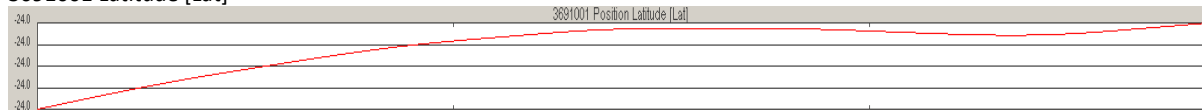
Hs= 1,0m (Hmáx = 1,86m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP (entrada do canal)

Duração: 23 minutos e 24 segundos

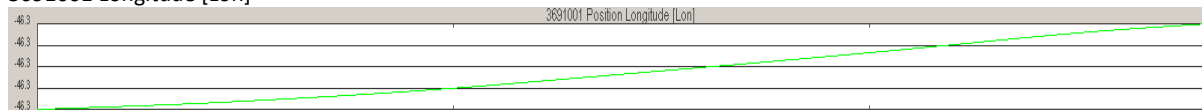


Gráficos:

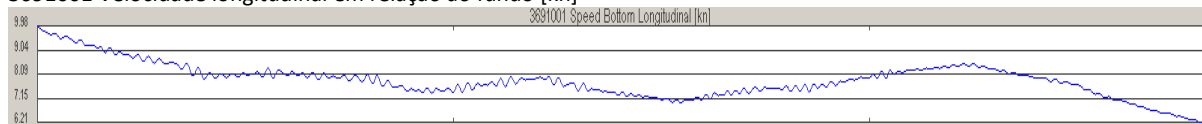
3691001 Latitude [Lat]



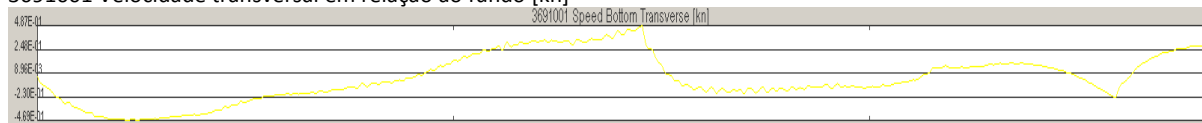
3691001 Longitude [Lon]



3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]

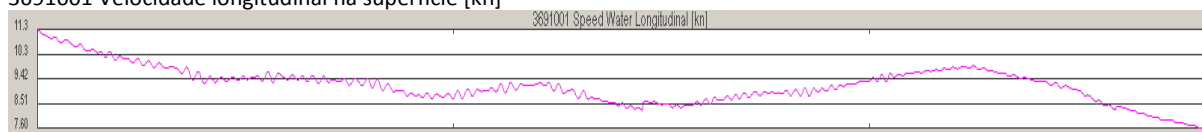


3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

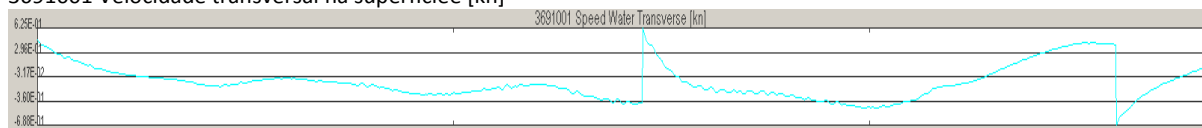




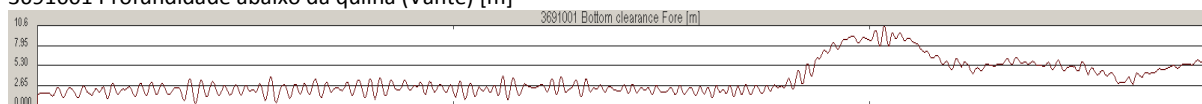
3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]



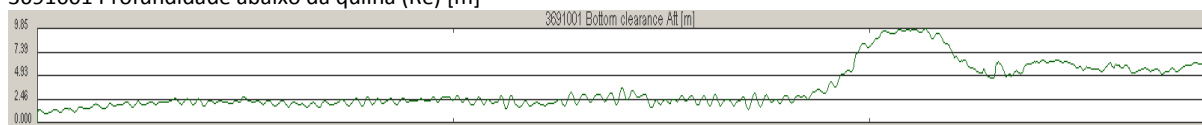
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 7:

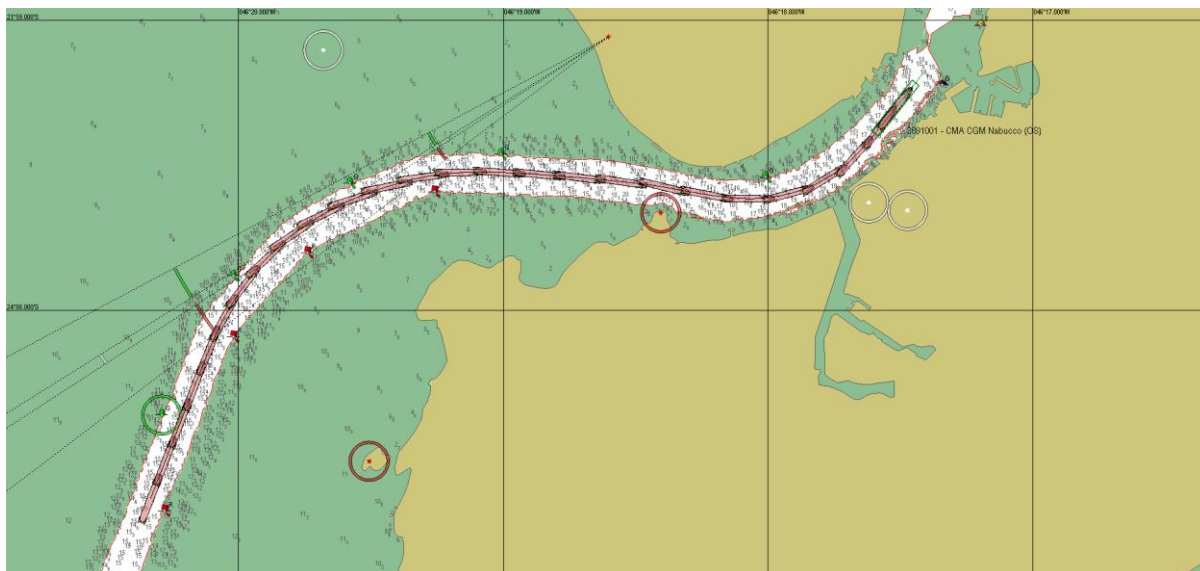
Navio 3691

Vento: 12 m/s Direção: SW

Corrente: Enchente 1,0 nó

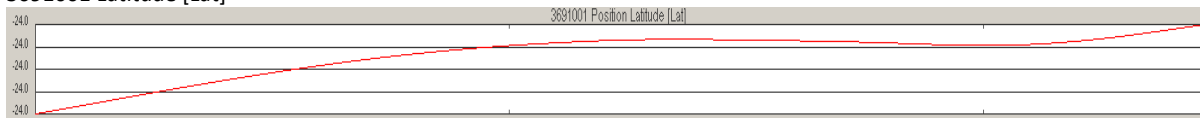
Onda: Hs=1,0m (Hmáx = 1,86m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Duração: 20 minutos e 32 segundos

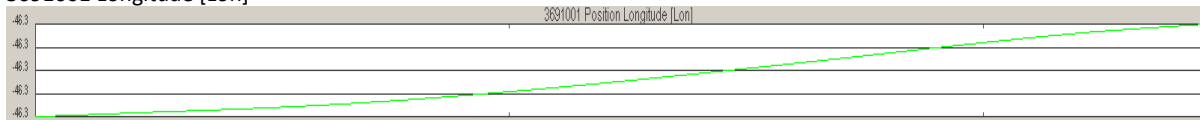


Gráficos:

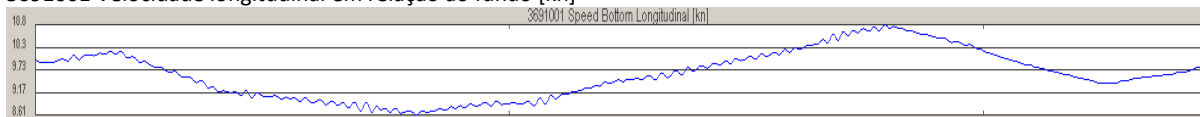
3691001 Latitude [Lat]



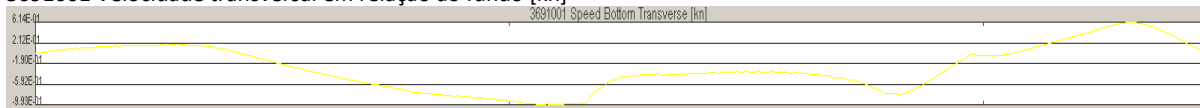
3691001 Longitude [Lon]



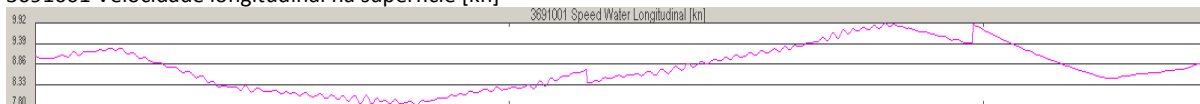
3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]



3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

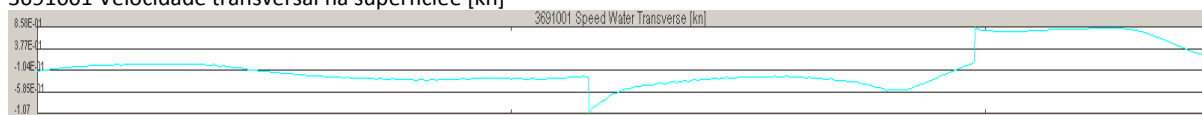


3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]





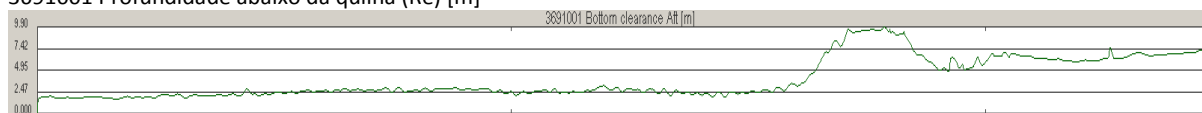
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



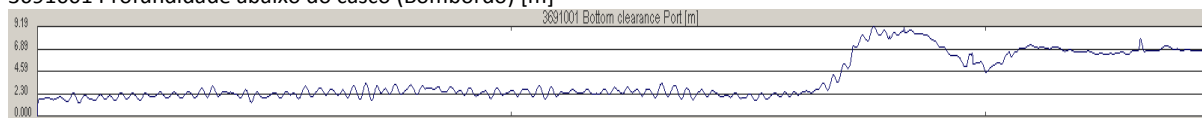
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



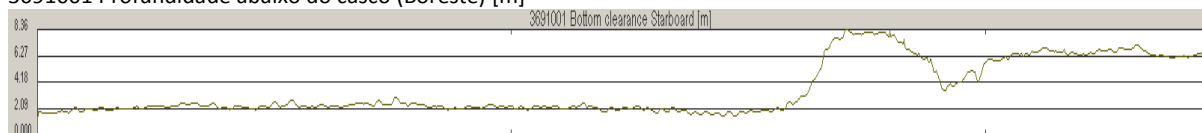
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 8:

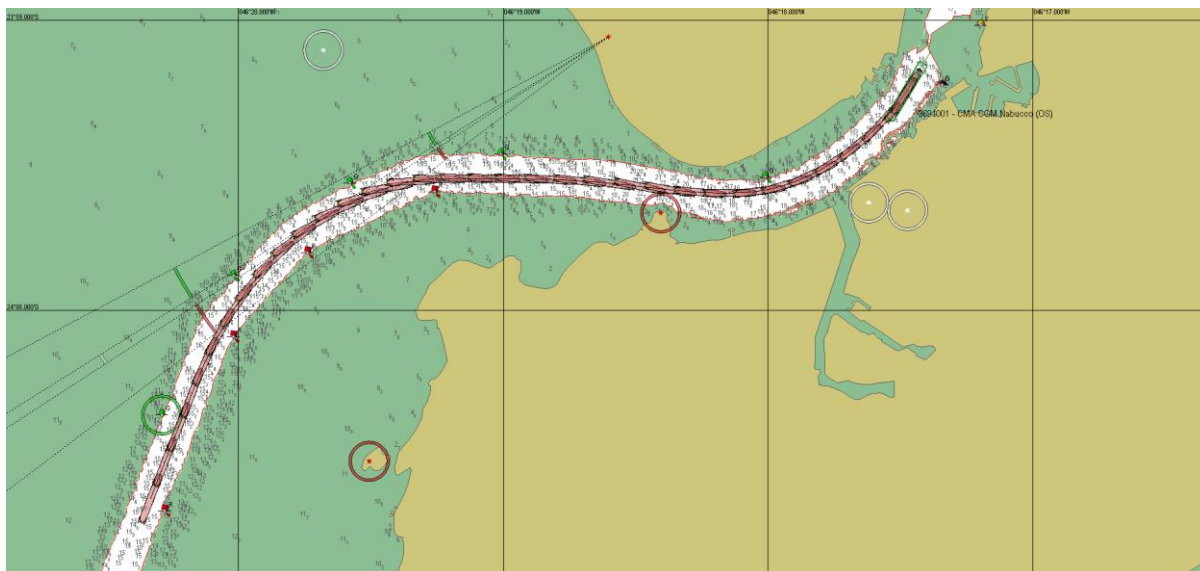
Navio 3691

Vento: 12 m/s Direção: SW

Corrente: Enchente 1,0 nó

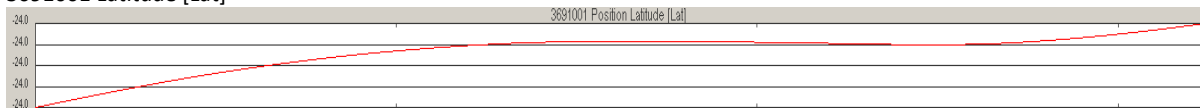
Onda: Hs=1,0m (Hmáx = 1,86m) direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Duração: 26 minutos e 58 segundos

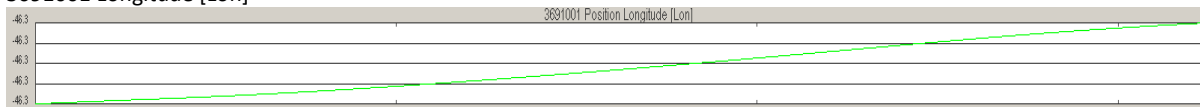


Gráficos:

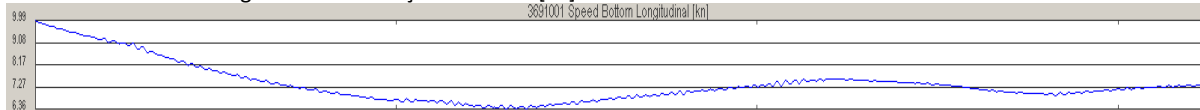
3691001 Latitude [Lat]



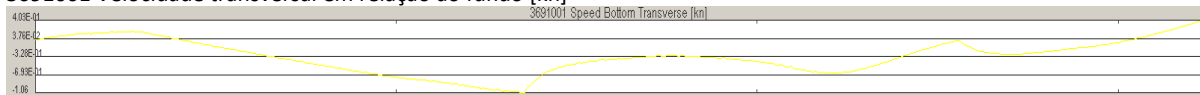
3691001 Longitude [Lon]



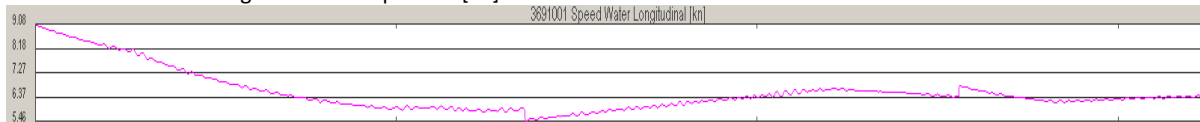
3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]



3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

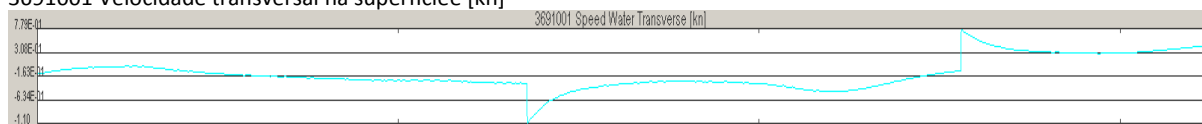


3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]

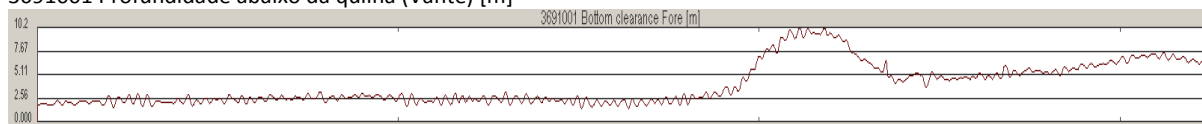




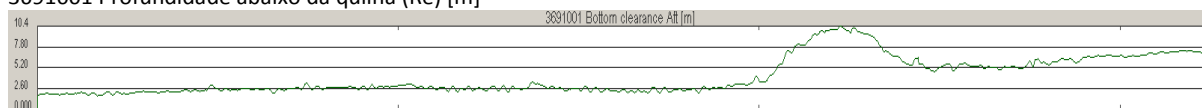
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



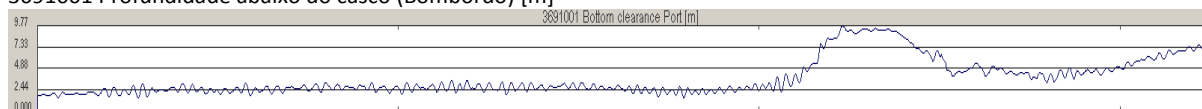
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



SAÍDA DO CANAL

Simulação 9:

Navio 3691

Velocidade Inicial: 6,0 nós

Vento: 12 m/s Direção: SW

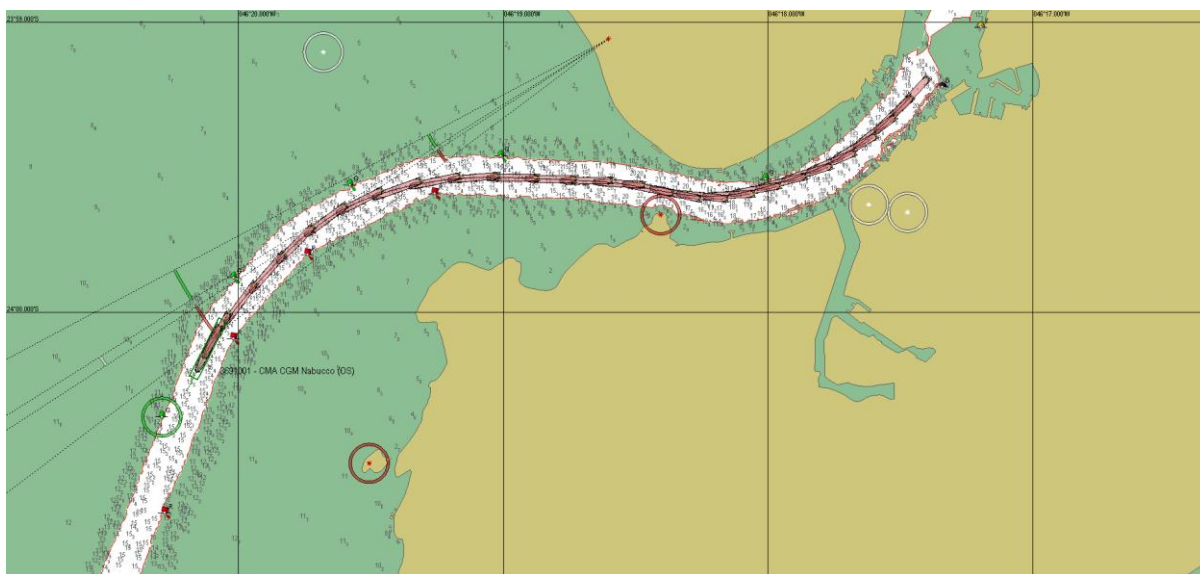
Corrente: Vazante 1,5 nós

Onda: Do início até a bóia 8. Hs= 0,7m (Hmáx = 1,30m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Da bóia 8 até a bóia 6. Hs= 1,5m (Hmáx = 2,79m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

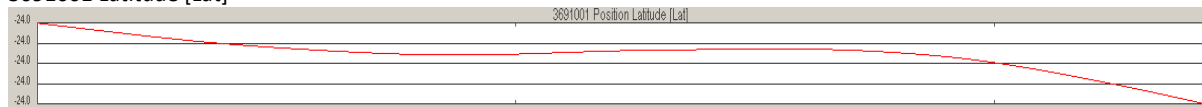
A partir da bóia 6: Hs= 1,8m (Hmáx = 3,35m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Duração: 20 minutos e 20 segundos

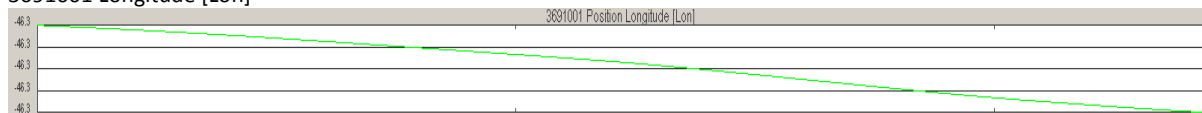


Gráficos:

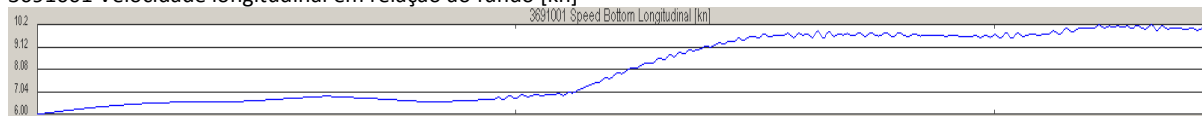
3691001 Latitude [Lat]



3691001 Longitude [Lon]

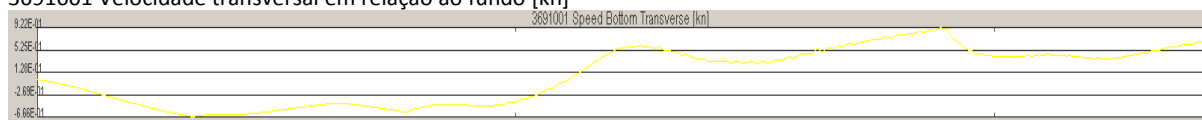


3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]

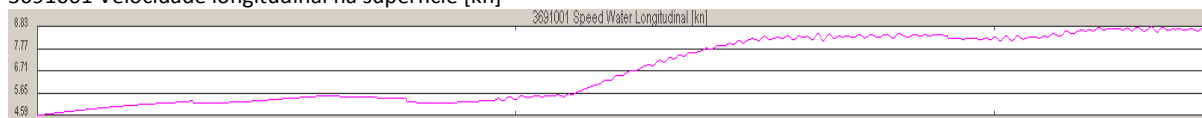




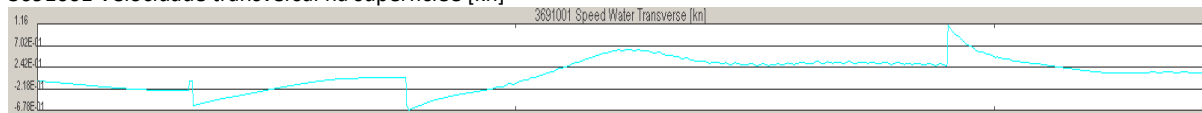
3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]



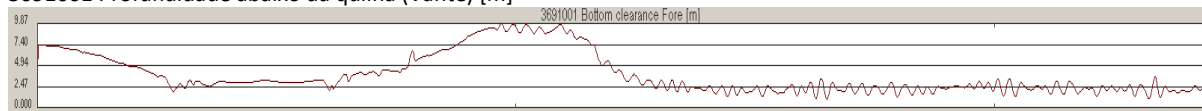
3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]



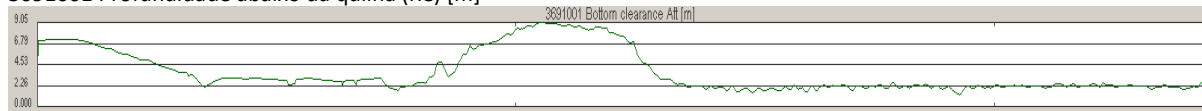
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



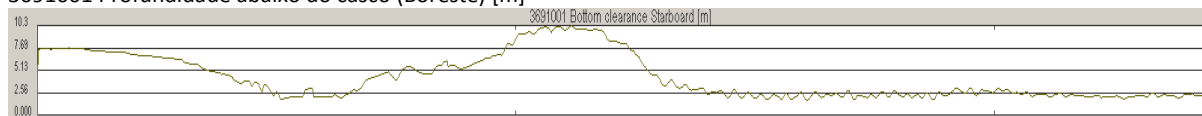
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 10:

Navio 3691

Velocidade Inicial: 6,0 nós

Vento: 12 m/s SW

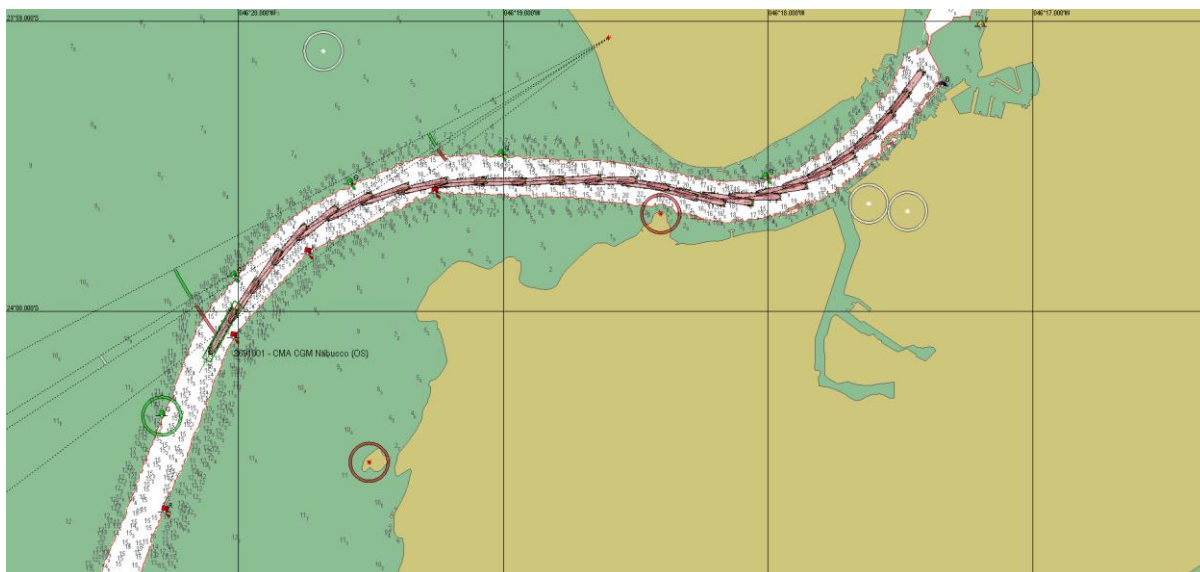
Corrente: Vazante 1,5 nós

Onda: Do início até a bóia 8. Hs= 0,7m (Hmáx = 1,30m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Da bóia 8 até a bóia 6. Hs= 1,5m (Hmáx = 2,79m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

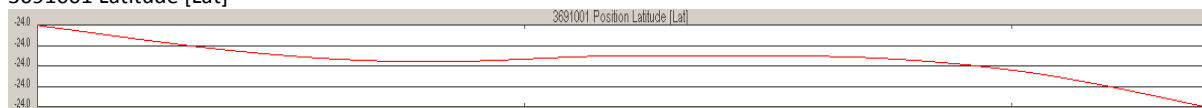
A partir da bóia 6: Hs= 1,8m (Hmáx = 3,35m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

Duração: 19 minutos e 59 segundos

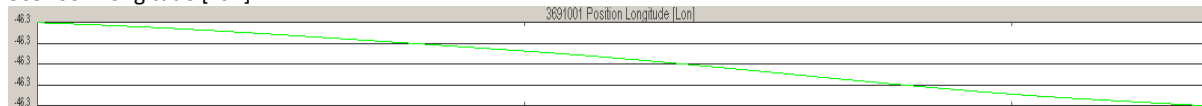


Gráficos:

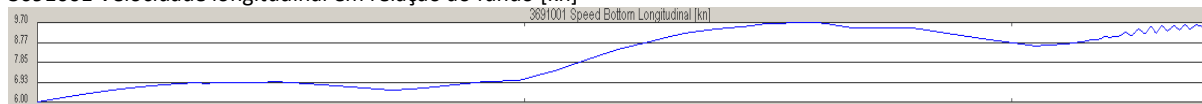
3691001 Latitude [Lat]



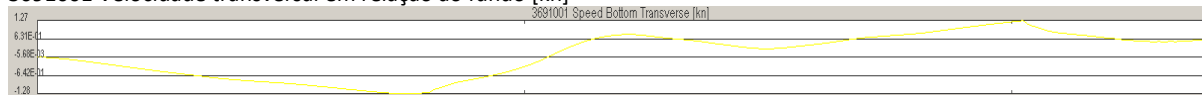
3691001 Longitude [Lon]



3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]

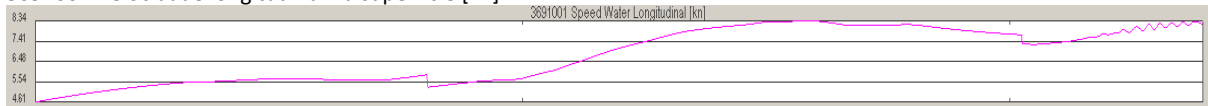


3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]

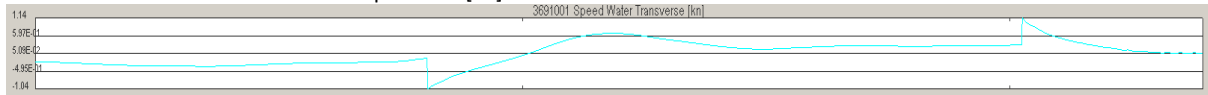




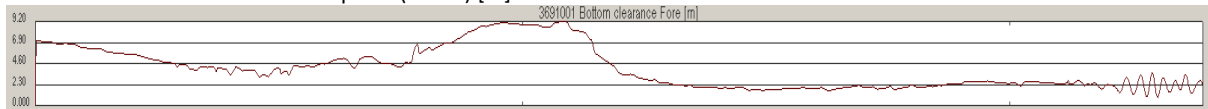
3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]



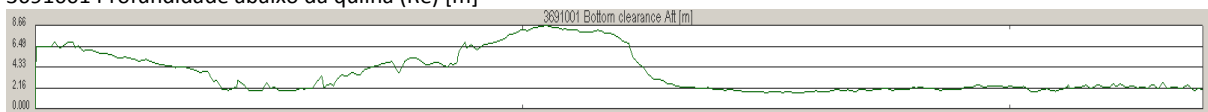
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



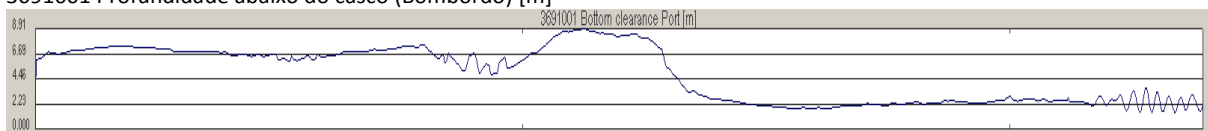
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



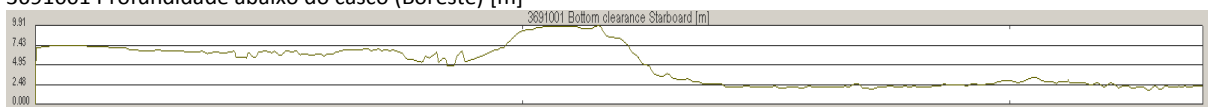
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



Simulação 11:

Navio 3691

Velocidade Inicial: 6,0 nós

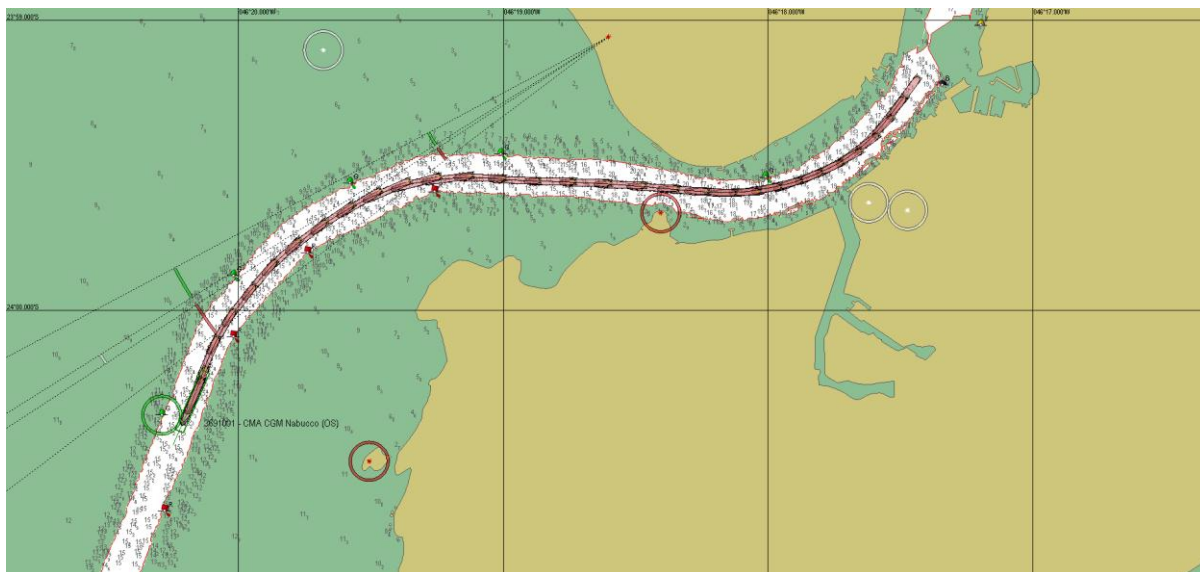
Vento: 12 m/s SW

Corrente: Enchente 1,0 nó

Onda: Do início até a bóia 8. Hs= 0,7m (Hmáx = 1,30m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

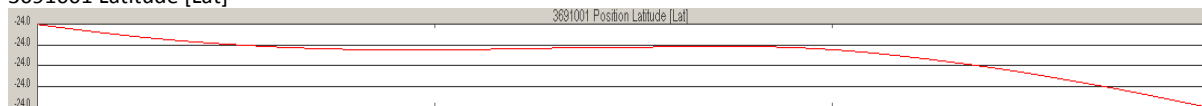
Da bóia 8 até a bóia 6. Hs= 1,5m (Hmáx = 2,79m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

A partir da bóia 6: Hs= 1,8m (Hmáx = 3,35m) Direção: SSW, período médio de 10 seg, espectro JONSWAP

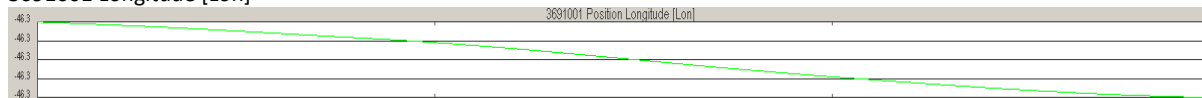


Gráficos:

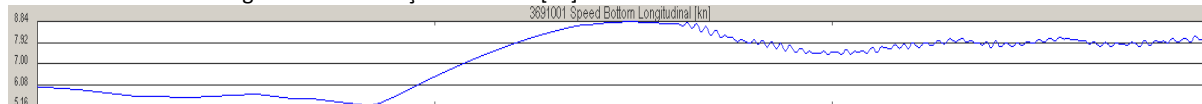
3691001 Latitude [Lat]



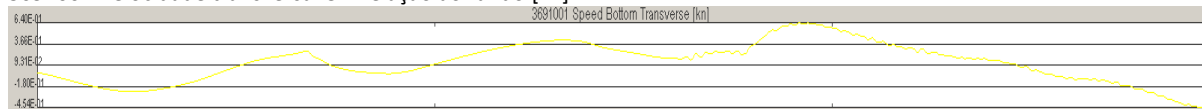
3691001 Longitude [Lon]



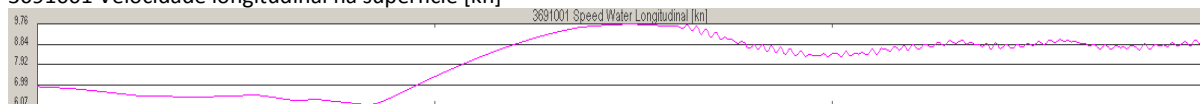
3691001 Velocidade longitudinal em relação ao fundo [kn]



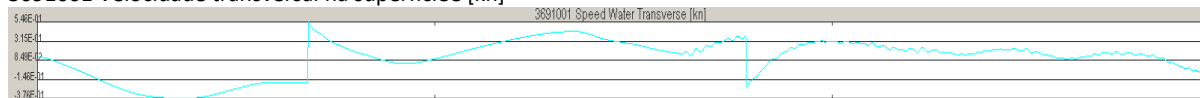
3691001 Velocidade transversal em relação ao fundo [kn]



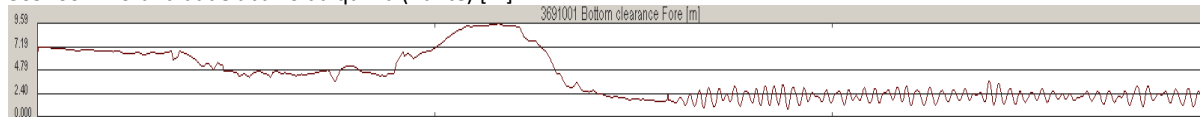
3691001 Velocidade longitudinal na superfície [kn]



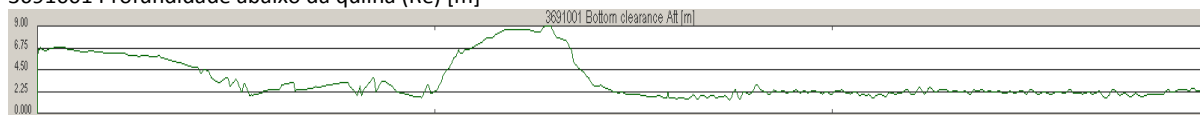
3691001 Velocidade transversal na superfície [kn]



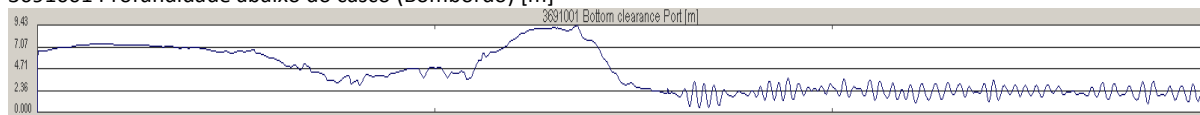
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Vante) [m]



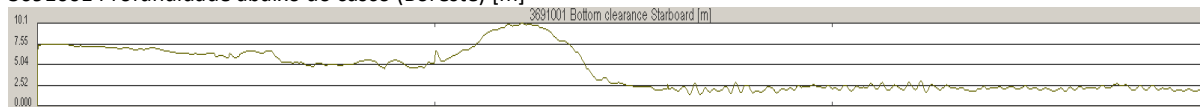
3691001 Profundidade abaixo da quilha (Ré) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Bombordo) [m]



3691001 Profundidade abaixo do casco (Boreste) [m]



6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que para um navio de características semelhantes ao do modelo utilizado, o projeto de balizamento permite com segurança a manobra, nas condições utilizadas e apresentadas.

Verificou-se também que com a existência de ondas com $H_s=2,5\text{m}$ ($H_{\text{máx}} = 4,65\text{m}$), ocorreu um encalhe devido ao caturro (pitch) do navio.

Reiterando que não foi considerada altura de maré, mesmo sabendo que as correntes aplicadas (1,0 nó na enchente e 1,5 nós na vazante) não ocorrem no estofo de baixamar.

Sugere-se a ampliação do estudo, incluindo diferentes condições ambientais não contempladas no presente, tais quais visibilidade restrita e noturna.