



Tanque de Provas Numérico

Projeto

Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário
de São Sebastião - SP (TEBAR)

RELATÓRIO 3: SIMULAÇÃO DE MANOBRAS EM TEMPO REAL

NOVEMBRO 2019



Tanque de Provas Numérico

Projeto

Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião - SP (TEBAR)

Relatório 3: Simulação de Manobras em Tempo Real

PROJETO						
Análise de operação a contrabordo no Terminal de São Sebastião - SP (TEBAR)						
	CÓDIGO DO RELATÓRIO			TÍTULO DO RELATÓRIO		
	RT3-revA			Simulação de Manobras em Tempo Real		
CLIENTE	COORDENADOR CLIENTE			COORDENADOR TPN		
	Gerência de Eficiência Operacional e Novas Operações			Prof Dr. Eduardo Aoun Tannuri		
	EQUIPE TPN-USP					
Comte Francisco Haranaka (Consultor)			Eng. Naval Edgard Malta			
Eng. Naval MSc. Felipe Rateiro			Eng. Mec. Gustavo Silva			
Eng. Mec. Felipe Masetti						
Graduanda Mariana Basile						
	ORIGINAL	REVISÃO A	REVISÃO B	REVISÃO C	REVISÃO D	REVISÃO E
DATA	06/11/2014	07/04/2015	05/11/2019			
EXECUÇÃO	Equipe	EAT	EAT			
VERIFICAÇÃO	FR/FH/EAT					
APROVAÇÃO	EAT					

Sumário

SUMÁRIO EXECUTIVO	5
1. Introdução	7
2. Área de Estudo	9
2.1. Batimetria	11
2.2. Sinalização Náutica	13
2.3. Modelo Visual	14
3. Embarcações tipo	16
3.1. Embarcação tipo 1: VLCC (300.000DWT)	16
3.2. Embarcação tipo 2: Suezmax (150.000DWT)	18
3.3. Embarcação tipo 3: Aframax (105.000DWT)	19
3.4. Embarcação tipo 4: Panamax (60.000DWT)	21
3.5. Embarcação tipo 5: Handymax (45.000DWT)	22
4. Condições Ambientais	24
4.1. Vento	24
4.2. Corrente e maré	24
4.3. Condições associadas	26
5. Simulações Real-Time - Descrição das manobras	28
5.1. Arranjos de Rebocadores	29
5.2. Apresentação dos Resultados	29
5.3. Manobra 3	32
5.4. Manobra 4	36
5.5. Manobra 5	39
5.6. Manobra 6	43
5.7. Manobra 7	46
5.8. Manobra 8	49
5.9. Manobra 9	53
5.10. Manobra 10	56
5.11. Manobra 11	59
5.12. Manobra 12	62
5.13. Manobra 13	65
5.14. Manobra 14	68
5.15. Manobra 17	71
5.16. Manobra 18	74

5.17.	Manobra 19	78
5.18.	Manobra 20	82
5.19.	Manobra 21	85
5.20.	Manobra 22	88
5.21.	Manobra 23	91
5.22.	Manobra 24	94
5.23.	Manobra 25	97
5.24.	Manobra 26	101
5.25.	Manobra 27	105
6.	Análise técnica resumida	108
6.1.	Berços externos (PP1 e PP3).....	108
6.2.	Berços internos (PP2 e PP4)	110
7.	Análise Crítica dos Resultados da Simulação Real Time	113
7.1.	Considerações gerais	113
7.2.	Manobras no PP1 [Pier Sul Externo].....	113
7.3.	Manobras no PP2 [Pier Sul Interno]	114
7.4.	Manobras no PP3 [Pier Norte Externo]	114
7.5.	Manobras no PP4 [Pier Norte Interno].....	115
7.6.	Conclusões e Recomendações.....	115
8.	Referências	116
9.	Anexo.....	117

SUMÁRIO EXECUTIVO

Este relatório avaliou manobras de navios para atracação e desatracação a contrabordo nos diversos berços do Terminal Aquaviário de São Sebastião (TEBAR-SP). Avaliaram-se embarcações de porte VLCC (300.000DWT), Suezmax (150.000DWT), Aframax (105.000DWT), Panamax (60.000DWT) e Handymax (45.000DWT).

As simulações foram realizadas no laboratório Tanque de Provas Numérico (TPN-USP), entre os dias 13 e 15/10/2014, comandadas por práticos da ZP-16. Um total de 27 simulações foram realizadas. As simulações foram acompanhadas pela Zenith Litoral Consultores Marítimos Ltda, Transpetro, Petrobras, além da equipe do TPN-USP. A Figura 1 apresenta uma foto da execução da simulação e do cenário de estudo.



Figura 1 – (esq) Práticos durante manobra; (dir) Simulação de atracação a contrabordo

Todas as simulações consideraram o uso de 4 rebocadores com o arranjo indicado na Figura 2. O estudo ambiental (Castro e Pereira (2014)) subsidiou a definição das condições de corrente e vento. Foram simulados cenários de corrente NE e SW de velocidade de até 2 nós, associadas a ventos W-SW e NE de 20 nós, tal como indicado na Figura 3.

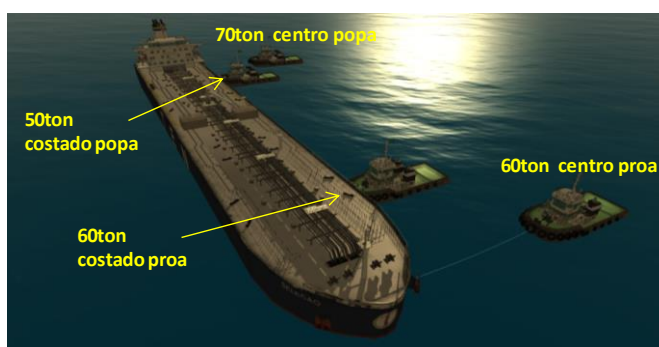


Figura 2 – Arranjo de rebocadores

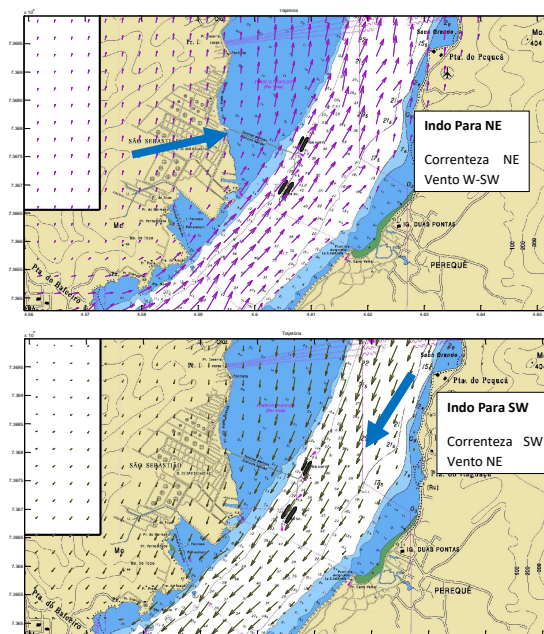


Figura 3 – Condições ambientais

Abaixo resumem-se as principais conclusões acerca da viabilidade, riscos e limites ambientais de cada manobra analisada, bem como as recomendações resultantes do estudo de manobra. Destaca-se que estas conclusões referem-se exclusivamente à análise de manobras, pois as questões de resistência

estrutural dos berços e integridade do sistema de amarração são avaliadas nos outros relatórios do presente estudo (RT1 e RT4).

Berço PP1

- As manobras com navios de porte de VLCC e Suezmax a atracar a contrabordo mostraram-se viáveis.
- Limites ambientais para manobras de VLCC: vento <20 nós ; corrente < 1,2nó.
- Limites ambientais para manobras de Suezmax: vento <20 nós ; corrente < 2,0 nós.
- Recomenda-se que as manobras sejam iniciadas com navios Suezmax na luz do dia, a fim da praticagem obter conhecimento e experiência com tal tipo de manobra.

Berço PP2

- As manobras com navios de porte de Aframax e Panamax foram desaconselhadas para o berço PP2 (interno). A área navegável entre o navio do berço e a isóbata que assegura que o navio não toque no fundo é bastante restrita em termos de espaço físico.

Berço PP3

- As manobras com navios de porte de Suezmax a atracar a contrabordo mostraram-se viáveis.
- Limites ambientais para manobras de Suezmax: vento <20 nós ; corrente < 2,0 nós.
- Recomenda-se que as manobras sejam iniciadas com navios Aframax na luz do dia, a fim da praticagem obter conhecimento e experiência com tal tipo de manobra.

Berço PP4

- As manobras com navios de porte de Handymax foram desaconselhadas para o berço PP4 (interno) devido ao mesmo problema de espaço verificado no PP2, ainda mais agravado para o PP4.
- Um estudo adicional realizado à luz da norma ABNT NBR 13246 indicou que a manobra para o caso de um navio PSV a atracar a contrabordo de um navio Handysize será viável, pois há espaço muito acima do recomendado por esta norma. Acrescenta-se o fato de que navios PSVs possuem recursos próprios para manobras (propulsores azimutais e em túnel na proa) e não necessitam de apoio de rebocadores, podendo manobrar de forma mais segura em espaços restritos.
- Para este último caso (PSV a contrabordo de um navio Handysize no PP4) recomenda-se considerar o limite ambiental para manobra de vento <20 nós ; corrente < 2,0nós tal como sugerido para a operação no PP1.

1. Introdução

O presente relatório aborda a realização de simulações numéricas de manobras do tipo real-time de embarcações para operação a contrabordo no Terminal de São Sebastião TEBAR, localizado em São Sebastião, SP. Os estudos avaliam as manobras com cinco embarcações petroleiras tipo VLCC, Suezmax, Panamax, Aframax e Handymax. A figura abaixo ilustra o cenário de estudo.



Figura 4 – Cenário de Estudo

O objetivo do estudo é avaliar a viabilidade técnica e riscos associados à atracação de navios a contrabordo de navios já atracados nos berços do Terminal. A Figura 5 mostra a nomenclatura adotada para os berços do TEBAR, sendo os Berços Sul denominados PP1 e PP2 e os Berços Norte denominados PP3 e PP4. Destaca-se que a avaliação da amarração e estrutura portuária é alvo de outros relatórios técnicos, e uma pré-avaliação de manobras em fast-time já foi executada.

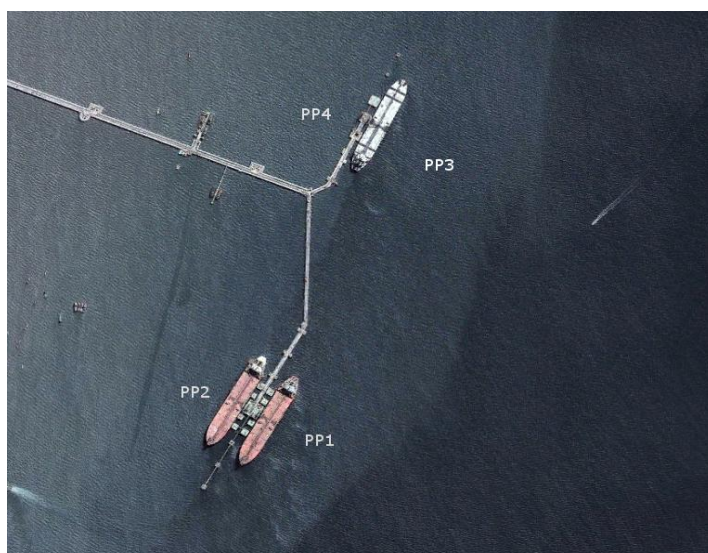


Figura 5 – Configuração de navios no TEBAR em operação a contrabordo

Foram realizadas simulações Real-Time, controladas pelos práticos indicados pela Praticagem de Santos. Estas simulações foram realizadas entre os dias 13 e 15/10/2014 no TPN-USP juntamente com a

empresa incubada Technomar Engenharia, no Simulador Marítimo Hidroviário (SMH-USP), do tipo Full-Mission (Figura 6). Estavam presentes para acompanhar e/ou executar a manobra:

- Petrobras: Eng. Rodrigo Nunes.
- Transpetro: Comte Dionísio Ferrúcio
- Práticos
 - Dias 13 e 14/10
 - PRT Nilson Ferreira dos Santos
 - PRT Marcos da Luz Alves
 - Dias 15 /10
 - PRT Carlos Hermann Guilherme Martins
 - PRT Marcos da Luz Alves
- Zenith Litoral Consultores Marítimos Ltda: Comte Viriato Geraldès
- TPN-USP: Comandante Francisco Haranaka, Prof. Dr. Eduardo A. Tannuri, Eng. Felipe Rateiro, Eng. Felipe Masetti, Eng. Gustavo de Oliveira, Mariana Basile e oficial de marinha mercante Nicolas Hoffman.



Figura 6 – Simulador Full-Mission do TPN-USP utilizado para as simulações

Este relatório descreve todas as premissas utilizadas para a realização das simulações, bem como a análise técnica de cada resultado obtido. Os comentários da praticagem sobre cada manobra realizada são também incluídos.

Ao final, apresentam-se análises críticas dos resultados das simulações realizadas pelo consultor náutico que acompanhou todos os trabalhos, Comandante Francisco Haranaka, embasada nos resultados das simulações, comentários da praticagem e sua experiência e avaliação crítica.

Uma apreciação da Zenith Litoral Consultores Marítimos, realizada pelo Comandante Geraldès Viriato, é também apresentada em seguida.

2. Área de Estudo

As simulações de manobra envolveram a navegação no final do canal de acesso ao Terminal de São Sebastião, giro na Baía de Evolução e Atracação a contrabordo, bem como a manobra inversa (de saída). As figuras a seguir mostram a área de estudo, e detalhes do terminal.

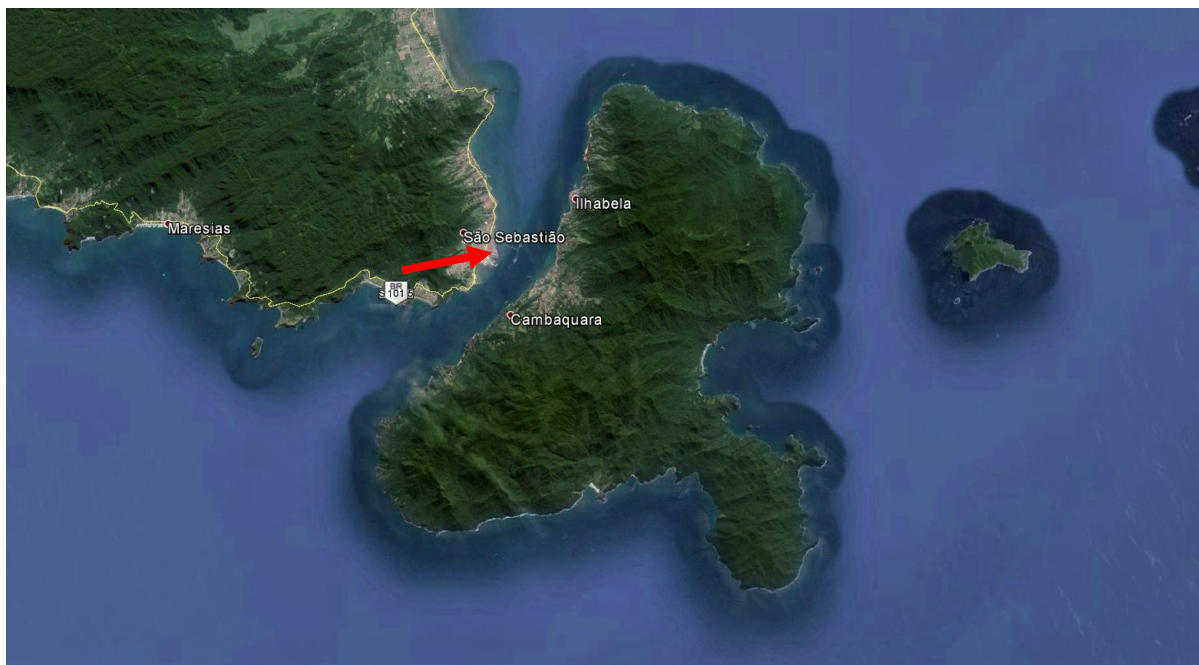


Figura 7 – Imagem da área de estudo. Fonte: Google

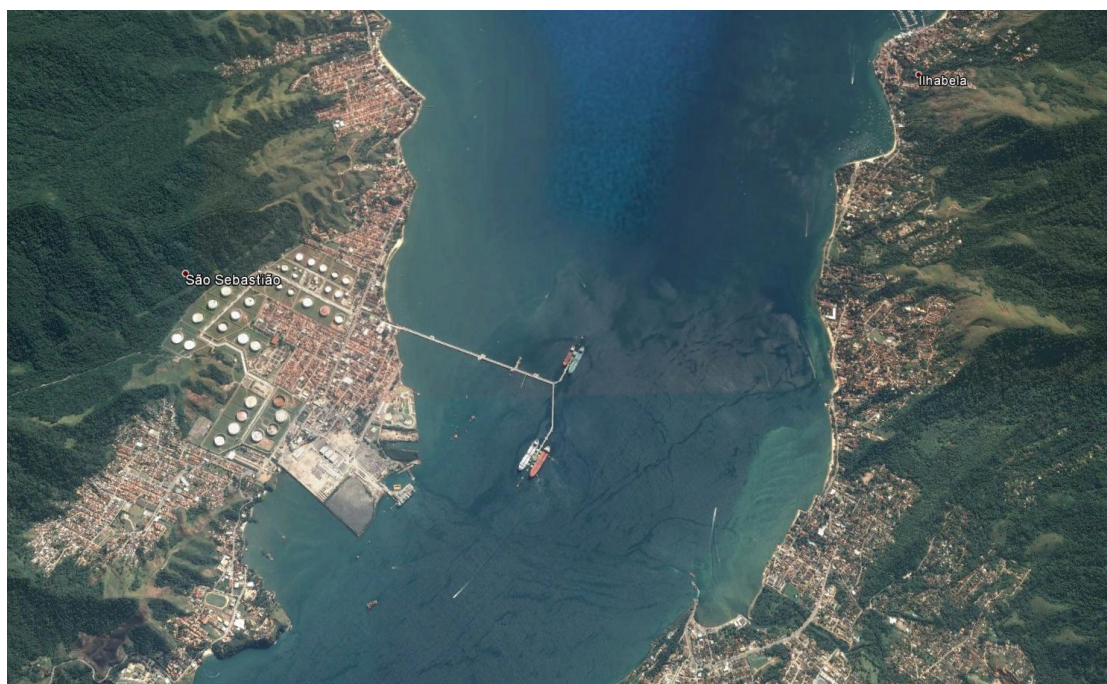


Figura 8 – Área de estudo com mais detalhes. Fonte: Google

2.1. Batimetria

Adotou-se a batimetria indicada na carta náutica disponível na Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN da Marinha do Brasil (carta náutica DHN 1645).

Esta foi confrontada com os levantamentos batimétricos de 2010 (Figura 11) e de 2014 (Figura 12) apresentados pela Petrobras.

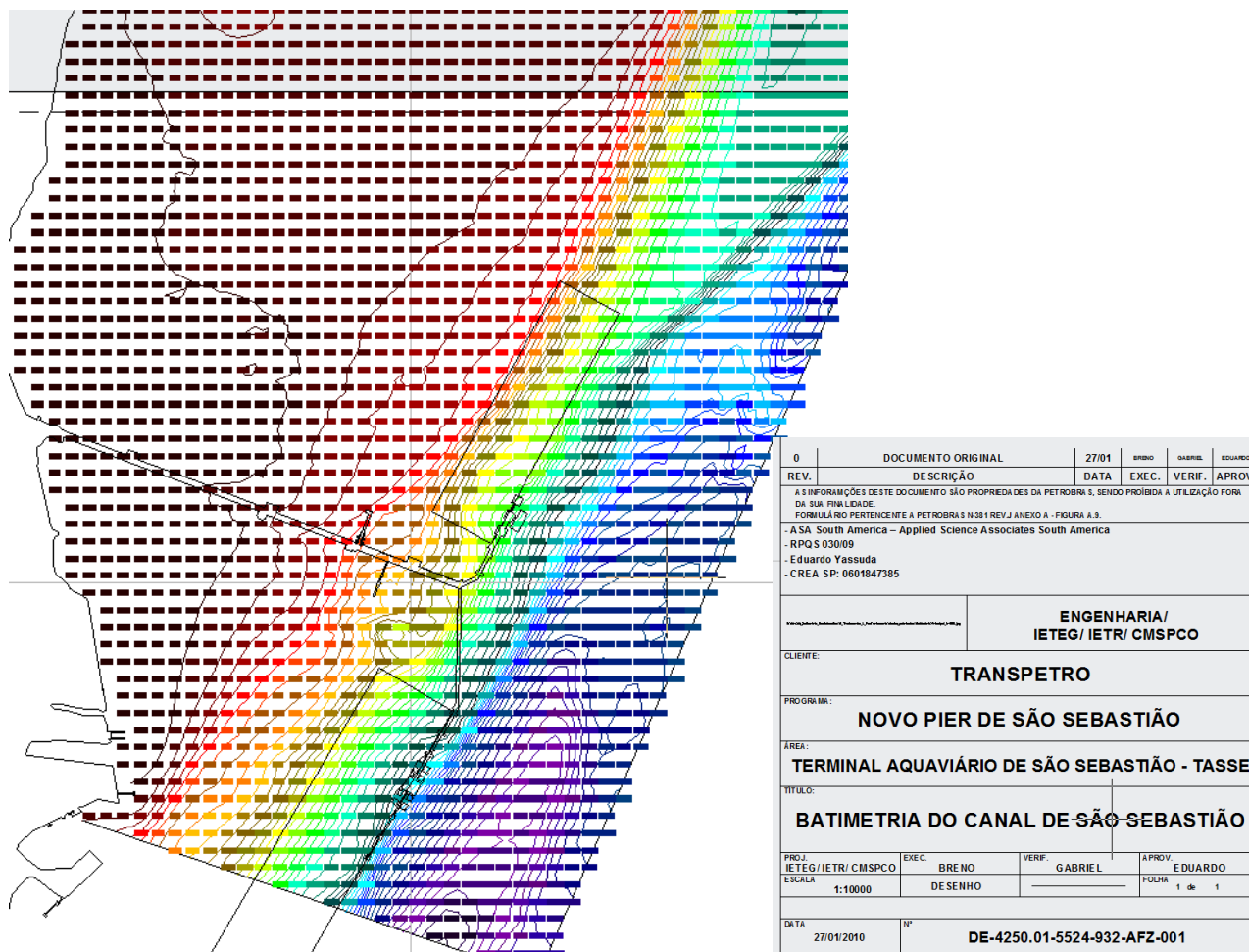


Figura 11 – Batimetria da região dos berços (2010)

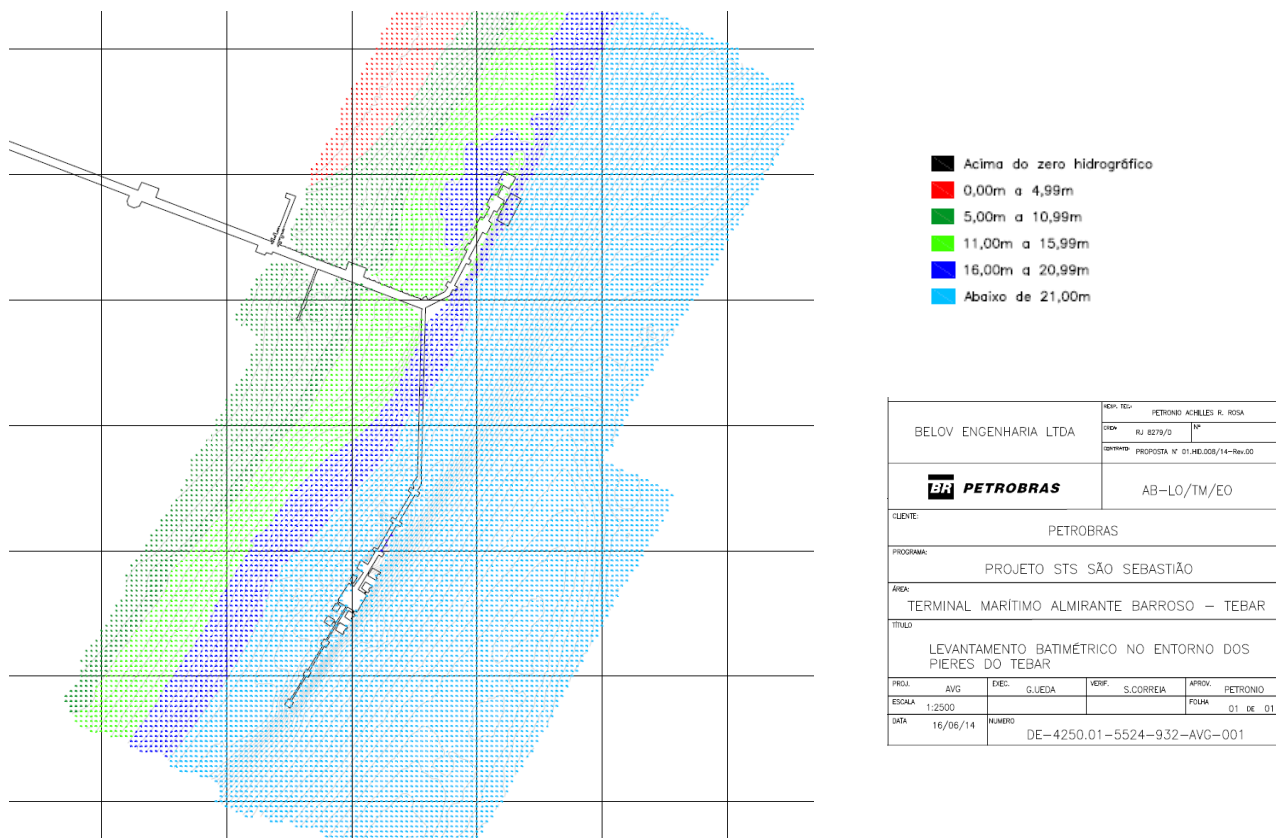


Figura 12 – Batimetria da região dos berços (2014)

A batimetria de 2010 foi comparada à carta náutica e verificou-se grande semelhança entre as mesmas. A batimetria de 2014 (ainda em fase de homologação junto à DHM) demonstrou em alguns trechos profundidades maiores, conforme ilustra a Figura 13, sobretudo próximo ao PP4, na qual a linha iso-batimétrica de 15m é mais afastada do berço. A praticagem argumentou que a profundidade nesta localização (PP4) é na realidade mais semelhante à indicada pela batimetria de 2014.

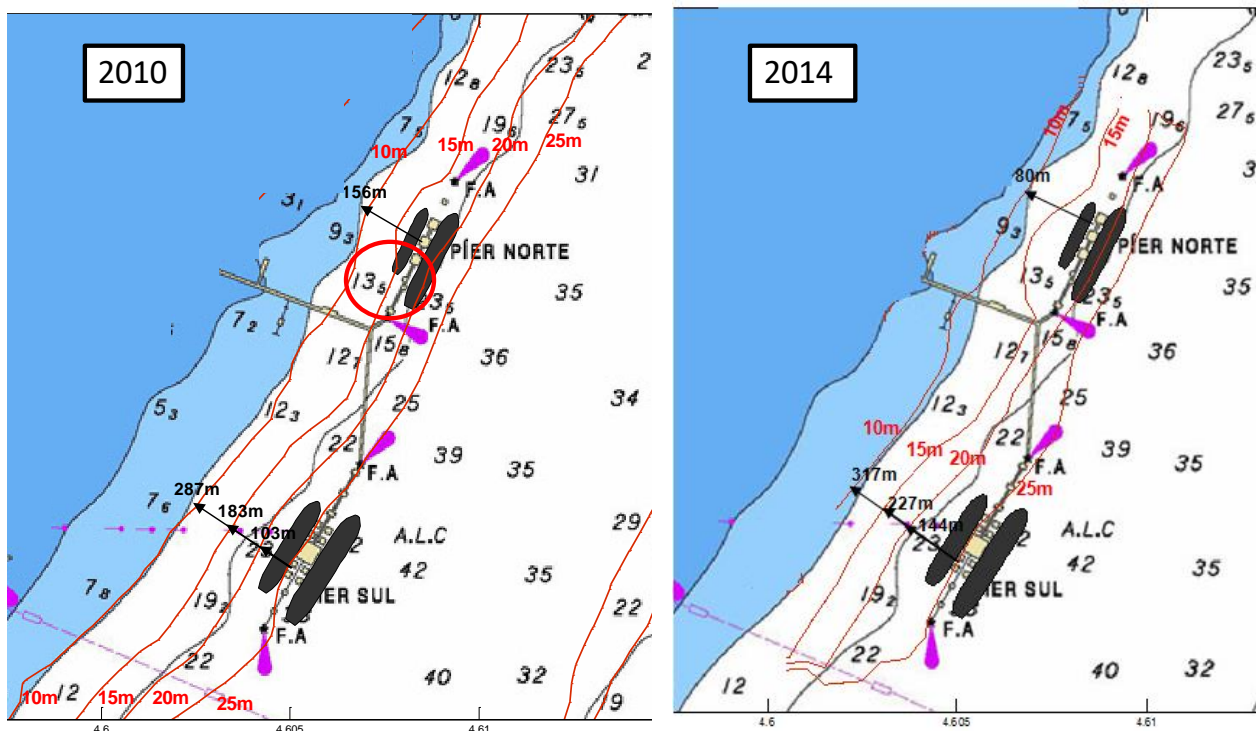


Figura 13 - Comparação entre os levantamentos batimétricos realizados em 2010 e 2014

2.2. Sinalização Náutica

A sinalização náutica utilizada foi desenvolvida com base na carta náutica oficial da DHN, cujo detalhe próximo ao terminal é apresentado na Figura 14. Durante as simulações, a praticagem orientou a equipe do TPN para a inclusão de um farol de sinalização usado para referenciamento durante as manobras (Laje dos Moleques).

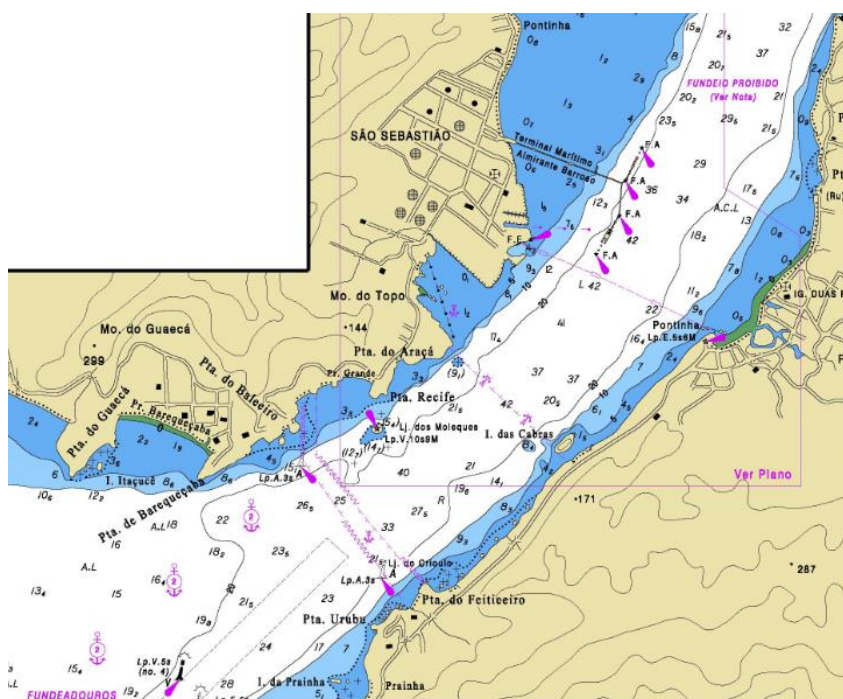


Figura 14 – Sinalização utilizada nas simulações

2.3. Modelo Visual

O terminal foi modelado no simulador do TPN-USP, e apresentam-se fotos dos modelos nas figuras seguintes.



Figura 15 – Modelo do terminal no simulador SMH-TPN



Figura 16 – Vista superior da atracação a contrabordo no PP1 no simulador SMH-TPN



Figura 17 – Atracação a contrabordo no PP4 no simulador SMH-TPN

3. Embarcações tipo

O objetivo do presente estudo é a avaliação da atracação ou desatracação a contrabordo apenas, e não se realizaram simulações dos navios atracando ou desatracando do terminal, dada que esta é uma situação atualmente realizada. Portanto, modelaram-se embarcações petroleiras do tipo VLCC, Suezmax, Aframax, Panamax e Handymax, cujas características principais serão apresentadas nesta seção.

3.1. Embarcação tipo 1: VLCC (300.000DWT)

A embarcação foi baseada no navio Britanis um navio *tanker* de porte VLCC, com 300.000DWT. Suas características principais são apresentadas na Tabela 1. Nesta são também apresentadas as situações de carregamento simuladas.

Tabela 1 - Características principais - Navio Tipo 1

Tabela 2 – Dados da embarcação tipo 2

Característica	Lastro	Carregado
Deslocamento (ton)	143.920	347.937
Calado (m)	10,0	22,3
Compr. total LOA (m)	332	
Compr. entre perp. LPP (m)	320	
Boca (m)	58	
Pontal (m)	31	
Área Vélica Lateral (m ²)	7673	3744
Área Vélica Frontal (m ²)	1833	1132
Potência do motor (kW)	29700	



Figura 18 – Navio tipo 1 – VLCC Britanis

Com posse das dimensões principais, arranjo geral e desenho do casco, foi desenvolvido o modelo de comportamento em ondas, coeficientes de vento e correnteza (com as respectivas áreas) e arranjo de máquina principal e thrusters. Este modelo é então submetido a um processo de calibração de velocidade e manobrabilidade. Os dados de rotação da máquina principal e velocidades (em nós) associadas para o navio em lastro e carregado são apresentados na Tabela 4. A tabela faz uma comparação do modelo numérico (à esquerda - "Modelo") com dados do navio em escala real (à direita - "Navio").

Tabela 3 – Manoeuvring Engine Order - Navio tipo 1 (Velocidade em nós)

Velocidades (nós)		Modelo				Navio Real			
		Rot	Passo	Loaded	Ballast	Rot	Passo	Loaded	Ballast
Ahead	Full Sea	76		16	17.1	76		16.8	18.1
	Full	57		12.6	13.1	57		12.7	14
	Half	47		10.8	11.4	47		10.4	11.6
	Slow	33		8.1	8.7	33		7.3	8.3
	D-Slow	28		6.3	6.9	28		6.1	7.1
Astern	D-Slow	-28		-	-	-28		-	-
	Slow	-33		-	-	-33		-	-
	Half	-41		-	-	-41		-	-
	Full	-57		-	-	-57		-	-

As tabelas a seguir apresentam os resultados das manobras padronizadas de Zig Zag, Crash Stop e Giro em águas profundas, comparando-se o navio modelado no simulador (Modelo) e o navio real (Real), quando o dado estiver disponível.

Tabela 4 – Calibração Zig-Zag - Navio tipo 1

	ZigZag 10/10		ZigZag 20/20	
	Real	Modelo	Real	Modelo
Vel ini (nós)	16.5	16.5	16.5	16.5
1o Overshoot (deg)	10.7	10	16	26
2o Overshoot (deg)	31.3	33	20	41
Tempo 1o (seg)	170	156.0	150	201.0
Tempo 2o (deg)	470	492.0	400	570.0

Tabela 5 – Calibração parada brusca - Navio tipo 1

	Navio	Modelo
Velocidade Inicial (nós)	10	10.8
Tempo de Parada (s)	960	942
Distância de Parada (m)	2995	2565
Head Reach (m)	2255	2468
Side Reach (m)	1304	616

Tabela 6 – Calibração de giro - Navio tipo 2

Giro	Águas Profundas			
	Real		Modelo	
Avanço (m / L)	1012	3.0	1109	3.3
Diam. Tático (m / L)	950	2.9	1153	3.5
Transferência (m / L)	254	0.8	477	1.4
Vini (nós)	10		10.8	
V90 (nós)	5.8		7.2	
V180 (nós)	3.5		4.08	
V270 (nós)	2.8		2.7	
V360 (nós)	2.6		2.2	

3.2. Embarcação tipo 2: Suezmax (150.000DWT)

A embarcação foi baseada no navio Brasil 2014, um navio *tanker* convencional de porte Suezmax (155.000DWT). Suas características principais são apresentadas na Tabela 7. Nesta são também apresentadas as situações de carregamento simuladas.

Tabela 7 – Dados da embarcação tipo 2

Característica	Carregado	Lastro
Calado (m)	16,5	8,1
Deslocamento (ton)	176.200	74.500
Comprimento total LOA (m)	278,5	
Boca (m)	48	
Pontal (m)	23,1	
Área Vélica Lateral (m ²)	2949	5080
Área Vélica Frontal (m ²)	1062	1441
Potência do motor (kW)	15.200	



Figura 19 – Navio tipo 2 - Suezmax Brasil 2014

Os dados de rotação da máquina principal e velocidades (em nós) associadas para o navio em lastro e carregado são apresentados na Tabela 8. Em seguida, apresentam-se os resultados das manobras padronizadas de Zig Zag, Crash Stop e Giro em águas profundas, comparando-se o navio modelado no simulador (Modelo) e o navio real (Real), quando o dado estiver disponível.

Tabela 8 – Manoeuvring Engine Order - Navio tipo 2 (Velocidade em nós)

Velocidades (nós)		Modelo				Navio Real			
		Rot	Passo	Loaded	Ballast	Rot	Passo	Loaded	Ballast
Ahead	Full Sea	82		15.4	16.0	82		15.2	16.1
	Full	69.7		13.2	14.0	69.7		13.7	14.6
	Half	53.3		10.1	10.7	53.3		10.7	11.7
	Slow	45.1		8.3	9.1	45.1		8.9	9.8
	D-Slow	41		7.5	8.2	41		8.5	9.4
Astern	D-Slow	-41		-	-	-41		-	-
	Slow	-45.1		-	-	-45.1		-	-
	Half	-61.5		-	-	-61.5		-	-
	Full	-69.7		-	-	-69.7		-	-

Tabela 9 – Calibração Zig-Zag - Navio tipo 2

	ZigZag 10/10		ZigZag 20/20	
	Real	Modelo	Real	Modelo
Vel ini (nós)	14.7	14.7	14.7	14.6
1o Overshoot (deg)	7.8	7.51	15.9	18.8
2o Overshoot (deg)	13.5	14.05	20.8	20.6
Tempo 1o (seg)	100	96.6	100	120.0
Tempo 2o (deg)	240	272.4	270	326.4

Tabela 10 – Calibração parada brusca - Navio tipo 2

	Navio	Modelo
Velocidade Inicial (nós)	10.3	10.1
Tempo de Parada (s)	777	786
Head Reach (m)	1837	1931
Side Reach (m)	499	403

Tabela 11 – Calibração de giro - Navio tipo 2

Giro	Águas Profundas			
	Real		Modelo	
Avanço (m / L)	650	2.3	793	2.9
Diam. Tático (m / L)	710	2.6	857	3.1
Transferência (m / L)	292	1.1	342	1.2
Vini (nós)	10.3		10.2	
V90 (nós)	6.7		6.4	
V180 (nós)	4.1		3.33	
V270 (nós)	2.9		1.5	
V360 (nós)	2.4		0.2	

3.3. Embarcação tipo 3: Aframax (105.000DWT)

A embarcação foi baseada no navio Angra dos Reis um navio *tanker* de porte Aframax. Suas características principais são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Características principais - Navio Tipo 3

Característica	Carregado	Lastro
Calado (m)	15,1	8,0
Deslocamento (ton)	145.000	82.000
Compr. total LOA (m)	244,7	
Compr. entre perp. LPP (m)	233,0	
Boca (m)	42	
Pontal (m)	22,5	
Área Véllica Lateral (m ²)	2867	4557
Área Véllica Frontal (m ²)	971	1101
Potência do motor (kW)	15.200	



Figura 20 – Navio tipo 3 – Angra dos Reis

Os dados de rotação da máquina e velocidade associadas, bem como a calibração de Zig Zag para este navio carregado são apresentados abaixo.

Tabela 13 – Manouering Engine Order- Navio tipo 3.

Velocidades (nós)		Modelo				Navio Real			
		Rot	Passo	Loaded	Ballast	Rot	Passo	Loaded	Ballast
Ahead	Full Sea								
	Full	73	90	11.2	11.7	73	90	10.9	11.6
	Half	63	75	8.3	8.6	63	75	8.2	8.7
	Slow	63	36	5.2	5.3	63	36	5.1	5.4
	D-Slow	63	17	3.3	3.4	63	17	3.1	3.3
Astern	D-Slow	68	-11	-	-	68	-11	-	-
	Slow	74	-31	-	-	74	-31	-	-
	Half	86	-68	-	-	86	-68	-	-
	Full	95	-79	-	-	95	-79	-	-

Tabela 14 – Calibração zig-zag – Navio tipo 3

	ZigZag 10/10		ZigZag 20/20	
	Real	Modelo	Real	Modelo
1o Overshoot (deg)	9.2	9.7	15.2	23.3
2o Overshoot (deg)	26	20.5		23
Tempo 1o (seg)	117	109.2	114	129.6
Tempo 2o (deg)	332	306.1	307	336.0

Tabela 15 – Calibração de parada brusca – Navio tipo 3

	Navio	Modelo
Velocidade Inicial (nós)	13.9	14
Tempo de Parada (s)	601	465.6
Head Reach (m)	1600	1580
Side Reach (m)	500	111

Tabela 16 – Calibração de giro – Navio tipo 3

Giro	Águas Profundas			
	Real		Modelo	
Avanço (m / L)	690	2.8	757.0	3.1
Diam. Tático (m / L)	651.5	2.7	815.0	3.3
Transferência (m / L)	210	0.9	324.0	1.3
Vini (nós)	13.8		13.8	
V90 (nós)	9.9		8.7	
V180 (nós)	5.8		4.8	
V270 (nós)	4.08		2.7	
V360 (nós)	4.32		1.4	

3.4. Embarcação tipo 4: Panamax (60.000DWT)

A embarcação foi baseada no navio Dan Cisne um navio *tanker* de porte Panamax. Suas características principais são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Características principais - Navio Tipo 4

Característica	Carregado	Lastro
Calado (m)	12,5	7,5
Deslocamento (ton)	73.000	38.000
Compr. total LOA (m)	207	
Compr. entre perp. LPP (m)	196	
Boca (m)	32,2	
Pontal (m)	19,5	
Área Véllica Lateral (m ²)	2189	3188
Área Véllica Frontal (m ²)	825	988
Potência do motor (kW)	9480	



Figura 21 – Navio tipo 4 – Angra dos Reis

Os dados de rotação da máquina e velocidade associadas, bem como a calibração de Zig Zag para este navio carregado são apresentados abaixo.

Tabela 18 – Manouering Engine Order- Navio tipo 4

Velocidades (nós)		Modelo				Navio Real			
		Rot	Passo	Loaded	Ballast	Rot	Passo	Loaded	Ballast
Ahead	Full Sea	144		14		144		14.5	14.5
	Full	120		11.5	12	120		11.6	12.2
	Half	62.5		9.2	9.6	62.5		9.7	10.6
	Slow	36		5.7	6	36		5.4	6
	D-Slow	25		4.3	4.7	25			
Astern	D-Slow	-25		-	-	-25		-	-
	Slow	-36		-	-	-36		-	-
	Half	-62.5		-	-	-62.5		-	-
	Full	-120		-	-	-120		-	-

Tabela 19 – Calibração zig-zag – Navio tipo 4

	ZigZag 10/10	
	Real	Modelo
Vel ini (nós)	14	15
1o Overshoot (deg)	4.3	6.6
2o Overshoot (deg)	17.1	10.5
Tempo 1o (seg)	76	74.4
Tempo 2o (deg)	193	201.6

Tabela 20 – Calibração de parada brusca navio em lastro – Navio tipo 4

	Navio	Modelo
Velocidade Inicial (nós)	14.22	15
Tempo de Parada (s)	576	480
Distância de Parada (m)	1739	1817
Head Reach (m)	1507	1785
Side Reach (m)	435	269

Tabela 21 – Calibração de giro – Navio tipo 4

Giro	Águas Profundas			
	Real		Modelo	
Avanço (m / L)	498	1.5	708	2.1
Diam. Tático (m / L)	506	1.5	829	2.5
Transferência (m / L)	261	0.8	331	1.0
Vini (nós)	13		13.8	
V90 (nós)	7		8.5	
V180 (nós)	5		5.4	
V270 (nós)	3		4	
V360 (nós)	3		3	

3.5. Embarcação tipo 5: Handymax (45.000DWT)

A embarcação foi baseada no navio Elka Bene um navio *tanker* de porte Handymax. Suas características principais são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Características principais - Navio Tipo 5

Característica	Carregado	Lastro
Calado (m)	11,5	7,8
Deslocamento (ton)	55600	35000
Compr. total LOA (m)	188.9	
Compr. entre perp. LPP (m)	180	
Boca (m)	32,2	
Pontal (m)	19,15	
Área Véllica Lateral (m ²)	643	762
Área Véllica Frontal (m ²)	1896	2595
Potência do motor (kW)	10700	



Figura 22 – Navio tipo 5 – Elka Bene

Os dados de rotação da máquina e velocidade associadas, bem como a calibração de para brusca e giro para este navio carregado são apresentados abaixo.

Tabela 23 – Manouering Engine Order- Navio tipo 5

Velocidades (nós)		Modelo				Navio Real			
		Rot	Passo	Loaded	Ballast	Rot	Passo	Loaded	Ballast
Ahead	Full Sea	100		0		100		16.5	17.1
	Full	80		14.4	15.5	80		13.8	14.3
	Half	62		10.7	11.7	62		11.1	11.6
	Slow	49		8.8	9.7	49		8.9	9.3
	D-Slow	30		5	6	30		5.5	5.7
Astern	D-Slow	-30		-	-	-30		-	-
	Slow	-49		-	-	-49		-	-
	Half	-62		-	-	-62		-	-
	Full	-80		-	-	-80		-	-

Tabela 24 – Calibração de parada brusca – Navio tipo 5

	Navio	Modelo
Velocidade Inicial (nós)	16.5	
Tempo de Parada (s)	602	552
Distância de Parada (m)	2549	2216
Head Reach (m)	1443	1871
Side Reach (m)	1099	779

Tabela 25 – Calibração de giro – Navio tipo 5

Giro	Águas Profundas			
	Real		Modelo	
Avanço (m / L)	474	2.5	688	3.7
Diam. Tático (m / L)	356	1.9	783	4.2
Transferência (m / L)	149	0.8	291	1.5
Vini (nós)			9.3	
V90 (nós)			6	
V180 (nós)			4.4	
V270 (nós)			4	
V360 (nós)			3.9	

4. Condições Ambientais

Esta seção apresenta um resumo da análise ambiental de vento e corrente do Canal de São Sebastião contratado pelo TPN-USP para subsidiar as simulações (Castro e Pereira (2014)).

4.1. Vento

Os ventos predominantes na região simulada são de NE e W-SW, com intensidades extremas de 32 nós para a direção NE e 40 nós para a direção W-SW, conforme gráfico apresentado na Figura 23.

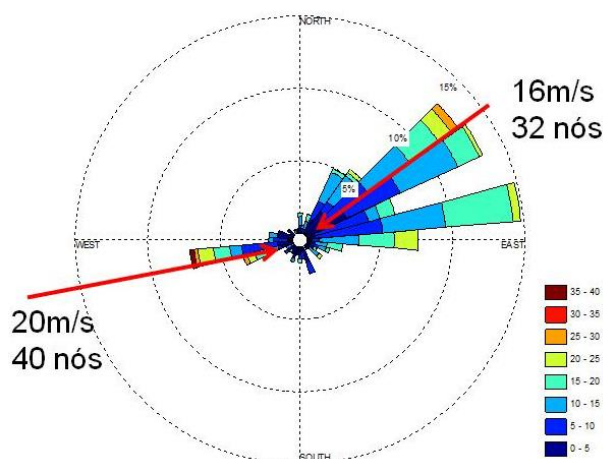


Figura 23 – Histograma direcional do vento no TEBAR (um ano de dados) e direções de ventos principais (velocidades em nós).

Para a simulação serão considerados ventos de 20 nós nas direções W-SW (250°) e NE (60°).

4.2. Corrente e maré

Os dados de maré e corrente foram obtidos na Estação Maregráfica de São Sebastião, nas proximidades do Píer do TEBAR. A Figura 25 apresenta a ficha descritiva da maré na locação.

Nome da Estação :	SÃO SEBASTIÃO (PORTO) – SP		
Localização :	No Cais do Porto		
Organ. Responsável :	DHN		
Latitude :	23° 48,6' S	Longitude :	45° 23,9' W
Período Analisado :	01/12/72 a 01/01/73	Nº de Componentes :	36
Análise Harmônica :	Método Almirante Santos Franco		
Classificação :	Maré de Desigualdades Diurnas		
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)	II H 46 min	Nível Médio (Zo):	66 cm acima do NR.
Média das Preamares Superiores (MHHW) :	124 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :	102 cm acima do NR
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :	24 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :	14 cm acima do NR.

Figura 24 – Ficha descritiva da Estação Maregráfica São Sebastião - SP.

No Canal de São Sebastião, a corrente predominante é a NE (indo para), apresentada na Figura 25. Em algumas situações, esta corrente sofre uma inversão, apresentando a direção SW (Figura 26). Ambos os cenários serão simulados.

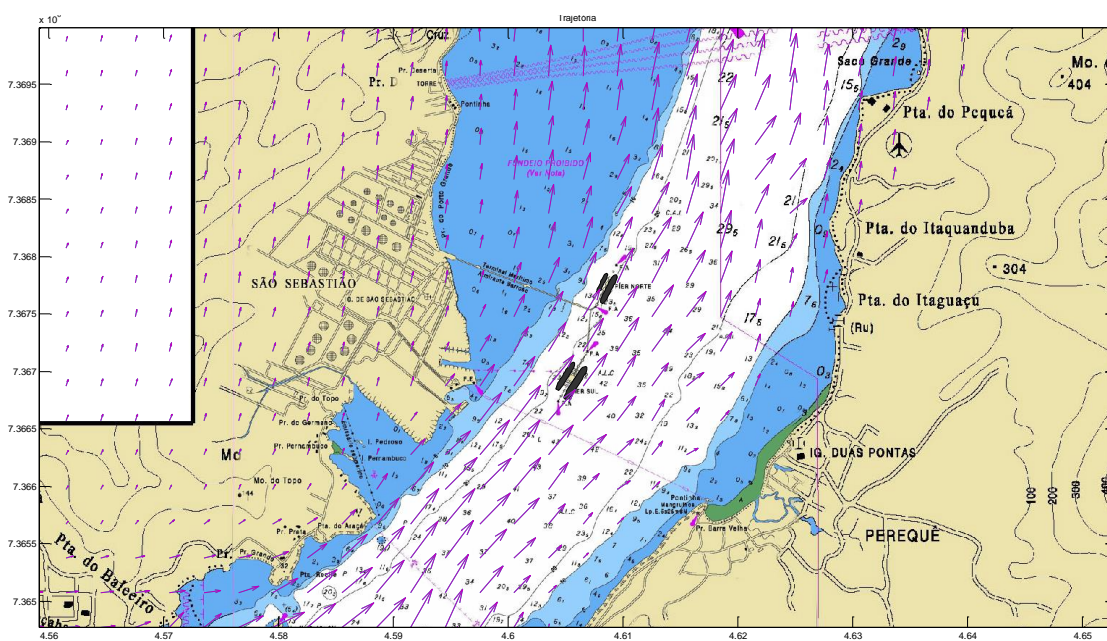


Figura 25 – Corrente na direção NE

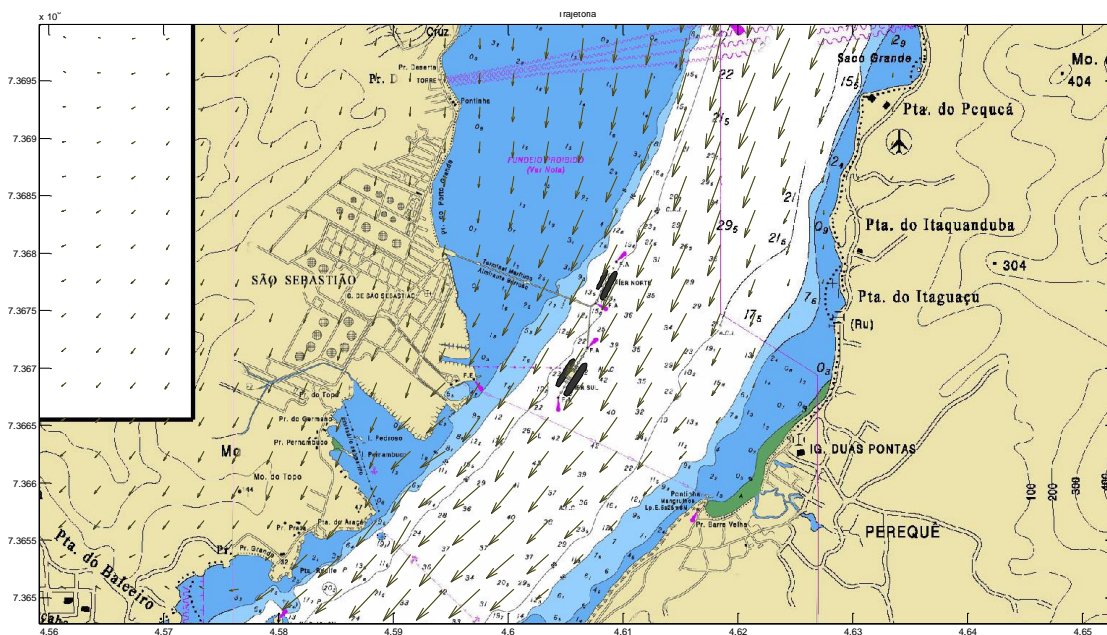


Figura 26 – Corrente na direção SW

Durante as simulações, foi realizada correção de $+15^\circ$ na direção da corrente NE e de -10° na corrente SW, a fim de que os efeitos de manobra sentidos pelos práticos ficassem mais realistas.

A intensidade de corrente varia ao longo do canal. Definiu-se um ponto próximo ao PP1 para indicar, nas simulações realizadas, o valor absoluto da corrente. A Figura 23 indica as direções da corrente neste ponto, bem como os valores máximos obtidos no registro anual fornecido pelo estudo contratado no ano analisado.

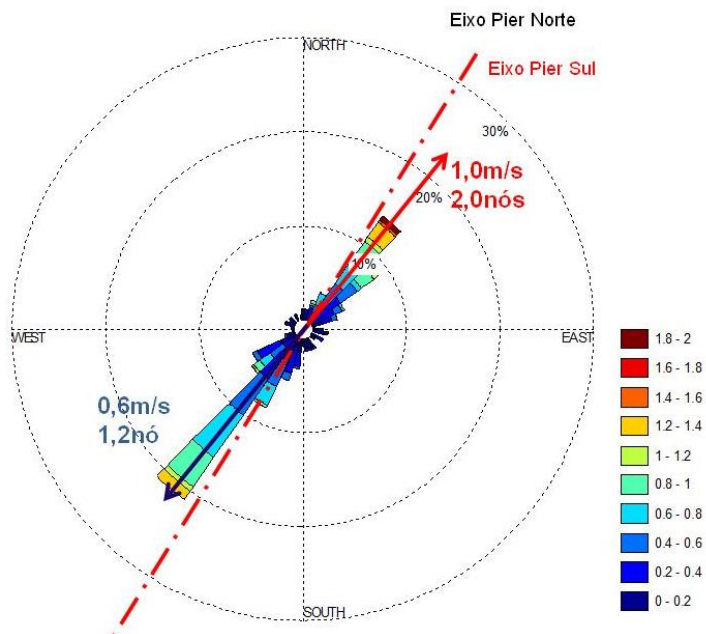


Figura 27 – Histograma direcional da corrente no PP1 (um ano) e direções simuladas (velocidade em nós).

4.3. Condições associadas

A partir dos dados ambientais foram criados 2 cenários ambientais para a simulação. Os dois cenários têm vento com velocidade de 20 nós e corrente com velocidade de 1,2 ou 2,0 nós. A Figura 28 mostra o Cenário Indo para NE e a Figura 29 mostra o Cenário Indo para SW.

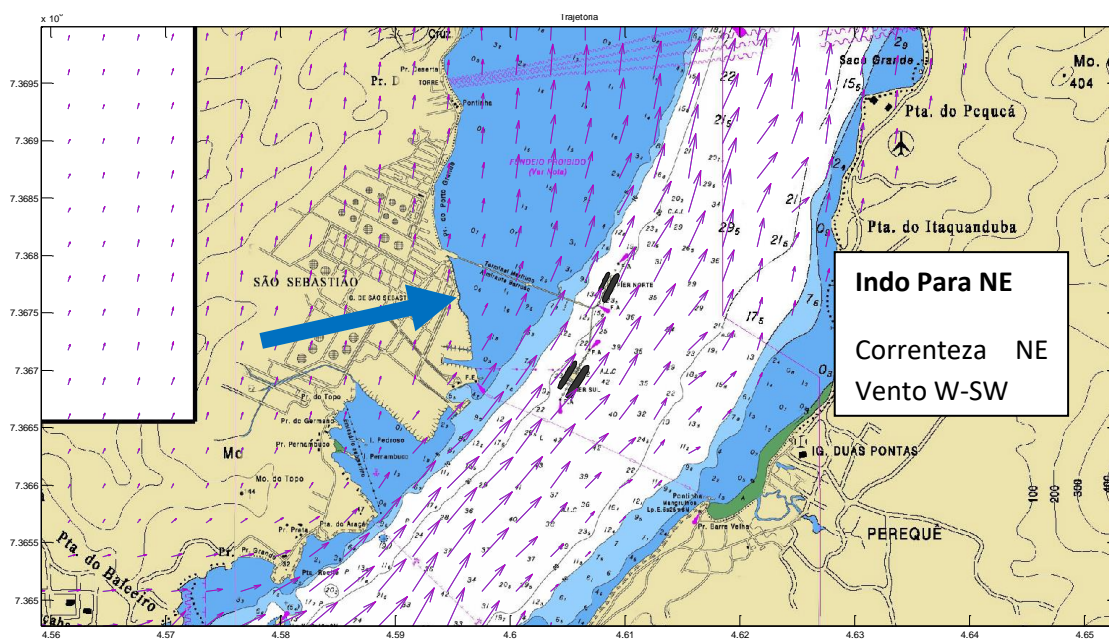


Figura 28 – Condições ambientais indo para NE

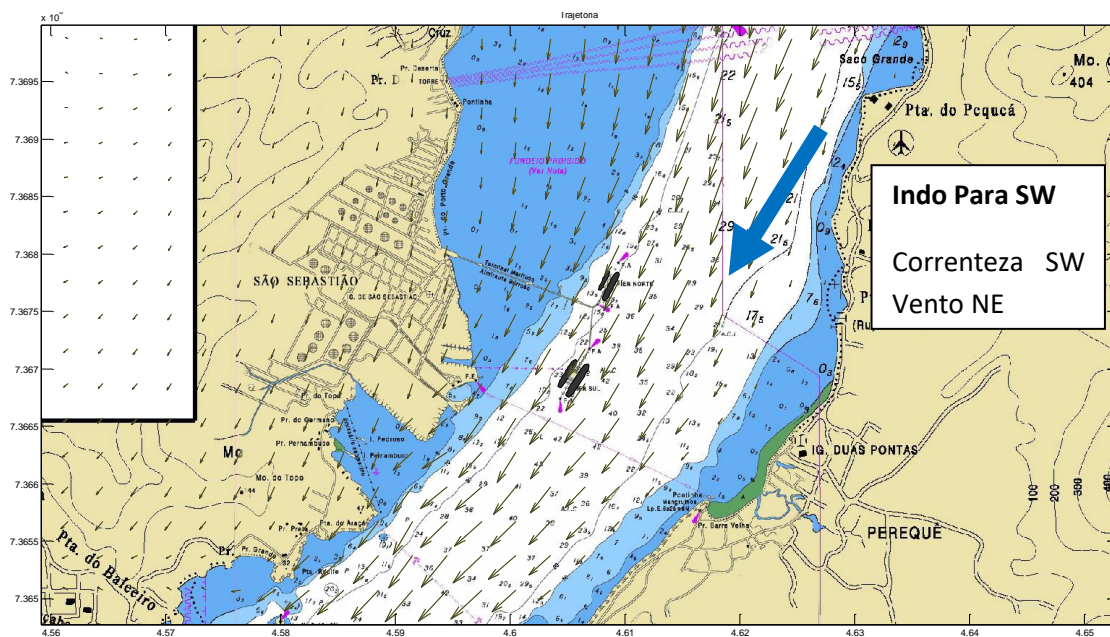


Figura 29 – Condições ambientais indo para SW

5. Simulações Real-Time - Descrição das manobras

Antes da realização efetiva das manobras, foram realizadas rodadas de familiarização e calibração do simulador e seus modelos numéricos. A Figura 30 apresenta a execução das simulações, com os práticos no passageiro, bem com a equipe técnica do TPN-USP.



Figura 30 – Práticos e equipe do TPN durante as Simulações

A Tabela 26 apresenta o resumo das manobras realizadas no Simulador Marítimo Hidroviário. As manobras 1, 2, 15 e 16, não serão descritas no presente relatório, serviram apenas para realizar ajustes e calibrações no modelo de simulação.

Tabela 26 – Tabela de manobras

	MANOBRA	OPERAÇÃO	BORDO	BERÇO	NAVIO	CARREGAMENTO	NAVIO BERÇO	CASO	VENTO		CORRENTEZA MEDIDA PIER	
									Vel	Dir	Dir	Vel
Dia 1	1	Atracação	BE	PP1	VLCC	Full	VLCC	p/ NE	20	WSW	NE	1.2
	2	Atracação	BE	PP1	VLCC	Full	VLCC	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	3	Atracação	BE	PP1	VLCC	Full	VLCC	p/ NE / Vento Contra	20	NE	NE	2.0
	4	Atracação	BE	PP1	Suez	Full	VLCC	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	5	Atracação	BB	PP1	Suez	Full	VLCC	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	6	Desatracação	BB	PP1	Suez	Ballasted	VLCC	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	7	Desatracação	BB	PP1	Suez	Ballasted	VLCC	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	8	Atracação	BB	PP1	VLCC	Full	VLCC	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	9	Desatracação	BB	PP1	VLCC	Ballasted	VLCC	p/ SW	20	WSW	SW	1.2
	10	Desatracação	BB	PP1	VLCC	Ballasted	VLCC	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
Dia 2	11	Atracação	BE	PP3	Suez	Full	Suez	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	12	Atracação	BB	PP3	Suez	Full	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	13	Desatracação	BB	PP3	Suez	Ballasted	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	14	Desatracação	BB	PP3	Suez	Ballasted	Suez	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	15	Atracação	BE	PP2	Afra	Full	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	16	Atracação	BE	PP2	Afra	Full	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	17	Atracação	BE	PP2	Afra	Full	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	18	Atracação	BE	PP2	Afra	Full	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	19	Atracação	BE	PP2	Pana	Full	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
Dia 3	20	Atracação	BE	PP1	Suez	Full	VLCC	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	21	Atracação	BB	PP2	Pana	Full	Suez	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	22	Desatracação	BE	PP2	Pana	Lastro	Suez	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	23	Desatracação	BE	PP2	Pana	Lastro	Suez	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	24	Atracação	BE	PP4	Handy	Full	Panamax	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	25	Atracação	BE	PP4	Handy	Full	Panamax	p/ SW	20	NE	SW	1.2
	26	Atracação	BB	PP4	Handy	Full	Panamax	p/ NE	20	WSW	NE	2.0
	27	Desatracação	BB	PP4	Handy	Lastro	Panamax	p/ SW	20	NE	SW	1.2

A seguir, tais manobras serão detalhadas e os seus resultados apresentados, incluindo-se o trecho percorrido durante a manobra, a utilização de máquina principal, leme e rebocadores e por último comentários sobre a manobra.

5.1. Arranjos de Rebocadores

Foram considerados rebocadores azimutais com 70ton, 60ton e 50ton de *bollard pull*. Considerou-se a eficiência de 80% dos rebocadores quando acionados com toda força avante e de 60% quando a ré, devido à proximidade com o casco do navio e à incidência do jato sobre o mesmo. Os rebocadores foram modelados no simulador, podendo assumir as posições indicadas na Figura 31.

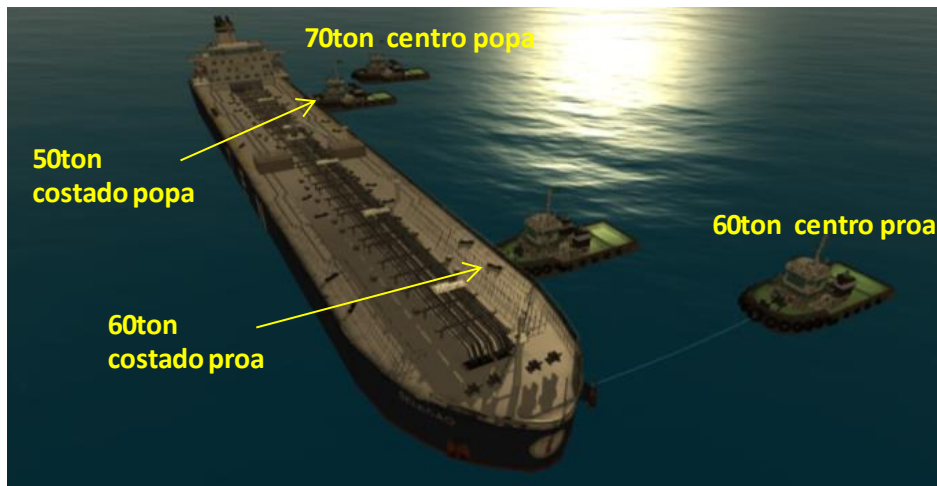


Figura 31 – Arranjo dos rebocadores

5.2. Apresentação dos Resultados

Os resultados serão apresentados da seguinte forma:

- Resumo da simulação (em forma de tabela)
- Um gráfico com o traçado da embarcação, contendo os limites da bacia de evolução, desenhos dos berços e envoltória da trajetória da embarcação. Em alguns instantes, sobrescreve-se sobre o navio a sua velocidade de avanço longitudinal (em nós) e o instante de tempo (em segundos) correspondente. Neste mesmo gráfico apresentam-se as condições ambientais.
- Gráfico de velocidade de avanço longitudinal (V_x), deriva lateral da meia nau (V_y), ambos em nós. Gráfico do aproamento da embarcação em relação ao N (sentido horário).
- Gráfico do comando de máquina e leme. Para o leme, adota-se a convenção de sinais apresentada na Figura 32, ou seja, leme carregado para boreste é positivo, que equivale a empurrar a popa para bombordo e a proa para boreste. Para o comando de máquina, adota-se a notação da Tabela 27.

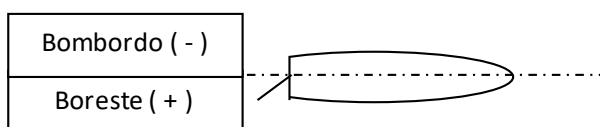


Figura 32 - Convenção de sinais adotada para o leme

Tabela 27 - Legenda de ordem de máquinas / comando para rebocador

Gráfico	Ordem de máquina	Gráfico	Ordem de máquina
4	Toda força	-4	Toda força a ré
3	Meia força	-3	Meia força a ré
2	Devagar	-2	Devagar a ré
1	Muito devagar	-1	Muito devagar a ré
0	Parado		

- Gráfico do comando dos rebocadores. Para os rebocadores de costado, o comando é positivo quando empurrando o casco e negativo em caso contrário. O ângulo apresentado nos gráficos do empuxo dos rebocadores de costado é $+90^\circ$ quando o rebocador atua por boreste, e -90° quando atua por bombordo.

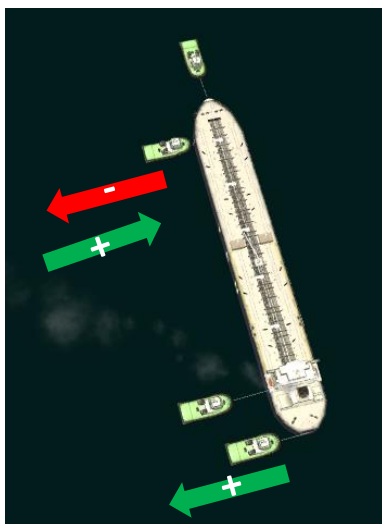


Figura 33 - Convenção adotada para rebocadores de costado

- Os rebocadores de proa e popa apresentam comandos positivos quando puxando com cabo longo, e adota-se a convenção angular da Figura 34



Figura 34 – Convenção de ângulo adotada para rebocadores centro-popa e centro-proa

- Gráfico de barras indicando tempo em que cada rebocador ou máquina ficaram acionados em toda força, meia força, devagar ou muito devagar.
- Gráficos especiais (gráficos incluídos em algumas manobras, quando relevante):
 - Velocidade lateral de proa e popa, a fim de analisar o trecho final quando próximo à atracação a contrabordo.
 - Folga sob a quilha em quatro pontos (extremo proa, extremo popa, extremos boreste e extremo bombordo)
- Critério de criticidade de cada manobra, levando-se em conta:
 - Parâmetro de avaliação de **uso de máquina e leme**, dado pela expressão:

$$S = (\delta/20)^2 \times (F/F_{Half})$$

em que δ é o ângulo do leme, F é o empuxo do propulsor e F_{Half} é o empuxo equivalente em meia força. Considera-se a seguinte escala:

Adequado se $S > 1$ em até 5% do tempo da manobra

Médio se $S > 1$ em entre 5% e 10% do tempo da manobra

Crítico se $S > 1$ em mais de 10% do tempo da manobra

- Parâmetro de avaliação de **uso de rebocadores**, considerado o tempo total ao longo da manobra em que o rebocador foi solicitado com mais de 70% do valor nominal, seguindo a escala:

Crítico se tempo > 10min

Médio se tempo estiver entre 5min e 10min

Adequado se tempo < 5min

5.3. Manobra 3

Navio: VLCC	Condição: Para NE – vento contra
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós ; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP1

Trajectoria da embarcação

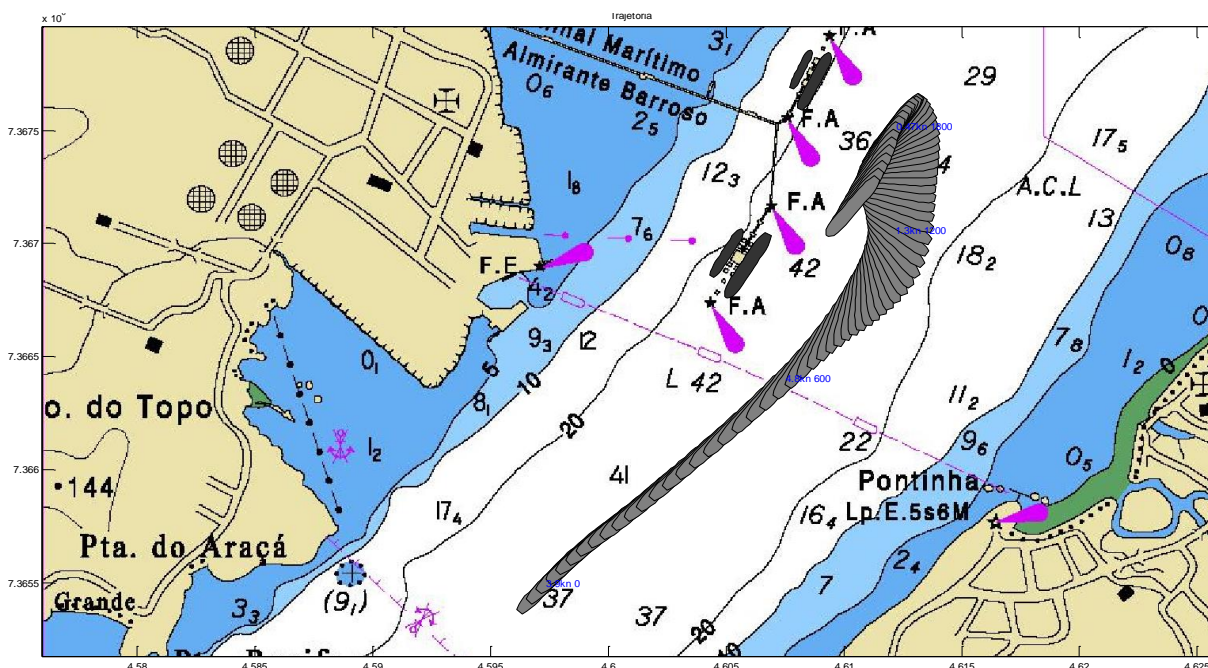
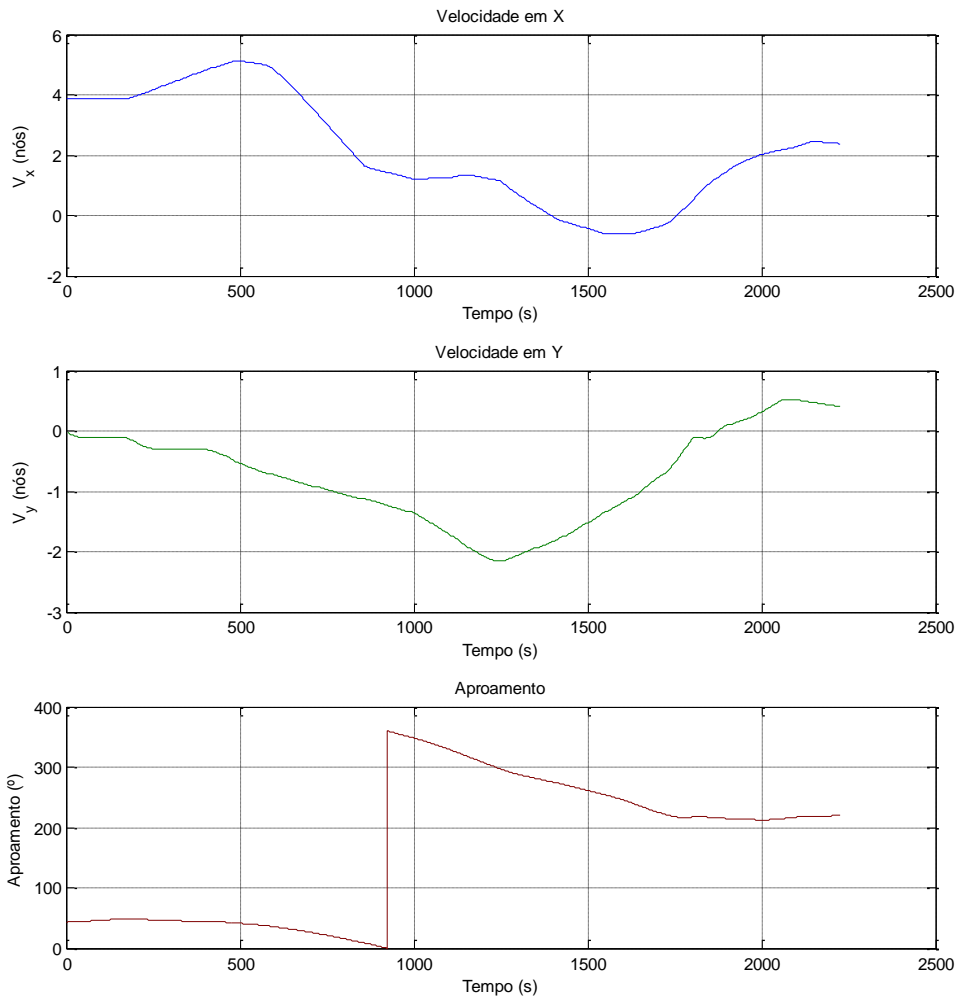


Figura 35 – Manobra 3

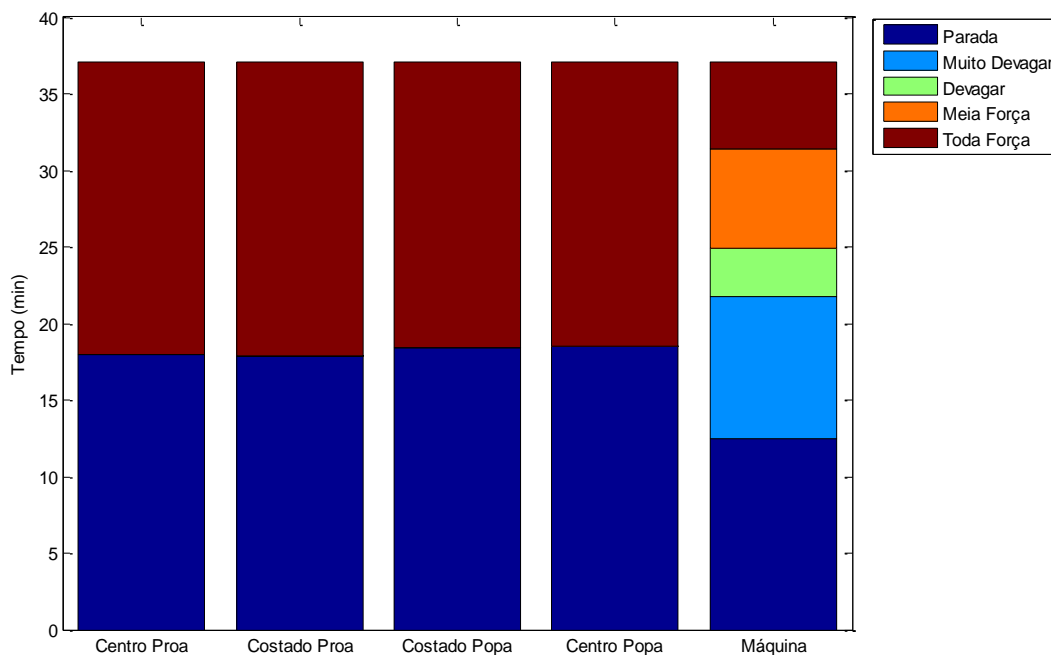
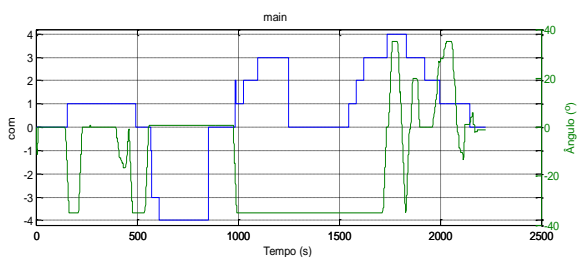
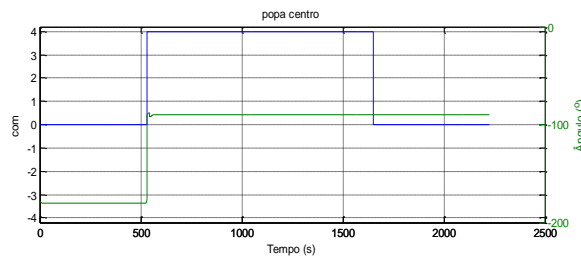
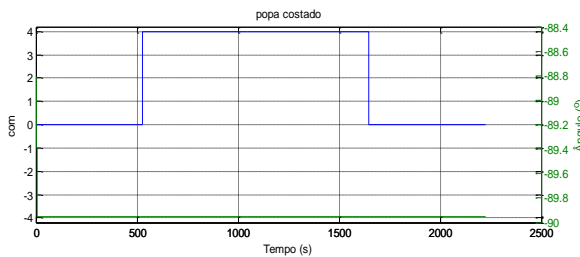
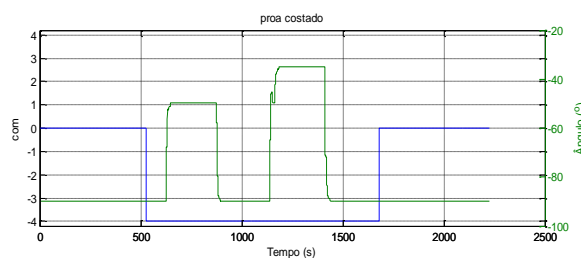
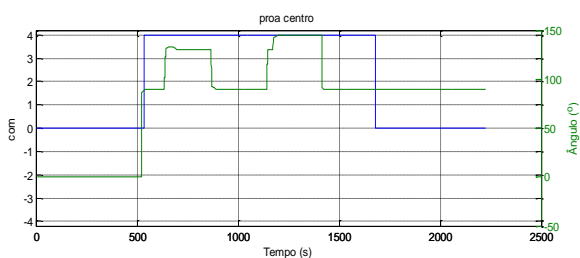
Comentários: O giro foi iniciado quando o navio passou pelo píer e a correnteza fez com que o navio terminasse o giro longe do terminal. Este efeito foi compensado pois houve espaço suficiente para realização da manobra com segurança e a correção posterior da guinada tardia. O uso de rebocador foi excessivo para uma corrente de 2.0 nós, para um navio de porte VLCC. Os rebocadores foram usados com toda força durante a aproximação. Considerou-se que essa corrente está acima do limite para navios do tipo VLCC. A tabela abaixo mostra a avaliação de cada critério de criticidade explicado anteriormente.

	Rebocadores				
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
3	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



Imagens da Simulação



5.4. Manobra 4

Navio: Suezmax	Condição: Para NE
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós ; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP1

Trajectoria da embarcação

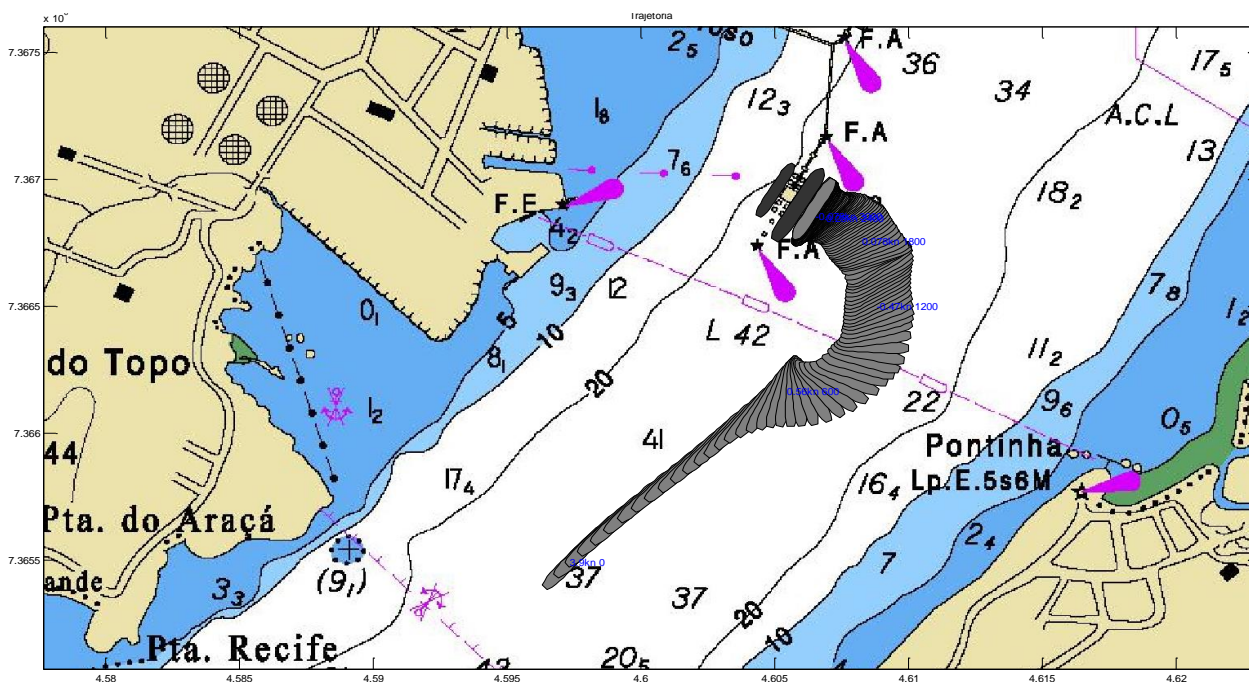
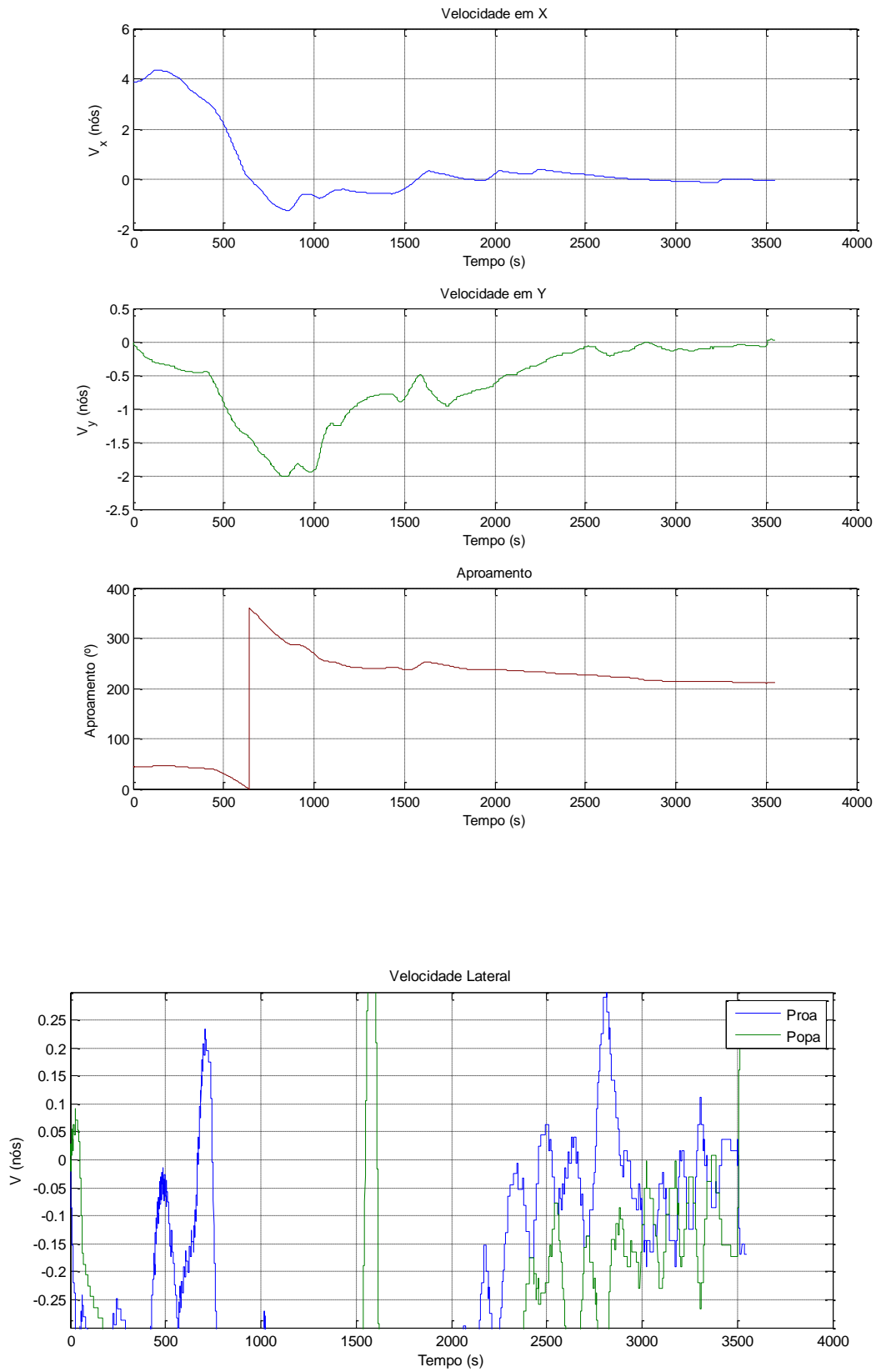


Figura 36 – Manobra 4

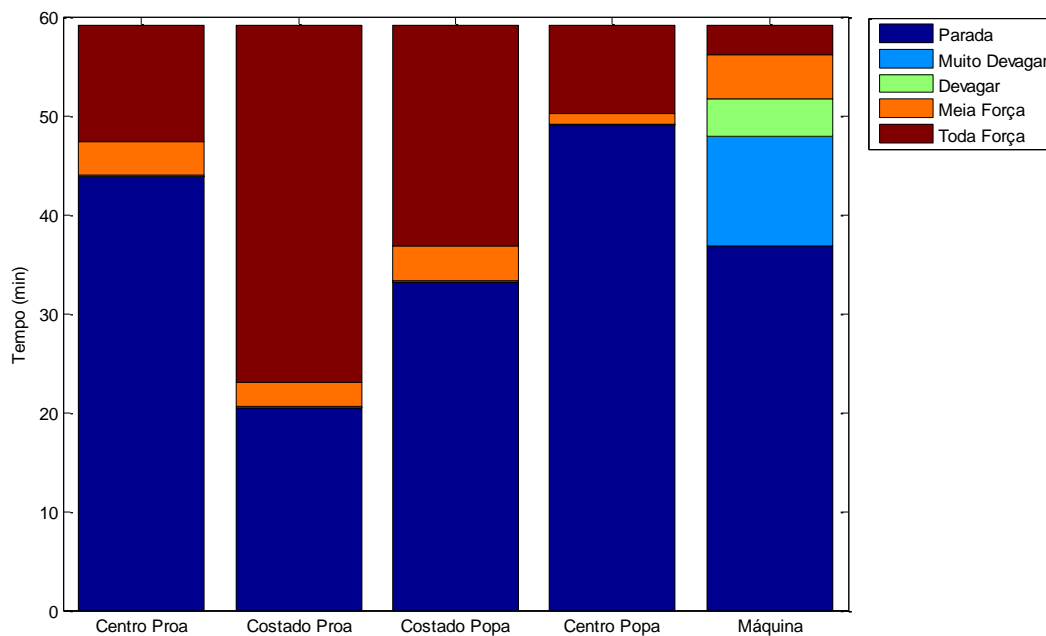
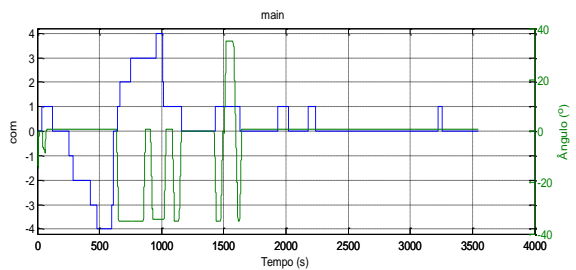
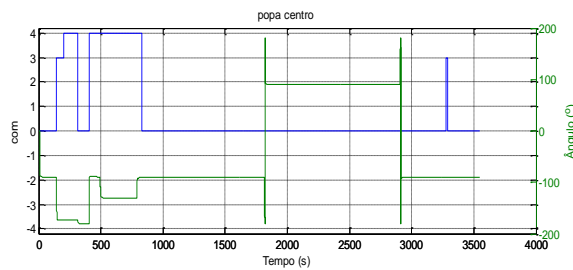
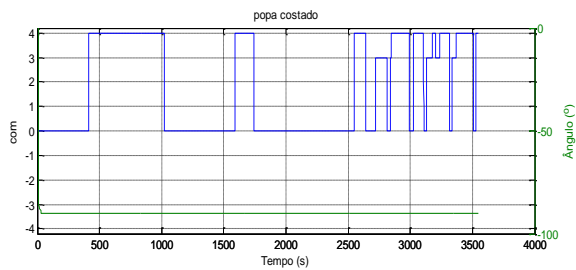
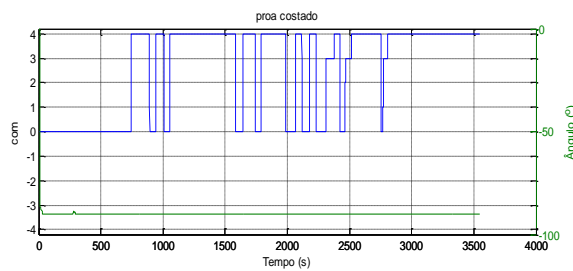
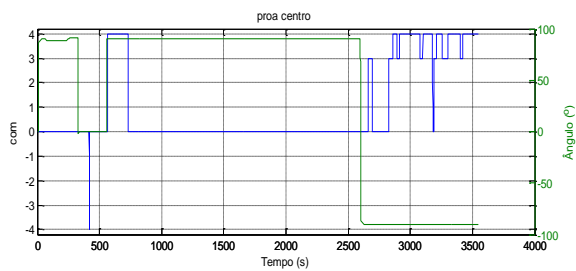
Comentários: A aproximação final foi difícil devido à correnteza. Os rebocadores do costado foram usados na maior parte do tempo com toda força. O giro foi iniciado antes do píer e afastado, mais no meio do canal, fazendo com que os rebocadores tenham sido bastante demandados para aproximar o navio para atracação. Nesta simulação apresenta-se também o gráfico da velocidade lateral de proa e popa, que indicam que no trecho final ambas apresentavam velocidades inferiores a 0,2nó, aproximando-se portanto com segurança ao navio a contrabordo. Adota-se, por questão de integridade das defensas, o valor de 0,2nó como limite.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
4	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico	Médio

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.5. Manobra 5

Navio: Suezmax	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós ; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: PP1

Trajatória da embarcação

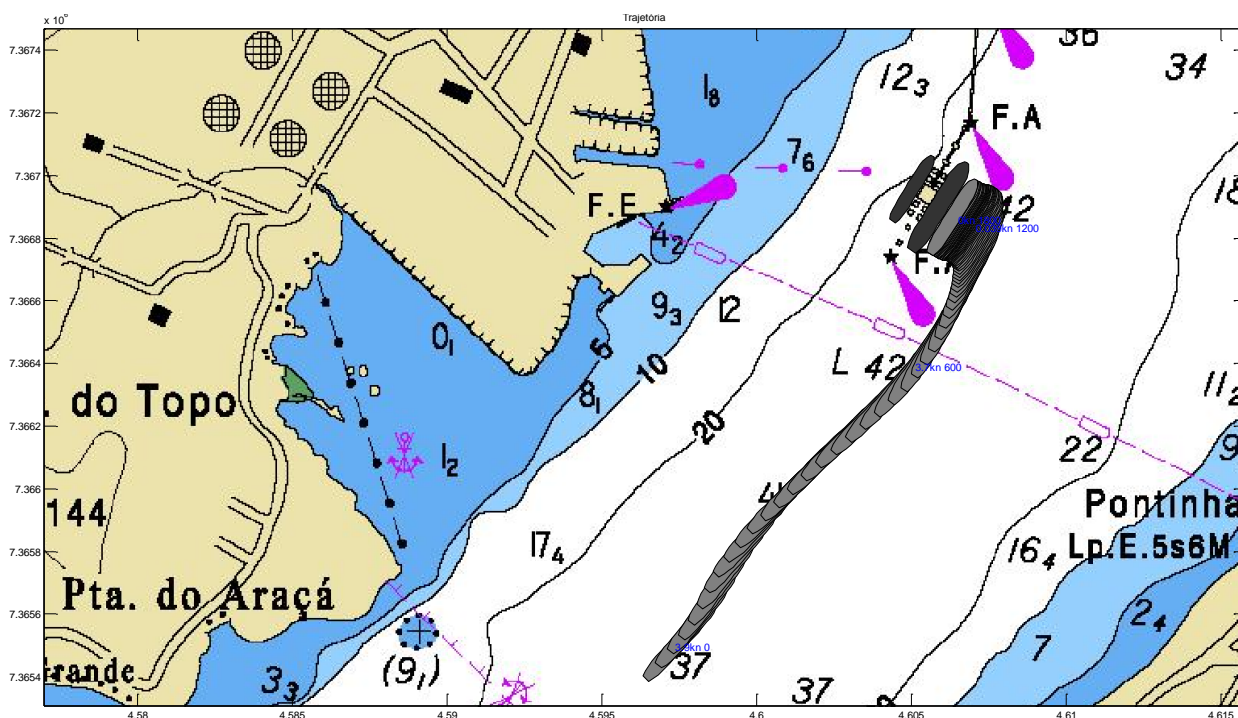
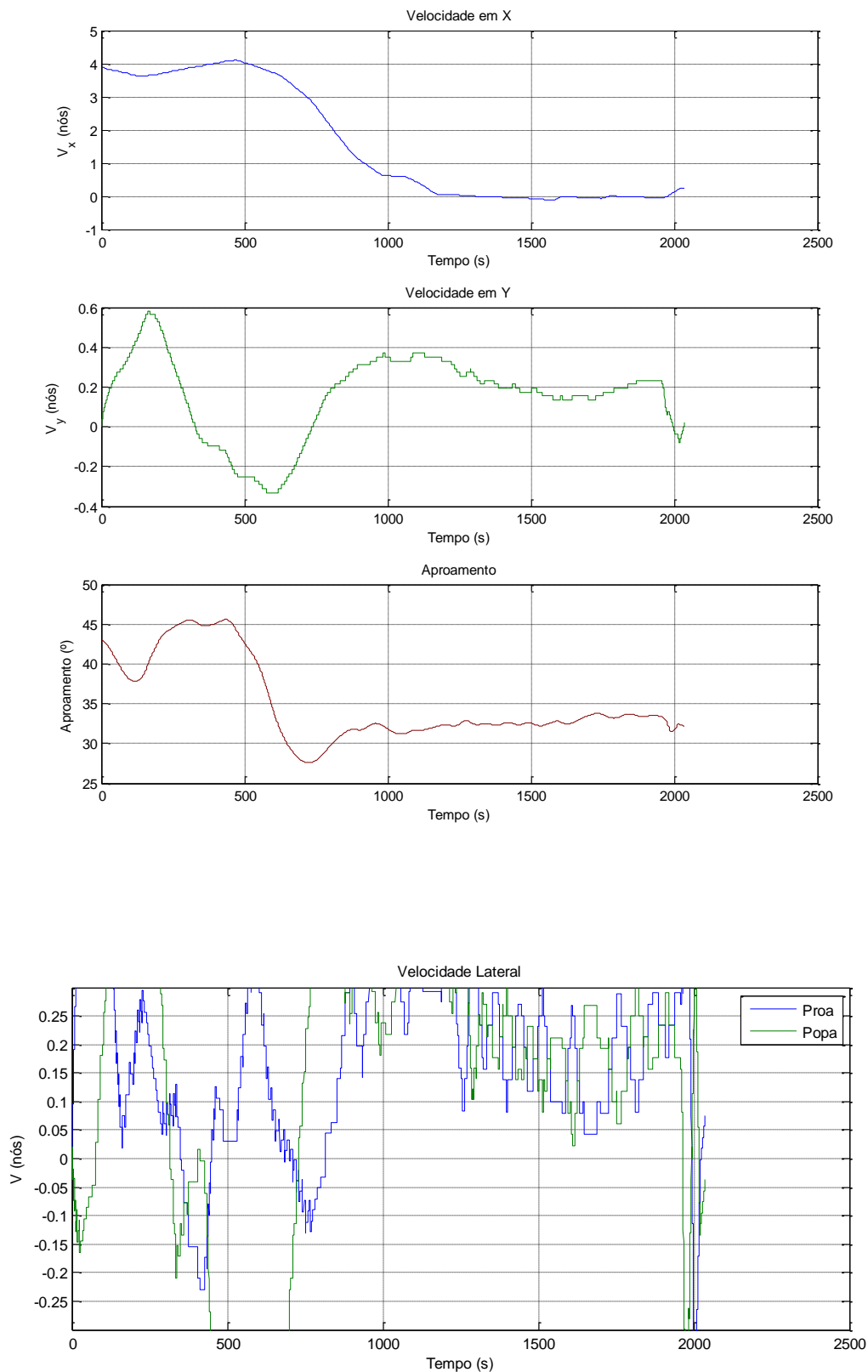


Figura 37 – Manobra 5

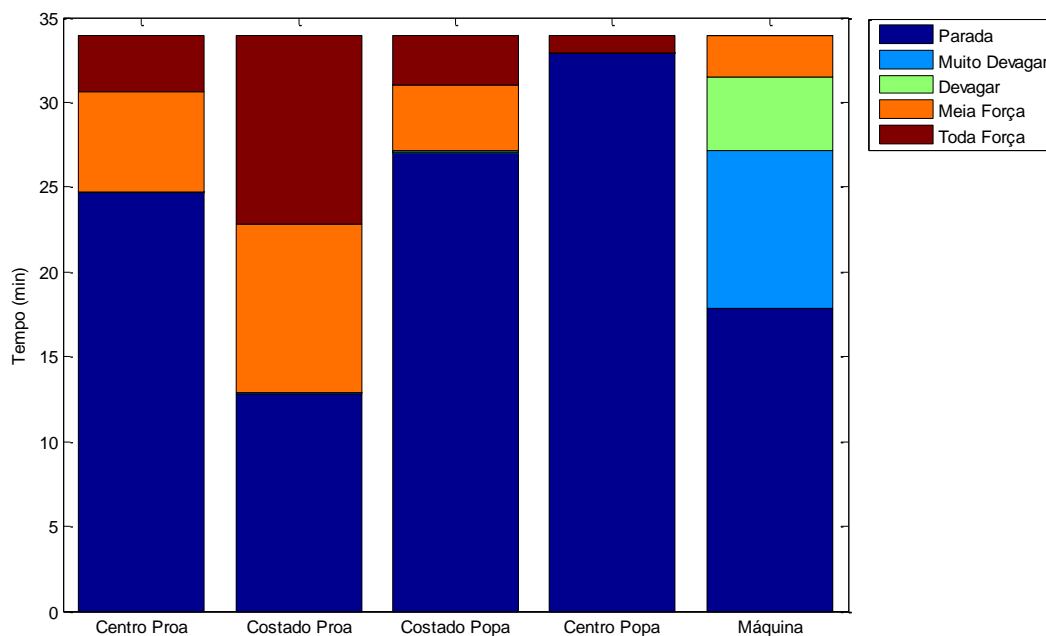
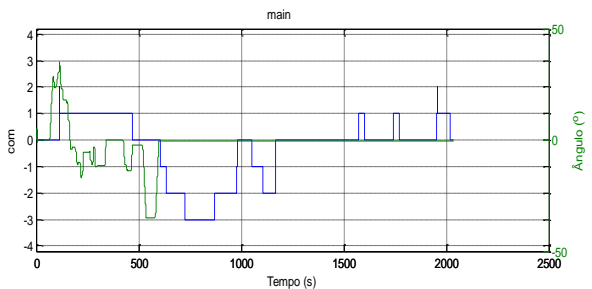
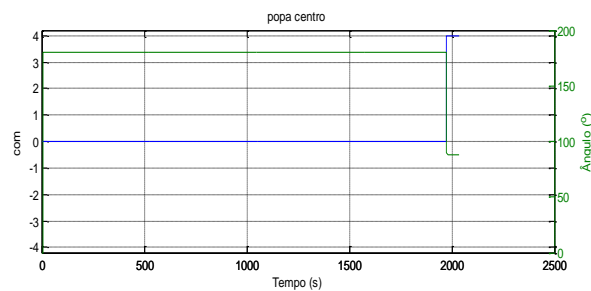
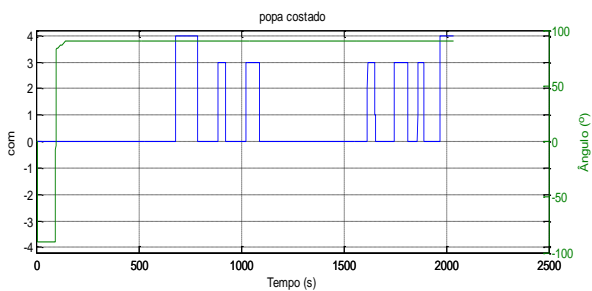
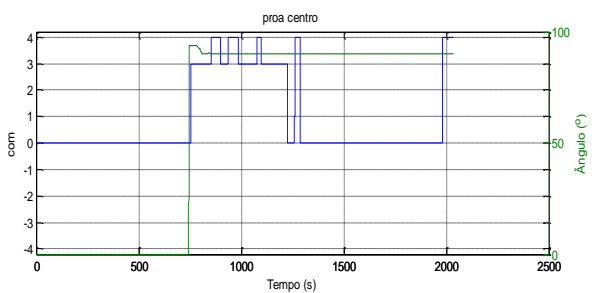
Comentários: Nessa simulação o práctico usou rebocadores preferencialmente para empurrar. Na realidade, o práctico, em geral, usa os rebocadores para segurar o navio no final, diferentemente do que aconteceu nessa simulação. Esta diferença foi devido ao giro artificial de -10° aplicado sobre o mapa de corrente, explicado anteriormente. Mesmo assim, pôde-se concluir que a manobra foi possível com a presença do navio a contrabordo. O risco adicional induzido pela presença de um navio deve ser compensado por um maior cuidado na aproximação final, mantendo-se o navio paralelo e com velocidade controlada. Pelo grau de utilização dos rebocadores, verifica-se que há recursos para garantir tal controle ao final da manobra.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
5	Adequado	Adequado	Crítico	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



Imagens da Simulação



5.6. Manobra 6

Navio: Suezmax	Condição: Para NE
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós ; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP1

Trajectoria da embarcação

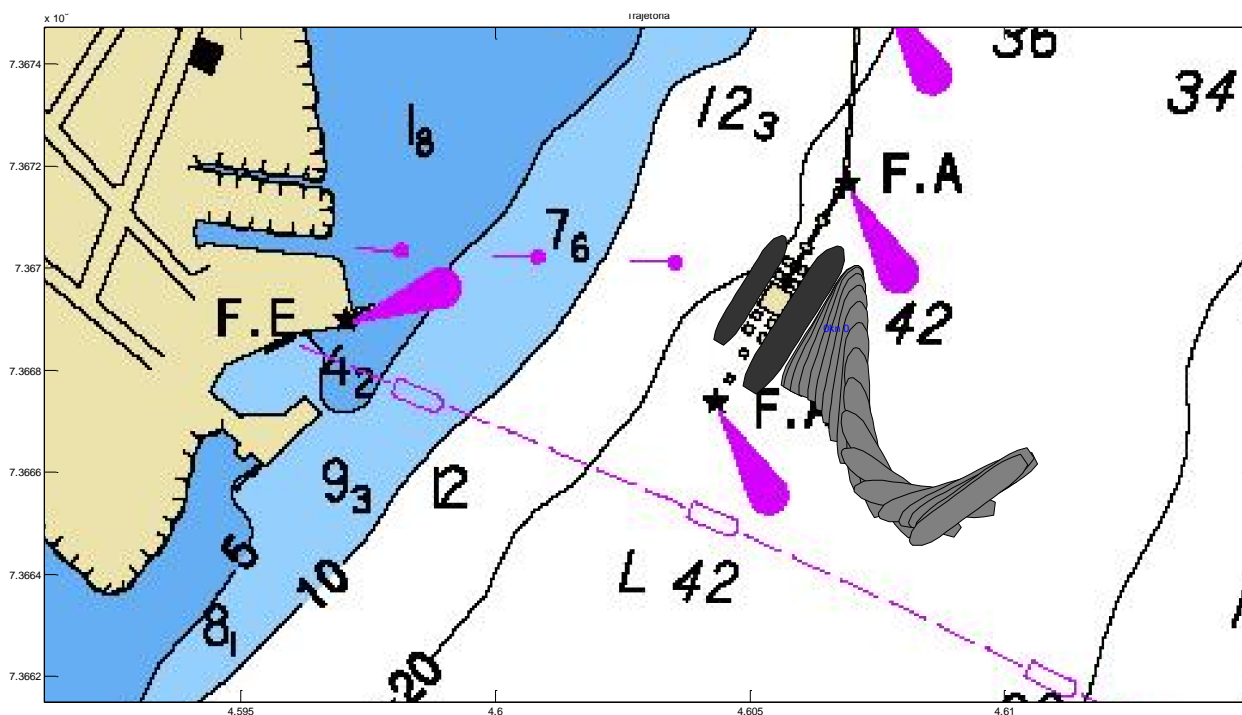
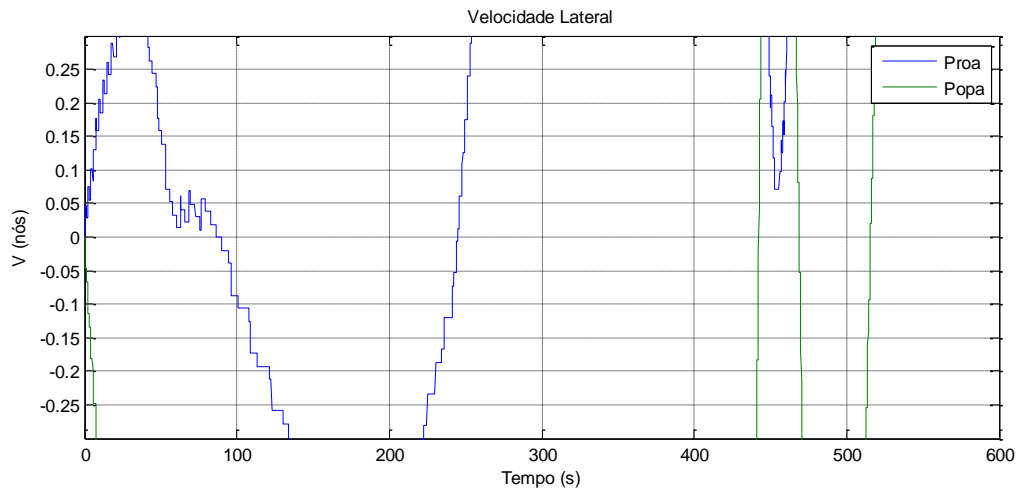
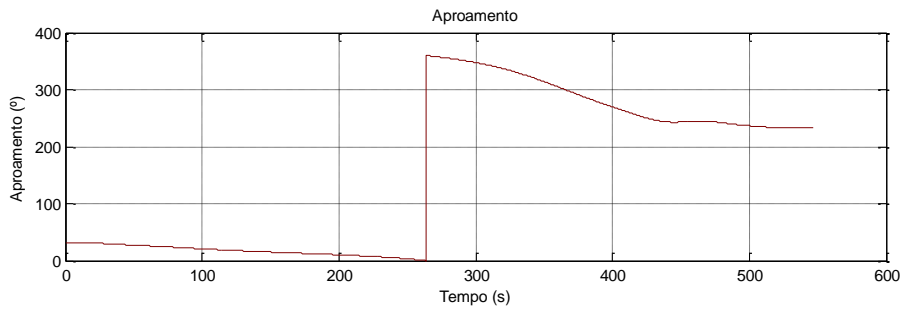
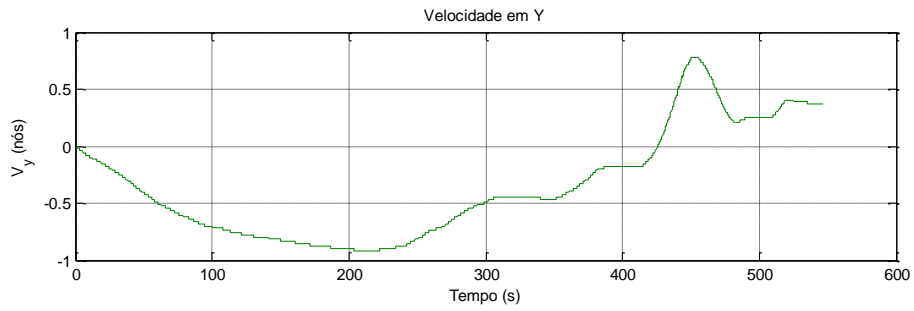
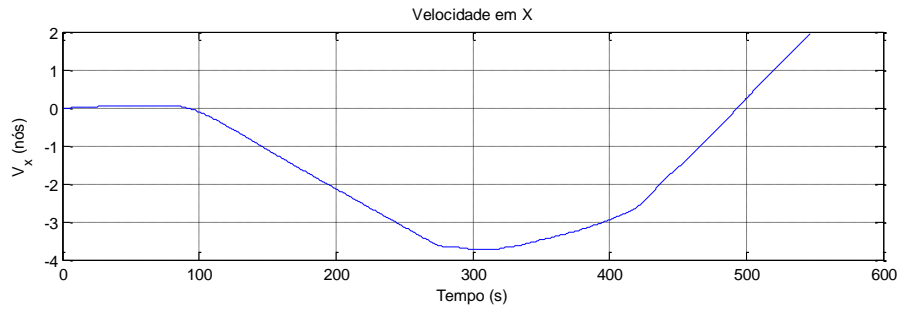


Figura 38 – Manobra 6

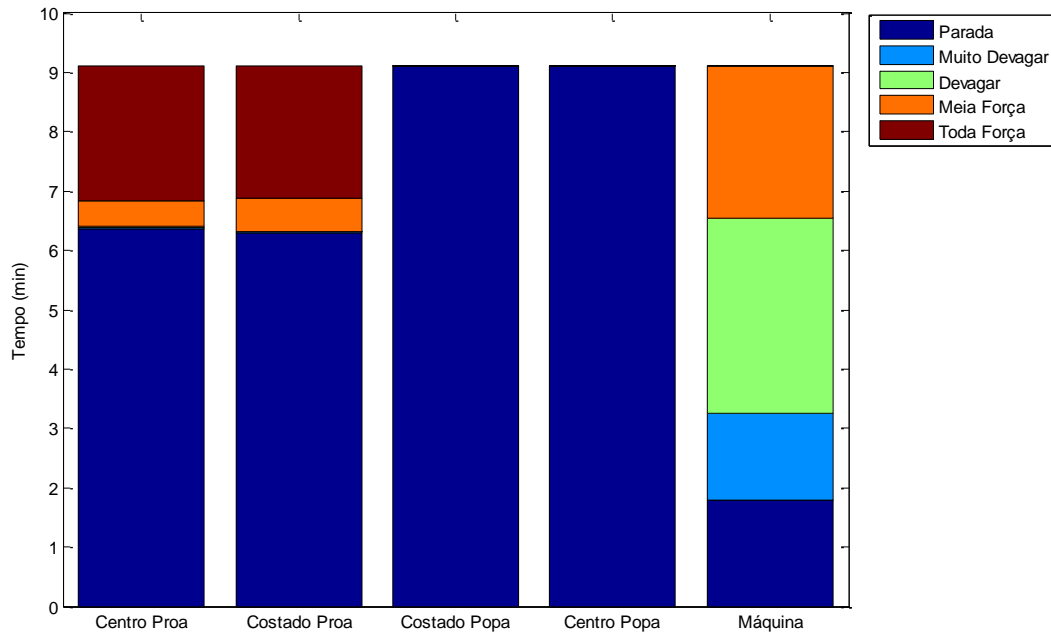
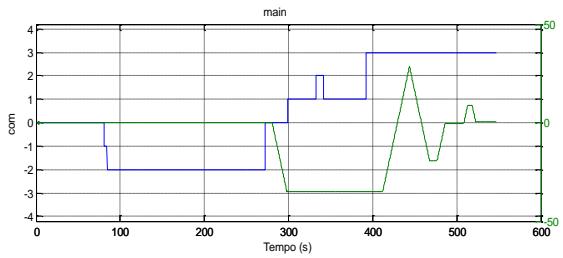
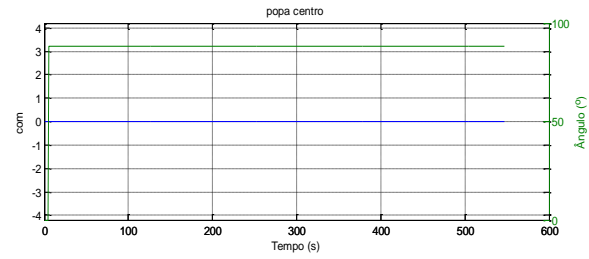
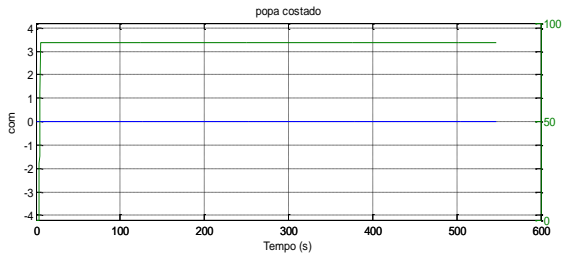
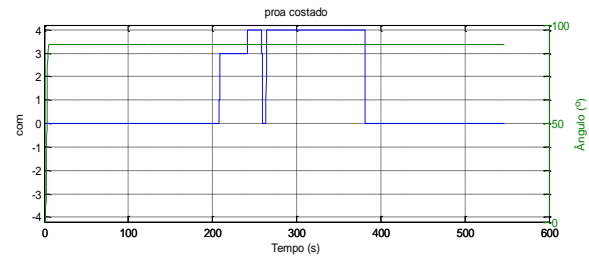
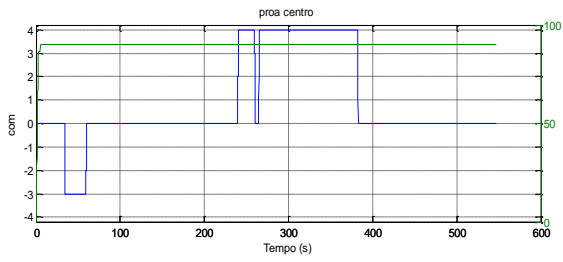
Comentários: Ao iniciar a manobra, as condições ambientais e rebocadores puxando fizeram com que o navio se afastasse do outro muito rapidamente, o que pode representar perigo de rompimento dos cabos que seguram o navio atracado no PP1. Na realidade, o afastamento deve ser realizado com velocidade lateral máxima da ordem de 0,2 nó. Além deste ponto a manobra foi realizada como de costume, com uso adequado de rebocadores.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
6	Crítico	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.7. Manobra 7

Navio: Suezmax	Condição: Para SW
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 2 nós SW
Carregamento: Lastro	Berço: PP1

Trajectoria da embarcação

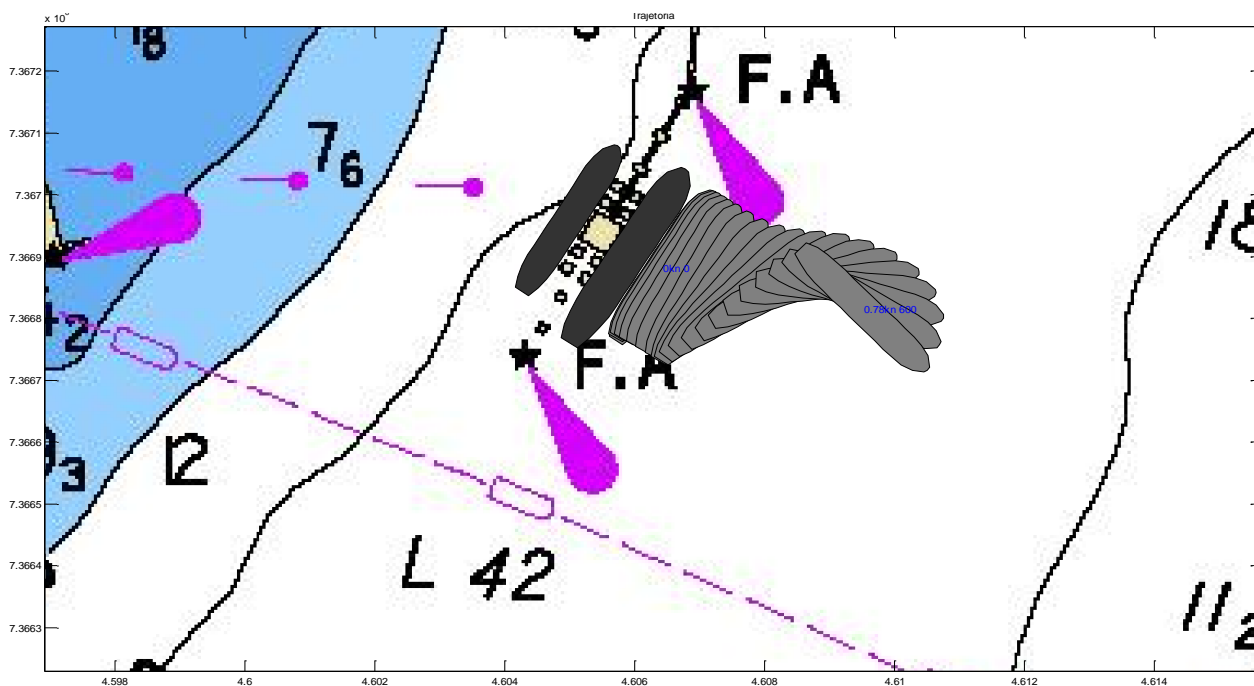
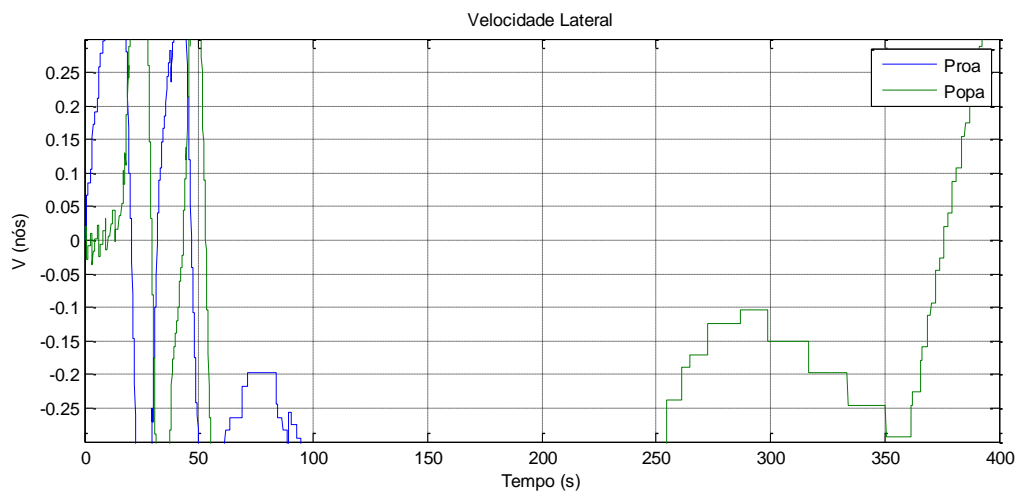
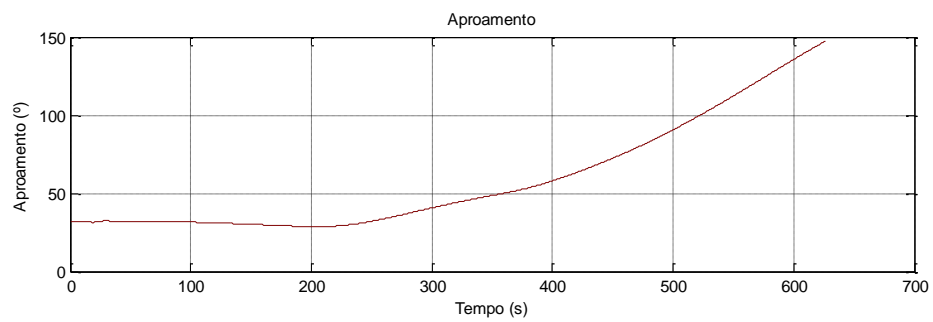
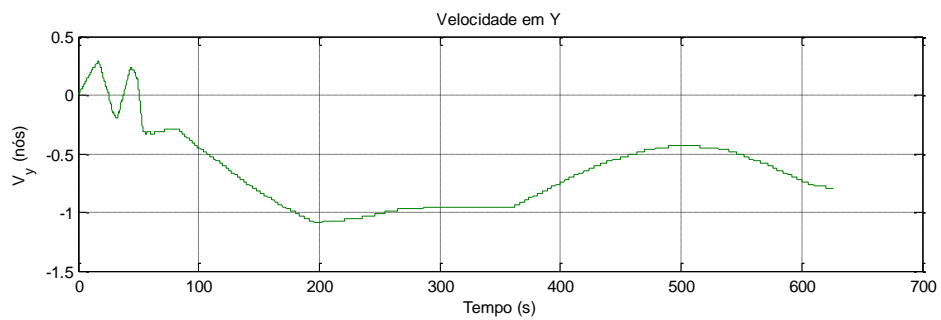
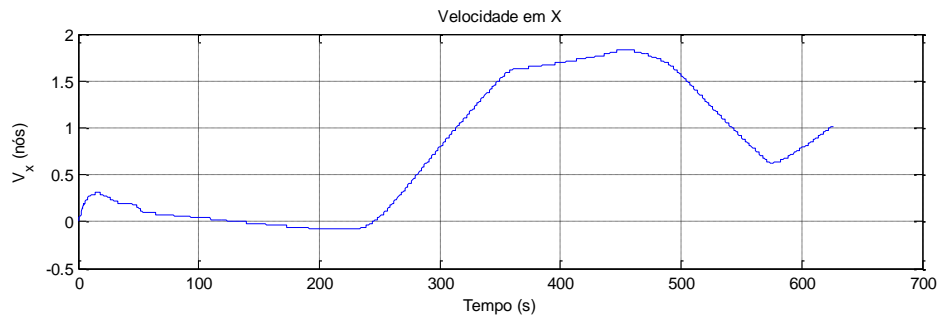


Figura 39 – Manobra 7

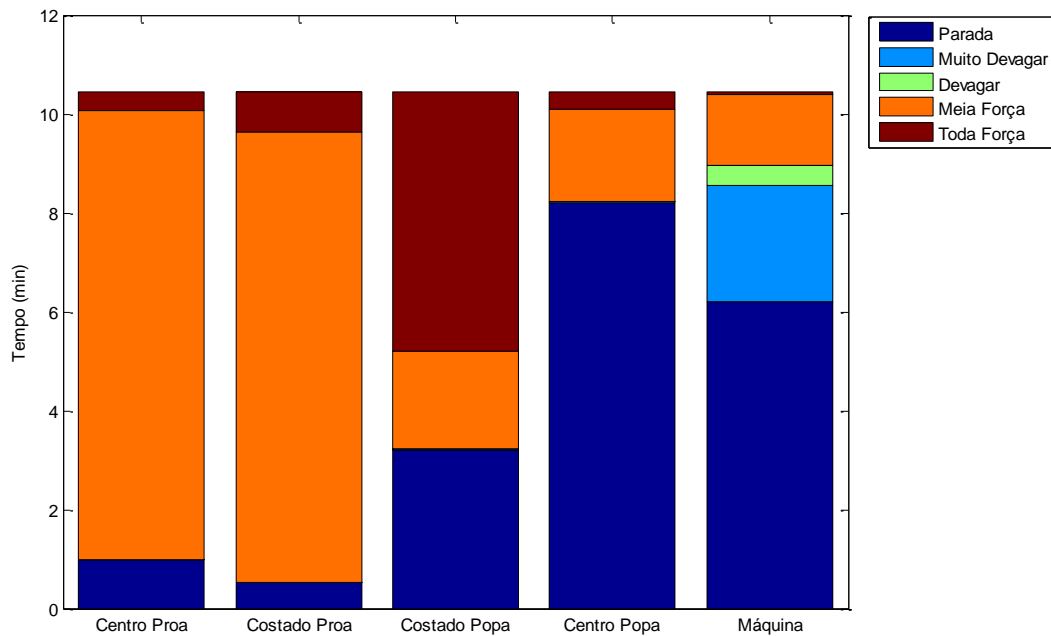
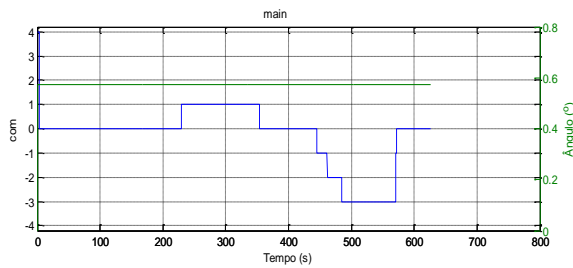
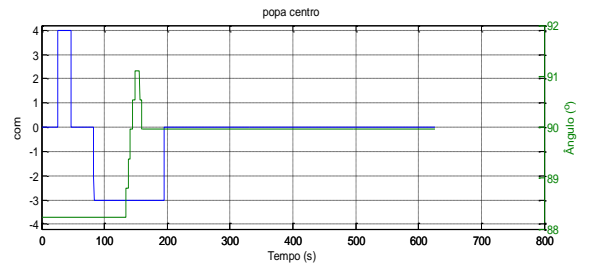
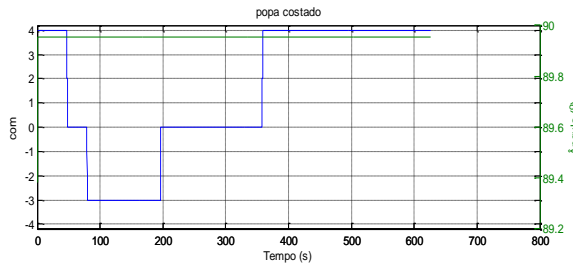
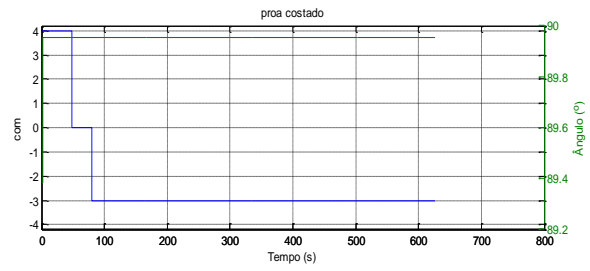
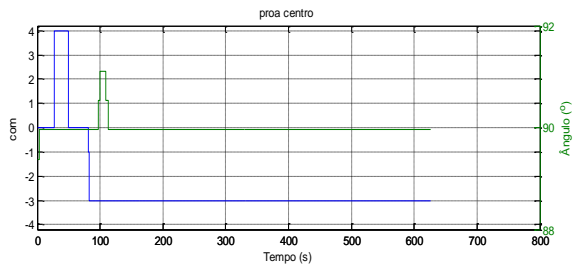
Comentários: Para que o navio se afastasse mais lentamente e não apresentasse perigo para os cabos, a manobra começou com rebocadores empurrando para segurar um navio próximo do outro até equilibrar as forças resultantes da condição ambiental. O afastamento foi feito de forma mais lenta. A manobra foi realizada com uso adequado dos rebocadores.

		Rebocadores				
		Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
7	Adequado	Adequado	Adequado	Médio	Adequado	

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.8. Manobra 8

Navio: VLCC	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós ; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: Externo

Trajatória da embarcação

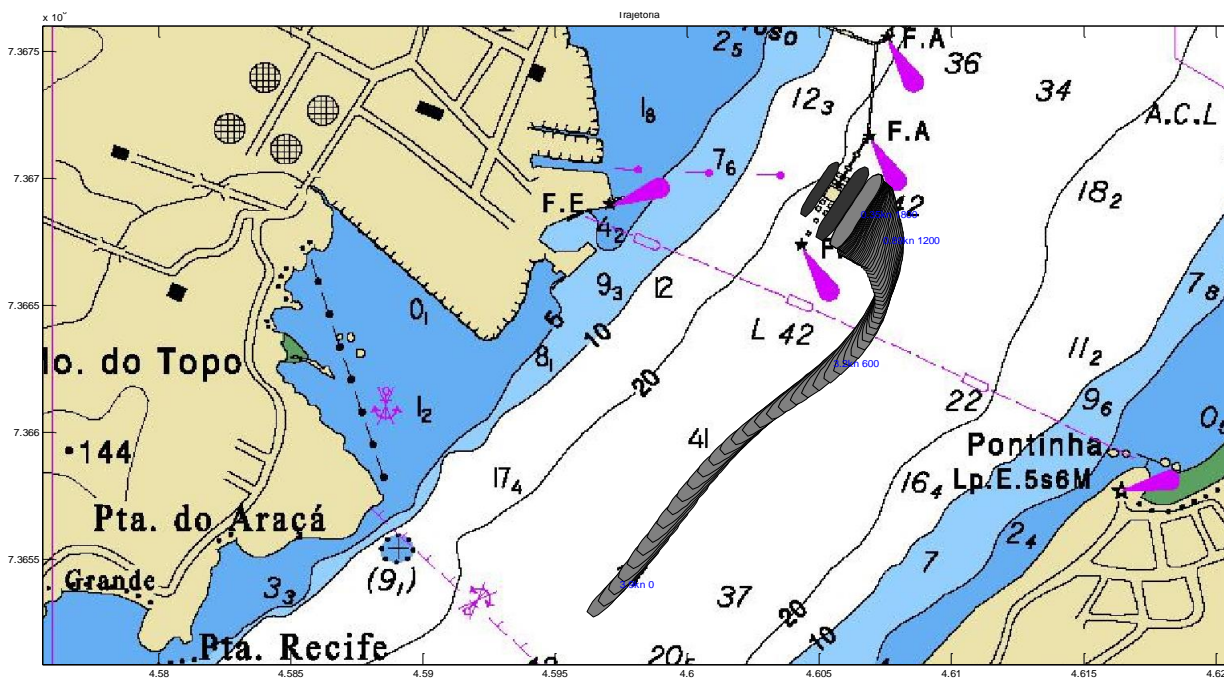
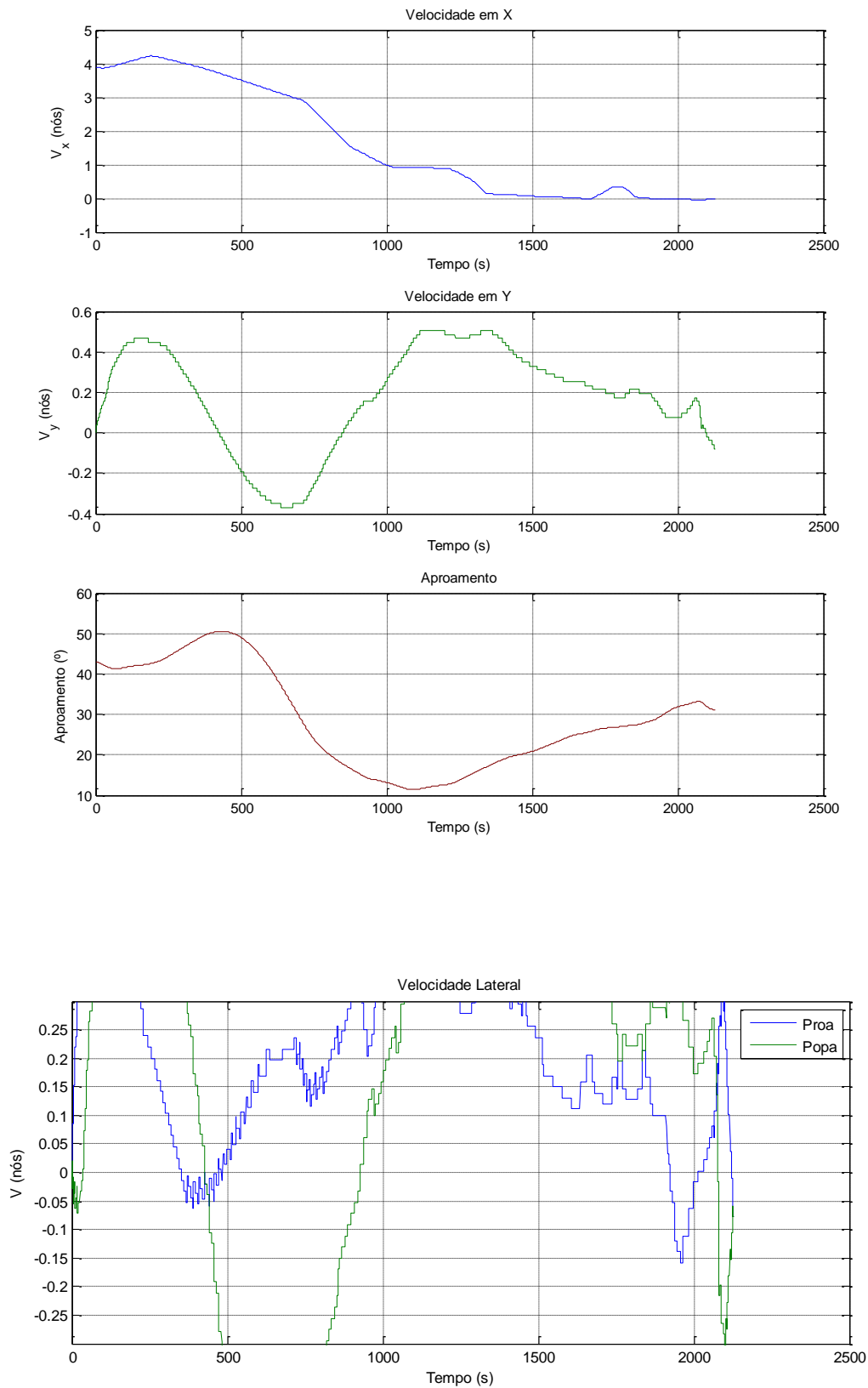


Figura 40 – Manobra 8

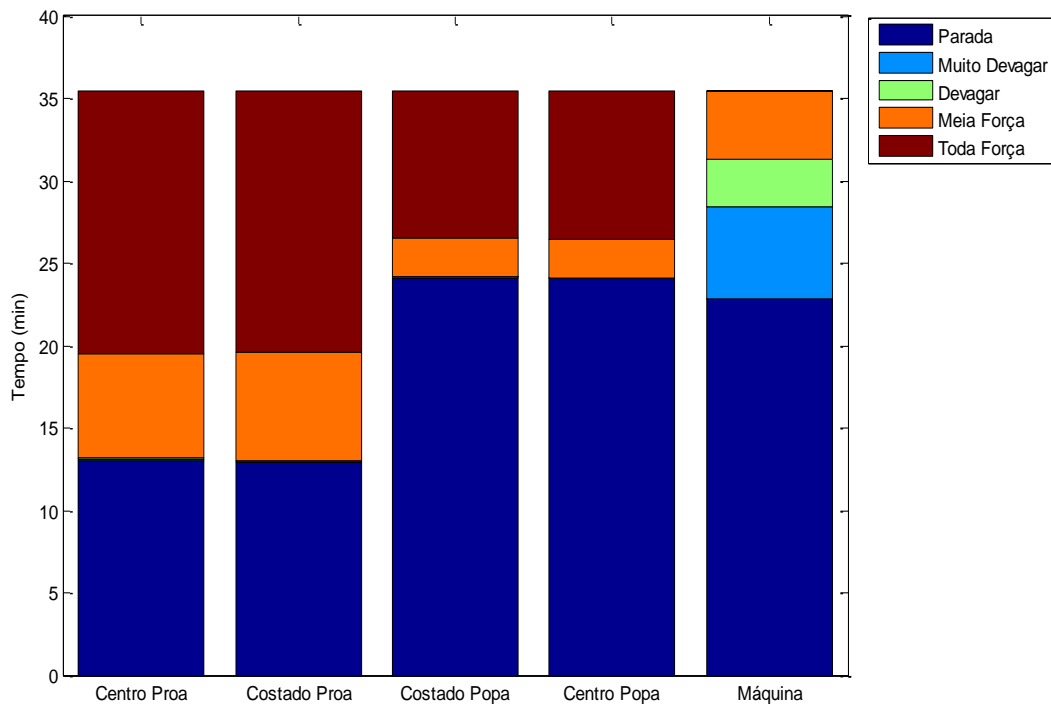
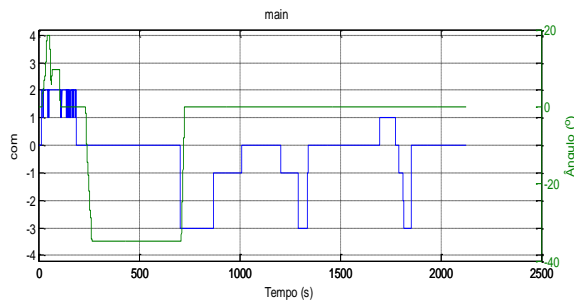
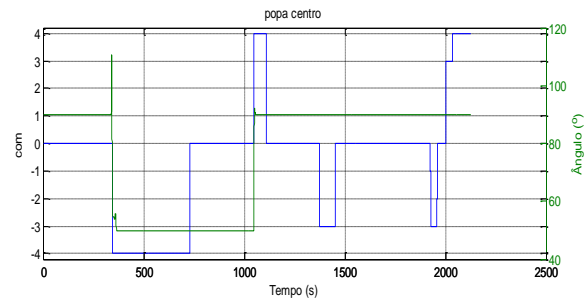
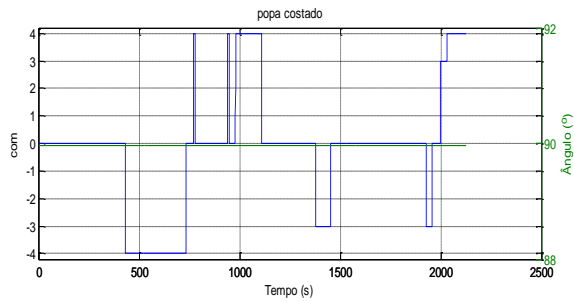
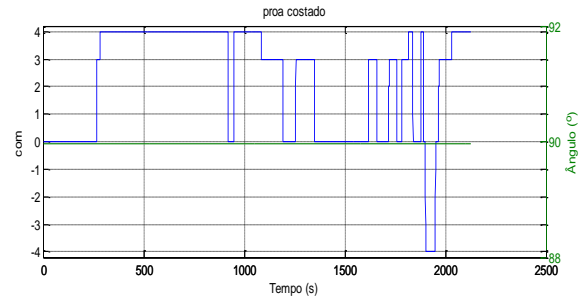
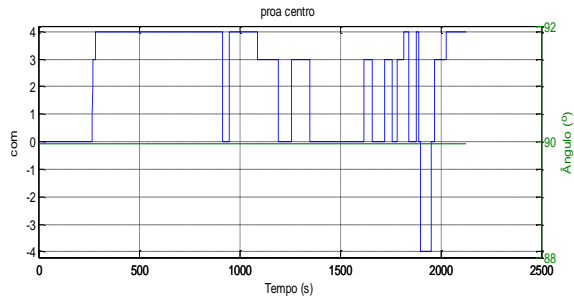
Comentários: A partir desta manobra, aumentou-se o tempo de resposta dos rebocadores, atuando de forma mais lenta e mais realista segundo a praticagem. Nota-se uso crítico dos rebocadores da proa, pois nesta manobra o navio iniciou a aproximação paralela muito afastado do píer, havendo maior necessidade do uso dos rebocadores. Foi possível controlar a velocidade de aproximação do navio com os rebocadores. Houve um comportamento inesperado da corrente, o que fez com que o navio fosse abatido para boreste antes de chegar ao píer, esse efeito pode ter ocorrido por conta da mudança artificial da corrente feita a pedido dos práticos.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
8	Adequado	Crítico	Crítico	Médio	Médio

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



Imagens da Simulação



5.9. Manobra 9

Navio: VLCC	Condição: Para SW
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós ; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Lastro	Berço: Externo

Trajatória da embarcação

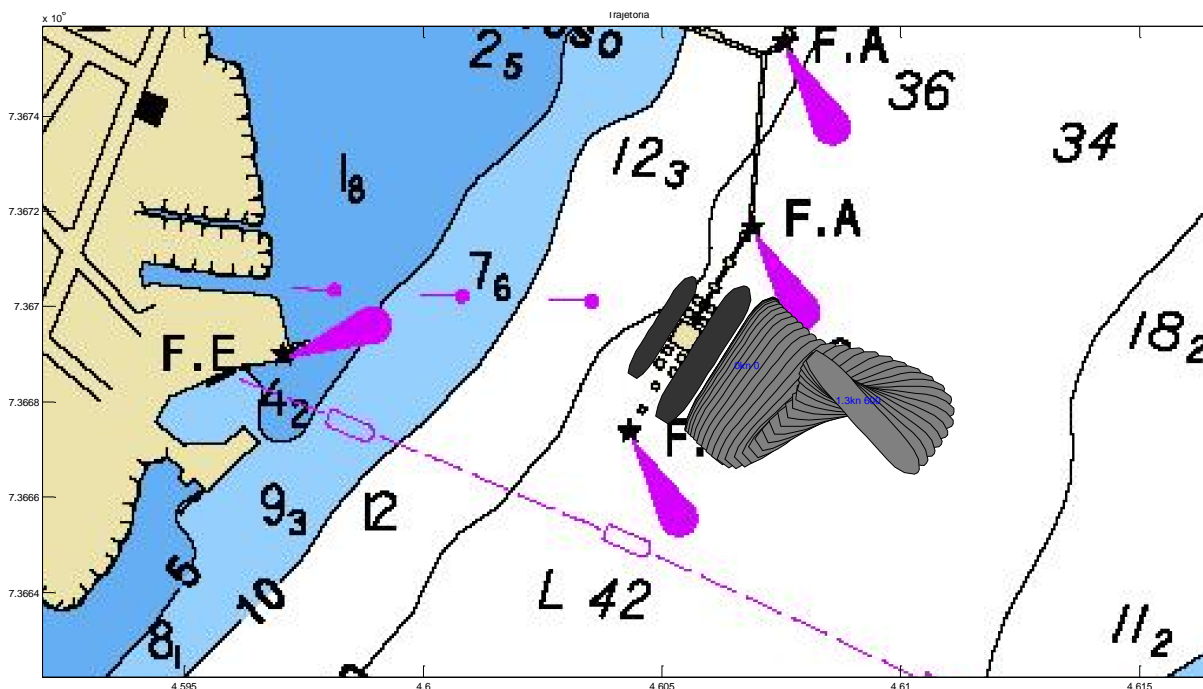
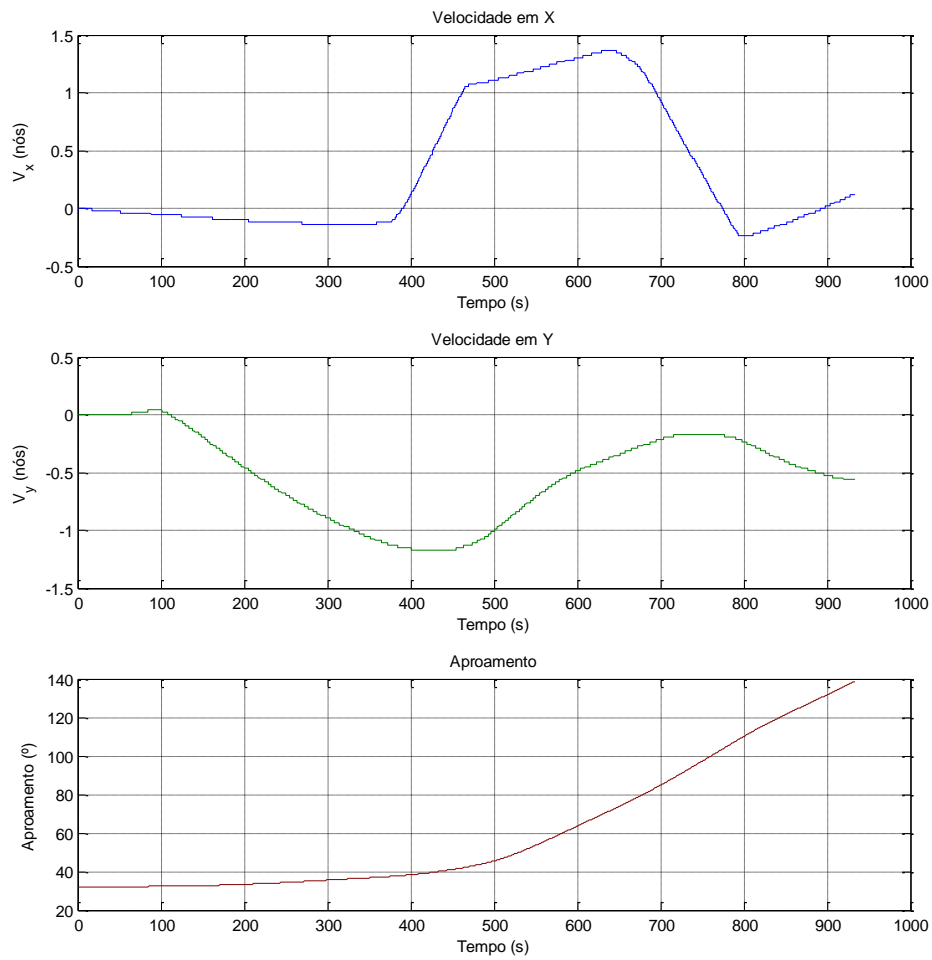


Figura 41 – Manobra 9

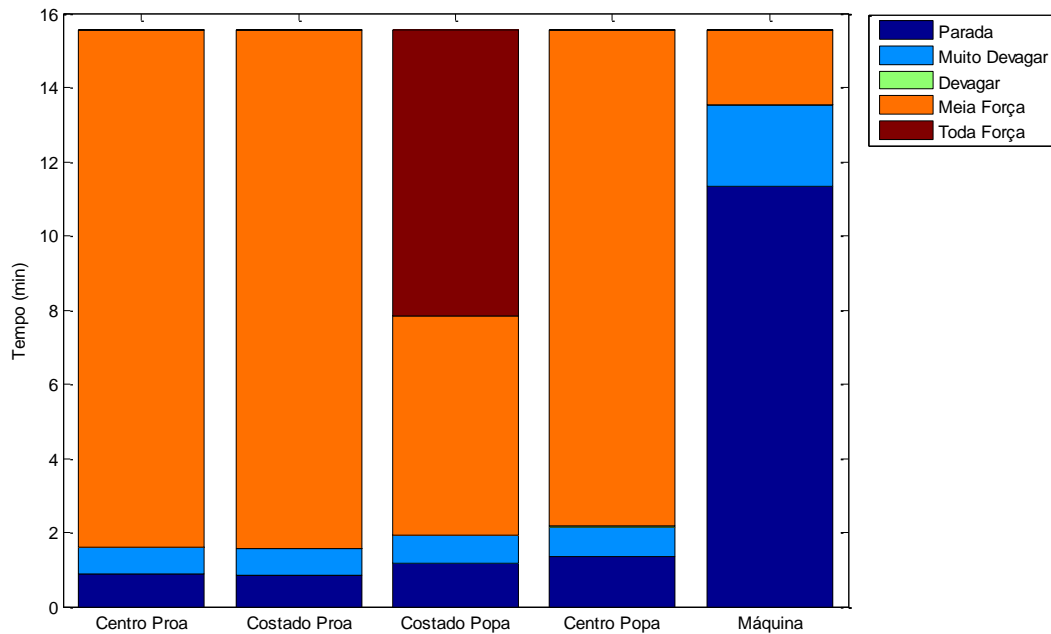
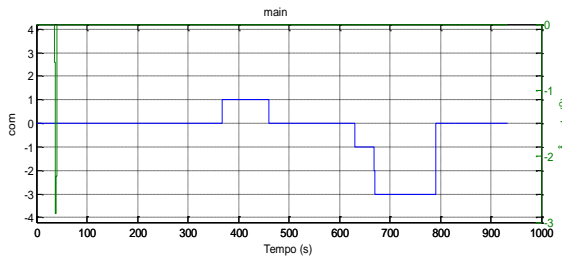
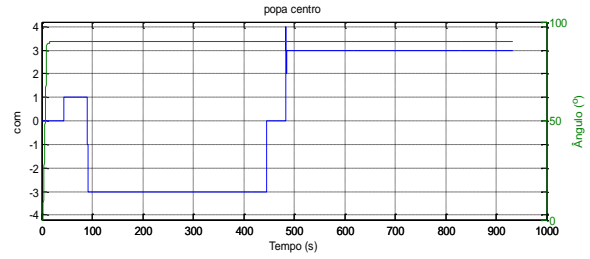
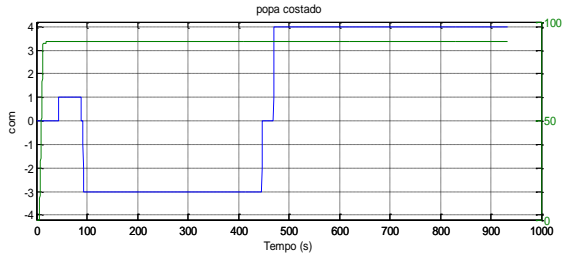
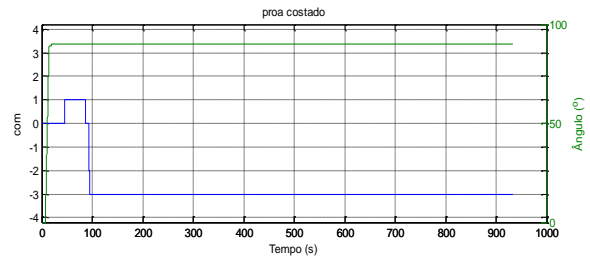
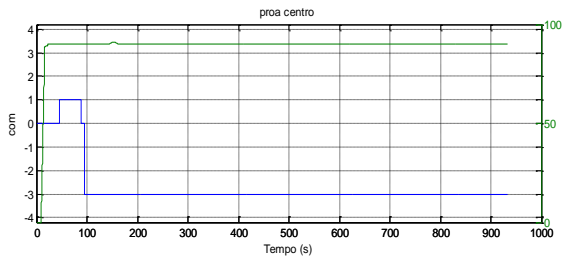
Comentários: O navio foi afastado com velocidade adequada realizando o giro em frente ao píer com uso adequado dos rebocadores.

	Máquina+Leme	Rebocadores			
		Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
9	Adequado	Adequado	Adequado	Médio	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.10. Manobra 10

Navio: VLCC	Condição: Para NE
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós ; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó NE
Carregamento: Lastro	Berço: PP1

Trajatória da embarcação

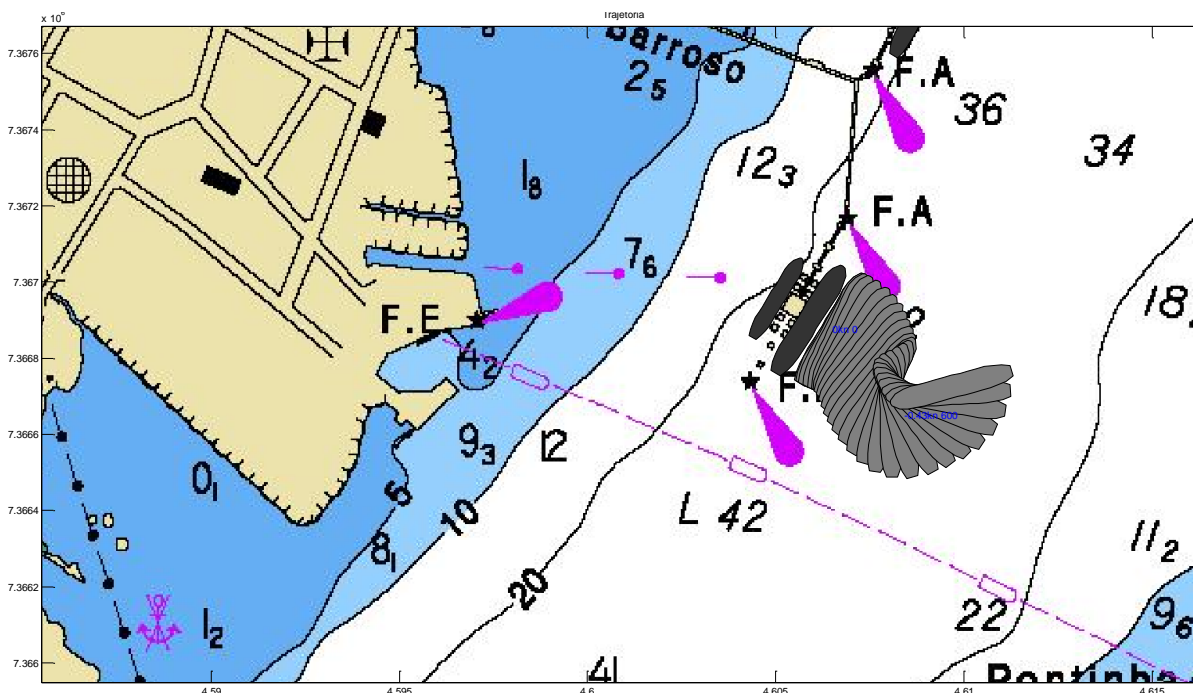
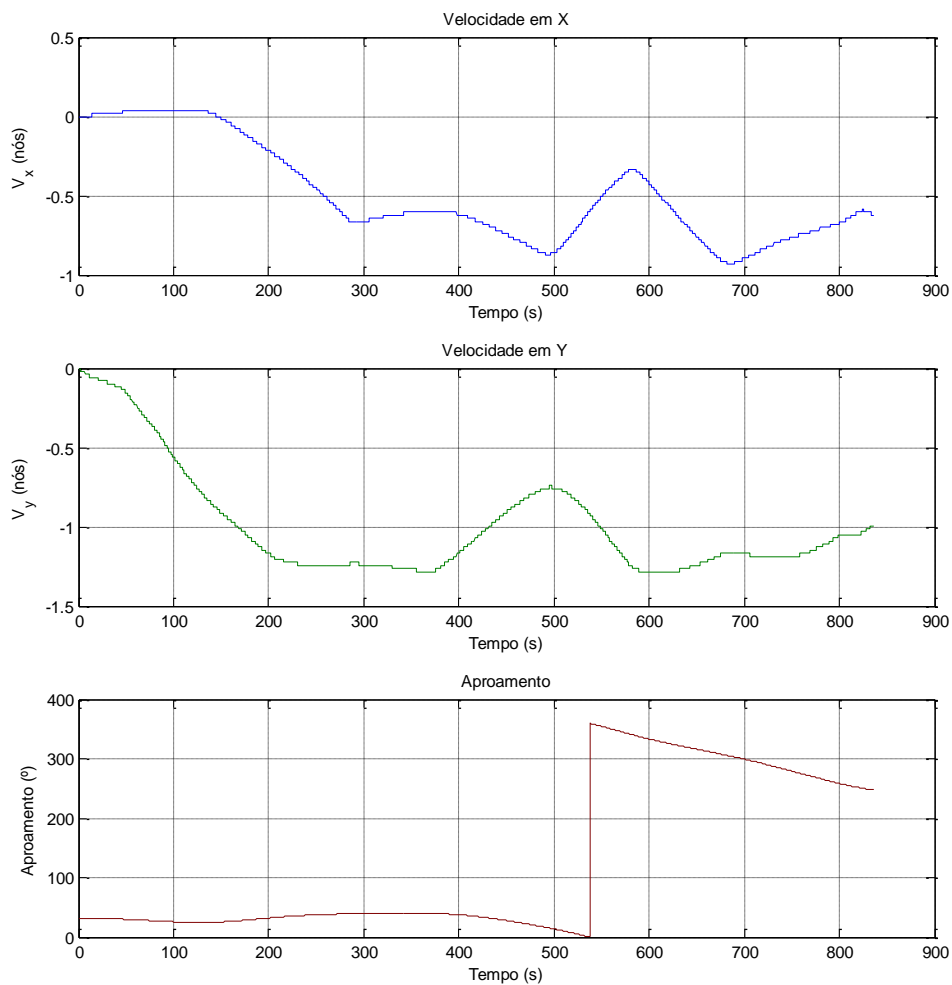


Figura 42 – Manobra 10

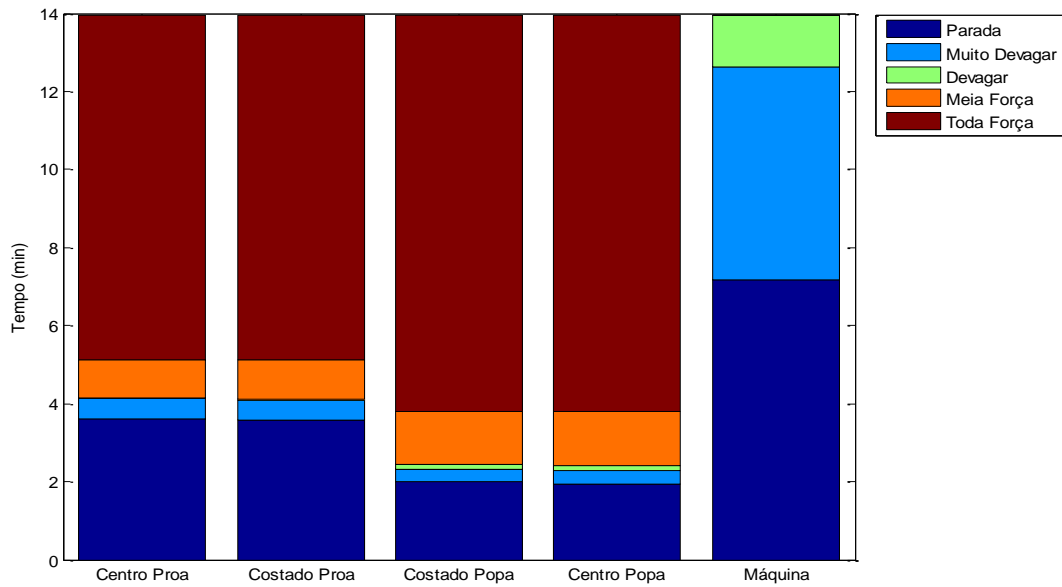
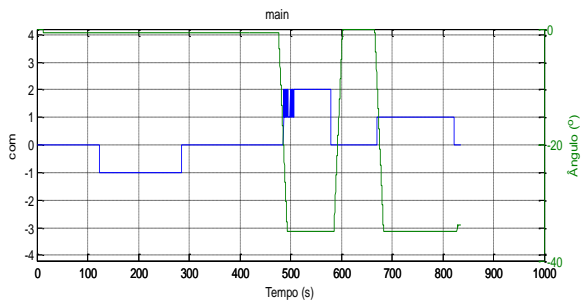
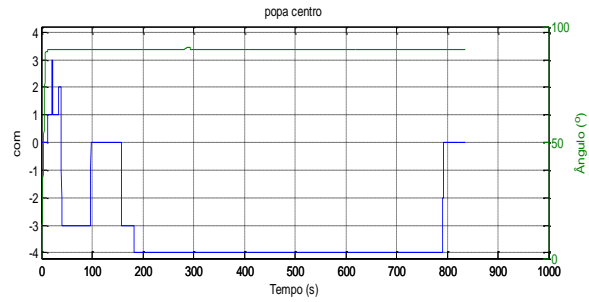
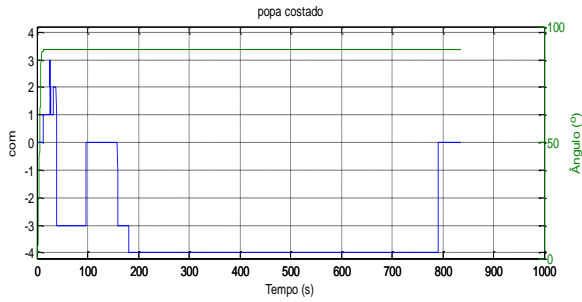
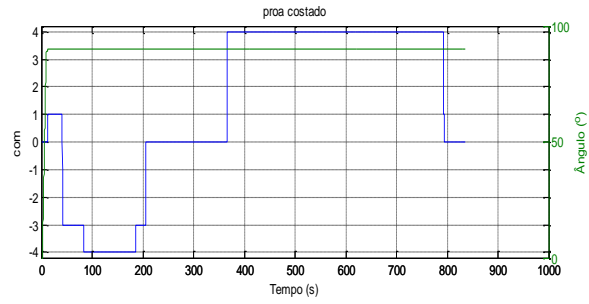
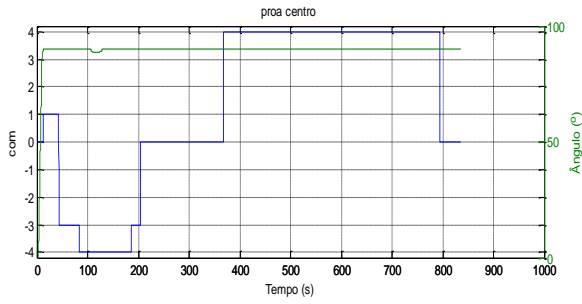
Comentários: A manobra apresentou uso intenso dos rebocadores, pois houve alta velocidade de afastamento devido ao uso de meia força dos rebocadores. Na realidade este afastamento seria mais lento, e o uso de rebocadores menos intenso.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
10	Crítico	Médio	Médio	Crítico	Crítico

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.11. Manobra 11

Navio: Suezmax	Condição: Para NE
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 2 nó NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP3

Trajatória da embarcação

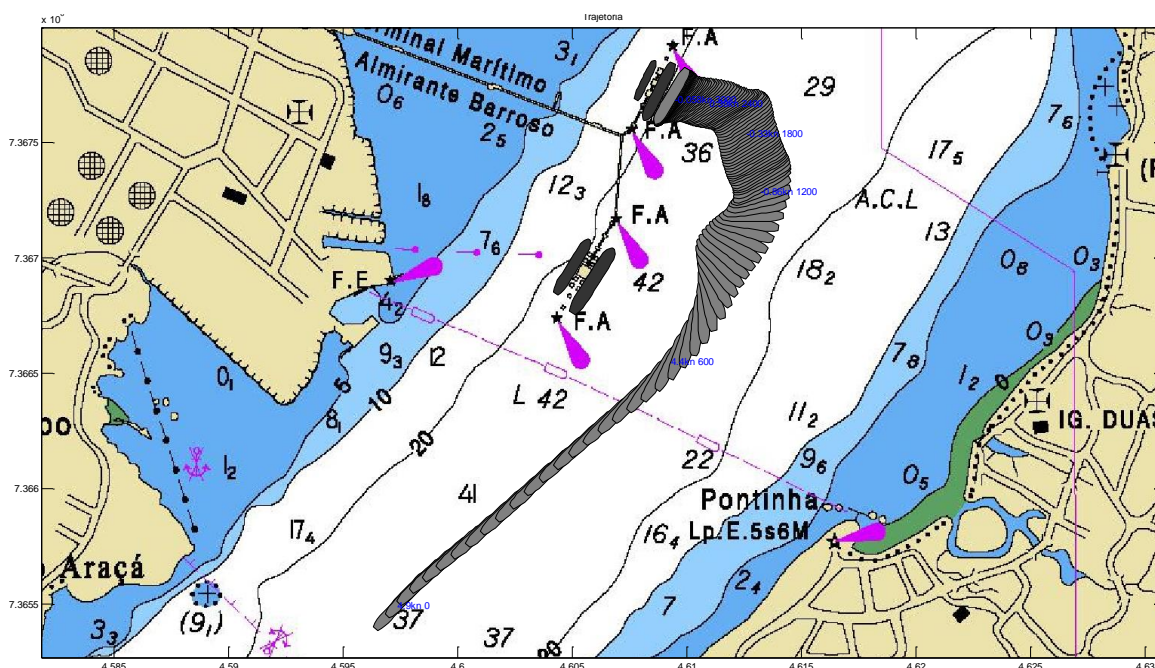
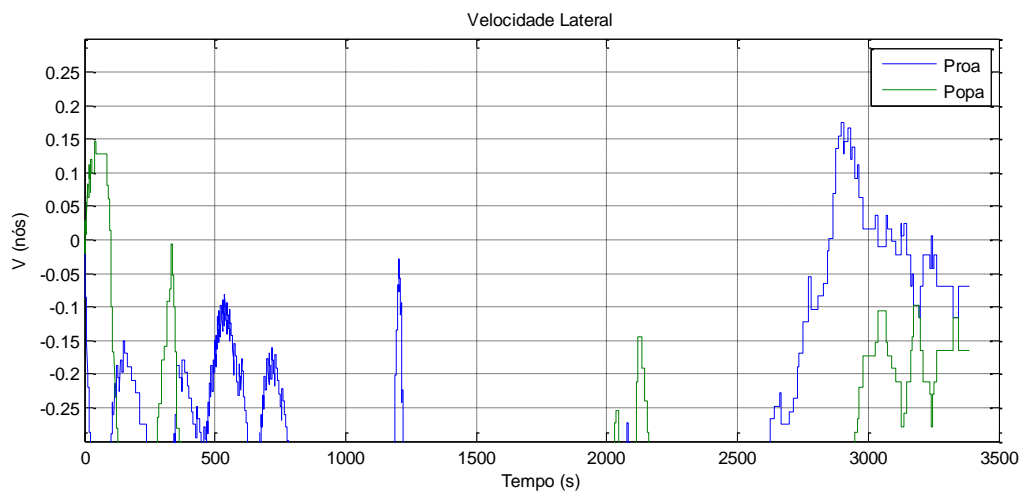
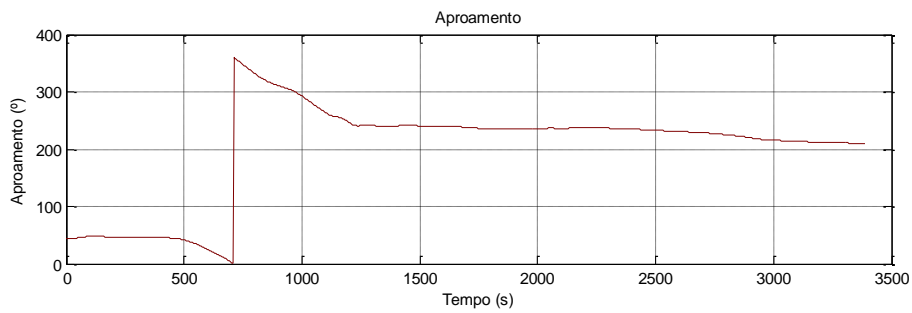
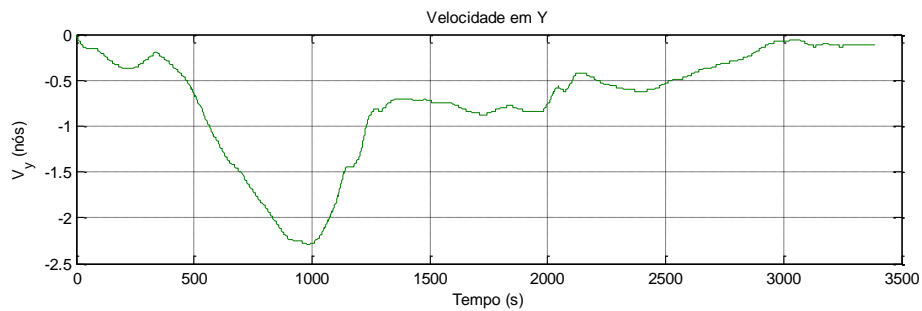
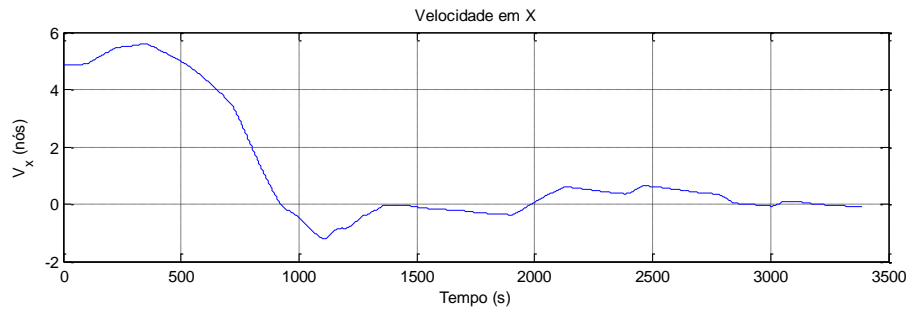


Figura 43 – Manobra 11

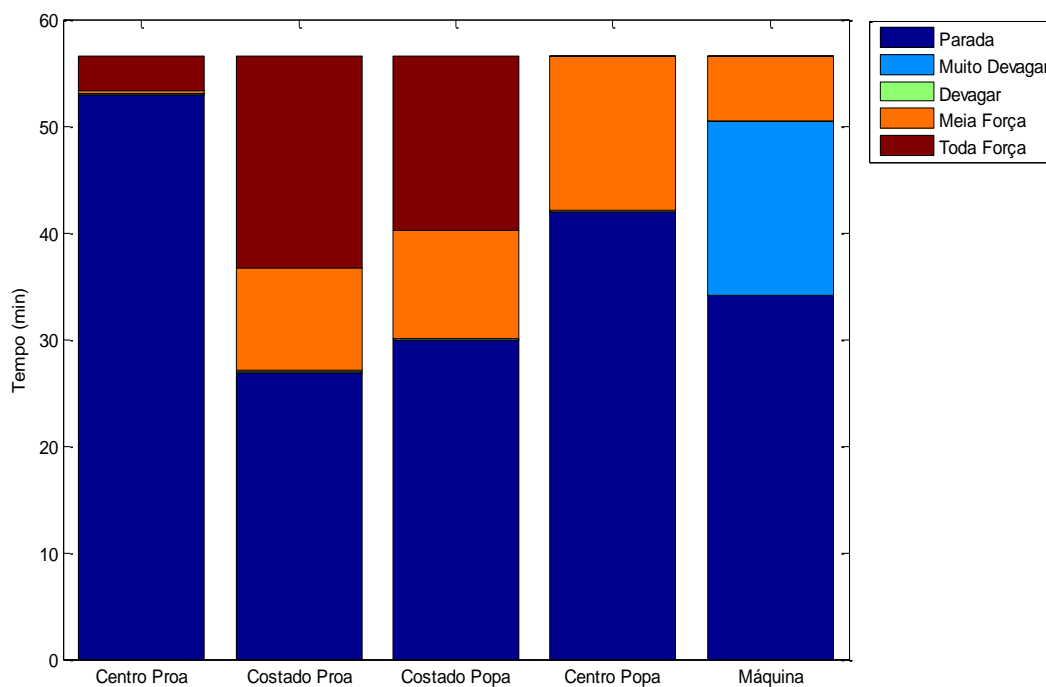
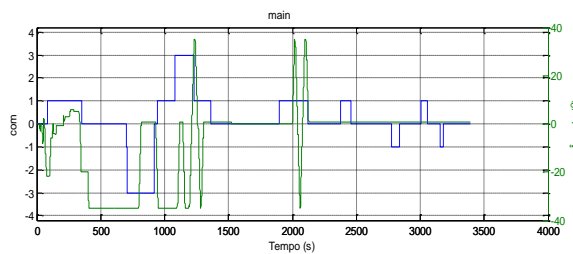
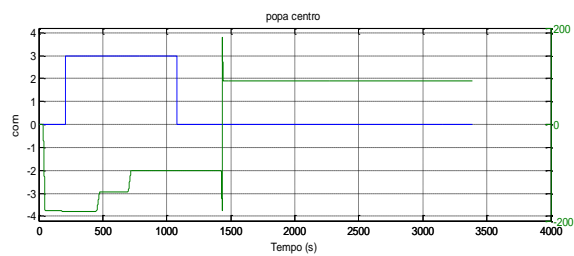
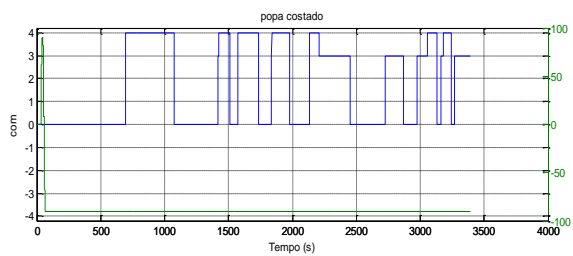
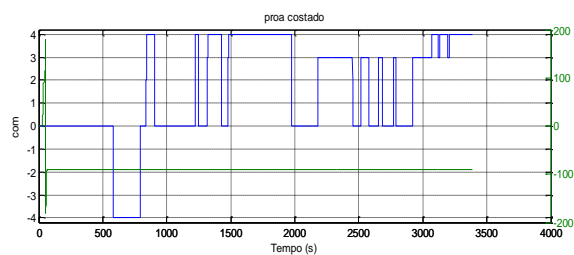
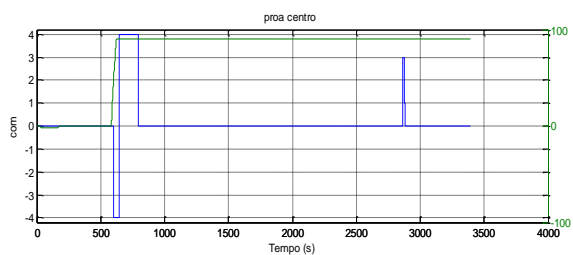
Comentários: Foram usados apenas dois rebocadores no final e o giro e aproximação puderam ser executados tal como é feito hoje em dia. Em geral a correnteza no PP3 é mais fraca, o que facilita a manobra. Os rebocadores foram capazes de segurar o navio na aproximação final que ocorreu com velocidade apropriada.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
11	Médio	Adequado	Crítico	Crítico	Crítico

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.12. Manobra 12

Navio: Suezmax	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: PP3

Trajectoria da embarcação

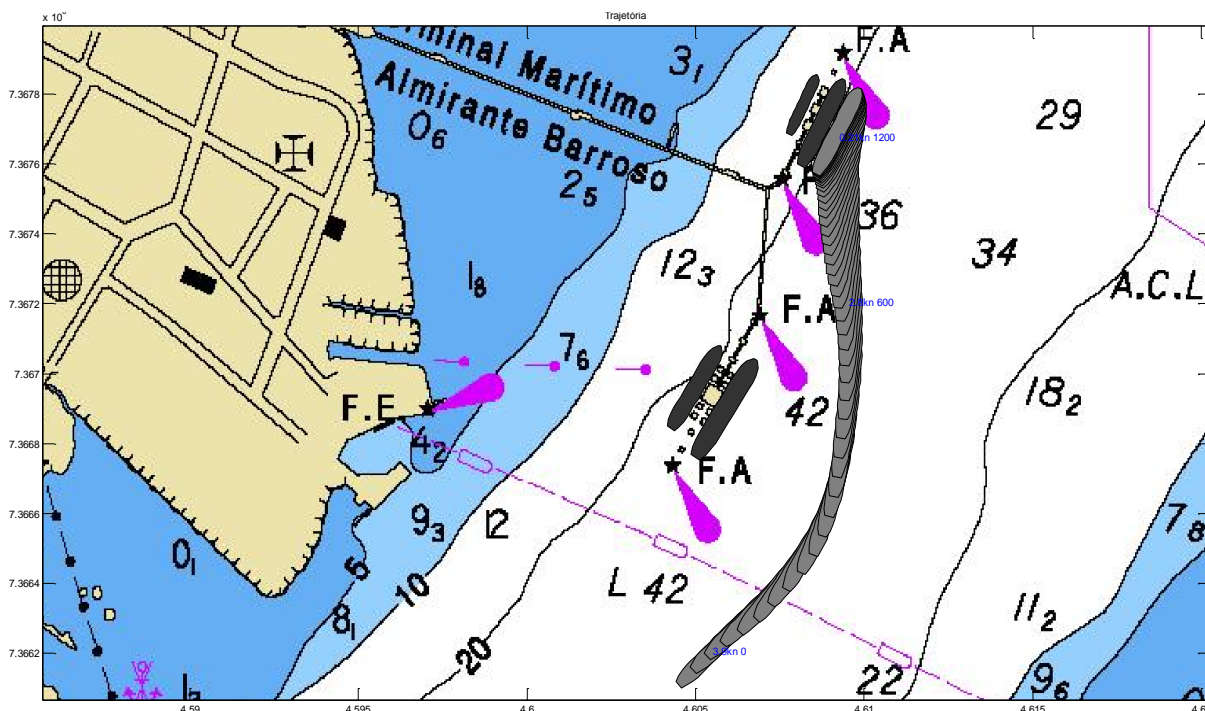
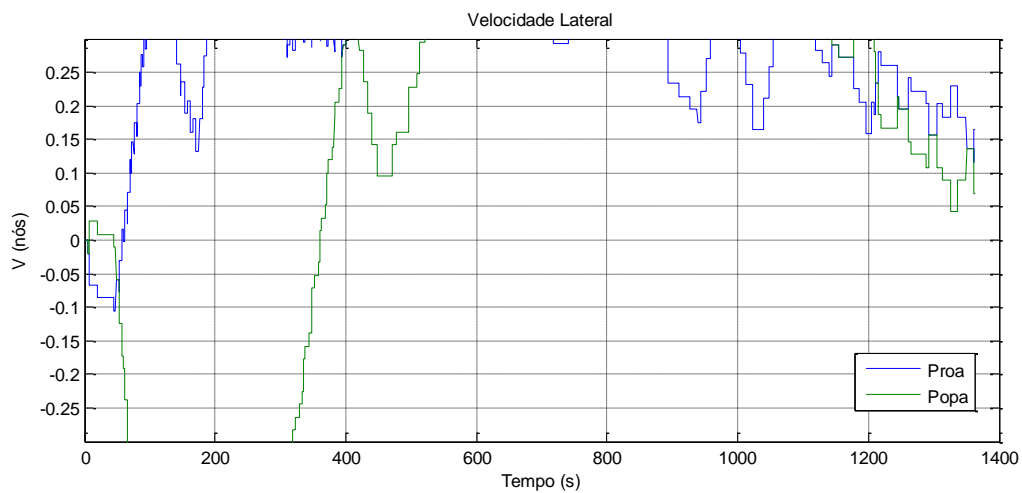
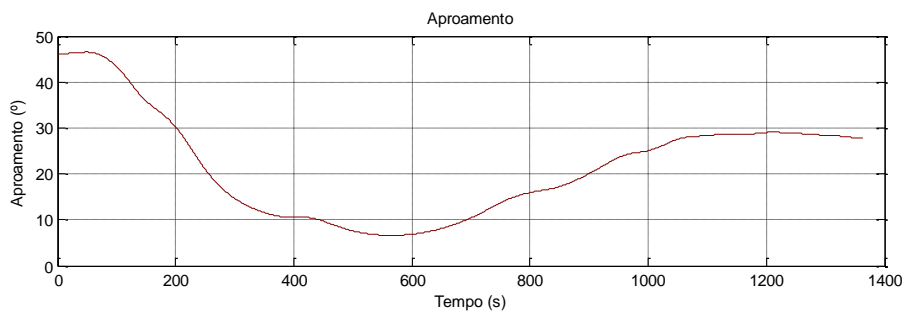
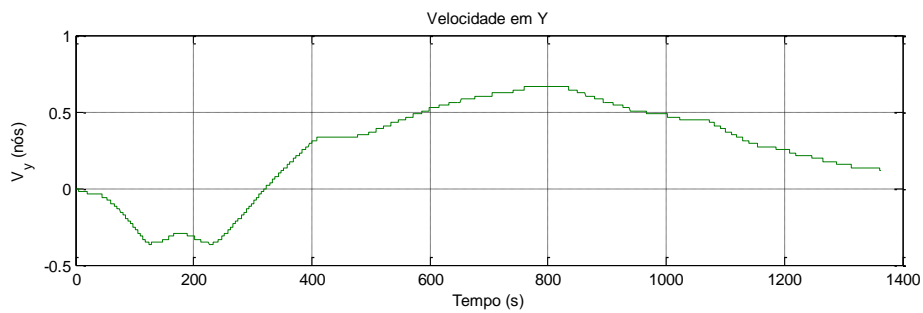
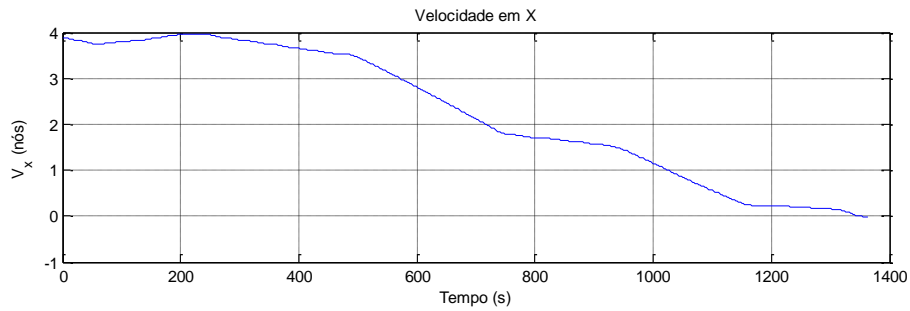


Figura 44 – Manobra 12

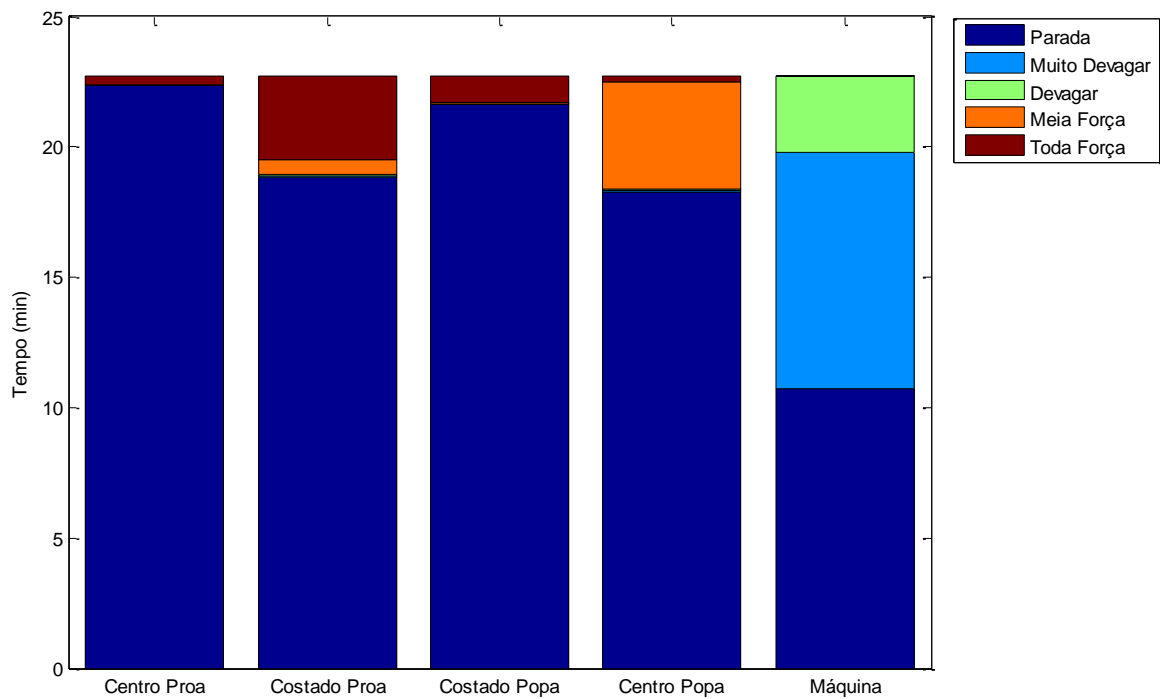
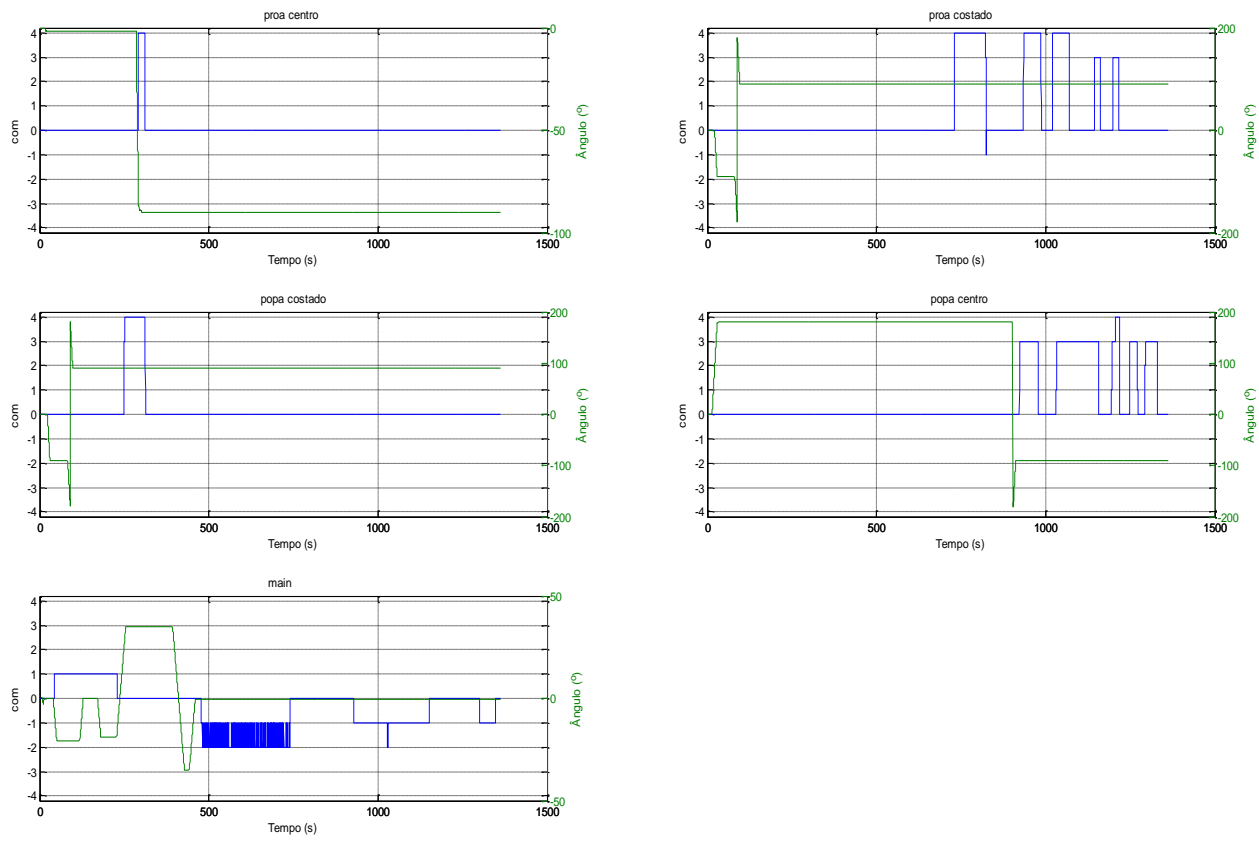
Comentários: Manobra bem representativa, não apresentou riscos adicionais em relação às outras manobras nos píeres externos. O navio terminou a aproximação já se aproximando do terminal, sendo necessário somente controlar sua velocidade transversal, e isso possibilitou um uso menos intensivo dos rebocadores.

	Máquina+Leme	Rebocadores			
		Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
12	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.13. Manobra 13

Navio: Suezmax	Condição: Para SW
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Lastro	Berço: PP3

Trajectoria da embarcação

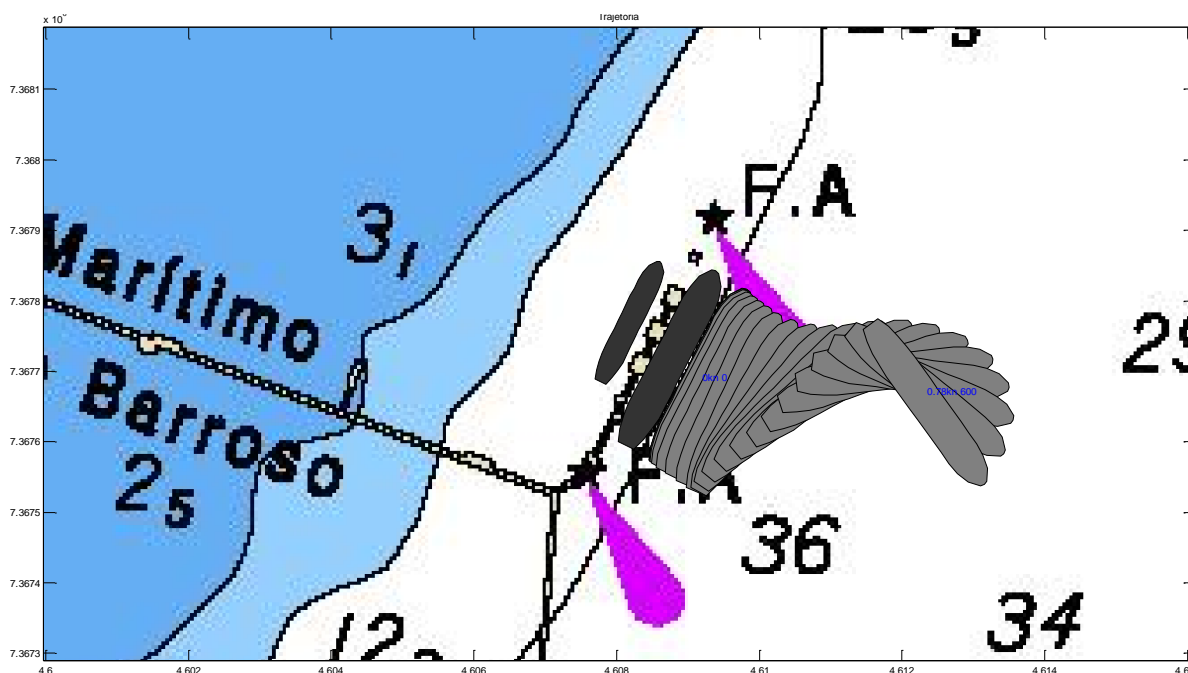
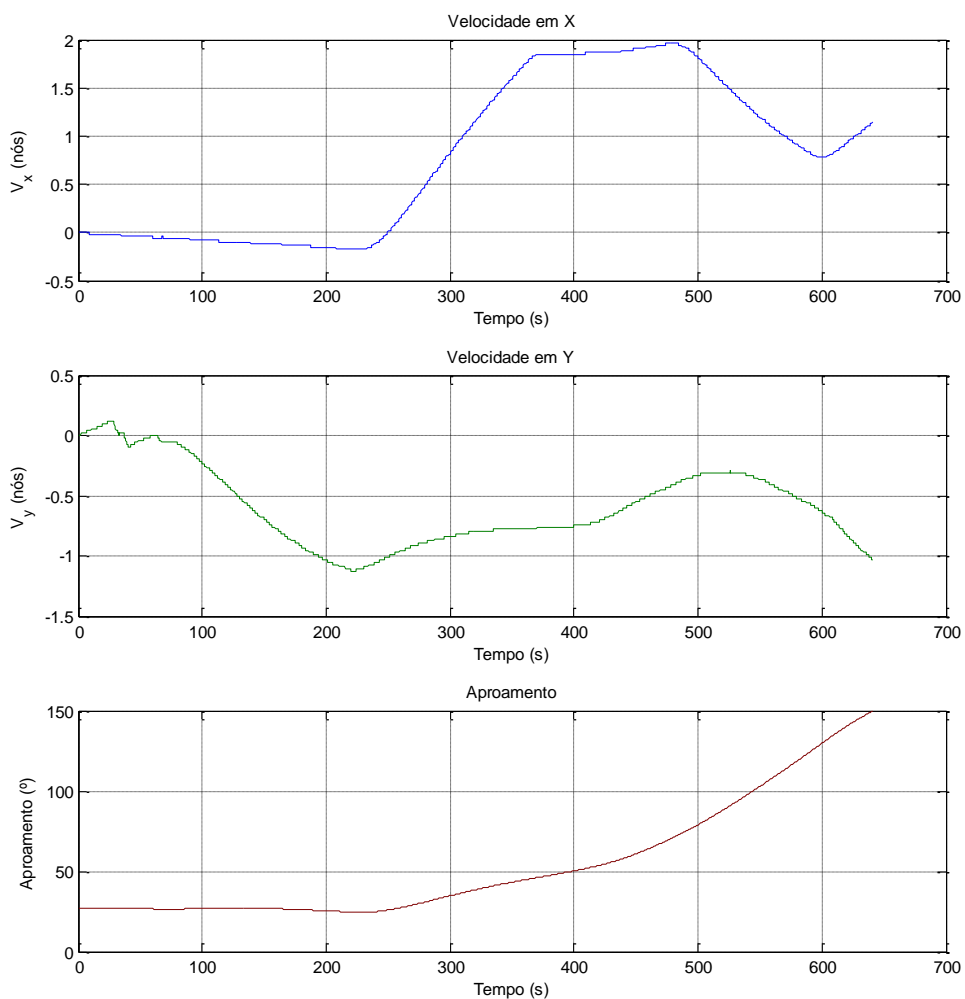


Figura 45 – Manobra 13

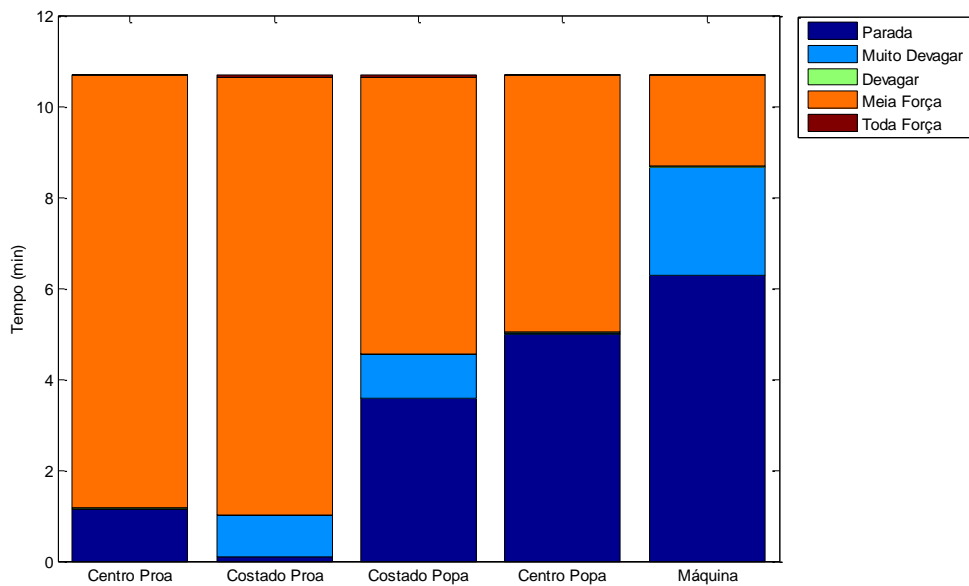
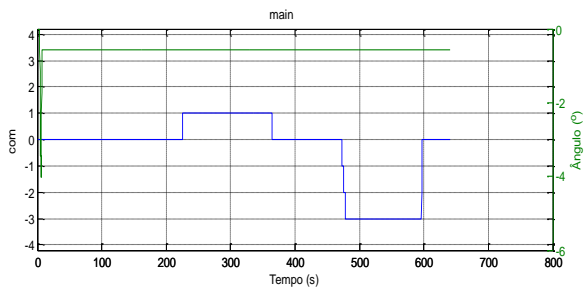
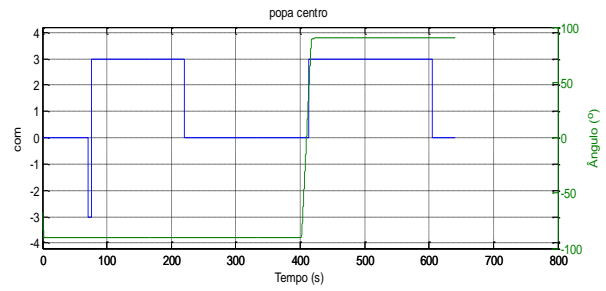
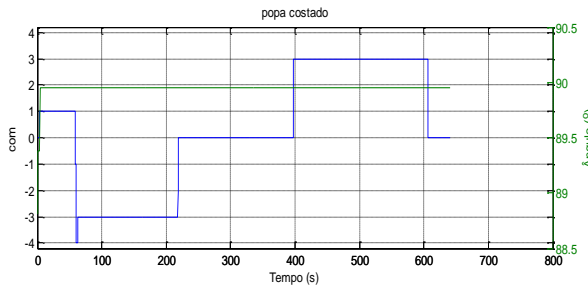
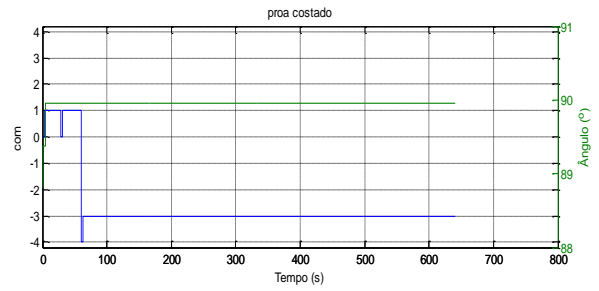
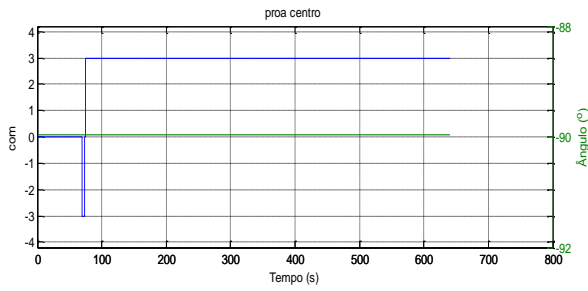
Comentários: Manobra bem representativa, não apresentou riscos adicionais em relação às manobras nos píeres externos. O navio foi afastado do píer com uso adequado dos rebocadores.

		Rebocadores			
		Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa
13	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.14. Manobra 14

Navio: Suezmax	Condição: Para NE
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Lastro	Berço: PP3

Trajectoria da embarcação

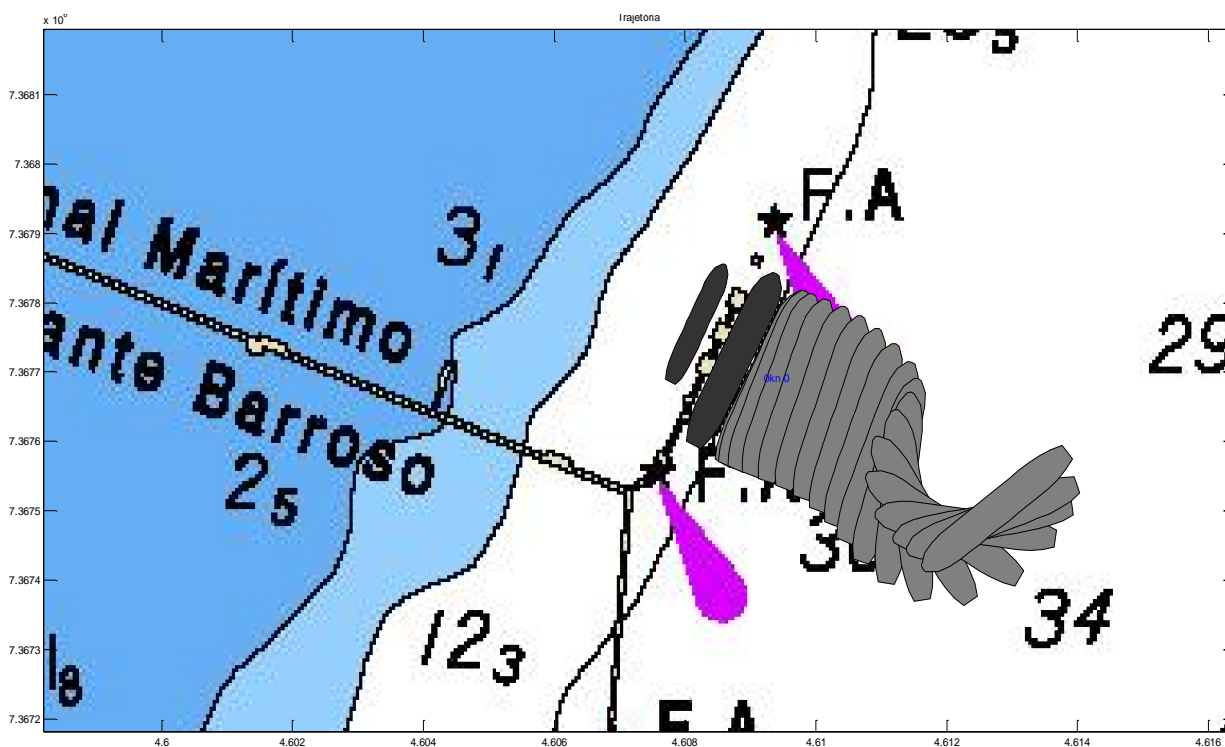
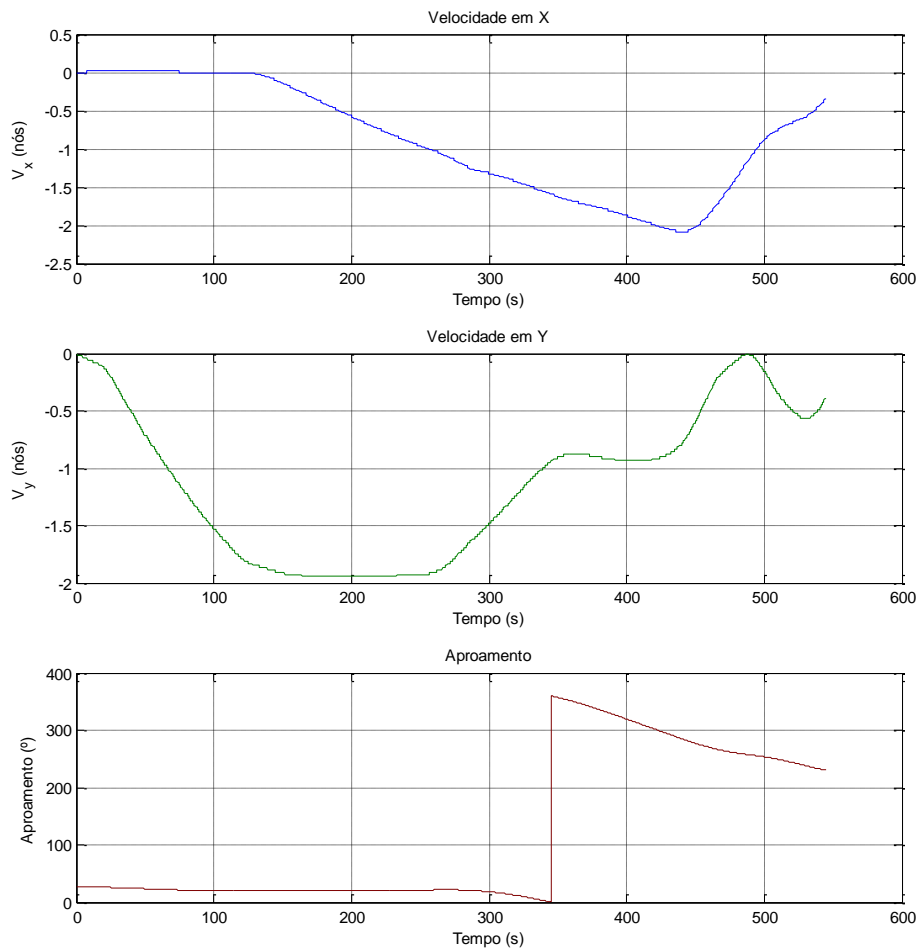


Figura 46 – Manobra 14

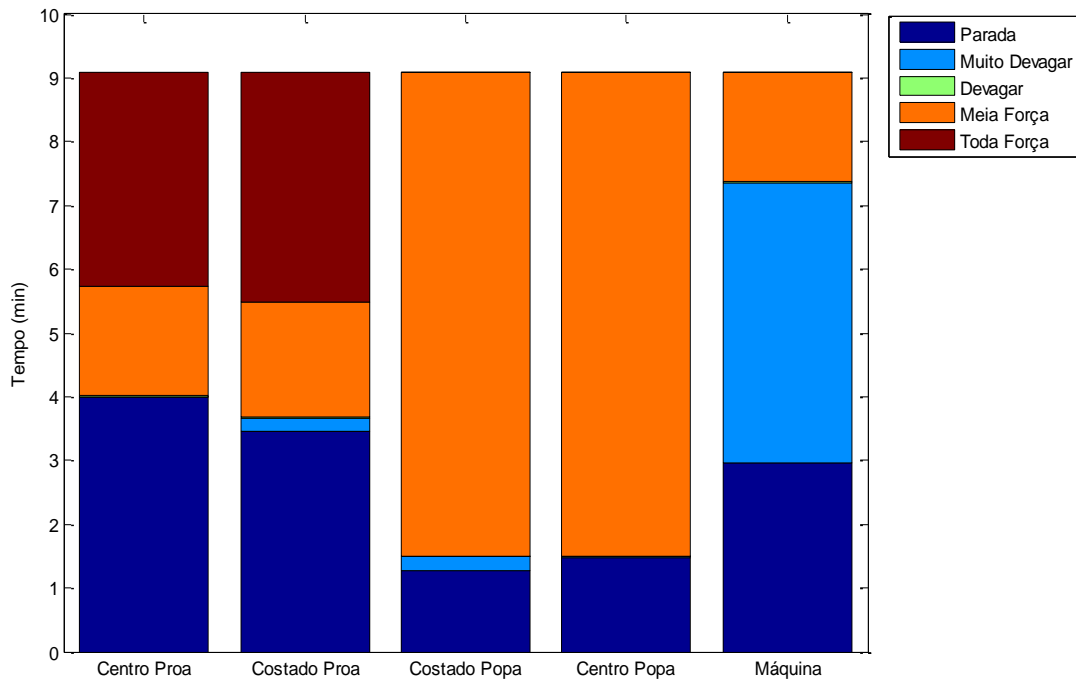
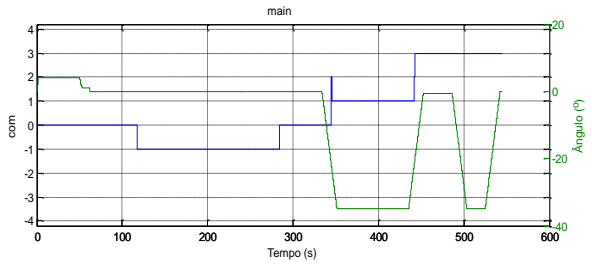
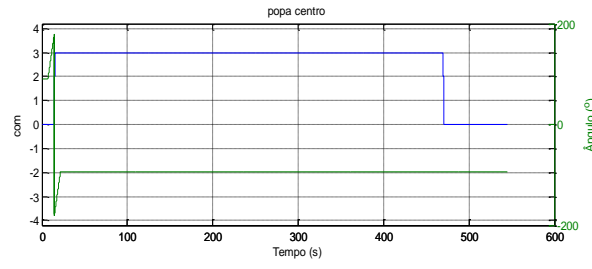
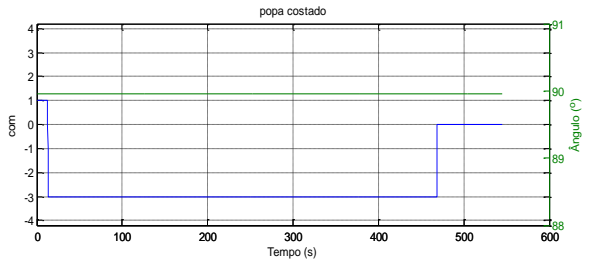
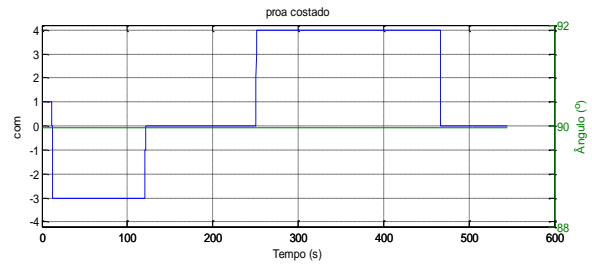
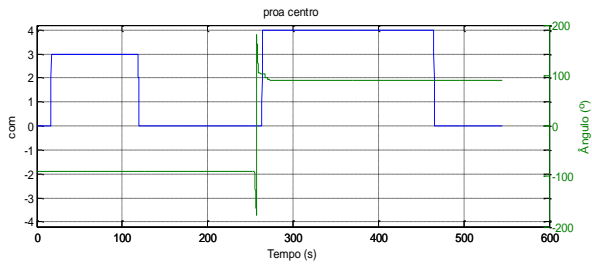
Comentários: Não apresentou riscos adicionais em relação às manobras nos píeres externos. O navio foi afastado do píer com uso adequado dos rebocadores, havendo uso intenso dos rebocadores da proa somente durante o giro.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
14	Crítico	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.15. Manobra 17

Navio: Aframax	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: PP2

Trajectoria da embarcação

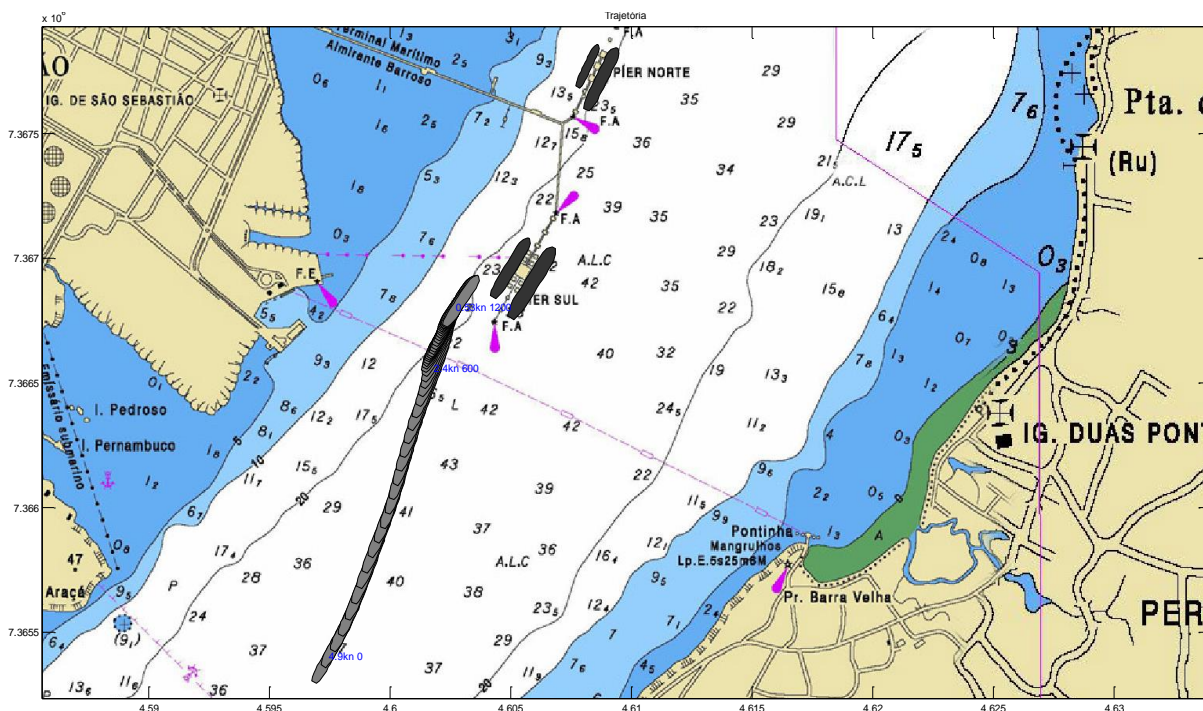
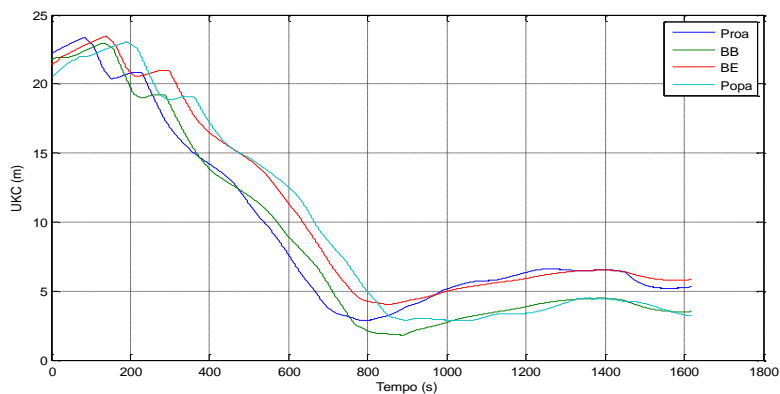
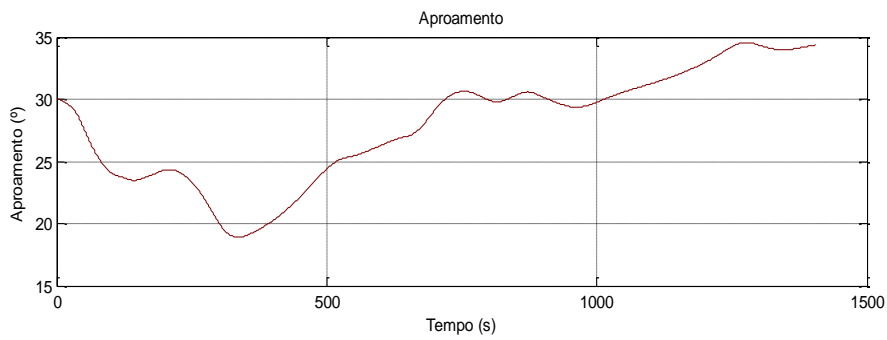
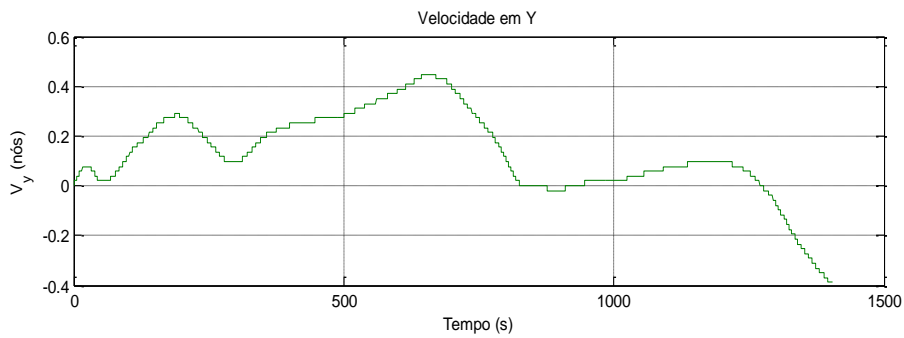
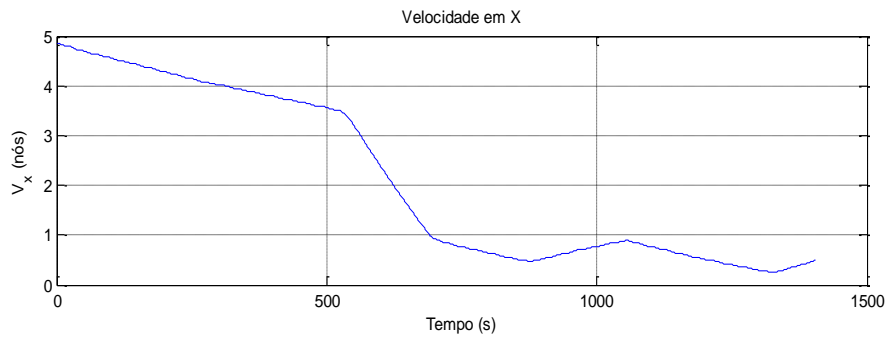


Figura 47 – Manobra 17

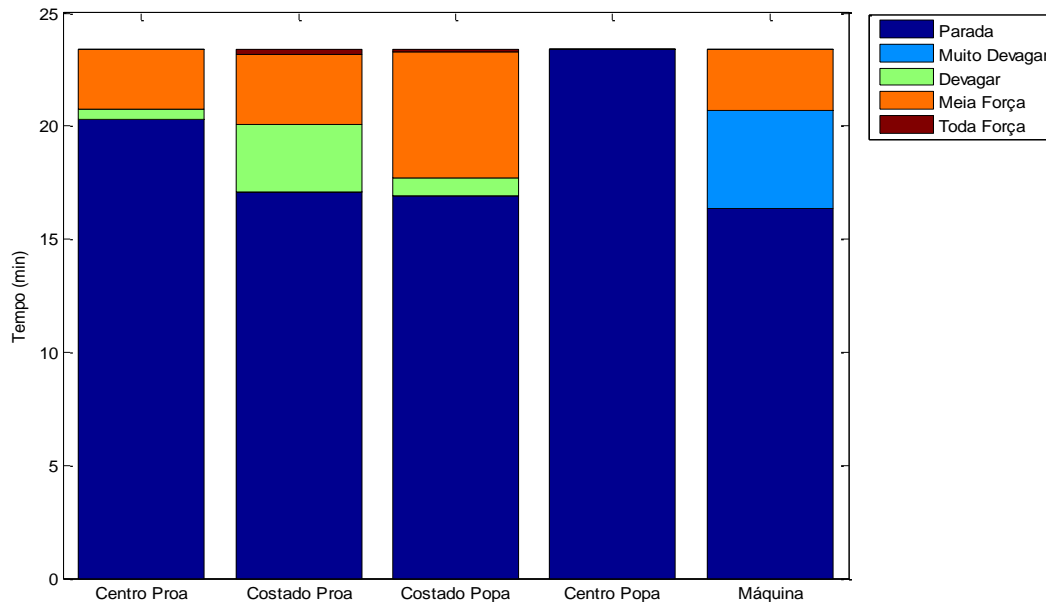
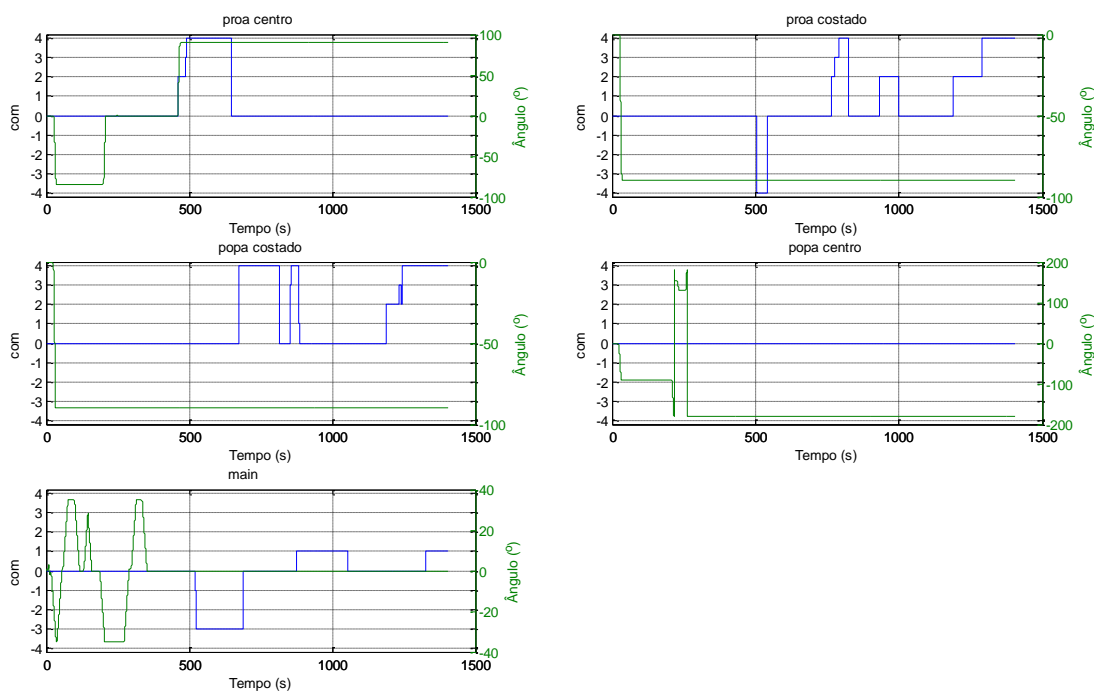
Comentários: O prático achou que o navio governou melhor e parou mais rápido que a realidade, e além disso, não sentiu tendência para boreste quando entrou ao lado do navio atracado. Mesmo assim, a manobra permitiu verificar que há risco de o navio se aproximar de uma região rasa, dada a necessidade de se afastar mais do píer devido à presença de navio atracado.

	Rebocadores				
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
17	Adequado	Adequado	Adequado	Médio	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.16. Manobra 18

Navio: Aframax	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: PP2

Trajectoria da embarcação

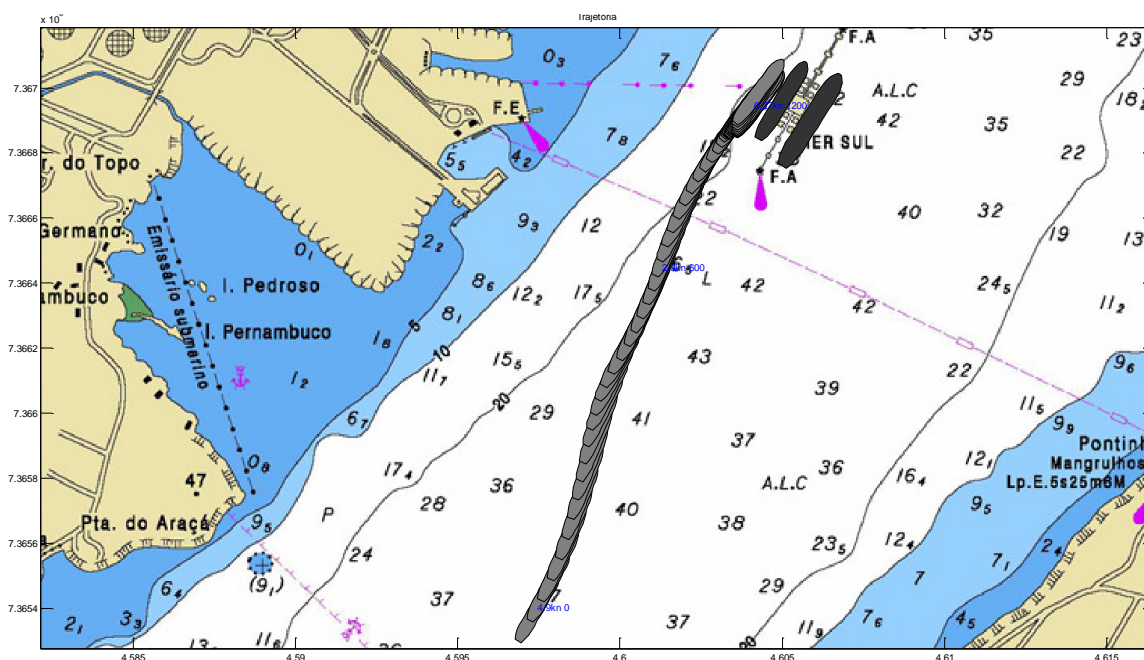


Figura 48 – Manobra 18

Comentários: Essa manobra foi realizada com um navio com calado de 15,1m, os práticos consideraram que o espaço é muito pequeno para a manobra nesse calado, corre-se o risco de o navio encalhar. O uso dos rebocadores foi considerado adequado, não havendo necessidade de uso de toda a força pelos rebocadores.

	Rebocadores				
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
18	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

A Figura 49 detalha melhor este problema do espaço para aproximação. Como o navio possui 15,1m de calado, deve navegar em baixa velocidade numa região com profundidade mínima de 16,6m (10% de folga sob a quilha). Segundo a batimetria considerada, a distância entre a isóбата de 16,6m e o navio atracado é de 106m (2,5xBoca), que é considerado reduzido dado o risco de navegar ao lado de um outro petroleiro.

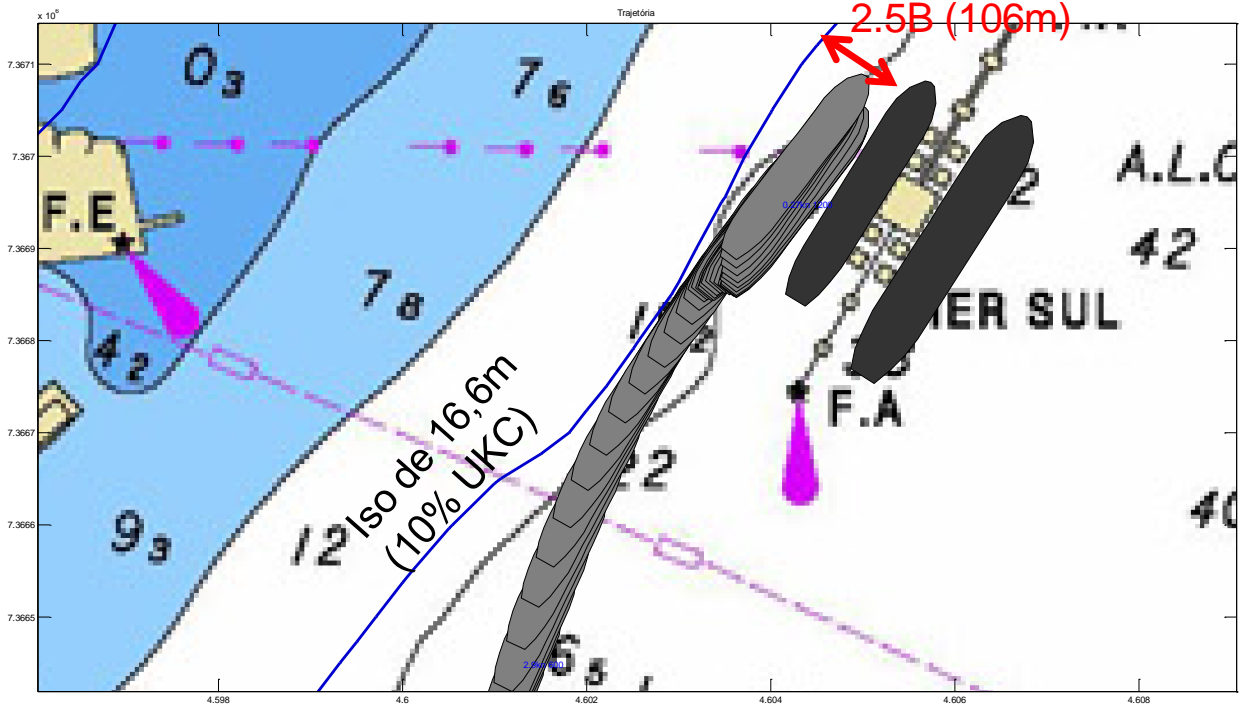
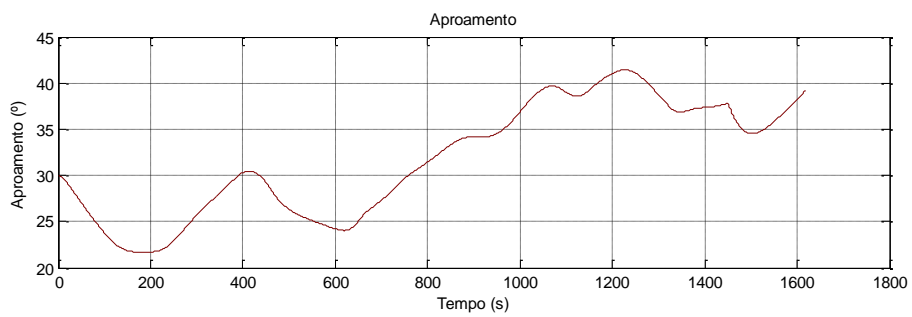
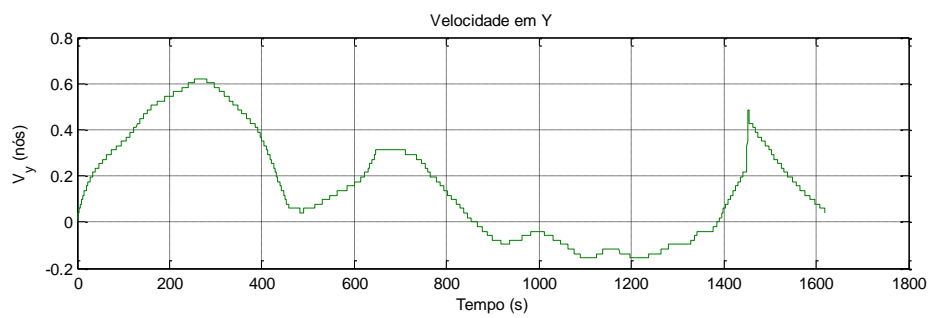
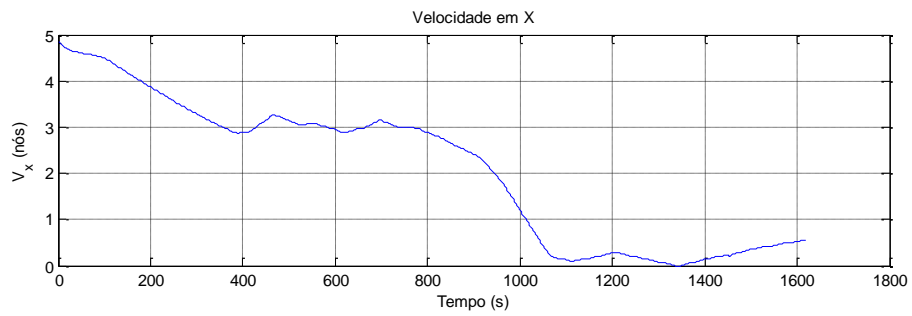
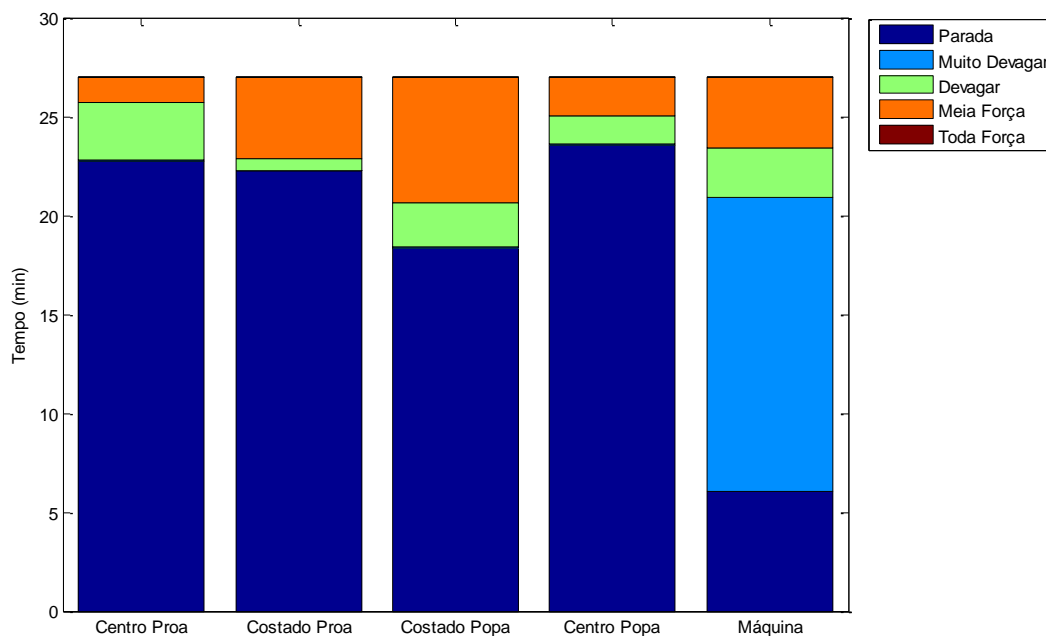
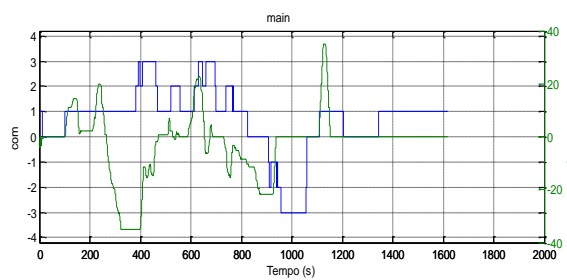
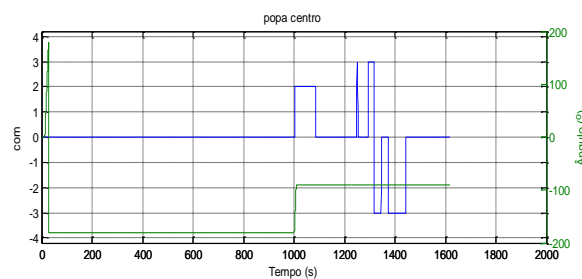
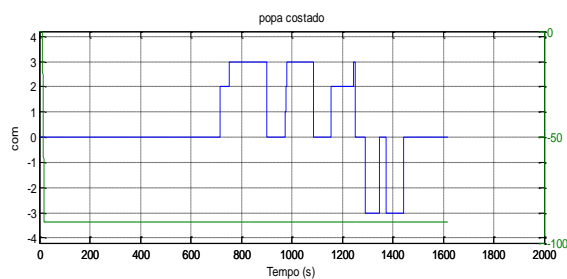
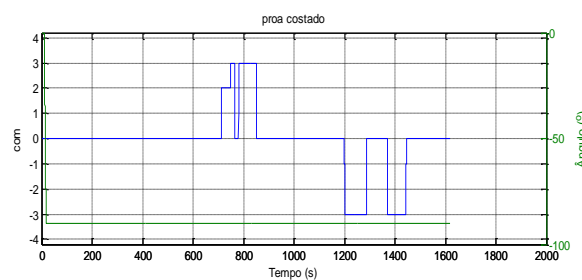
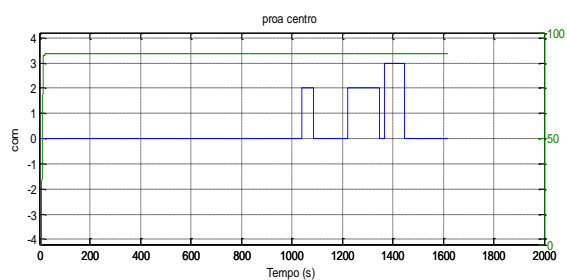


Figura 49 – Espaço disponível para aproximação de navio com 15,1m de calado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.17. Manobra 19

Navio: Panamax	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: PP2

Trajectoria da embarcação

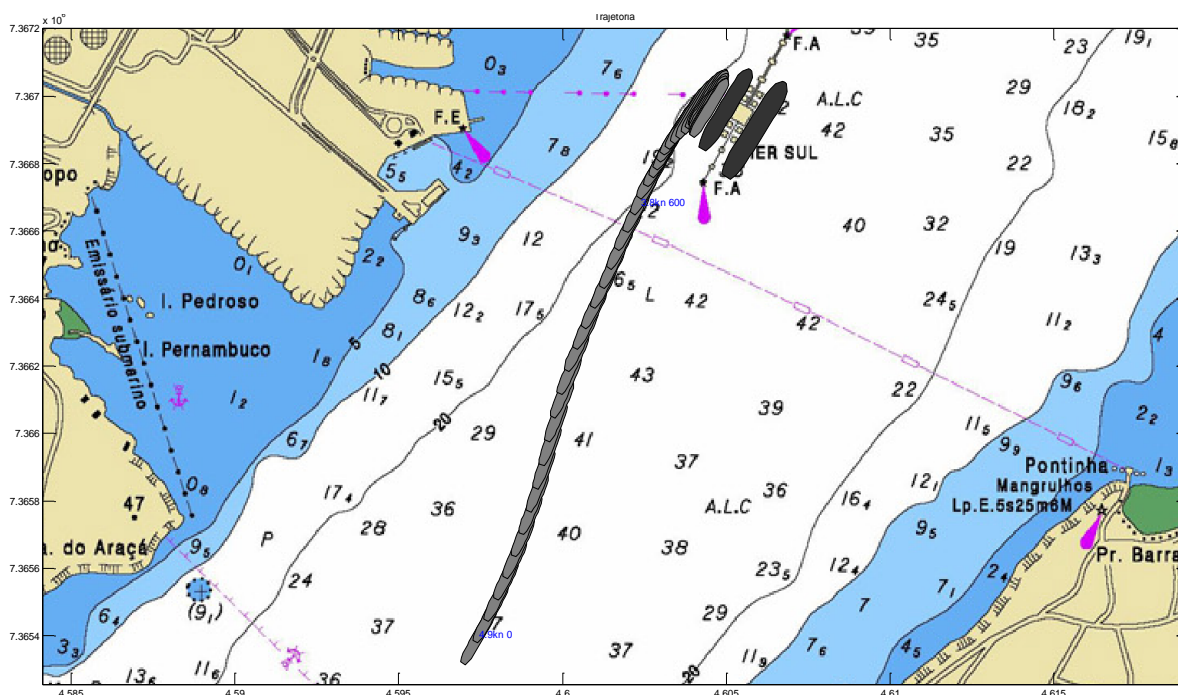


Figura 50 – Manobra 19

Comentários: Nessa manobra usou-se um navio Panamax, com calado de 12,5 metros, o que garante maior espaço para a manobra. Nesse calado a região de encalhe fica mais longe do navio, com uma distância de 4,7xBoca entre o navio atracado no PP2 e a isóбата de 13,7 metros. A manobra apresentou um uso adequado de rebocadores.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
19	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

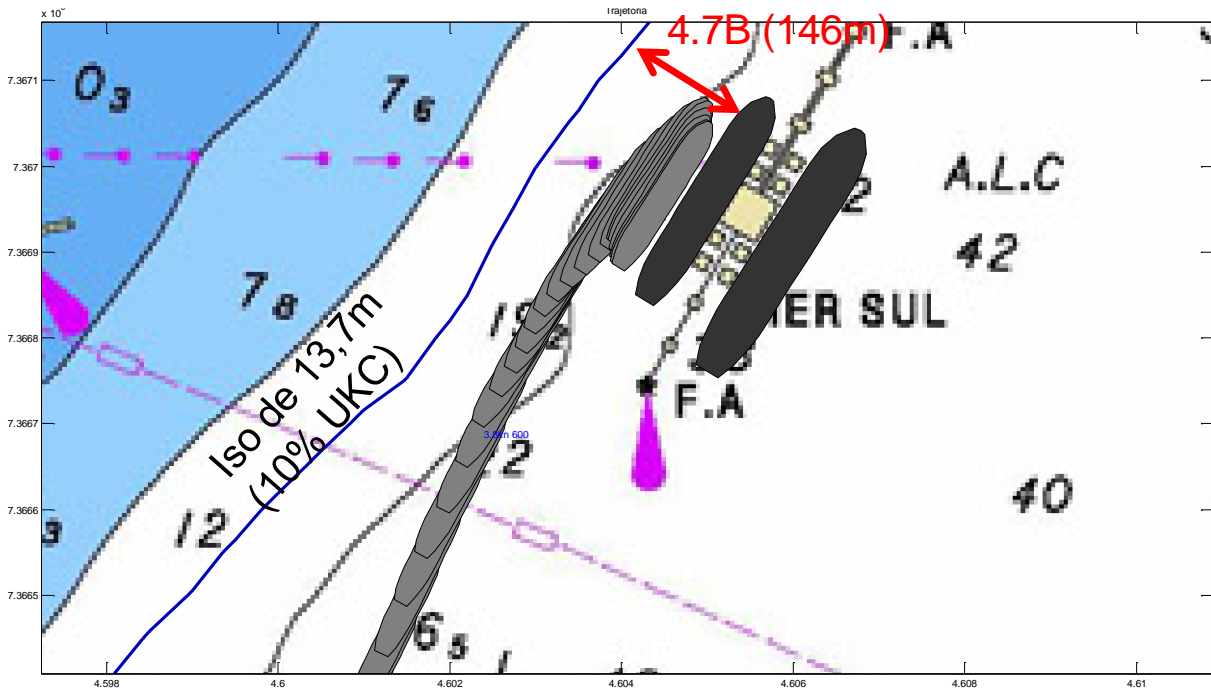
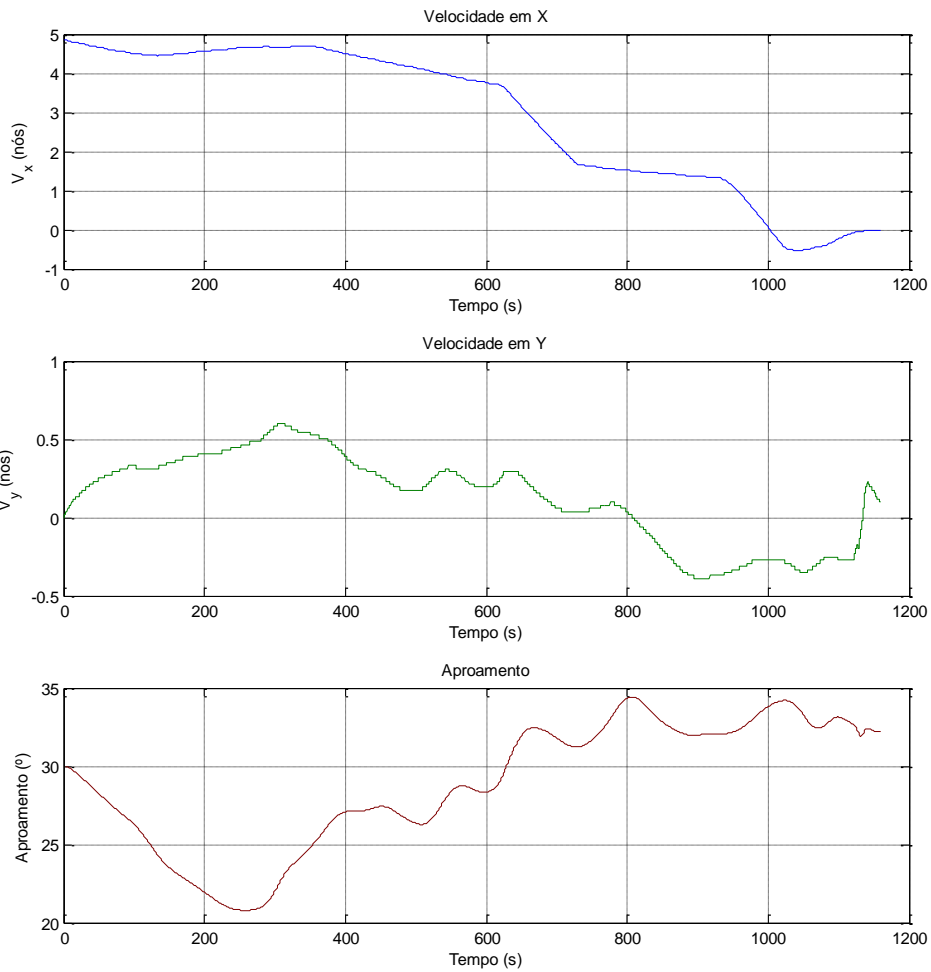
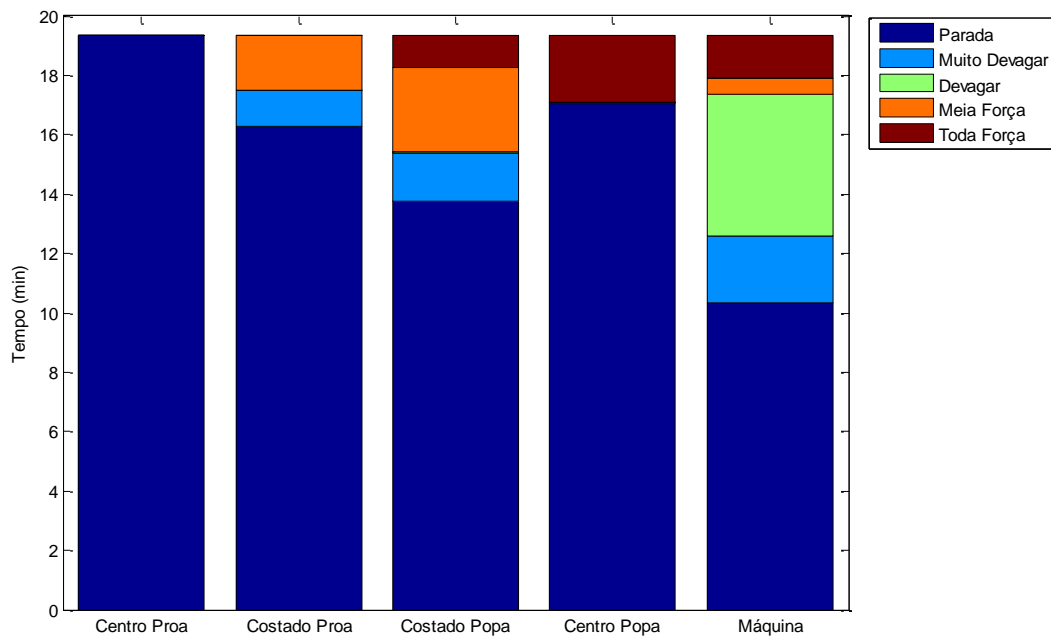
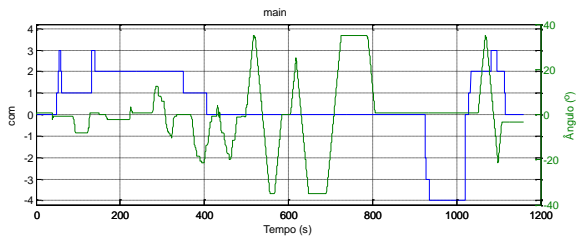
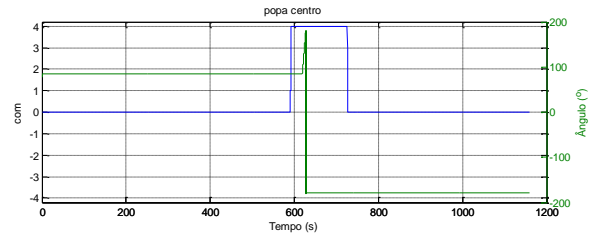
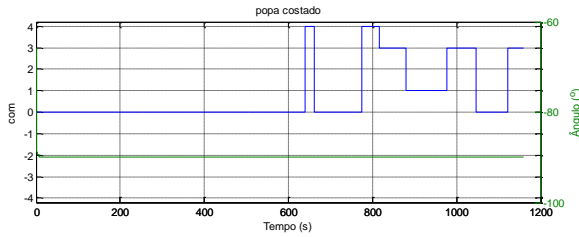
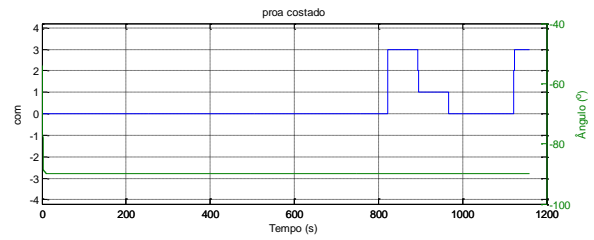
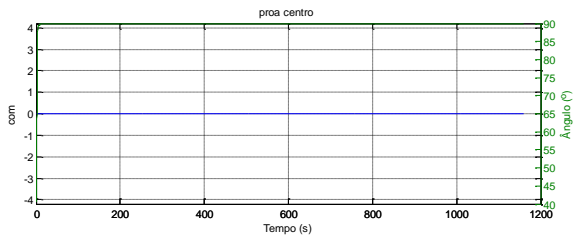


Figura 51 – Espaço disponível para aproximação de navio com 12,5m de calado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.18. Manobra 20

Navio: Suezmax	Condição: Para NE
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP1

Trajatória da embarcação

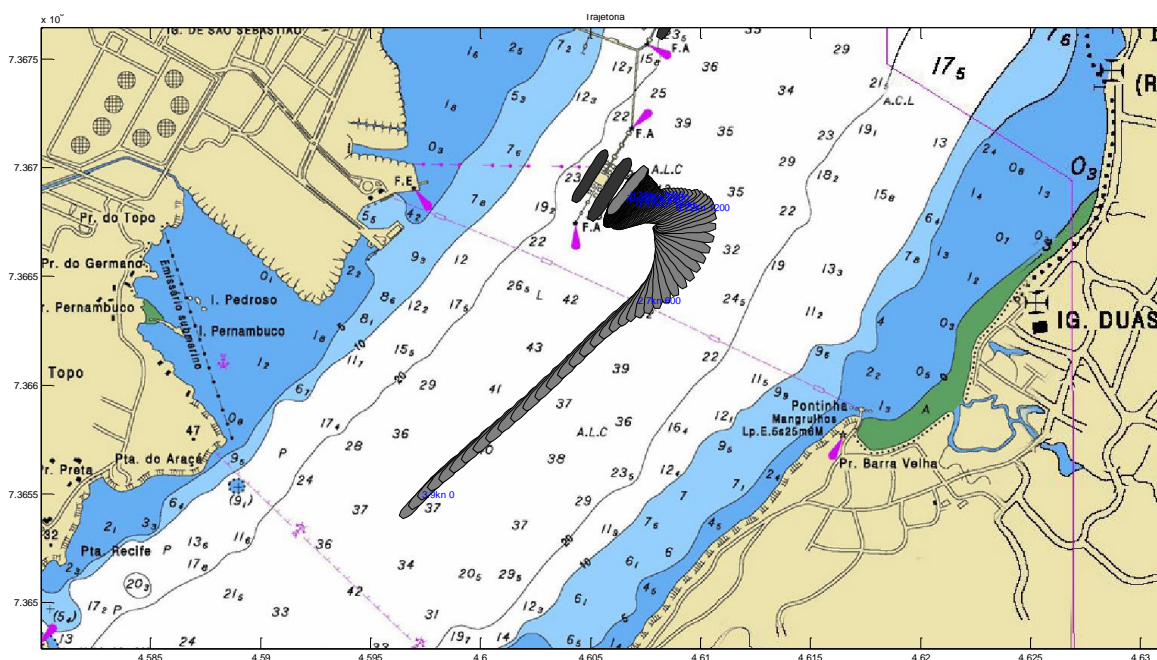


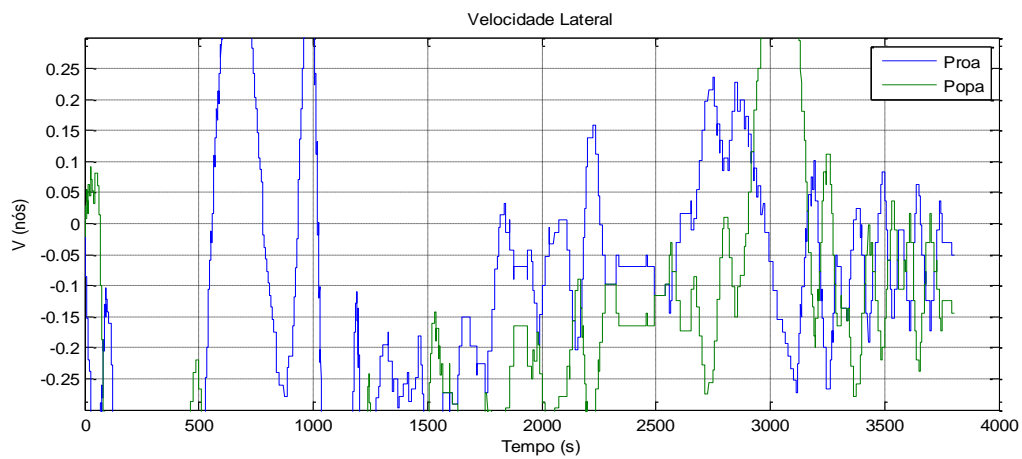
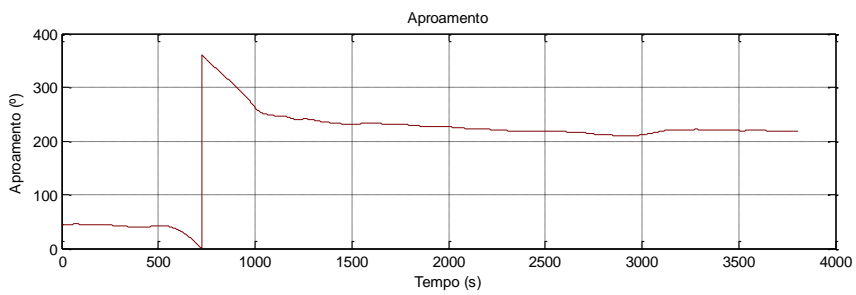
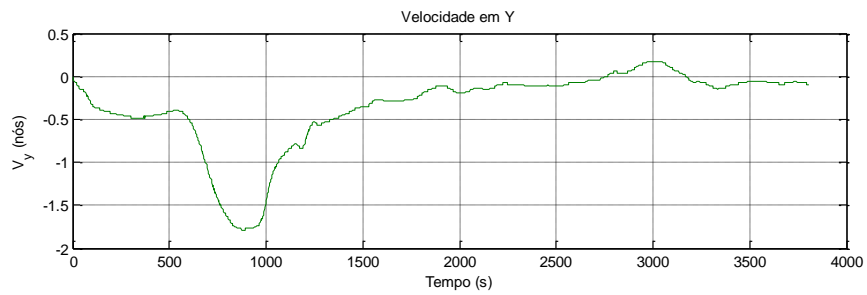
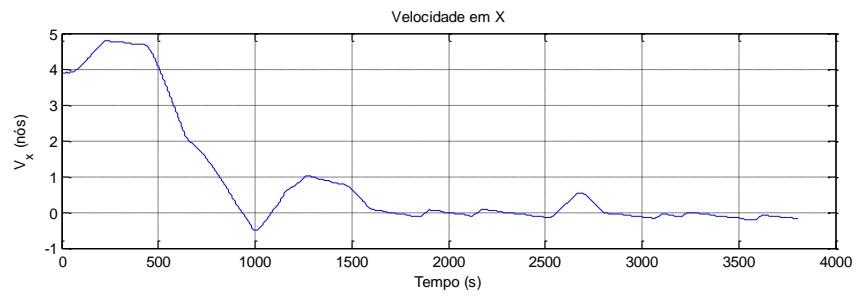
Figura 52 – Manobra 20

Comentários: O final dessa manobra foi considerado difícil, pois a corrente não é alinhada como navio atracado no PP1 (aprox. 10º de desalinhamento). É preciso alinhar o navio com a corrente para conseguir aproximar, o que faz com que ele fique com um ângulo em relação ao navio atracado. Quando o práctico corrige o ângulo para atracar, a corrente tende a afastar o navio. O práctico alinhou os navios a 100m de distância, embora na realidade seria mais perto, por volta de uma boca de distância, mas o práctico não conseguiu adequar uma referência visual tão boa.

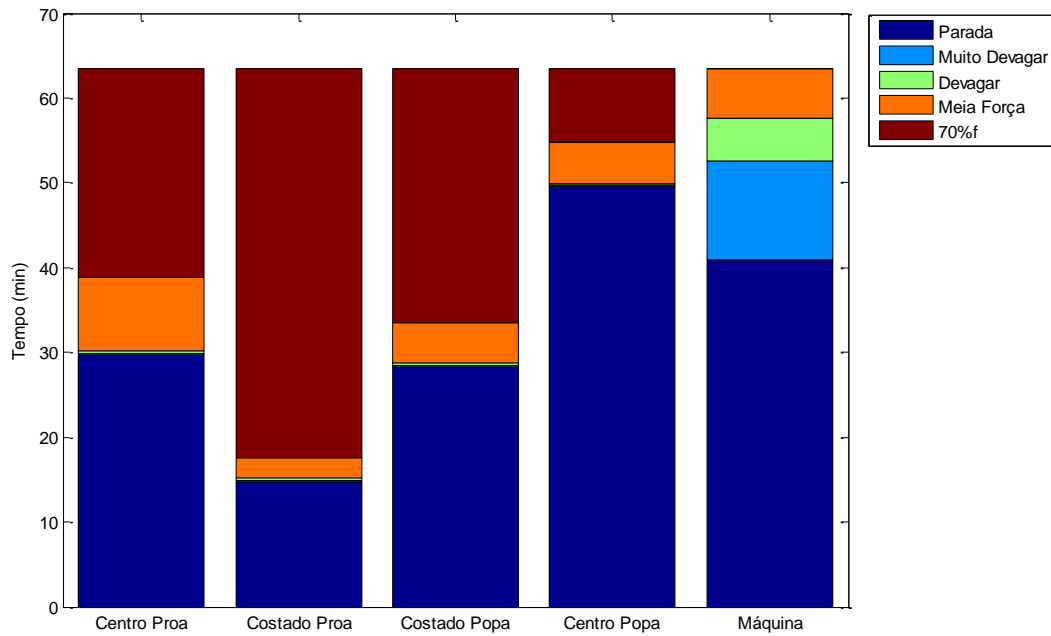
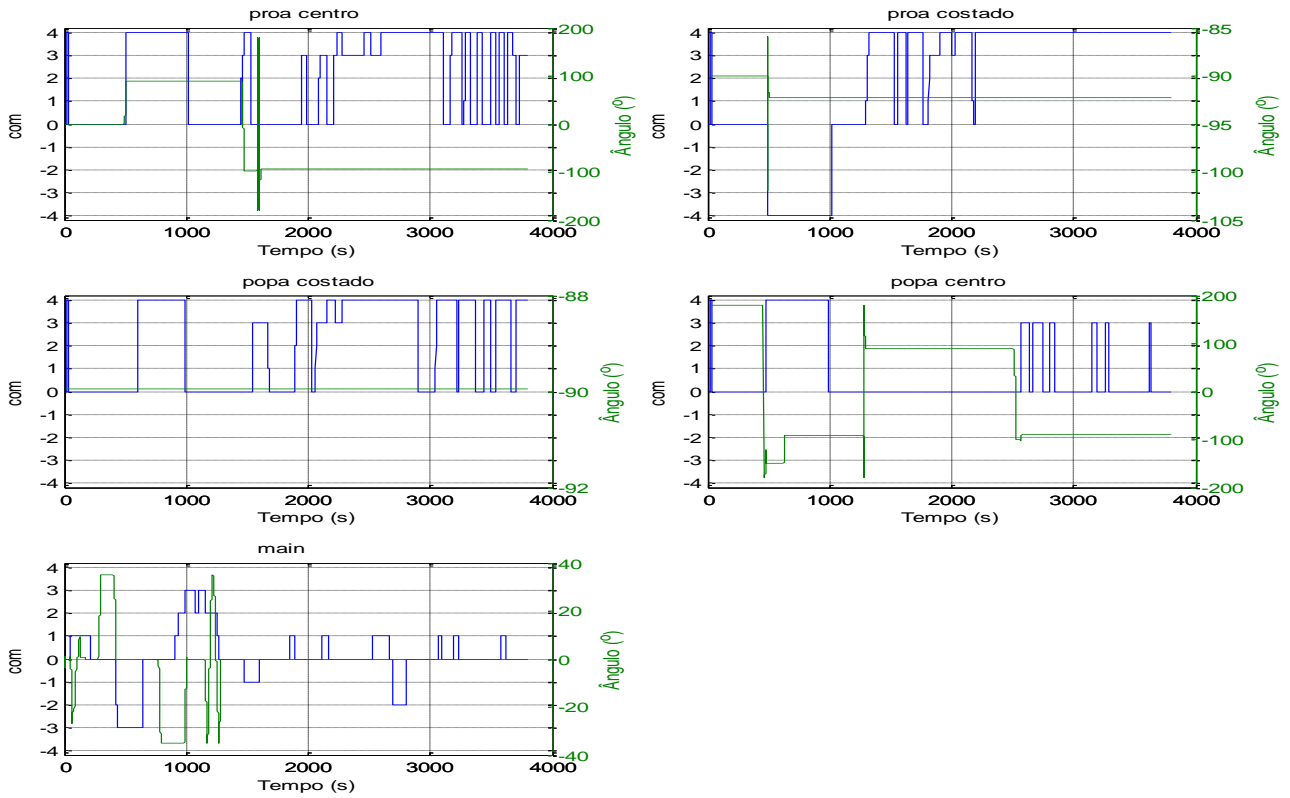
A partir desta manobra, ao comando Toda Força dos rebocadores foi aplicado 70%, de forma a garantir maior coeficiente de segurança nas análises.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
20	Adequado	Crítico	Crítico	Crítico	Médio

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.19. Manobra 21

Navio: Panamax	Condição: Para NE
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; SW (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP2

Trajectoria da embarcação

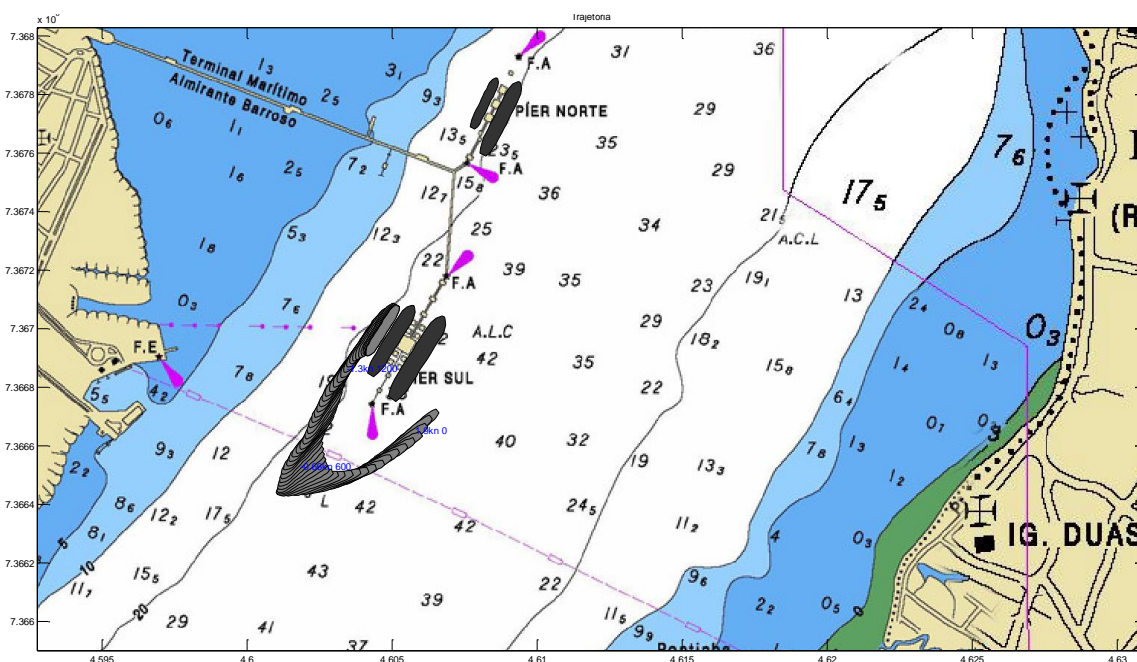
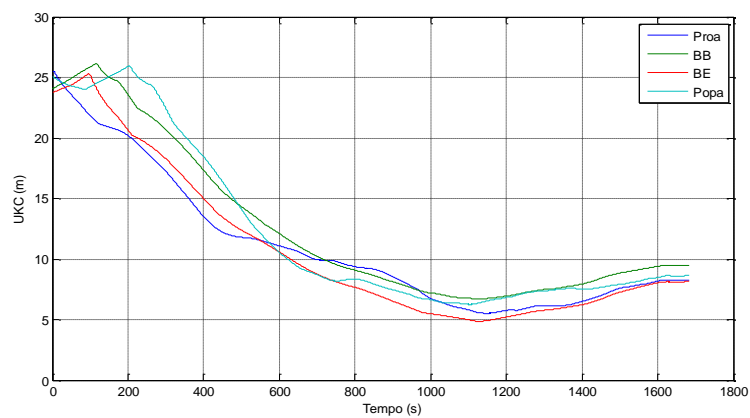
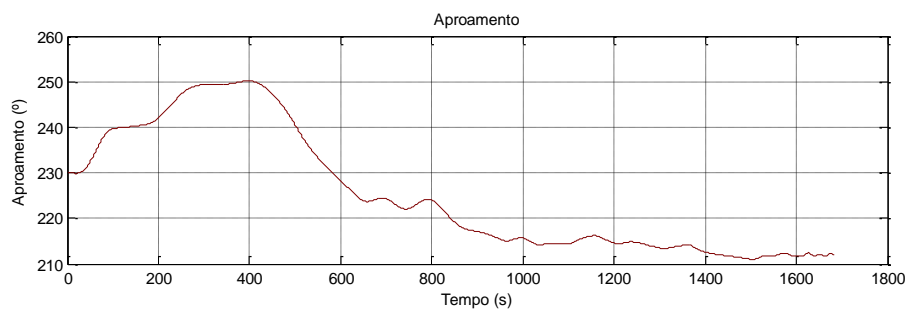
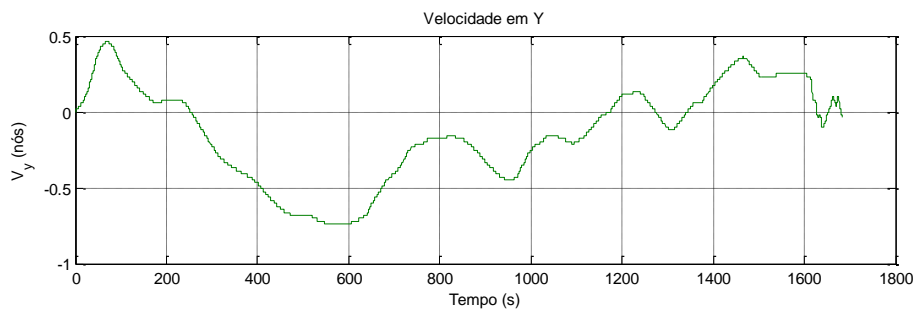
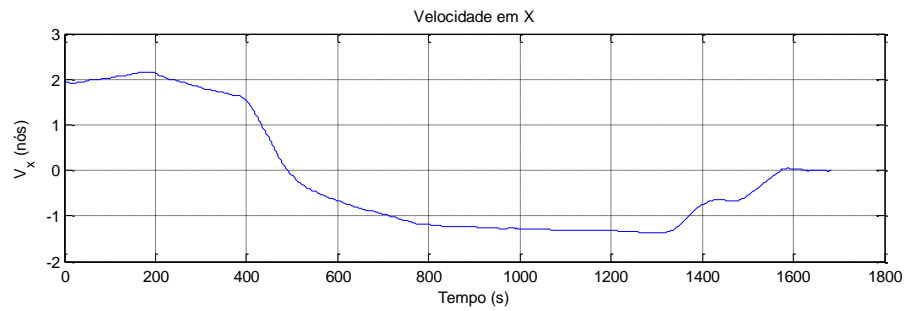


Figura 53 – Manobra 21

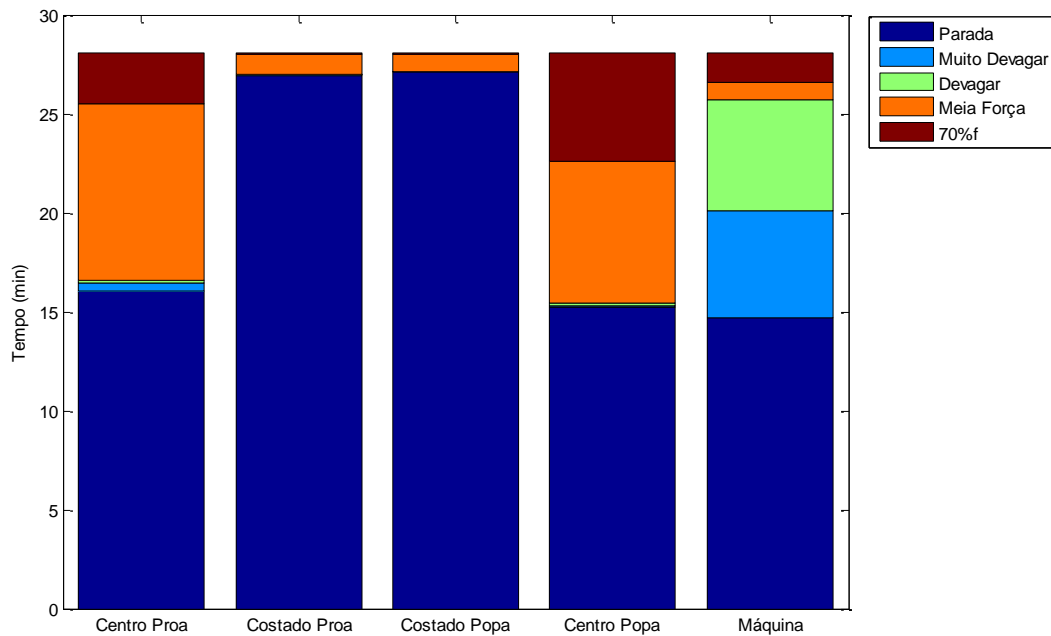
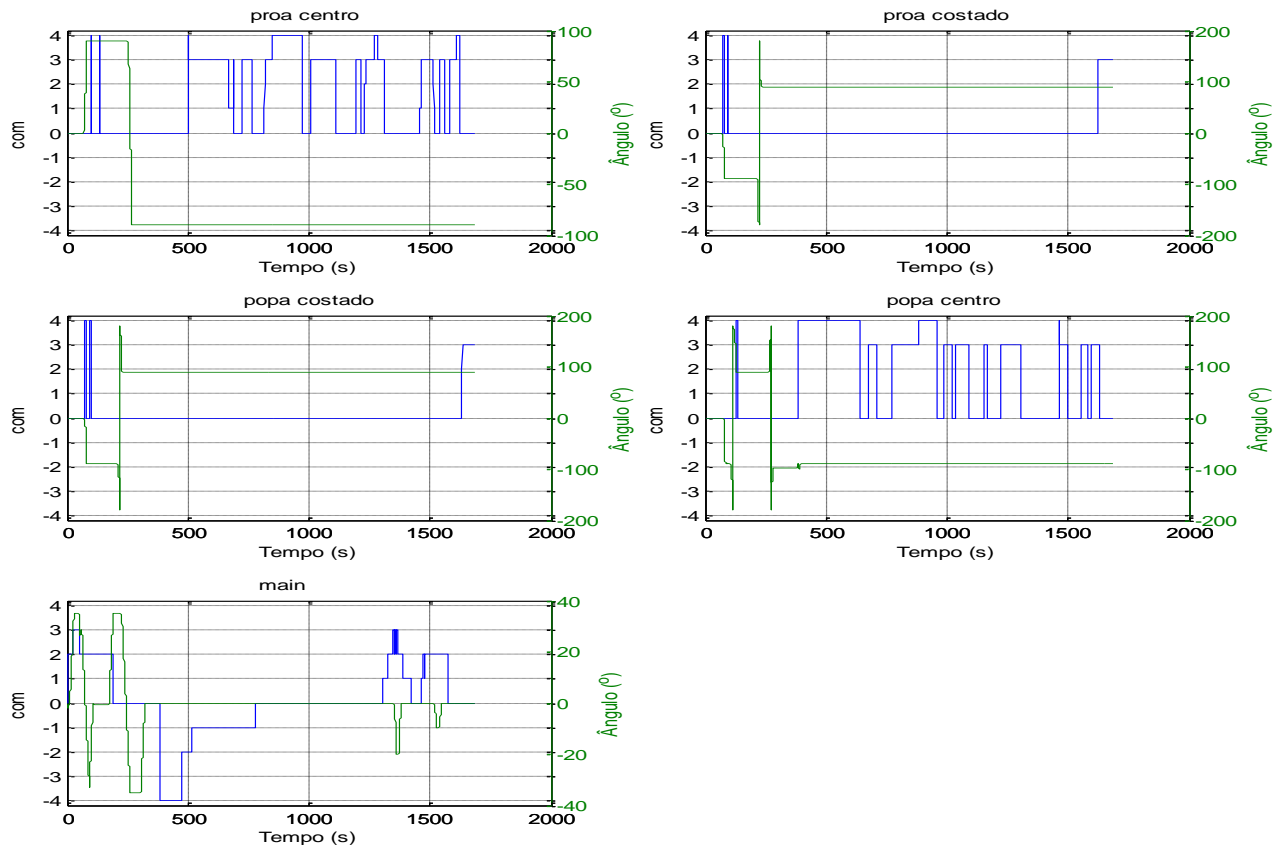
Comentários: Nessa manobra o navio já deve entrar paralelo na região interna, pois não há espaço suficiente para navegar com ângulo. Com o navio carregado a manobra fica mais difícil, não há muito espaço entre o navio atracado e a região de encalhe, por isso o navio chegou muito perto do navio atracado. O ideal seria chegar mais afastado. Em termo de manobra, é semelhante ao que acontece hoje, mas com uma menor margem de erro e espaço de manobra.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
21	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Médio

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.20. Manobra 22

Navio: Panamax	Condição: Para SW
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Lastro	Berço: PP2

Trajectoria da embarcação

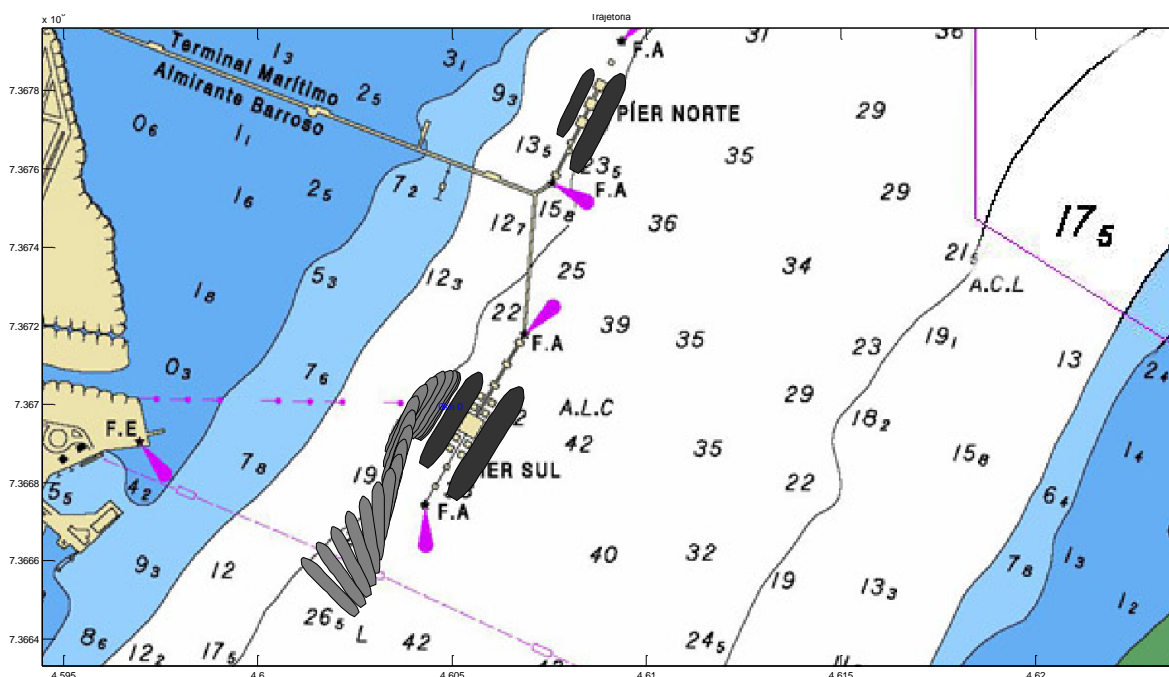
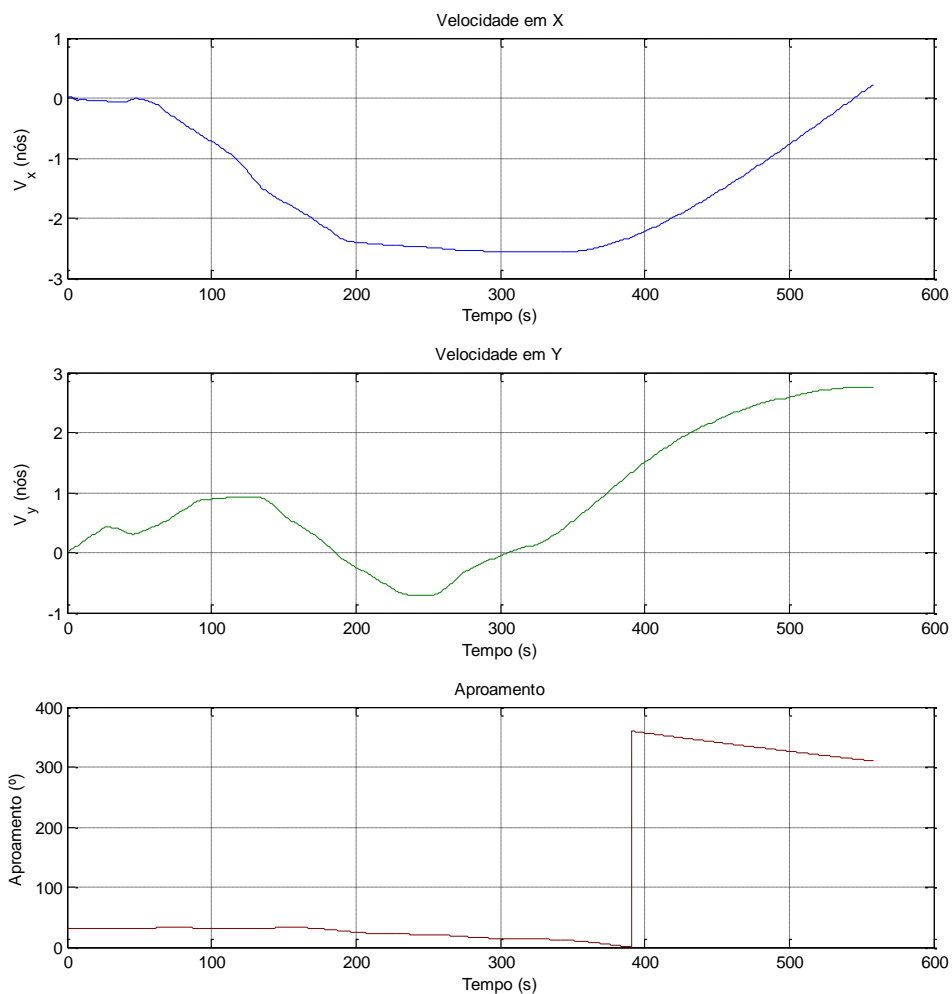


Figura 54 – Manobra 22

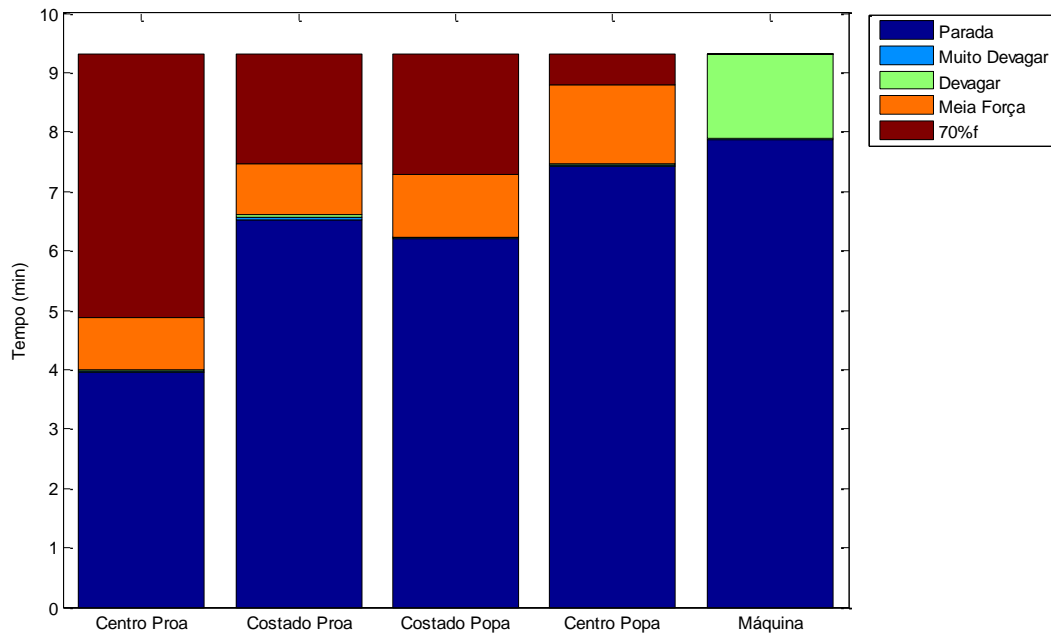
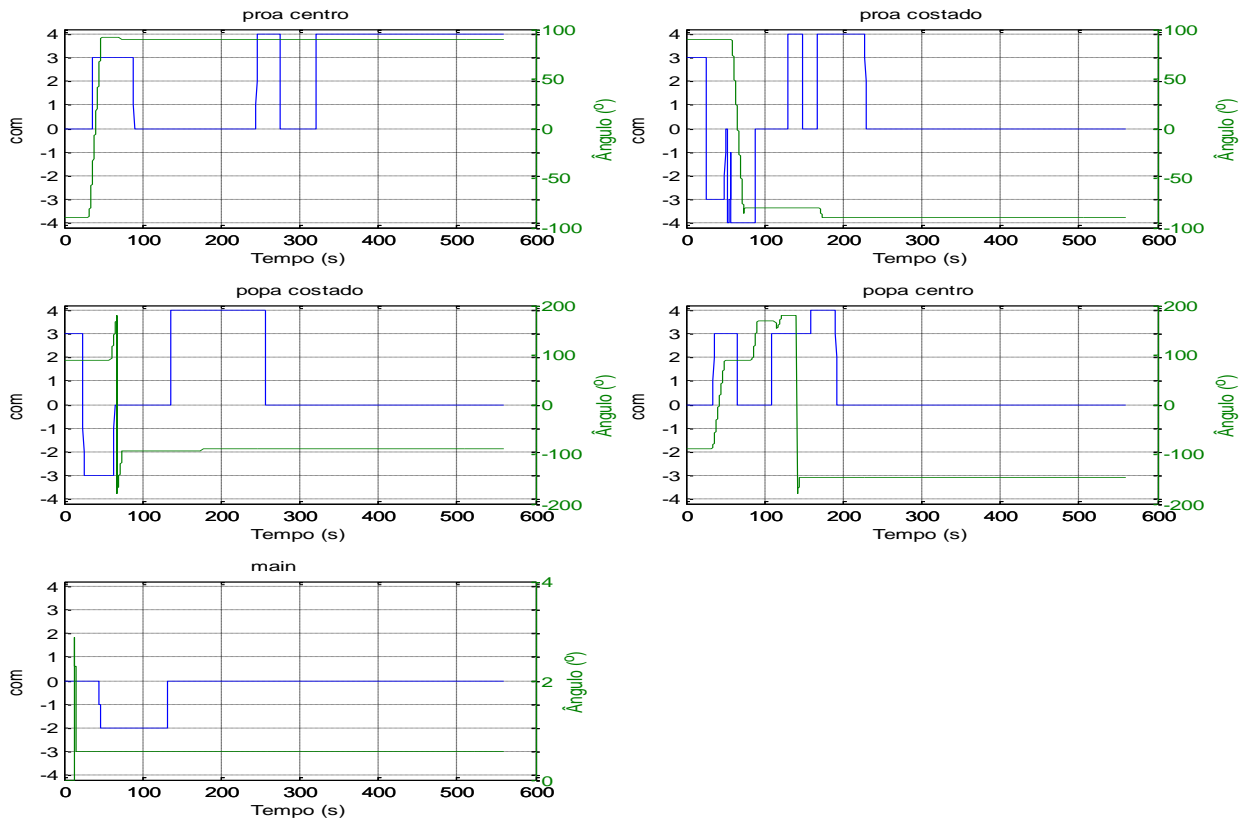
Comentários: Essa manobra não representa a condição mais crítica, o navio está em lastro, aumentando a área da região em que pode navegar. Além disso, a condição ambiental vem de proa e ajuda a afastar o navio.

		Rebocadores			
		Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa
22	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.21. Manobra 23

Navio: Panamax	Condição: Para NE
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Lastro	Berço: PP2

Trajectoria da embarcação

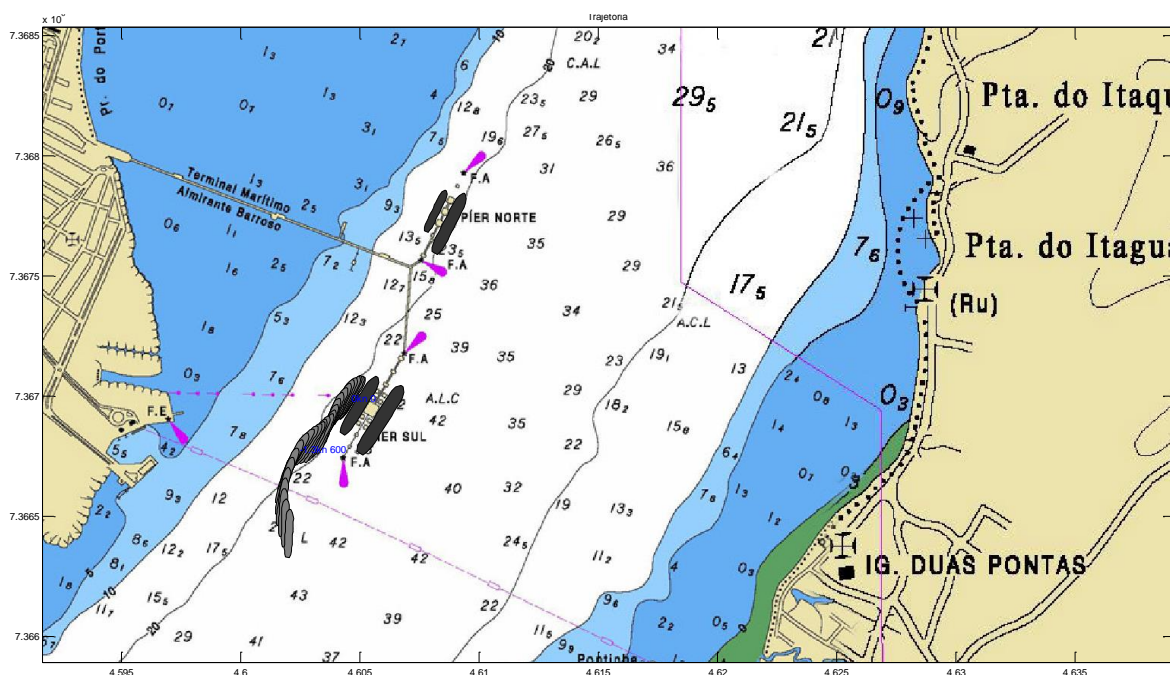
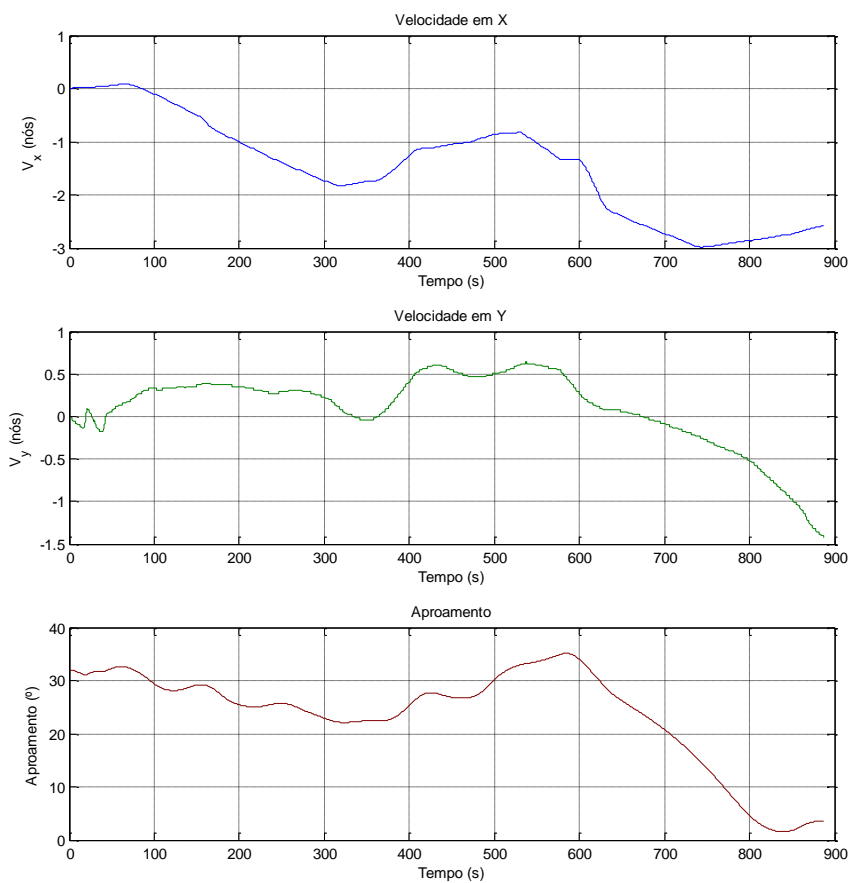


Figura 55 – Manobra 23

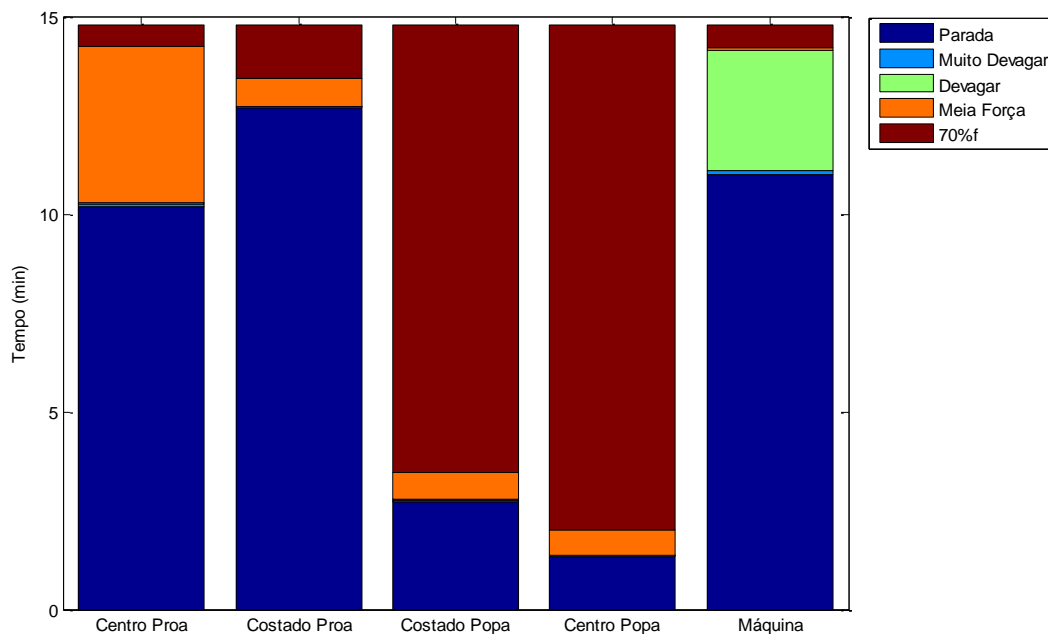
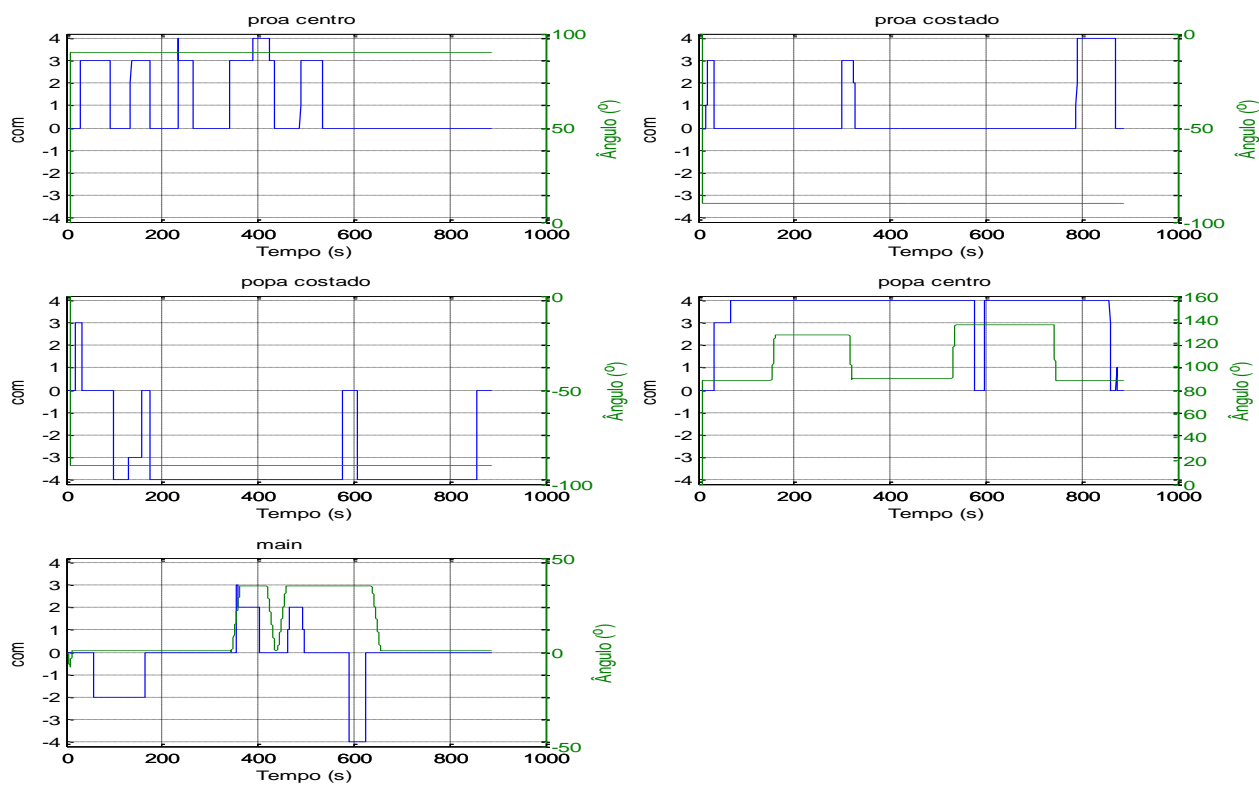
Comentários: Nessa simulação, mesmo com passo fixo é difícil controlar o navio, pois tem que se navegar de popa. Houve uso intensivo dos rebocadores para compensar a dificuldade. Foi considerada pelos práticos uma manobra difícil pela existência de outro navio muito próximo e pelo fato de que os rebocadores ficam menos eficientes quando navegam contra correnteza.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
23	Médio	Adequado	Adequado	Crítico	Crítico

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.22. Manobra 24

Navio:	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Cheio	Berço: PP4

Trajatória da embarcação

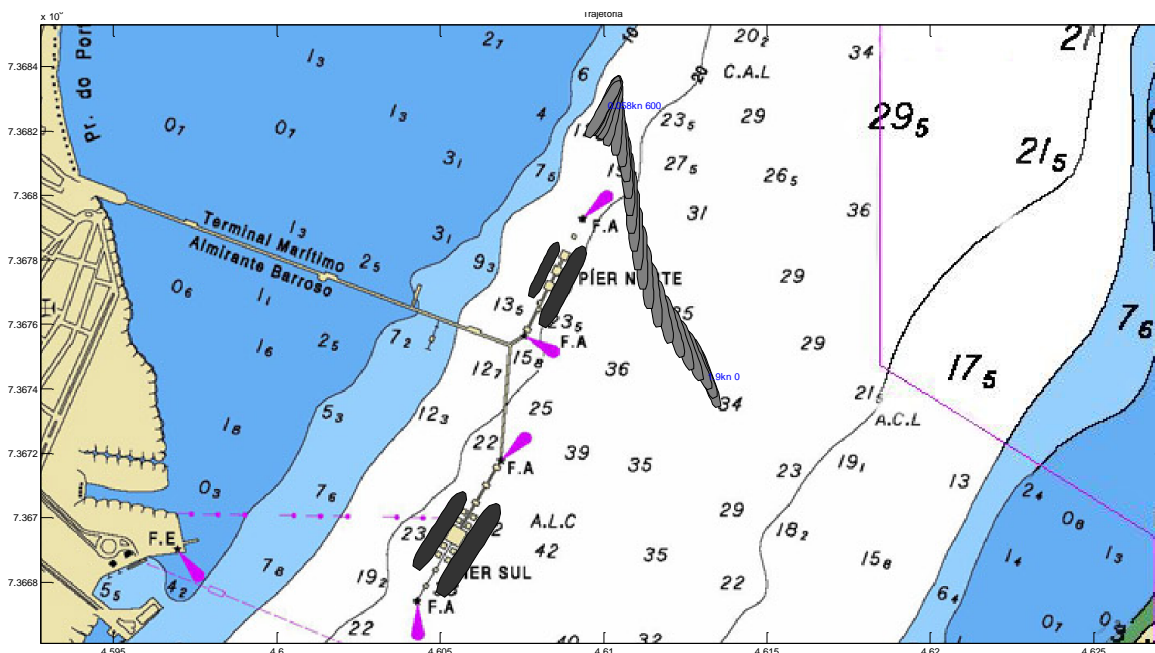
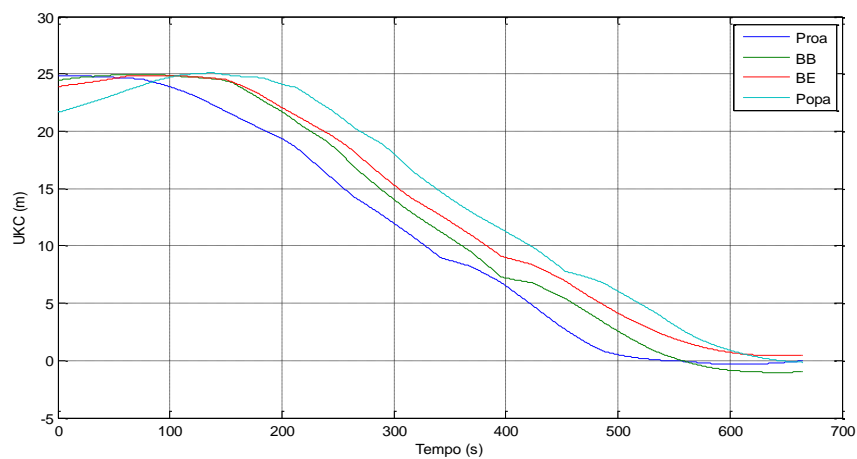
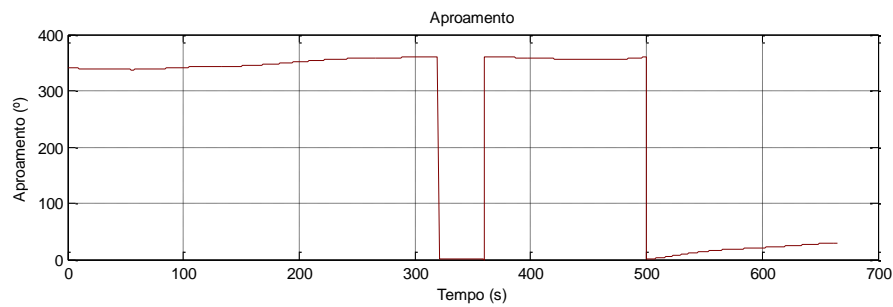
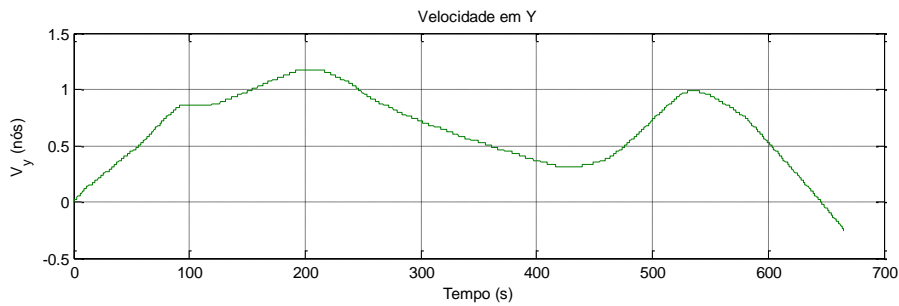
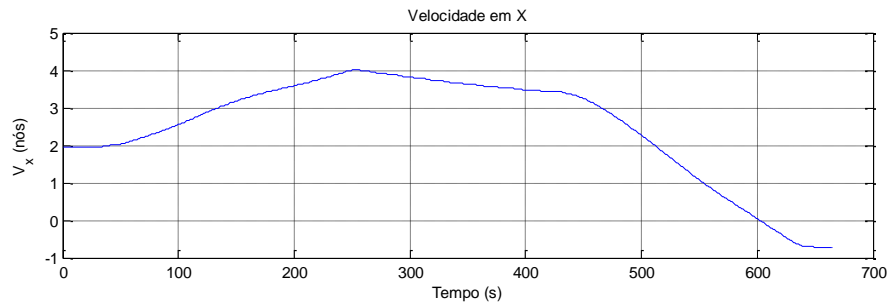


Figura 56 – Manobra 24

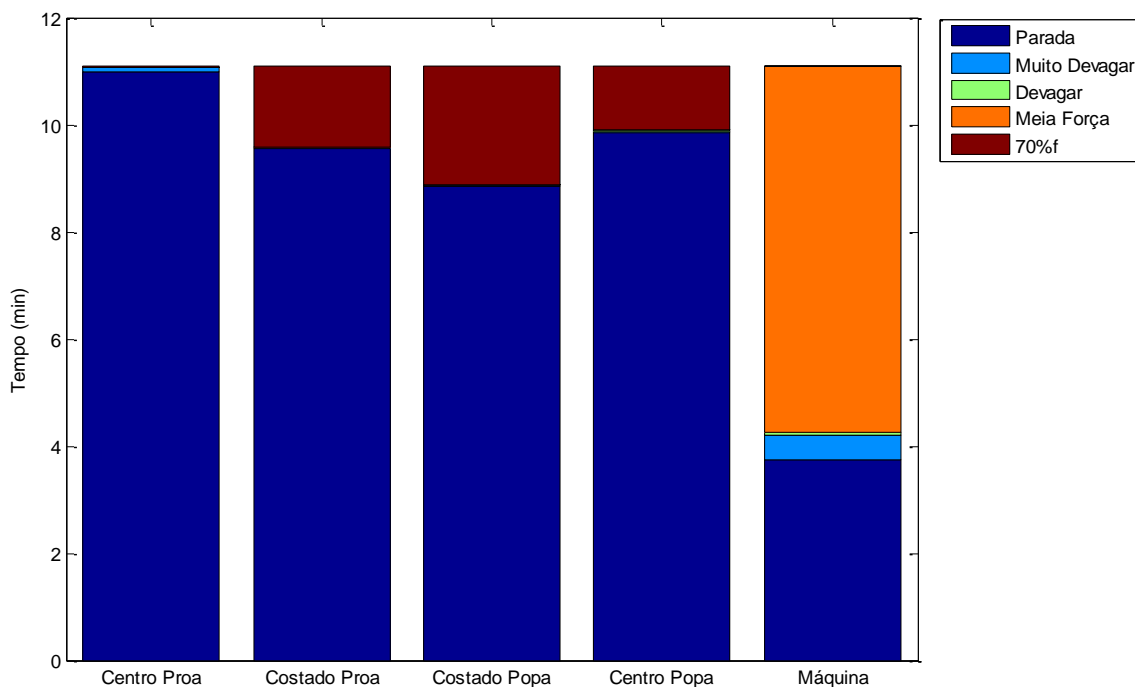
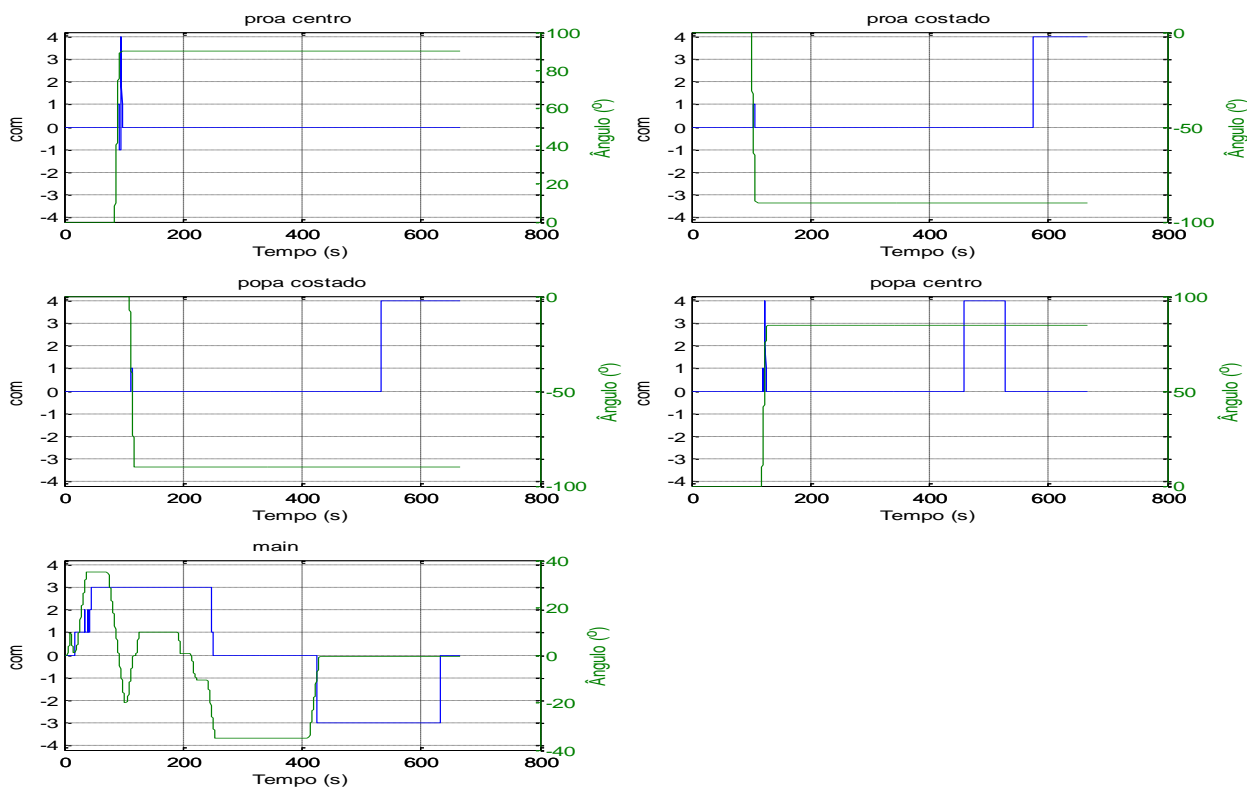
Comentários: Essa manobra foi interrompida, pois a corrente abateu o navio para bombordo, fazendo com que ele tocasse o banco de areia.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
24	Médio	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.23. Manobra 25

Navio: Handymax	Condição: Para SW
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BE	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Carregado	Berço: PP4

Trajectoria da embarcação

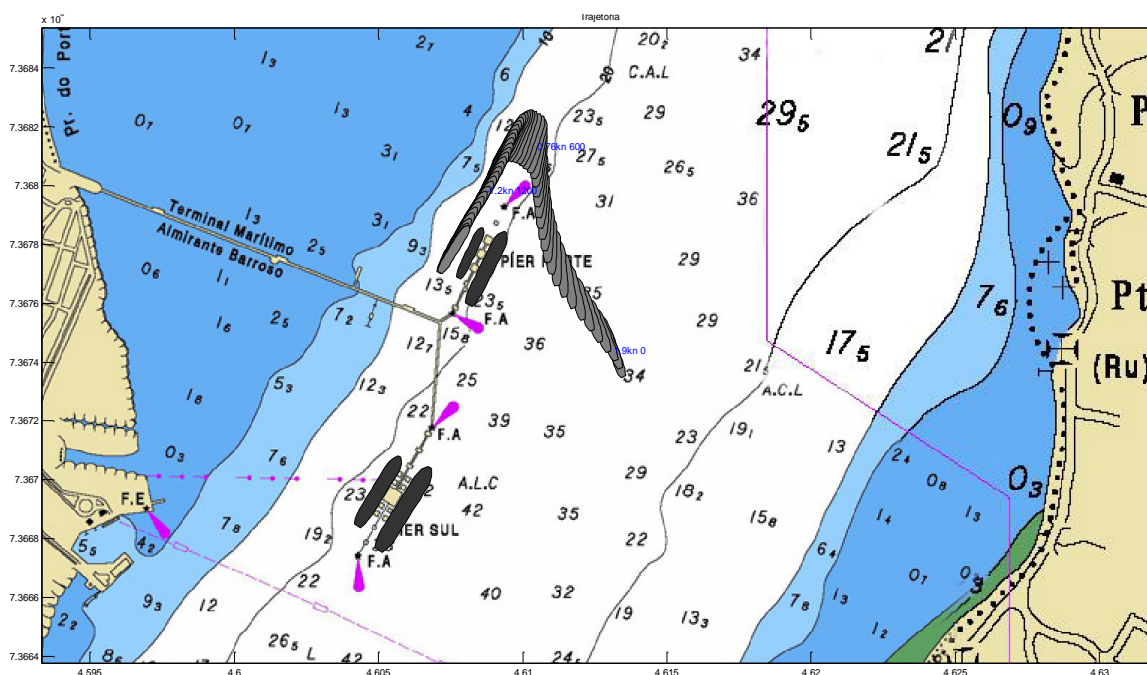
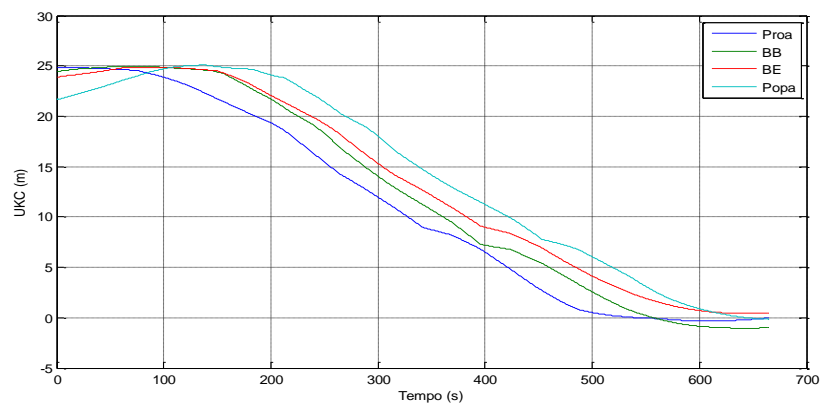
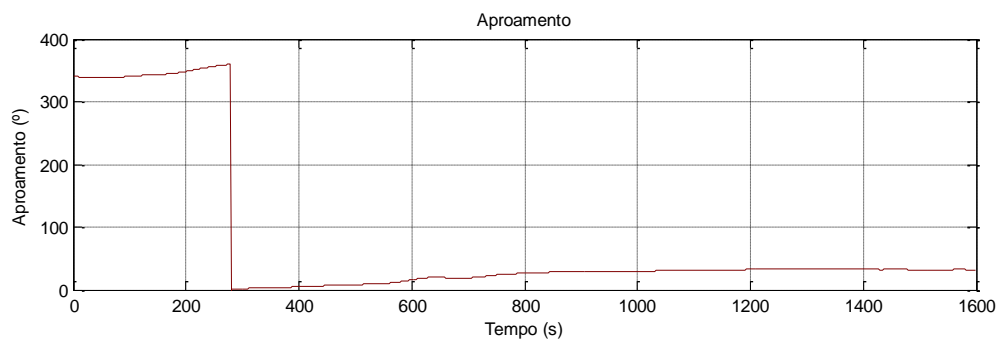
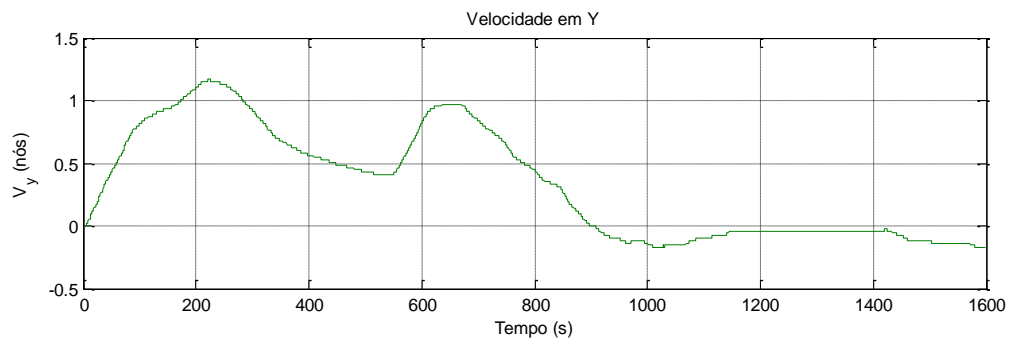
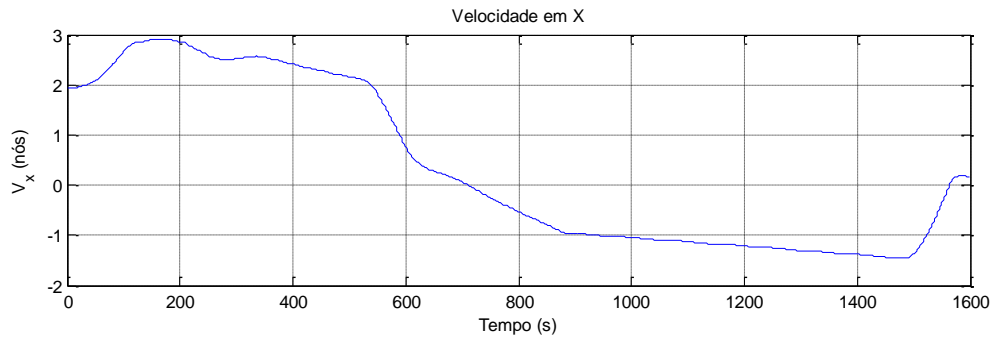


Figura 57 – Manobra 25

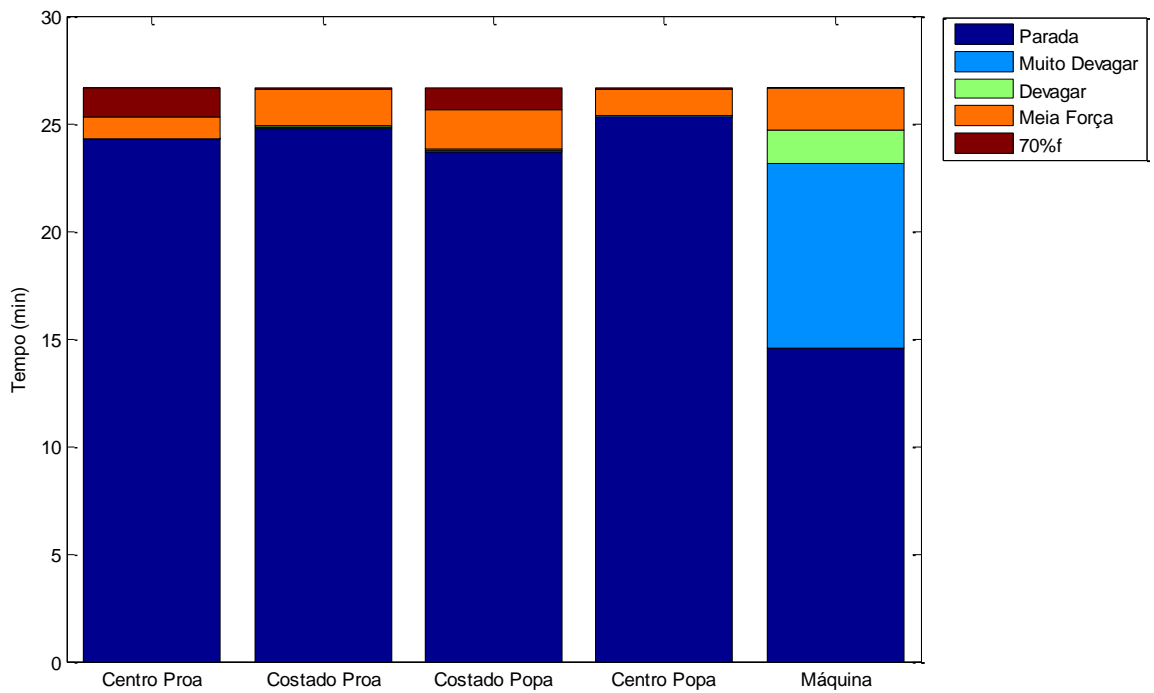
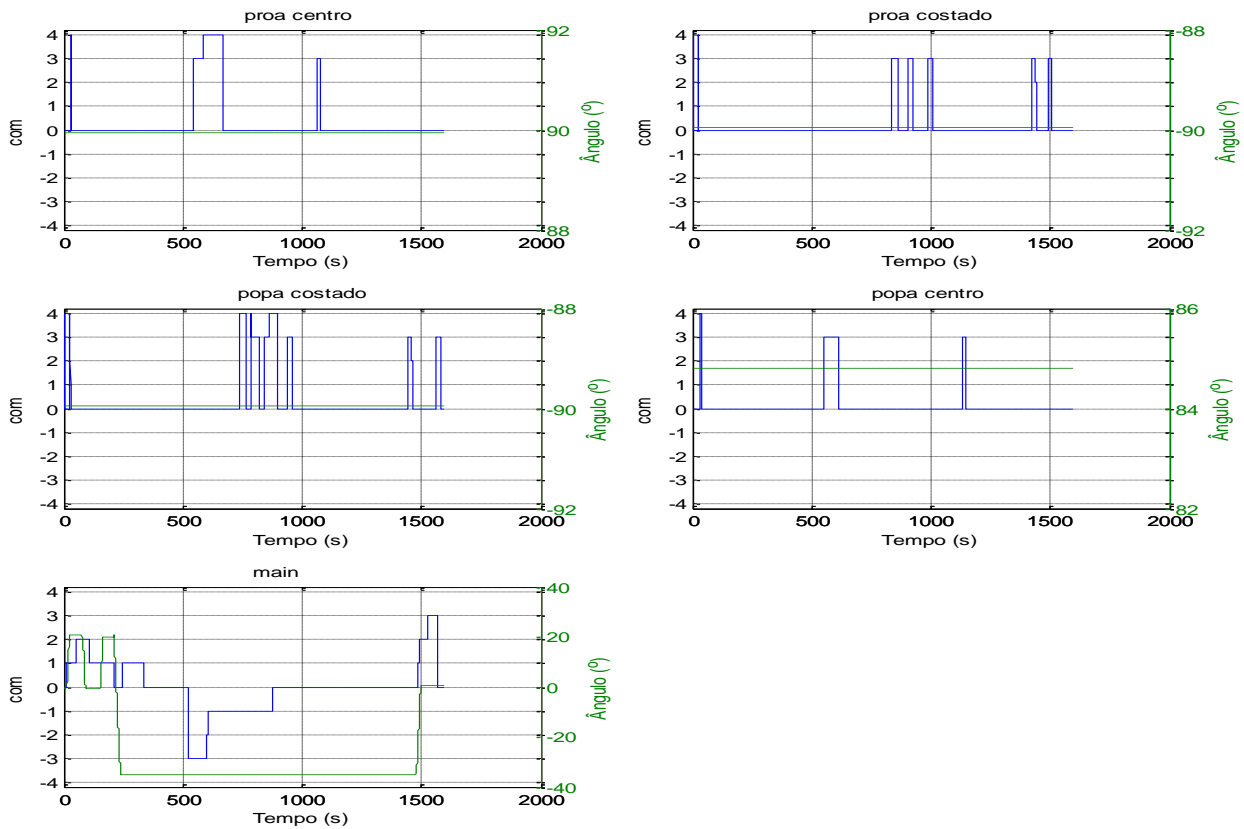
Comentários: Com o navio carregado, o espaço para essa manobra fica pequeno. Segundo batimetria adotada, houve toque no fundo ao final da manobra. Deve-se destacar que atualmente, sem o navio atracado no berço, pode-se aproximar do mesmo uma boca mais próximo, garantindo maiores profundidades.

	Rebocadores				
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
25	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



Imagens da Simulação



5.24. Manobra 26

Navio: Handymax	Condição: Para NE
Manobra: Atracação	Vento: 20 nós; W-SW (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 2 nós NE
Carregamento: Carregado	Berço: PP4

Trajatória da embarcação

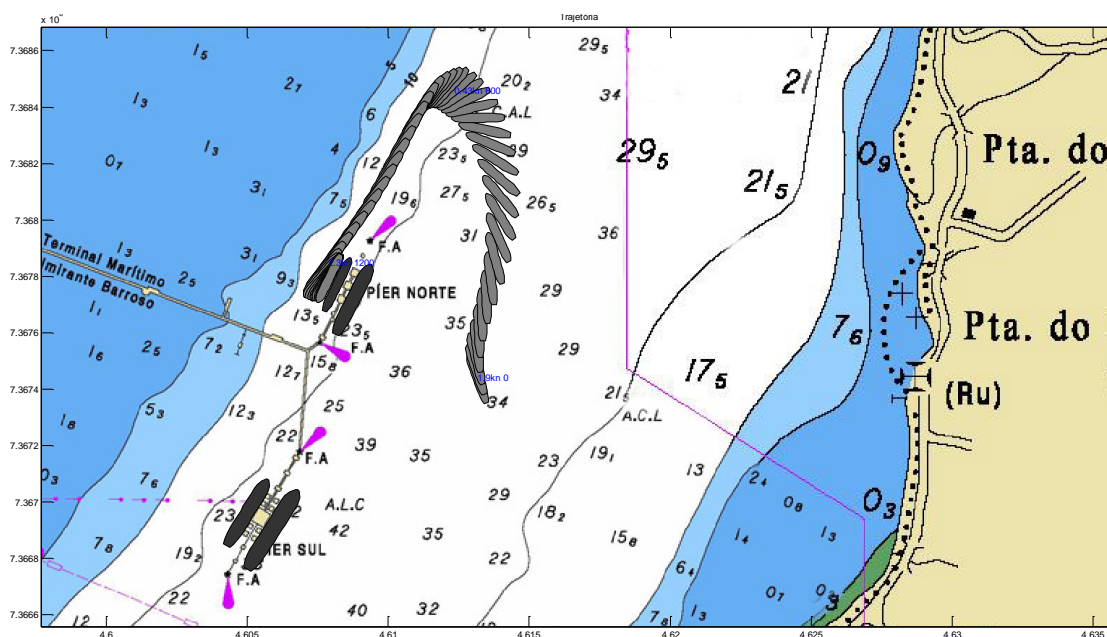


Figura 58 – Manobra 26

Comentários: O prático entrou no terminal como se fosse hoje, como se não houvesse navio atracado. Mesmo assim, na simulação foi verificado toque no fundo. A Figura 59 apresenta a explicação para este fato. Segundo a batimetria de 2010 (semelhante à da carta náutica e considerada na simulação), a linha isóбата de 12,6m (calado + 10%) aproxima-se do berço na região Sul, na região da popa do navio. Já com a batimetria feita em 2014, há maior espaço disponível na parte Sul do berço.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
26	Crítico	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

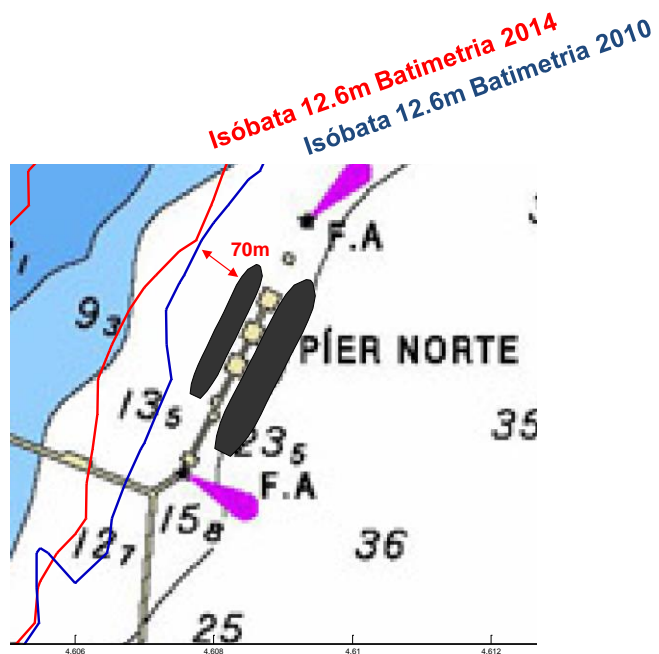
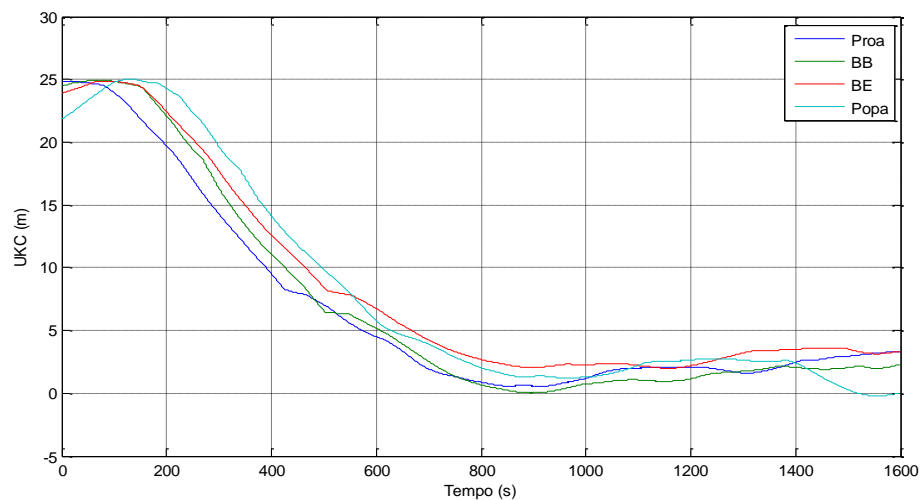
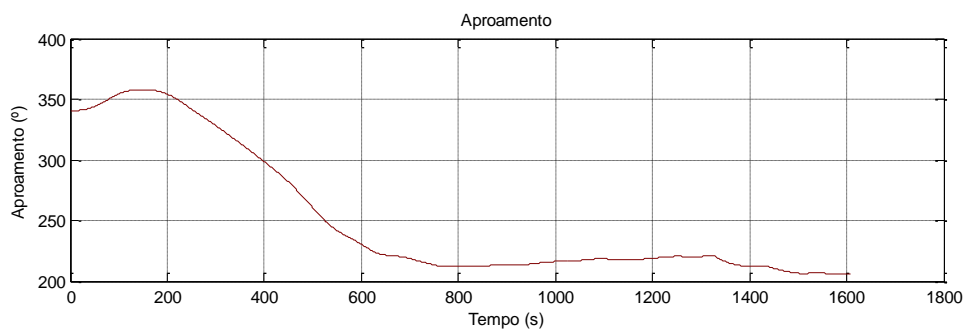
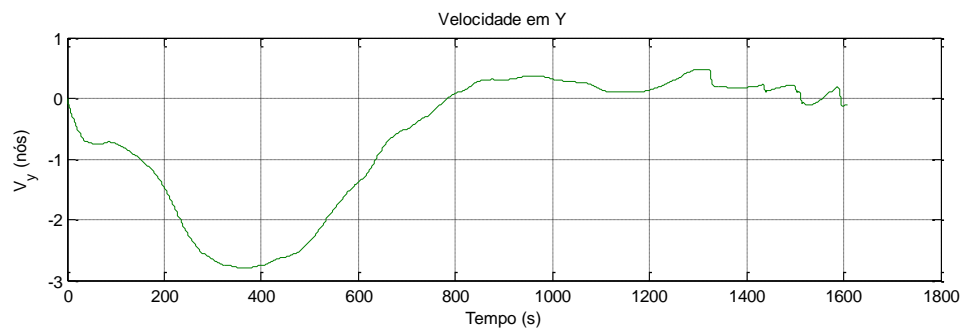
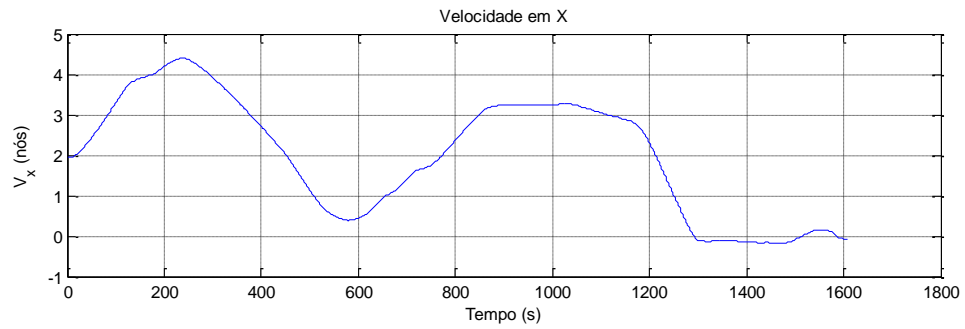
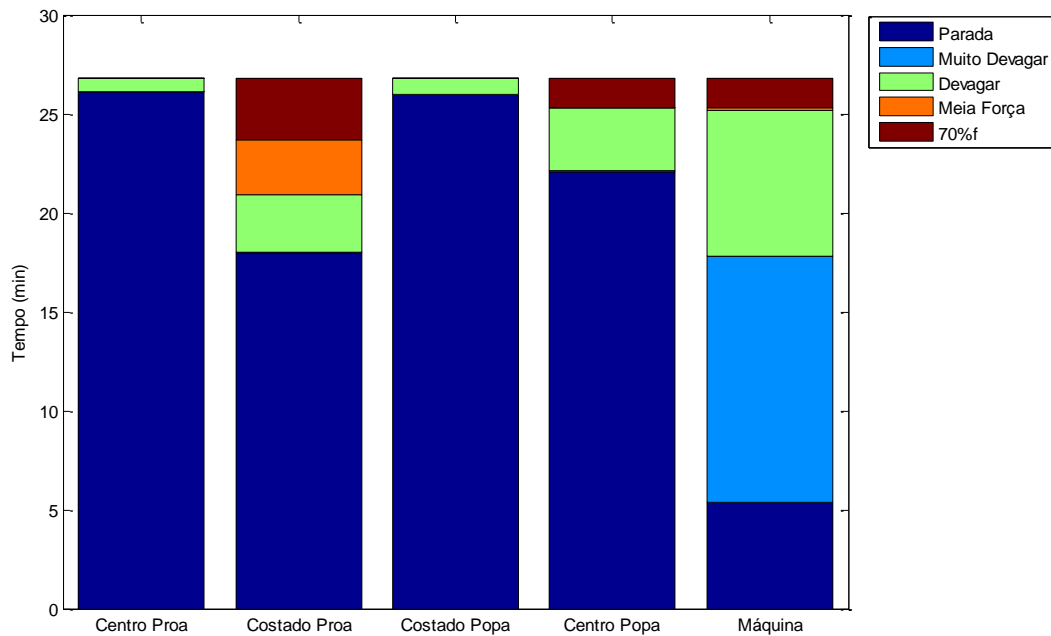
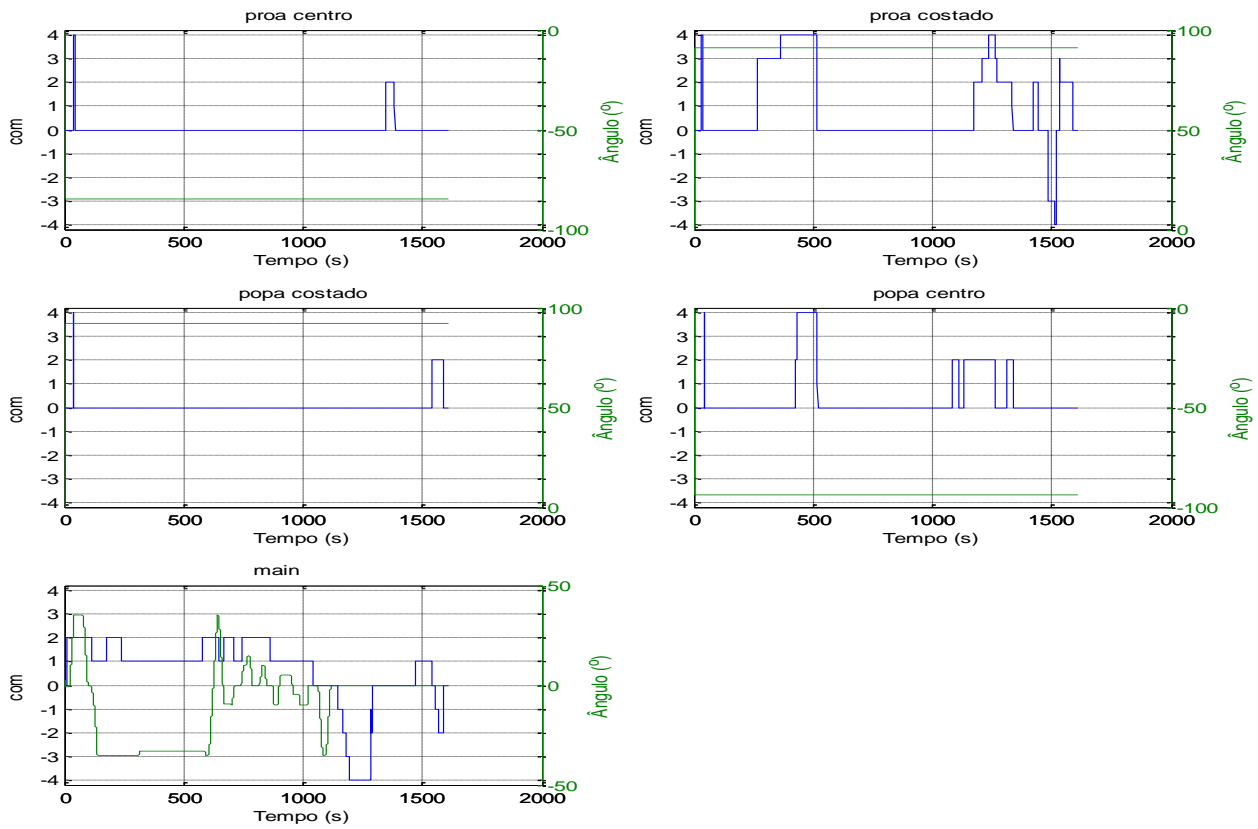


Figura 59 – Espaço disponível para aproximação de navio com 11,5m de calado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



5.25. Manobra 27

Navio: Handymax	Condição: Para SW
Manobra: Desatracação	Vento: 20 nós; NE (vindo de)
Bordo de atracação: BB	Corrente: 1,2 nó SW
Carregamento: Lastro	Berço: PP4

Trajectoria da embarcação

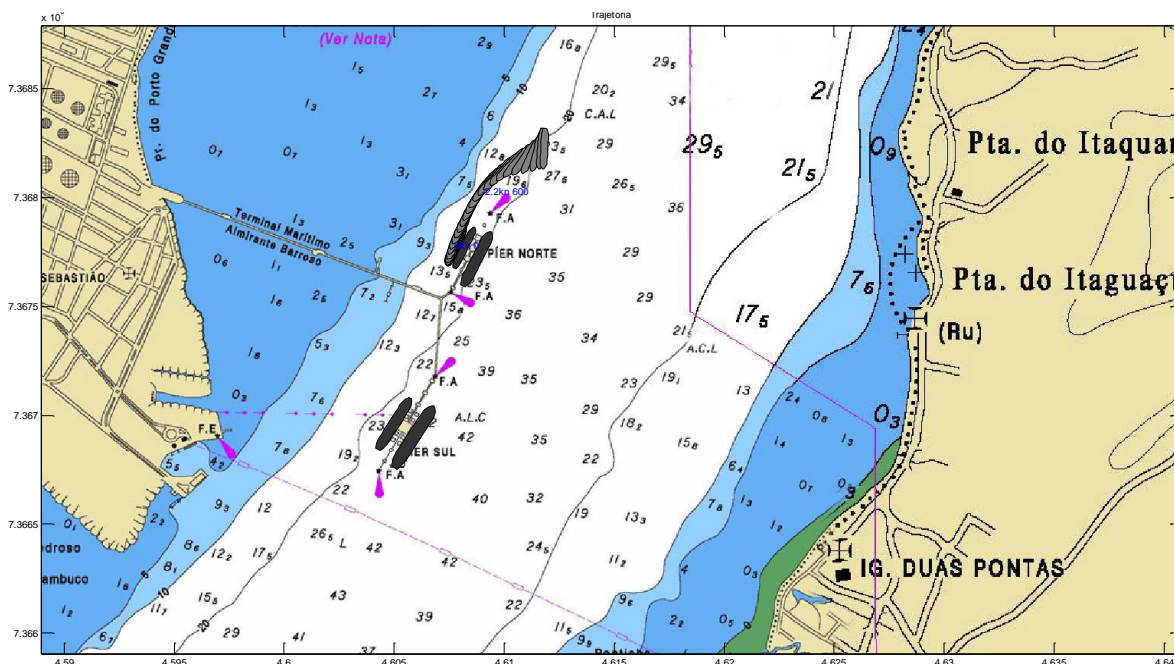
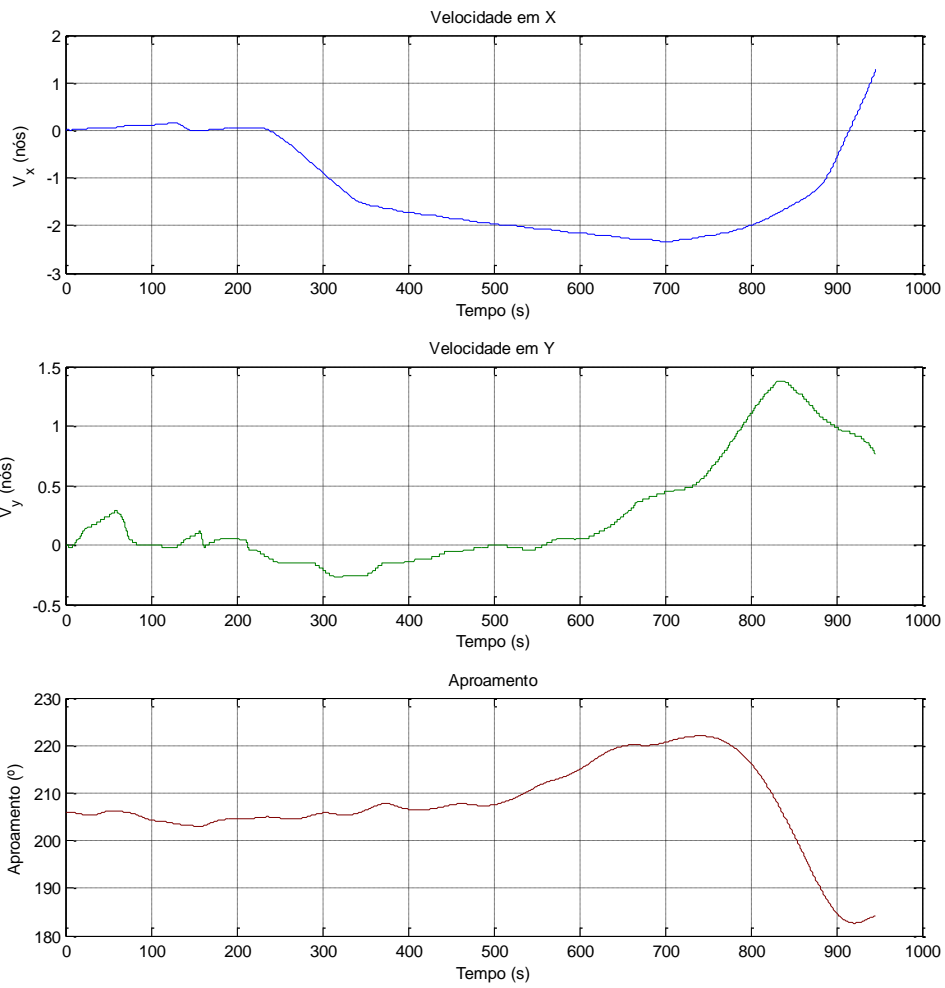


Figura 60 – Manobra 27

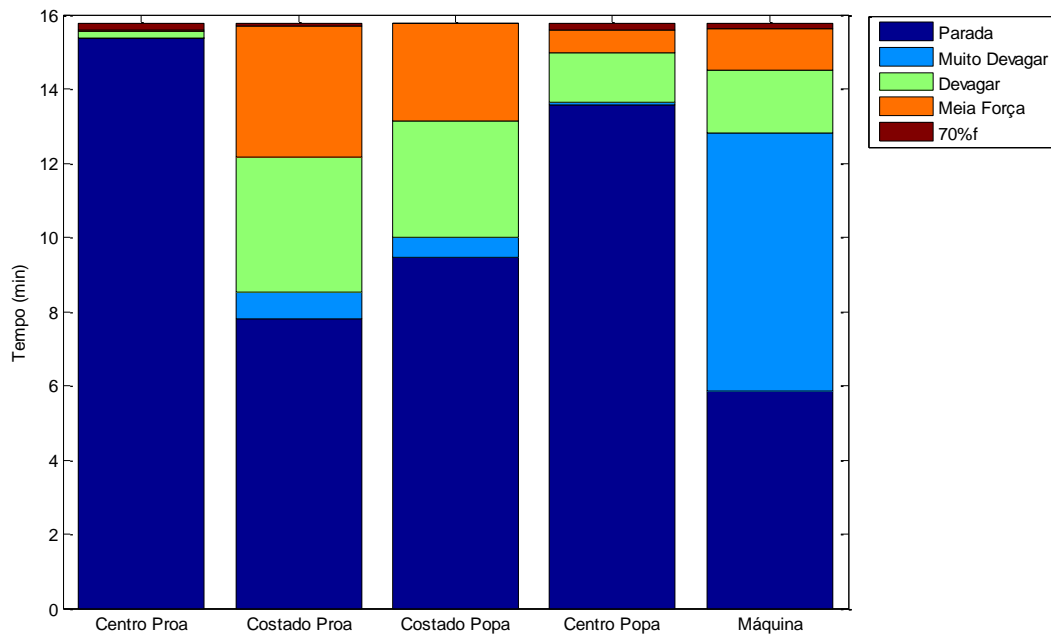
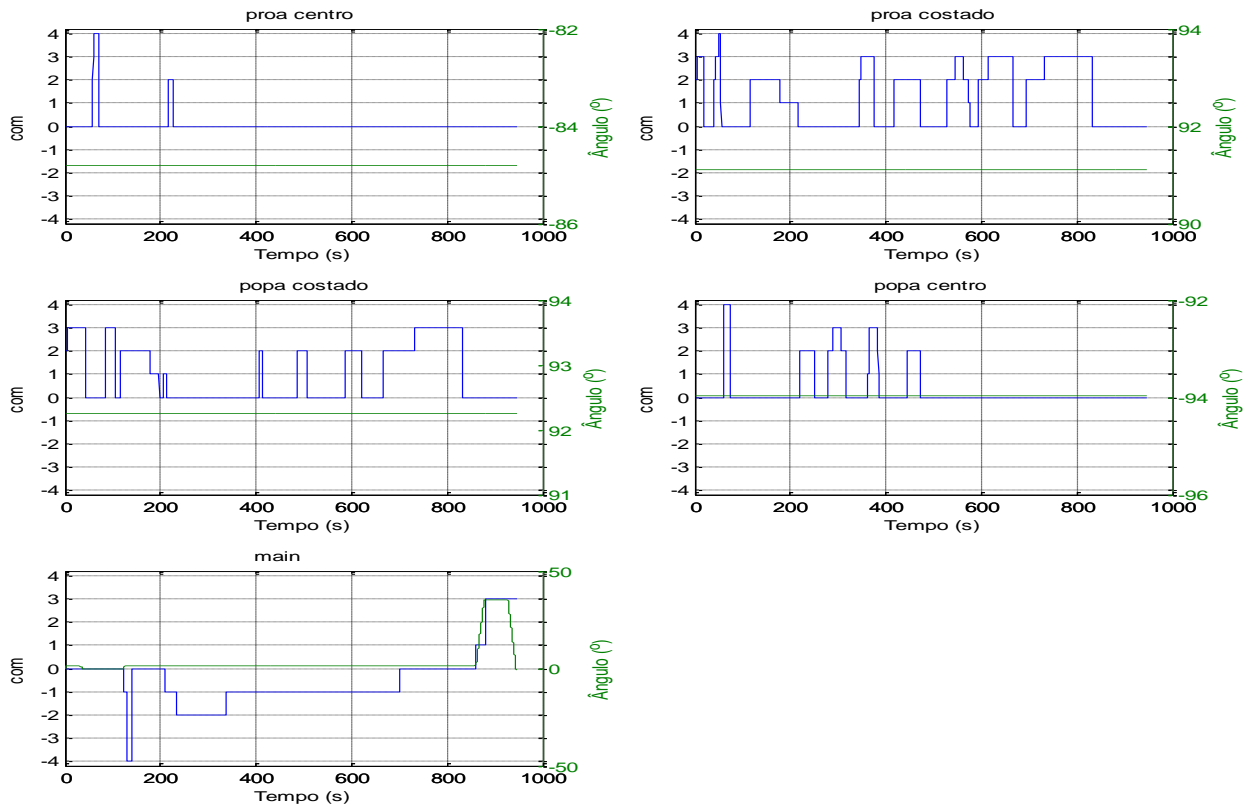
Comentários: A manobra ocorreu como esperado. A corrente de popa é um caso crítico, mas não influi muito. Como o navio está em lastro, há maior espaço para a manobra.

		Rebocadores			
	Máquina+Leme	Centro Proa	Costado Proa	Costado Popa	Centro Popa
27	Médio	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

Velocidades e Aproamento



Comando de máquina, leme e rebocadores



6. Análise técnica resumida

A Tabela 28 apresenta um resumo das manobras avaliadas, bem como um quadro qualitativo do grau de criticidade dos parâmetros avaliados.

Tabela 28 – Resumo das manobras e parâmetros avaliados

MANOBRA	OPERAÇÃO	BORDO	BERÇO	NAVIO	CARREG.	VENTO		CORRENTE PIER		Máquina+Leme	Rebocadores			
						Vel	Dir	Dir	Vel		Centro Proa	Costado Prd	Costado Popa	Centro Popa
3	Atracação	BE	PP1	VLCC	Full	20	NE	NE	2.0	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico
4	Atracação	BE	PP1	Suez	Full	20	WSW	NE	2.0	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico	Médio
5	Atracação	BB	PP1	Suez	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Crítico	Adequado	Adequado
6	Desatracação	BB	PP1	Suez	Ballasted	20	WSW	NE	2.0	Crítico	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
7	Desatracação	BB	PP1	Suez	Ballasted	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Médio	Adequado
8	Atracação	BB	PP1	VLCC	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Crítico	Crítico	Médio	Médio
9	Desatracação	BB	PP1	VLCC	Ballasted	20	WSW	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Médio	Adequado
10	Desatracação	BB	PP1	VLCC	Ballasted	20	WSW	NE	2.0	Crítico	Médio	Médio	Crítico	Crítico
11	Atracação	BE	PP3	Suez	Full	20	WSW	NE	2.0	Médio	Adequado	Crítico	Crítico	Crítico
12	Atracação	BB	PP3	Suez	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
13	Desatracação	BB	PP3	Suez	Ballasted	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
14	Desatracação	BB	PP3	Suez	Ballasted	20	WSW	NE	2.0	Crítico	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
17	Atracação	BE	PP2	Afra	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Médio	Adequado
18	Atracação	BE	PP2	Afra	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
19	Atracação	BE	PP2	Pana	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
20	Atracação	BE	PP1	Suez	Full	20	WSW	NE	2.0	Adequado	Crítico	Crítico	Crítico	Médio
21	Atracação	BB	PP2	Pana	Full	20	WSW	NE	2.0	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Médio
22	Desatracação	BE	PP2	Pana	Lastro	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
23	Desatracação	BE	PP2	Pana	Lastro	20	WSW	NE	2.0	Médio	Adequado	Adequado	Crítico	Crítico
24	Atracação	BE	PP4	Handy	Full	20	NE	SW	1.2	Médio	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
25	Atracação	BE	PP4	Handy	Full	20	NE	SW	1.2	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
26	Atracação	BB	PP4	Handy	Full	20	WSW	NE	2.0	Crítico	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
27	Desatracação	BB	PP4	Handy	Lastro	20	NE	SW	1.2	Médio	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado

6.1. Berços externos (PP1 e PP3)

Foram realizadas manobras nos berços externos de navios de porte VLCC (PP1) e Suezmax (PP1 e PP3) sob corrente de até 2 nós e vento de 20 nós. As figuras a seguir resumem todas as manobras nestes berços.

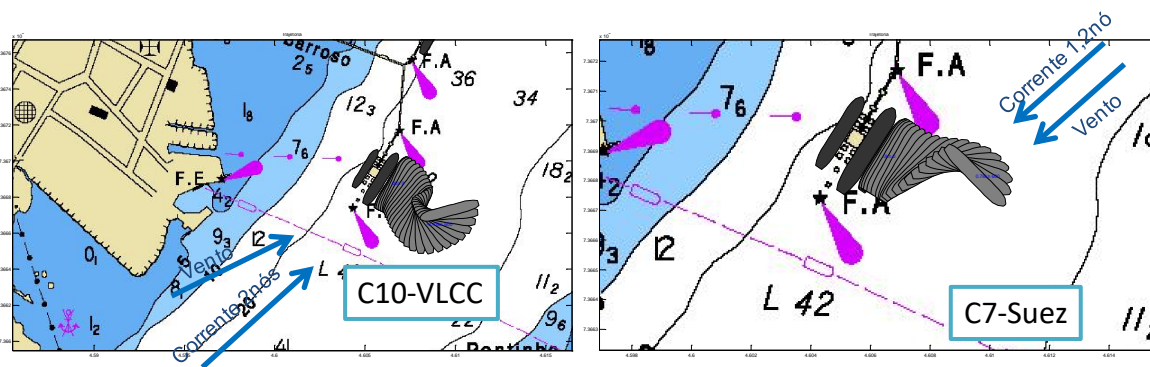


Figura 61 – Manobras de desatracação no PP1

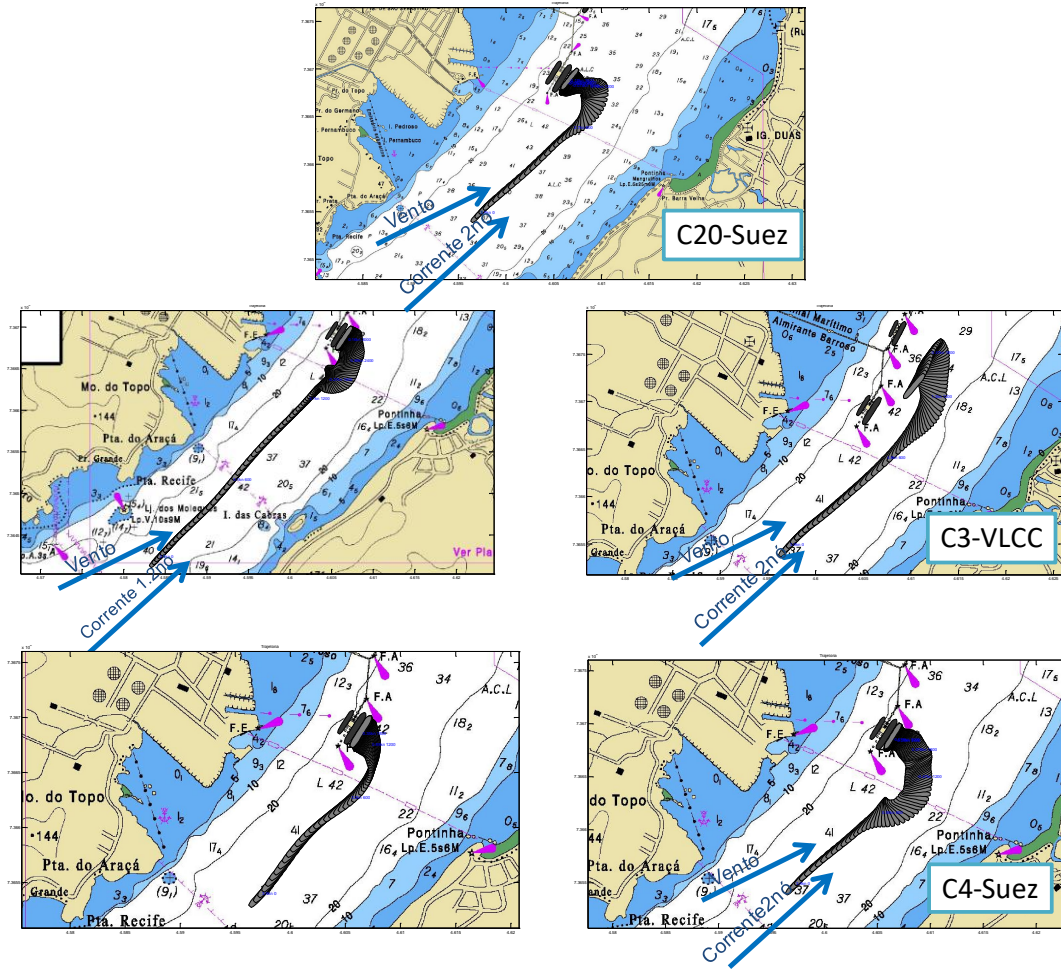


Figura 62 – Manobras de atracação no PP1

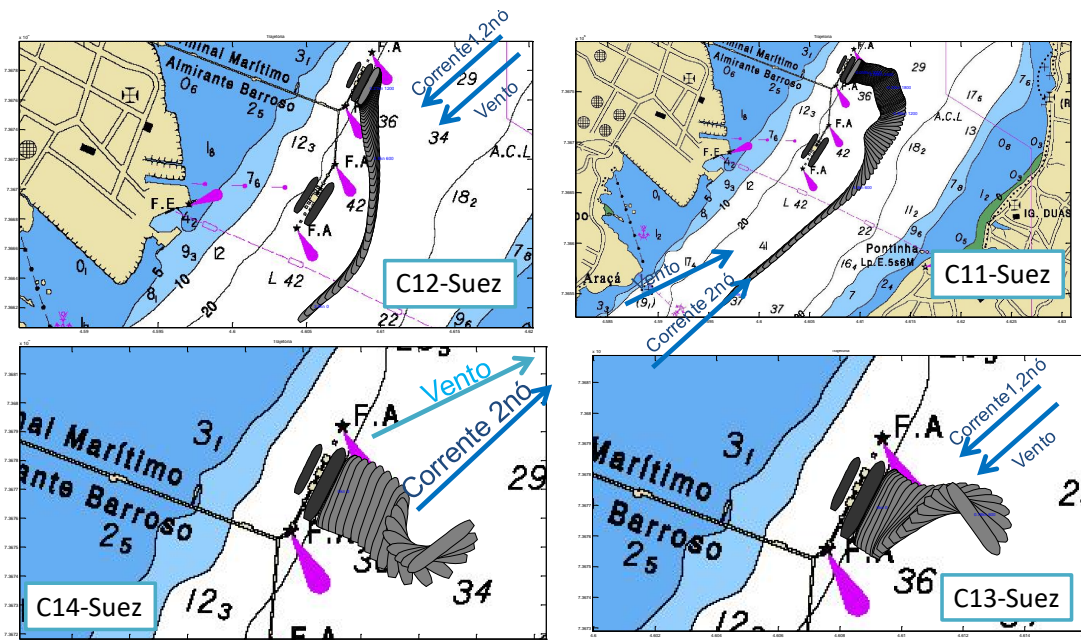


Figura 63 – Manobras no PP3

Pôde-se concluir, da análise dos resultados e dos comentários dos práticos envolvidos, que há espaço para manobra mesmo com a presença de navios nos berços, dada a configuração natural do canal de São Sebastião. A Figura 64 indica a largura mínima de 750m entre o navio VLCC atracado no PP1 e a isóbata de 20m, garantindo assim espaço para o giro dos navios que irão atracar a contrabordo.

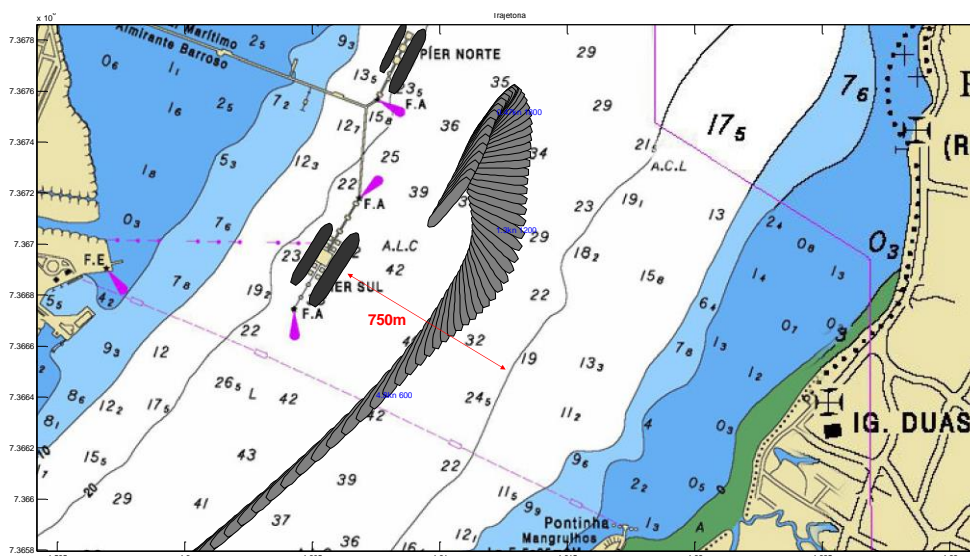


Figura 64 – Largura do trecho navegável do Canal de São Sebastião com navios atracados

Entretanto, o fato de se manobrar próximo a outros navios petroleiros impõe maior risco às operações, gerando a necessidade de ser realizadas tais operações em condições ambientais não extremas (realizou-se a manobra de forma segura com correnteza de até 1,2 nó para VLCC e 2,0 nós para Suezmax).

6.2. Berços internos (PP2 e PP4)

A profundidade próxima ao PP2 impõe restrições às manobras de navios de porte Suezmax (calado carregado de 16,5m) ou Aframax (calado carregado 15,1m). Para se garantir uma folga sob a quilha mínima de 10% do calado, verificou-se que o espaço de manobra para o caso do Aframax fica reduzido a 2,5xBoca (106m), o que foi verificado ser um fator impeditivo para a manobra (Figura 65 esq). Já para navios com menor calado (de porte Panamax por exemplo), há mais espaço para as manobras, tal como indicado na Figura 65 (dir). Entretanto, mesmo assim, a praticagem indicou riscos muito elevados e pouca margem de erro, demandando um período de aprendizado e familiarização inicial com as manobras nos berços externos.

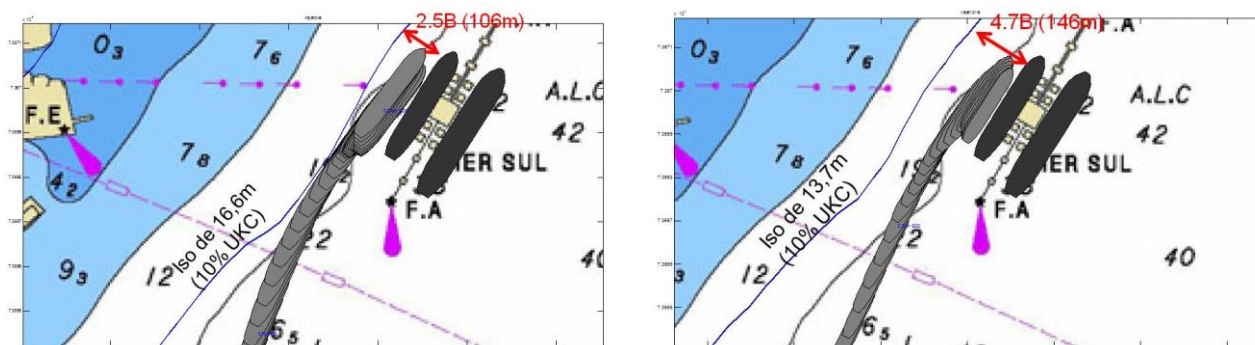


Figura 65 – Manobras de atracação no PP2. (esquerda) Manobra 18, Aframax ; (direita) Manobra 19, Panamax

No PP4 operando com navios de porte Handymax, o problema de espaço é ainda agravado. A Figura 66 apresenta as manobras de navios de porte Handymax (calado 11,5m) para acesso ao PP4 e atracação a contrabordo. Pode-se ver que pela batimetria de 2010 (coincidente com a carta náutica), o navio atinge zonas inseguras ao longo da manobra, mesmo quando a aproximação é feita bastante próxima ao navio atracado. O levantamento batimétrico recente (de 2014) indica maior espaço na região da popa (Sul), mas o espaço para a entrada na região abrigada continua reduzido (da ordem de 70m).

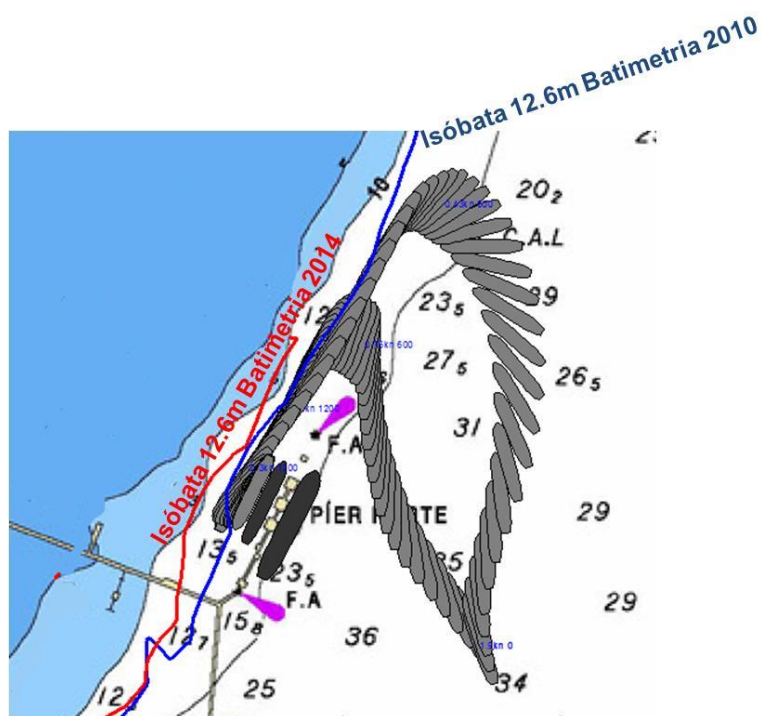


Figura 66 – Manobras de atracação no PP4 (Manobras 25 e 26)

Uma avaliação adicional foi realizada para um caso de um navio de porte Handysize atracado no PP4, e a contrabordo do mesmo atracar um PSV. As características principais destes navios é indicada na Tabela 29. Embora esta manobra não tenha sido simulada, apresentam-se aqui avaliações de espaço de manobra que indicam que a mesma é viável de ser realizada no PP4.

Tabela 29 – Dimensões principais – Navios PSV 5000 e Handysize (17.700 TPB)

	PSV 5000	Handysize
Deslocamento (ton)	8700	23700
Calado (m)	7,0	8,1
Comprimento total LOA (m)	93,0	161,0
Comprimento entre perp. LBP (m)	82,0	153,0
Boca (m)	18,0	23,4

O navio PSV possui muitos recursos de manobra (propulsores azimutais, propulsores em túnel na proa) que permitem a manobra sem auxílio de rebocadores adicionais. Além disso, seu calado máximo é de 7,0m, o que permite que se mantenha sem risco de toque no fundo em locais com profundidade de 8,8m

(20% de folga sob a quilha). A Figura 67 apresenta o caso mencionado, com um navio Handysize no PP4 e um PSV em contrabordo. Indica-se na figura a distância de 204m entre o costado do Handysize e a isóbata de 8,4m, sendo este o espaço que o PSV terá disponível para a manobra de atracação e desatracação. Esta distância equivale a 11xBoca do navio PSV, estando com uma grande margem de folga acima da recomendação da norma ABNT-NBR13246 para largura de canais de aproximação (que indica 3xBoca como recomendado - item 3.2.2).

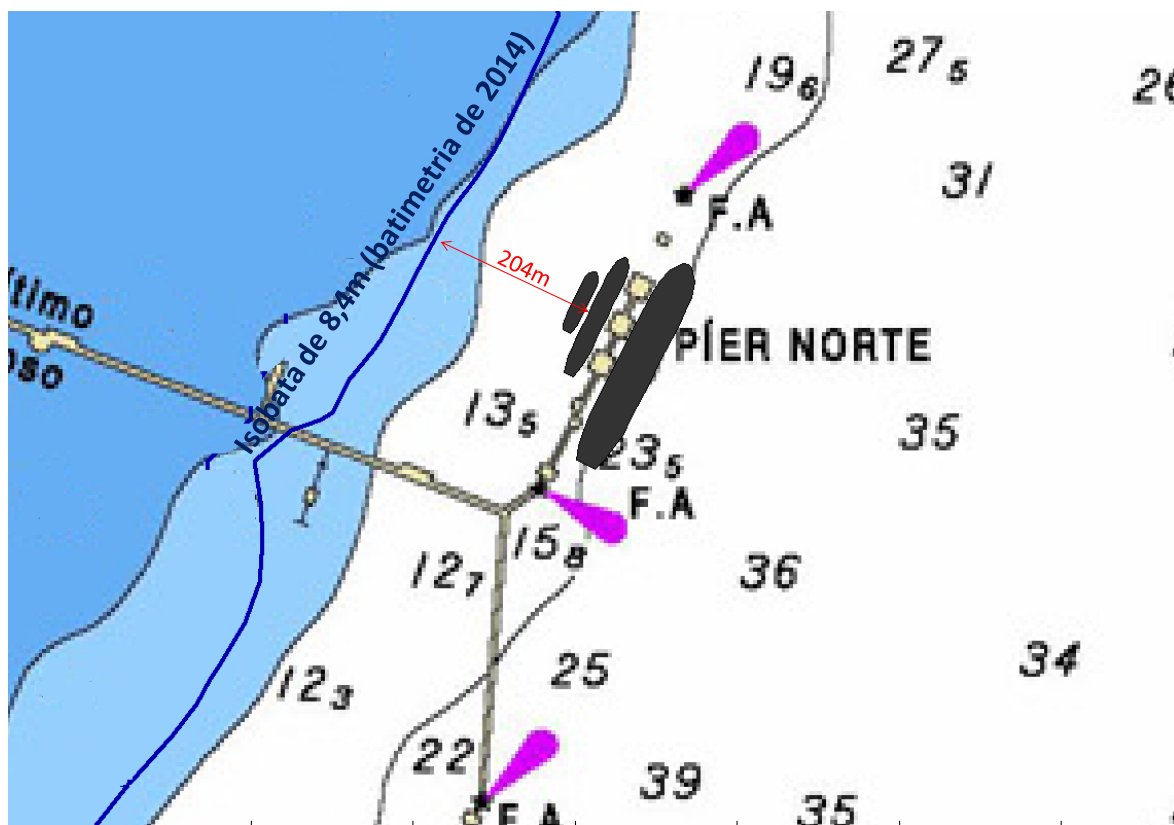


Figura 67 – Navio Handysize atracado no PP4, com um PSV em contrabordo.

7. Análise Crítica dos Resultados da Simulação Real Time

Esta seção apresenta a avaliação do consultor náutico Comandante Francisco Haranaka, embasada nos resultados das simulações, comentários da praticagem e sua experiência e avaliação crítica.

7.1. Considerações gerais

A batimetria em si não foi motivo de preocupação dos Práticos, pelo menos aparente, nas manobras realizadas nos berços externos [PP1 e PP3]. Mas foi determinante e causou preocupação constante na medida em que havia diferenças sensíveis nos levantamentos realizados em 2010 e 2014, especialmente nas áreas próximas aos berços internos [PP2 e PP4]. A favor do levantamento de 2014 foi a constatação de que as profundidades eram maiores e mais próximas da realidade atual [segundo os Práticos], no entanto esse levantamento ainda necessita ser aprovado pelo Centro de Hidrografia da Marinha [CHM]. Por questões de segurança da navegação, optou-se por basear-se as manobras da simulação no levantamento realizado em 2010, cujas sondagens eram semelhantes às da carta náutica DHN-1645.

Em relação à Sinalização Náutica, não foi comentada a necessidade de alteração na sinalização existente. Houve sim o uso habitual, para os Práticos, dos alinhamentos referentes ao farolete Laje dos Moleques ao sul do TEBAR e ao farolete Ponta das Canas ao norte, quando da execução das manobras nos berços internos PP2 e PP4.

A frota de rebocadores disponibilizados para a simulação [BP de 50, 60, 60 e 70T] atendeu satisfatoriamente às demandas dos Práticos em todas as manobras requeridas.

A presente análise limitou-se aos aspectos relacionados com a simulação *Real Time*, sem se levar em consideração também os aspectos referentes à amarração dos navios e aos esforços envolvidos na estrutura física dos berços de atracação. Há necessidade de se avaliar o contexto como um todo para uma conclusão definitiva sobre exequibilidade das manobras em todos os berços.

7.2. Manobras no PP1 [Pier Sul Externo]

Em relação à bacia de evolução, não houve preocupação em termos de espaço e profundidade. Em nenhum momento houve questionamento quanto a folga abaixo da quilha ou distância de qualquer perigo à navegação.

Dentre os valores de corrente testados [1,2 nó e 2 nós / NE ou SW], verificou-se que a corrente de 2 nós era muito risco para manobrar VLCC carregado na atracação; na Manobra 3, por exemplo, o VLCC conseguiu executar o giro somente em frente ao PP3 como decorrência dessa corrente e utilizando ao máximo a potência dos rebocadores. Mas era próximo da realidade e aceitável para Suezmax carregado apesar do uso intensivo dos rebocadores [Manobras 4, 5, 6, 7, 20]. Nas desatracações [Manobras 6, 7] em que as condições ambientais eram tão favoráveis e atuavam com tanta rapidez foi necessário ter atenção redobrada para não partir os cabos de amarração do navio no berço. Com a corrente de 1,2 nó, as manobras realizadas pelo VLCC no PP1 foram totalmente aprovadas [Manobras 8, 9, 10].

Observou-se que, mesmo em lastro, a influência da corrente sobre o navio em manobra era muito forte apesar do vento de 20 nós, provavelmente por causa da intensidade da corrente nunca ter sido inferior a 1 nó [todas as Manobras].

Como era de se esperar, segundo os próprios Práticos, houve muito trabalho e demora no final da atracação a contrabordo, por BE e corrente NE, em virtude da dificuldade na manutenção do paralelismo entre os navios causada pela tendência da corrente em abrir a proa do navio em manobra [Manobras 4, 20]. Na simulação este efeito ficou mais forte porque não estava sendo levado em consideração a presença do navio no berço, ficando o navio em manobra totalmente exposto ao efeito da corrente. Na realidade, de acordo com os Práticos, esta dificuldade para fechar a proa na parte final da atracação sempre está presente e requer muita atenção na manobra. Os rebocadores sempre foram solicitados ao máximo nessa fase final de atracação.

A conclusão parcial dessas simulações no PP1 é que as manobras de atracação a contrabordo de navio atracado ao berço são possíveis de serem realizadas para navios do porte de VLCC e Suezmax com as limitações citadas na presente análise.

7.3. Manobras no PP2 [Pier Sul Interno]

A preocupação com a folga abaixo da quilha e a distância dos baixios e do navio atracado ao berço interno foi constante ao longo das manobras com Aframax carregado [calado 15 metros] [Manobras 17, 18]. As sondagens existentes [2010, 2014] bem como as da atual carta não asseguraram confiança suficiente para executar as manobras do Aframax com segurança. O risco de encalhe era iminente. Há necessidade de dragagem para permitir manobras seguras com Aframax.

Com o navio Panamax carregado [calado 12,5 metros], as manobras de atracação foram possíveis de serem realizadas [Manobras 19, 21], mas sempre com atenção aos parâmetros de segurança como a folga abaixo da quilha e distâncias seguras dos perigos. Os Práticos observaram que praticamente não havia margem segura para manobra do navio Panamax. Para desatracação em lastro, o navio Panamax manobrou sem dificuldade afastando naturalmente do navio no berço, com corrente favorecendo, e com muita dificuldade e uso intensivo dos rebocadores, com corrente contra jogando para cima do navio atracado [Manobras 22, 23].

A conclusão parcial dessas simulações no PP2 é que as manobras de atracação a contrabordo de navio atracado ao berço são possíveis de serem realizadas para navios do porte de Panamax com limitações severas na bacia de manobra e profundidade. Essas limitações ficaram ainda mais restritas devido a pouca confiabilidade da batimetria dessa área.

7.4. Manobras no PP3 [Pier Norte Externo]

Em relação à bacia de evolução, à semelhança das considerações feitas para o PP1, também não houve preocupação em termos de espaço e profundidade. Em nenhum momento houve questionamento quanto a folga abaixo da quilha ou distância de qualquer perigo à navegação. Além do mais, os navios que operam nesse berço são, em geral, de porte menor que os do PP1 e o espaço disponível é maior.

Mesmo com corrente de 2 nós as manobras com Suezmax transcorreram dentro da expectativa dos Práticos e próximo da realidade local [Manobras 11, 14]. Com 1,2 nó de corrente, as manobras foram feitas sem riscos aparentes ficando apenas para registro de sua exequibilidade [Manobras 12, 13].

Nas manobras do PP3, os Práticos comentaram que a corrente de 2 nós do simulador estava tendo um comportamento de uma corrente de 1,5 nó da realidade local. Como o correntômetro do TEBAR começou a apresentar medições confiáveis com regularidade nos últimos meses, é desejável acompanhar,

por pelo menos um ano, esses registros para que uma avaliação mais precisa desses valores de corrente possa contribuir para o estabelecimento de limites seguros para a manobra.

A conclusão parcial dessas simulações no PP3 é que as manobras de atracação a contrabordo de navio atracado ao berço são possíveis de serem realizadas para navios do porte de Suezmax com as limitações ambientais analisadas. No entanto, este estudo ainda depende de confirmação da capacidade física da estrutura do berço para uma conclusão definitiva.

7.5. Manobras no PP4 [Pier Norte Interno]

À semelhança das considerações feitas para o PP2, a preocupação com a folga abaixo da quilha e a distância dos baixios e do navio atracado ao berço interno também foi constante ao longo das manobras com Handymax no PP4 [Manobras 24, 25, 26, 27]. As sondagens existentes [2010, 2014] bem como as da atual carta não asseguraram confiança suficiente para executar as manobras com segurança. O risco de toque no fundo foi concretizado mais de uma vez [Manobras 24, 25, 26]. Há necessidade de dragagem para permitir manobras seguras com Handymax a contrabordo de navio atracado no berço interno.

A conclusão parcial dessas simulações no PP4 é que as manobras de atracação a contrabordo de navio atracado ao berço não são recomendáveis de serem realizadas para dois navios do porte de Handymax com as limitações ambientais analisadas.

Para navios com porte Handymax a contrabordo com navios EAM (Embarcação de Apoio Marítimo), também conhecidas como PSV (Platform Supply Vessel) há necessidade de novos estudos e análises antes de se efetivar a realização de manobras a contrabordo nesse berço interno. Estes estudos foram realizados posteriormente em Relatório Complementar (TPN-USP, 2016), que comprovaram que as manobras de navios offshore a contrabordo de navio petroleiro de porte Handysize no berço PP4 são viáveis e seguras, dadas as menores dimensões dos navios offshore e suas características de manobras com meios próprios.

7.6. Conclusões e Recomendações

A existência de 5 navios tipo para manobrar em 4 berços com características próprias não permitiu que se realizasse um número maior de simulações, especialmente nos berços internos PP2 e PP4, como era de se desejar. O aspecto crítico da batimetria das áreas próximas aos berços internos foi fator determinante na execução das manobras com questionável segurança nesses locais.

O monitoramento contínuo dos dados do correntômetro do TEBAR, aliado ao “sentimento marinheiro” dos Práticos, permitirá estabelecer valores confiáveis de limites de corrente para uma manobra segura nas operações do Terminal.

Tendo em vista as considerações feitas na presente análise, podemos concluir que as manobras realizadas nos berços externos PP1 e PP3 foram suficientes e possíveis de serem atendidas, com grau aceitável de segurança, como uma primeira etapa na realização de operações de transbordo entre navios atracados a contrabordo, envolvendo embarcações do porte de VLCC e Suezmax, respeitados os limites testados nas simulações e as considerações feitas. Em relação aos berços internos PP2 e PP4, há necessidade de novas avaliações para um cenário de outros navios tipo e melhoria das condições de batimetria local.

Uma boa prática marinheira a ser adotada seria os demais Práticos se familiarizar com as novas manobras no simulador antes de se executar uma manobra real.

8. Referências

ANBT, 1995, Planejamento portuário - Aspectos Náuticos NBR 13246.

PIANC. Harbour Approach Channels Design Guidelines, Report n° 121 - 2014.

Castro,B., Pereira, A. F. Estudo Hidrodinâmico do Canal de São Sebastião, Junho 2014

TPN-USP, 2016, Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião - SP (TEBAR), RELATÓRIO COMPLEMENTAR: SIMULAÇÃO DE MANOBRAS EM TEMPO REAL NO BERÇO PP4.

9. Anexo

RELATÓRIO SOBRE A VIABILIDADE DE REALIZAÇÃO DE MANOBRAS SHIP TO SHIP NO TEBAR – SÃO SEBASTIÃO – SP, Empresa Zenith Consultores Marítimos,