



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

Projeto

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

RT4 – SIMULAÇÃO DE MANOBRAS EM TEMPO REAL



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria de Turismo



Março 2024



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

USP
Universidade de São Paulo



PROJETO						
Avaliação Náutica da Operação de Navios de Cruzeiros em Vitória/ES						
	CÓDIGO DO RELATÓRIO		TÍTULO DO RELATÓRIO			
	RT 4		Simulação Real-Time			
CLIENTE			COORDENADOR TPN			
 GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO Secretaria de Turismo			Prof Dr. Eduardo Aoun Tannuri			
	EQUIPE TÉCNICA PRINCIPAL					
	Eng. Mec. Dr. André Ianagui Eng. Naval Dr. Daniel P. Vieira Eng. Mec. Felipe Marino Moreno Eng. Mec. Humberto A. U. Sasaki Eng. Elétrico Guilherme Arantes			Designer Brian Kodama Designer Leandro Pereira Of. Náutica Bruno Miguere Of. Náutica Wendel Braga Of. Náutica Fernando Smith Cruz Of. Náutica Paola Nakano		
	ORIGINAL	REVISÃO A	REVISÃO B	REVISÃO C	REVISÃO D	REVISÃO E
DATA	29/03/2024					
EXECUÇÃO	Equpe					
VERIFICAÇÃO	EAT					
APROVAÇÃO						

Sumário

1	Introdução	5
2	Área de Estudo	11
2.1	Batimetria	11
2.2	Área de Fundeio, Canais de Acesso e Sinalização Náutica	11
2.2.1	Canal A	13
2.2.2	Canal B	14
2.2.3	Canal C	14
2.3	Especificação para novos estudos necessários	15
2.4	Modelo 3D	17
3	Embarcações tipo	22
3.1	TPN Passageiro L306B37 (Calado 8,5m)	23
3.2	TPN Passageiro L333B38 (Calado 8,5m)	25
3.3	Rebocador ASD 60TBP	27
4	Condições Ambientais	28
4.1	Vento	28
4.2	Onda	28
4.3	Corrente e Maré	30
5	Simulações Real-Time - Descrição das manobras	32
5.1	Arranjos de Rebocadores, Regras de Uso dos Recursos e Modelagem	33
5.1.1	Arranjos de rebocadores	33
5.1.2	Modelagem Matemática dos Rebocadores.....	33
5.2	Apresentação dos Resultados	35
5.3	Manobra 1	37
5.4	Manobra 2	43
5.5	Manobra 3	49
5.6	Manobra 4	55
5.7	Manobra 5	61
5.8	Manobra 6	67
5.9	Manobra 7	73
5.10	Manobra 8	79
5.11	Manobra 9	86
5.12	Manobra 10	92

5.13	Manobra 11	98
5.14	Manobra 12	105
5.15	Manobra 13	111
5.16	Manobra 14	117
5.17	Manobra 15	123
5.18	Manobra 16	129
5.19	Manobra 17	135
5.20	Manobra 18	141
5.21	Manobra 19	147
5.22	Manobra 20	152
5.23	Manobra 21	158
5.24	Manobra 22	163
5.25	Manobra 23	169
5.26	Manobra 24	175
5.27	Manobra 25	180
6	Análise da Simulação - Critérios de segurança analisados	185
6.1	Distância em relação aos limites da área de manobra.....	185
6.2	Folga sob a quilha mínima	187
6.3	Resultados	187
7	Conclusões.....	188
7.1	Considerações Gerais	188
7.2	Manobras utilizando o Canal A.....	189
7.3	Manobras utilizando o Canal B.....	191
7.4	Manobras utilizando o Canal C.....	193
7.5	Conclusões Finais.....	193
8	Referências Gerais	195

1 Introdução

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



Figura 1 – Navio na entrada do Canal de Vitória/ES

Foram realizadas simulações de manobras conduzidas por práticos da ZP-14 Vitória, Tubarão, Pria Mole, Barra do Riacho e Ubi (ES), por Comandantes experientes da MSC e Costa e por Comandantes de Rebocadores da região, nos dias 21 e 22 FEV 2024 no Centro de Simulações de Manobras do TPN-USP (Figura 3).

A Tabela 1 apresenta a lista de participantes que acompanharam e/ou executaram as manobras e discussões. Fotos do grupo são apresentadas nas figuras seguintes.

Neste relatório apresentam-se as premissas da simulação de manobras realizadas, com a descrição detalhada do arranjo náutico (área de manobra, sinalização), condições ambientais, propriedades dos navios e rebocadores. Cada manobra realizada no simulador é descrita e analisada, incluindo-se avaliação técnica com relação à segurança, e recomendações finais.

Os procedimentos adotados para as simulações de manobra consideram as recomendações das normas PIANC 2014 (*Approach Channels - a Guide for Design*) e IALA 1058 Guideline 2011 (The use of simulation as a tool for waterway design and AtoN planning). Todos os procedimentos de simulação e análise de dados adotados pelo TPN-USP estão de acordo também à NORMAM, NPCP e regras da Praticagem do porto em estudo.



Figura 2 – Simulador Full-Mission utilizado para as simulações



Figura 3 – Simuladores Tugstation utilizados para as simulações



Figura 4 – Equipe que participou das simulações de manobras no TPN-USP



Figura 5 – Simulações de manobras no TPN-USP



Figura 6 – Simulações de manobras no TPN-USP

Tabela 1 – Lista de Participantes

Participantes	
Capitania dos Portos do ES	
1Ten Renan Moreira	Enc. Setor Obras / Operações Portuárias
1SG Joedson Altoé dos Reis	Ajudante Setor Obras / Operações Portuárias
Secretaria de Turismo do Espírito Santo	
Philippe André Correia Lemos	Secretário de Estado de Turismo - ES
Gedson Queiroz Merizio	Subsecretário de Estado de Estudos e Negócios Turísticos;
Flávia Roberta Cysne de Novaes Leite	Subsecretária de Estado de Infraestrutura Turística e Planejamento
Felipe Devens Costa	Assessor do Secretário de Estado de Turismo
Dilson Henrique Dias	Analista Gerência Infraestrutura Turística e Planejamento
Assembléia Legislativa do ES	
Tyago Ribeiro Hoffmann	Deputado Estadual do Espírito Santo
VPORTS	
Ednaldo Lepaus Baldan	Coordenador de Obras e Manutenção
Praticagem	
Evandro Oliveira D'Aquino	Prático
Rafael Moulie Correa	Prático
Fabio Morelenbaum Gjorup	Prático
Hercules Nascimento Lima	Prático
CMG (RM) Daniel Américo Rosa Menezes	Assessor Técnico
Empresas de Cruzeiros	
Marco Ferraz	CLIA – Presidente
Márcia Leite	MSC Port Operations & Government Affairs Director
Renê Hermann	Costa - Institutional President Brazil
Marco Cardoso	MSC - Services & Government Affairs Manager
Ignacio Giardina	Costa - Comandante
Michele	MSC - Comandante
Outras Entidades	
Gustavo André Queiroz Alves	VISITE ESPÍRITO SANTO - Presidente
Leonidio Maciel Pinheiro Filho	SEBRAE/ES
Richardson Moro Schmittel	SENAC/ES
Empresas de Rebocadores	
Anderson Luiz Kunsch Duarte	Gerente - Camorim
Mauro César Gratz Teixeira	Comandante - Comorim
Labrisco	
Prof. Dr. Marcelo Martins Ramos	Coordenador
Marcos Coelho Maturana	Eng. Naval, Dr.
Danilo T. Abreu	Eng, Naval, MSc
TPN-USP	
Prof. Dr. Eduardo A. Tannuri	Coordenador do Estudo
(CMG RM) Francisco Haranaka	Consultor Náutico
André S. Ianagui	Eng. Mecatrônico, Dr.
Felipe Marino Moreno	Eng. Mecânico, MSc
Leandro Pereira	Designer
Humberto A. U. Sasaki	Eng. Mecatrônico, Mestrando
Guilherme da Silva Arantes	Eng. Elétrico
Brian Kodama	Designer
Bruno Miguere	Oficial de Náutica
Wendel Braga	Oficial de Náutica
Fernando Smith Cruz	Oficial de Náutica
Paola Nakano	Oficial de Náutica

2 Área de Estudo

Neste capítulo apresentam-se as características da área de manobra, relacionadas à configuração geométrica, batimetria e sinalização náutica. Os dados utilizados para a modelagem da área no simulador são apresentados e detalhados. O Relatório Técnico 2 apresenta maior detalhamento das premissas e normas que embasaram a definição dos Canais de Acesso e Área de Fundeio.

2.1 Batimetria

Para a simulação, foram considerados os dados batimétricos constantes de Carta náutica **DHN-1401** [Porto de Vitória e Tubarão] Figura 7.

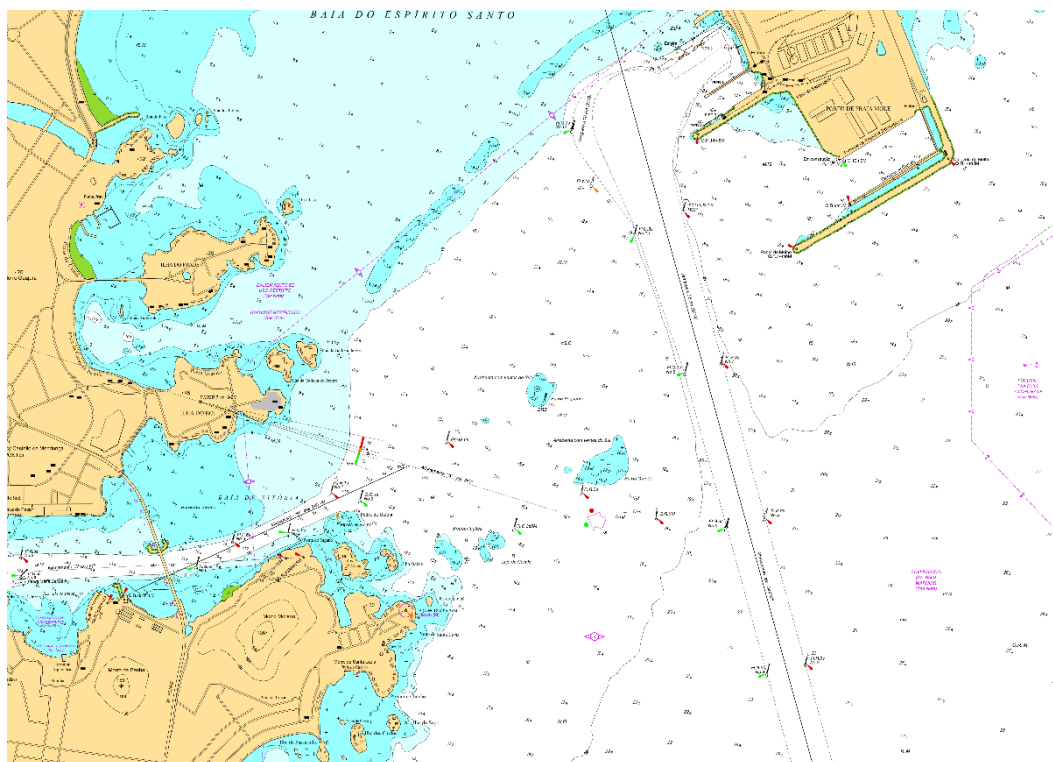


Figura 7 – Trecho da Carta Náutica 1401

2.2 Área de Fundeio, Canais de Acesso e Sinalização Náutica

O Relatório Técnico 2 indicou que a área de fundeio deve possuir profundidade mínima de 11,2m (para acomodar navios com calados de até 8,5m).

Além disso, a Área de Fundeio deve garantir uma distância de 200m do Canal de Acesso ao Porto de Tubarão (segundo estabelecido na Resolução 001 Administração do Complexo Portuário de Tubarão e Praia Mole – TPM – 01 de agosto de 2023).

Durante as simulações, foi assumida uma Bacia de Evolução com 459m de raio, e posição indicada na figura seguinte.

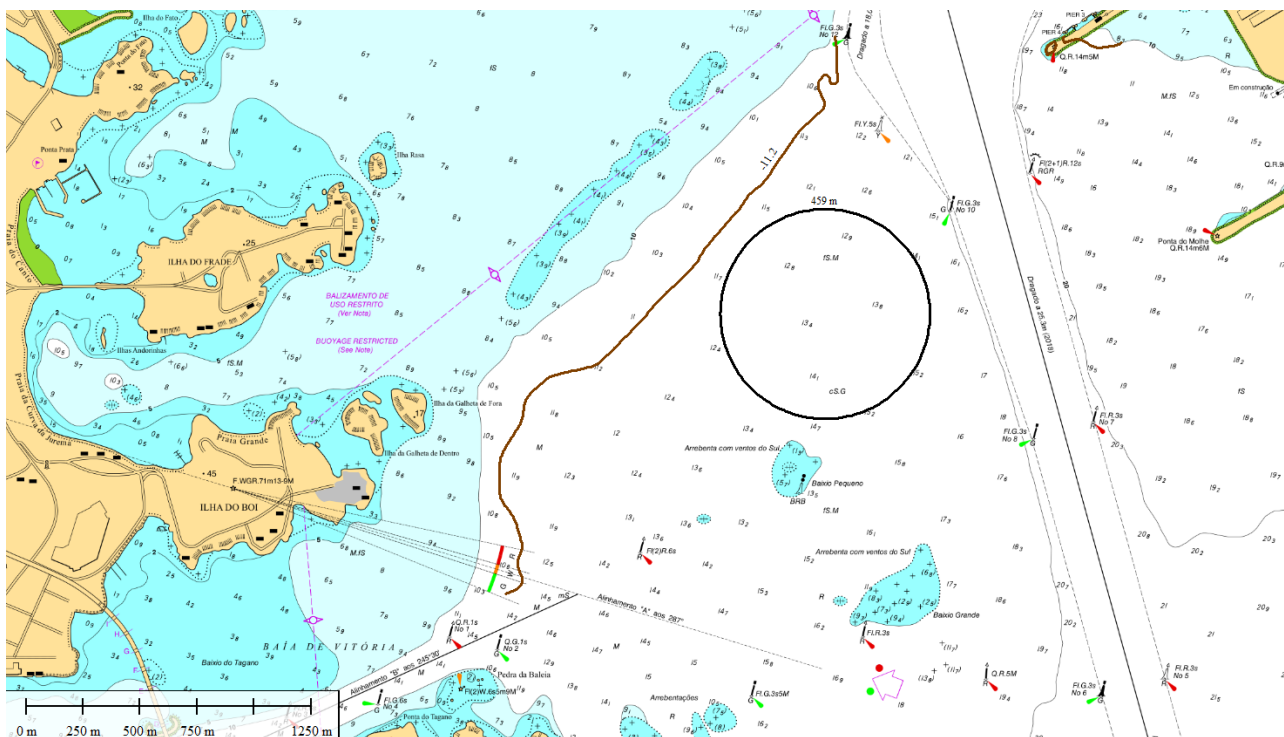


Figura 8 Área de fundeio considerada nas simulações (Raio 459m; Centro Lat/Lon: 20° 18' 14.1200" S, 40° 15' 24.9375" W)

Após as simulações, com informações providas pelos Comandantes, verificou-se a necessidade de maior raio de 537m, devido ao uso de 5 quarteladas de amarras para fundeio seguro (ver cálculos detalhados no Relatório Técnico 2). Assim, a figura seguinte mostra a área de fundeio FINAL proposta e seu centro.

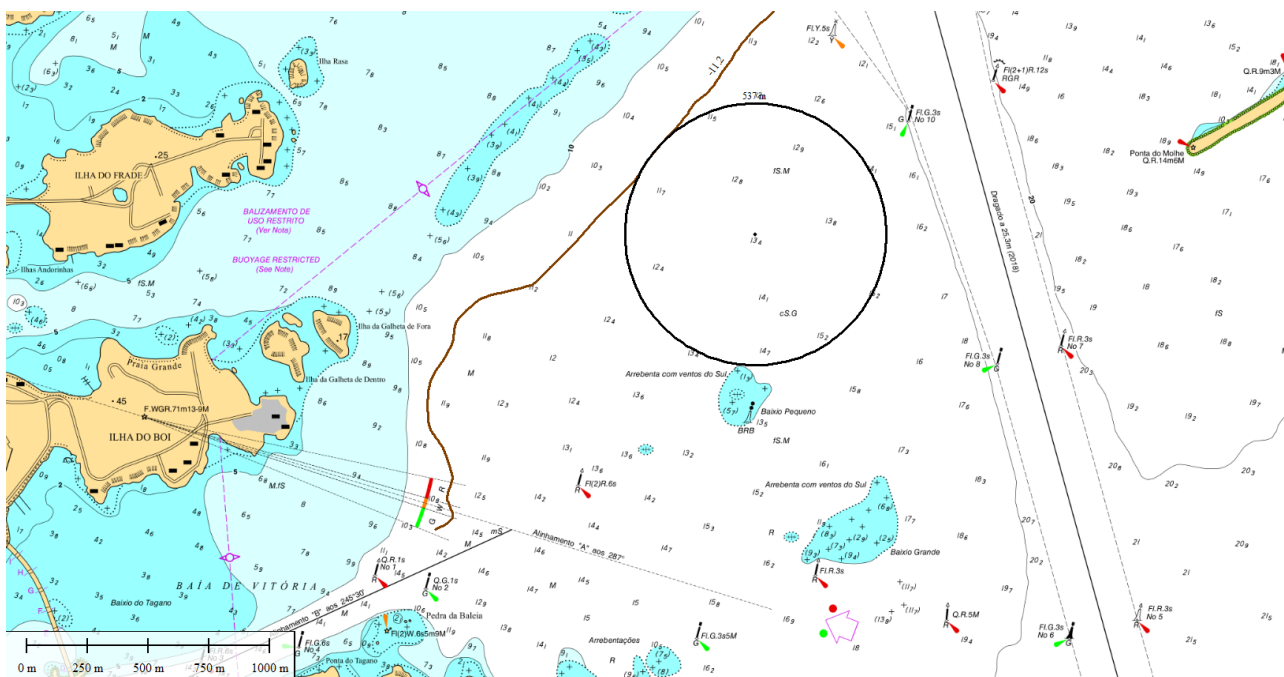


Figura 9 Área de fundeio FINAL proposta para fundeio (Raio 537m; Centro Lat/Lon: 20° 18' 14.4474" S, 40° 15' 27.6954" W)

2.2.1 Canal A

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

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

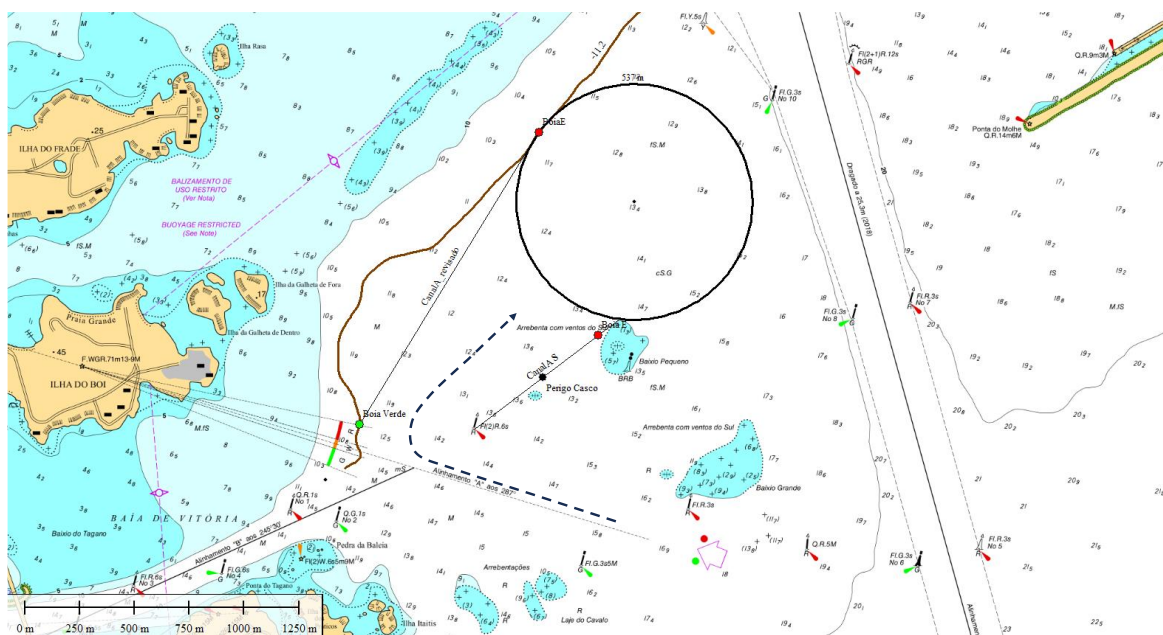


Figura 10 Canal A de Acesso (Proposta FINAL)

Observação: como mencionado, as simulações foram realizadas com uma Área de Fundeio ligeiramente menor que a recomendada final (de 537m de raio). Desta forma, o Canal A de Acesso simulado é ligeiramente deslocado em relação ao FINAL acima (ver Figura 11).

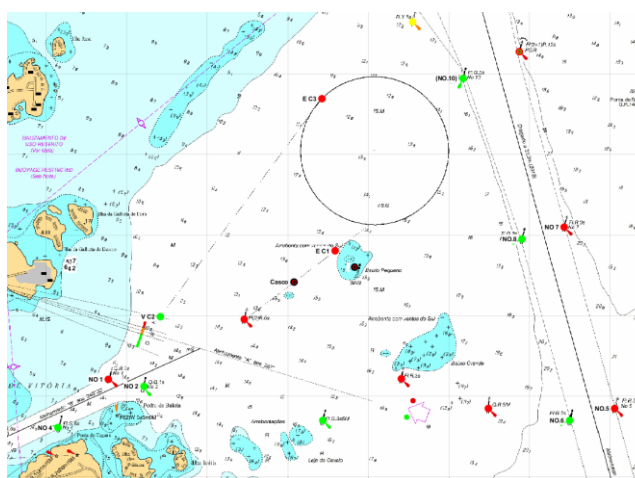


Figura 11 Canal A de Acesso (considerado na simulação)

2.2.2 Canal B

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

- Boia Perigo Casco: Lat/Lon: $20^\circ 18' 40.4007''$ S, $040^\circ 15' 42.0088''$ W
- Boia E Canal: Lat/Lon: $20^\circ 18' 40.4007''$ S, $040^\circ 15' 42.0088''$ W
- Boia E Bacia: Lat/Lon: $20^\circ 18' 40.4007''$ S, $040^\circ 15' 42.0088''$ W

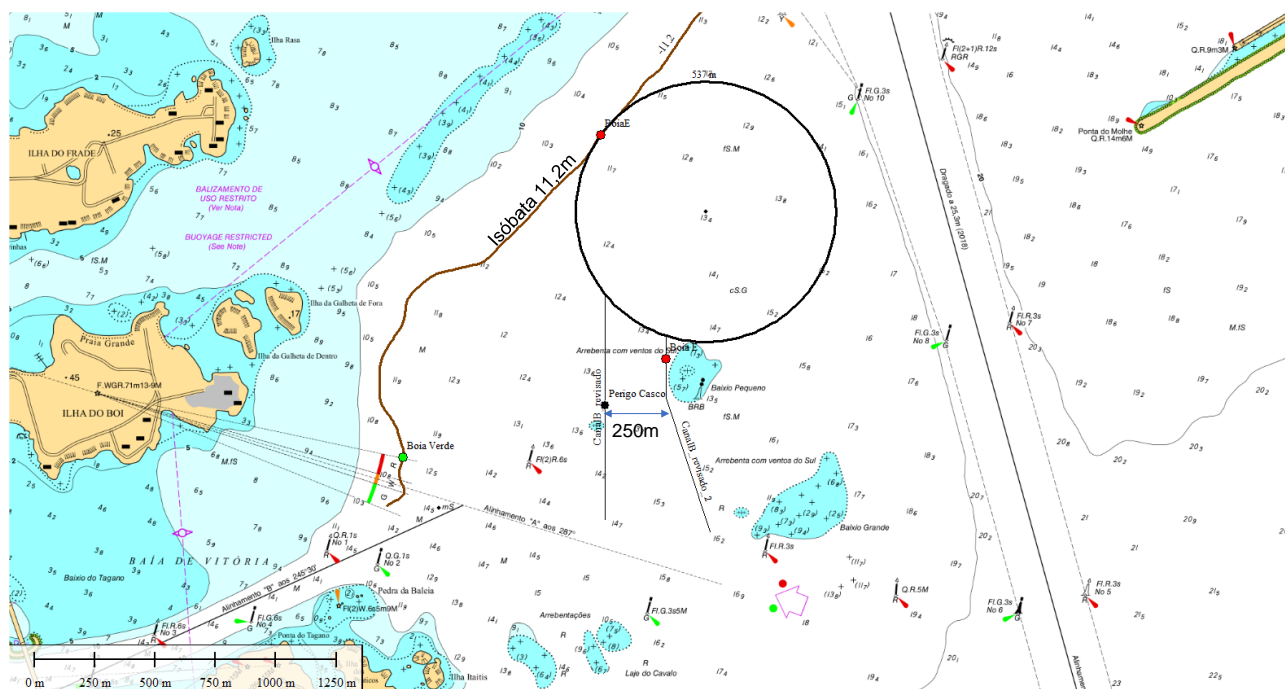


Figura 12 Canal B de Acesso

2.2.3 Canal C

Será avaliado a acesso por meio do cruzamento com o Canal do Tubarão (Vale), como mostrado na Figura 13. Este canal possui alinhamento 278° e largura de 800m. Utiliza-se o espaço entre a Boia E7 (já existente) e o molhe. Para este canal, deve-se adicionar no mínimo a Boia demarcando a área de fundeio. A posição efetiva das boias deverá ser alvo de um estudo de sinalização náutico e aprovação da Marinha (CHM)

- Boia E Bacia: Lat/Lon: $20^\circ 18' 40.4007''$ S, $040^\circ 15' 42.0088''$ W

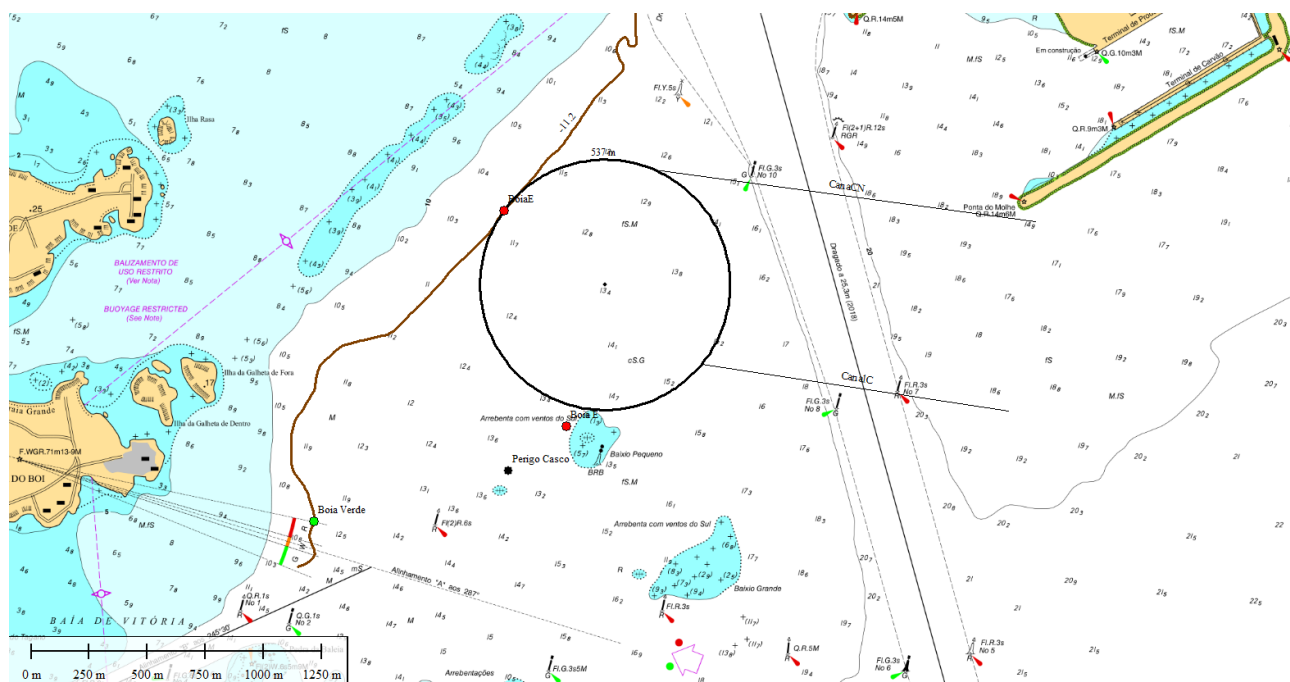


Figura 13 – Canal C de Acesso

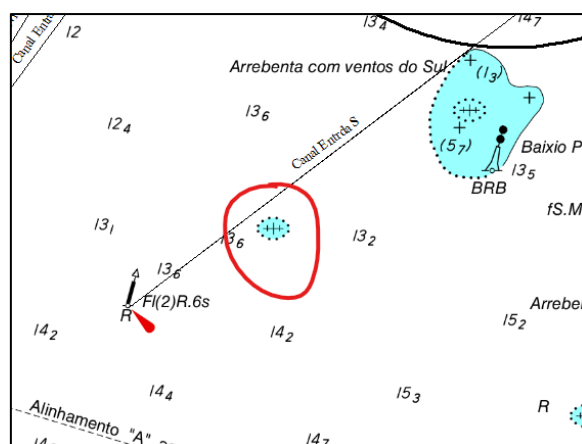
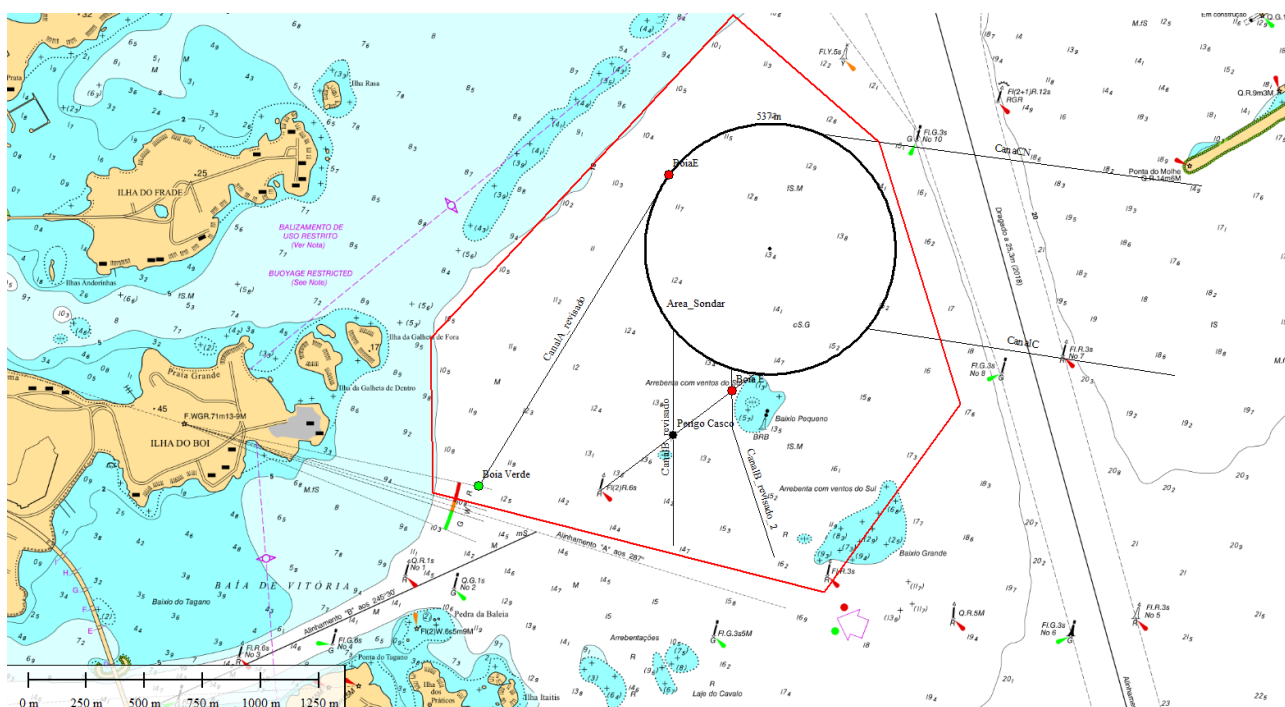
2.3 Especificação para novos estudos necessários

Os resultados deste estudo náutico de simulação deverão ser confirmados após a realização de um Levantamento Hidrográfico Multifixe Cat.A em toda a área de manobra e fundeio, para a verificação se as profundidades assumidas no estudo (que são baseadas na Carta Náutica) são de fato existentes, bem como avaliação do tipo de fundo da área de fundeio.

Sugere-se Levantamento Hidrográfico Multifixe Cat.A na área indicada na Figura 14, com 3,6Km² aproximadamente. Especial atenção à verificação da real profundidade (ou mesmo da real existência) do casco soçobrado destacado).

Sugere-se estudo de fundo (tença) em pontos da área de fundeio como mostrados na Figura 15. Os pontos são:

- P1 (Lat/Lon: 20° 18' 12.8852" S, 40° 15' 39.9666" W)
- P2 (Lat/Lon: 20° 18' 20.5504" S, 40° 15' 35.3585" W)
- P3 (Lat/Lon: 20° 18' 26.8427" S, 40° 15' 30.5077" W)
- P4 (Lat/Lon: 20° 18' 06.9359" S, 40° 15' 32.4480" W)
- P5 (Lat/Lon: 20° 18' 14.4474" S, 40° 15' 27.6954" W)
- P6 (Lat/Lon: 20° 18' 20.6648" S, 40° 15' 21.5339" W)
- P7 (Lat/Lon: 20° 18' 01.2155" S, 40° 15' 23.8380" W)
- P8 (Lat/Lon: 20° 18' 08.5377" S, 40° 15' 18.2597" W)
- P9 (Lat/Lon: 20° 18' 14.1436" S, 40° 15' 14.0153" W)



Idx	Longitude	Latitude
1	40° 15' 19.7284" W	20° 19' 02.2243" S
2	40° 16' 17.5732" W	20° 18' 48.3821" S
3	40° 16' 17.9370" W	20° 18' 26.8745" S
4	40° 15' 33.1891" W	20° 17' 41.7972" S
5	40° 15' 11.6367" W	20° 17' 59.5406" S
6	40° 14' 59.6114" W	20° 18' 36.1030" S

Figura 14 – (acima) Sugestão de Área a ser realizado o LH CatA; (meio) destaque ao casco soçobrado; (abaixo) coordenadas dos limites da área

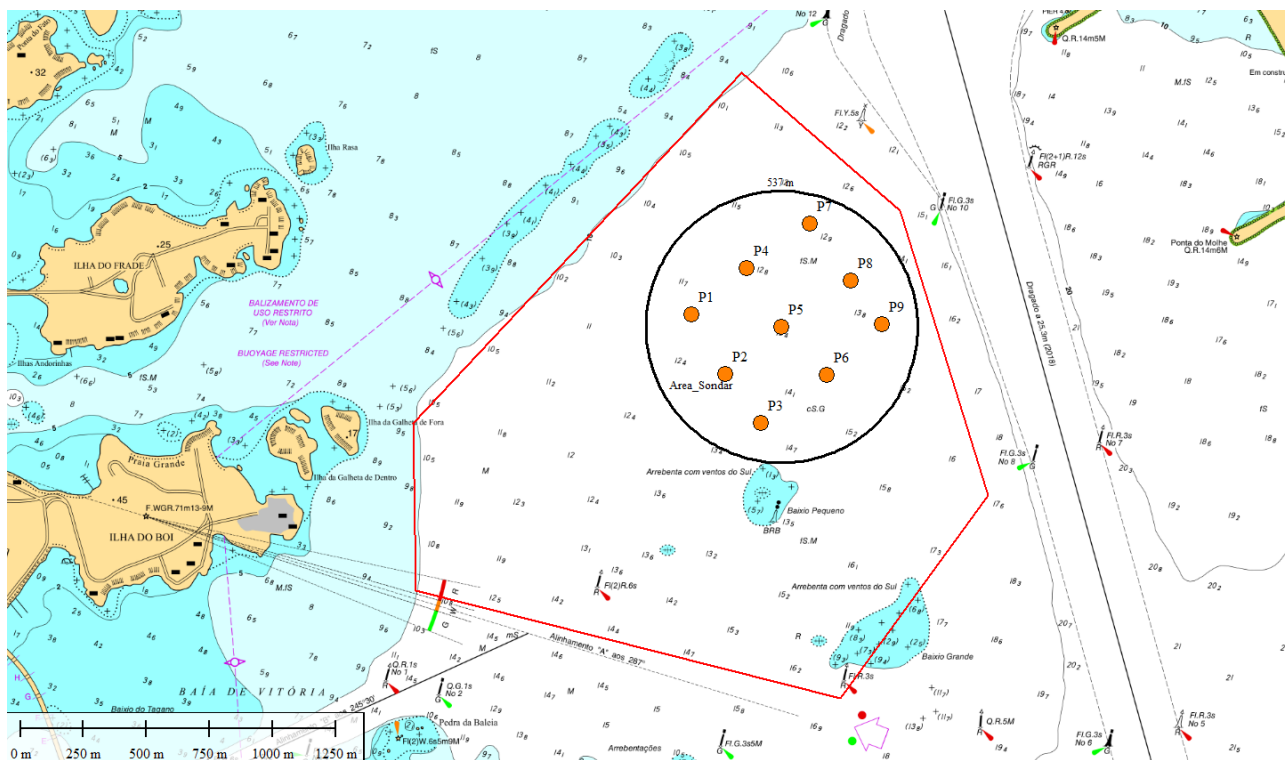


Figura 15 – Sugestão de Pontos para realização estudos de amostra (tença)

2.4 Modelo 3D

As figuras a seguir apresentam algumas fotos do modelo visual elaborado para a simulação de manobras.



Figura 16 – Fotos do modelo 3D da região de estudo (Entrada)



Figura 17 – Fotos do modelo 3D da região de estudo (Porto de Praia Mole avante – navio sendo fundeado)

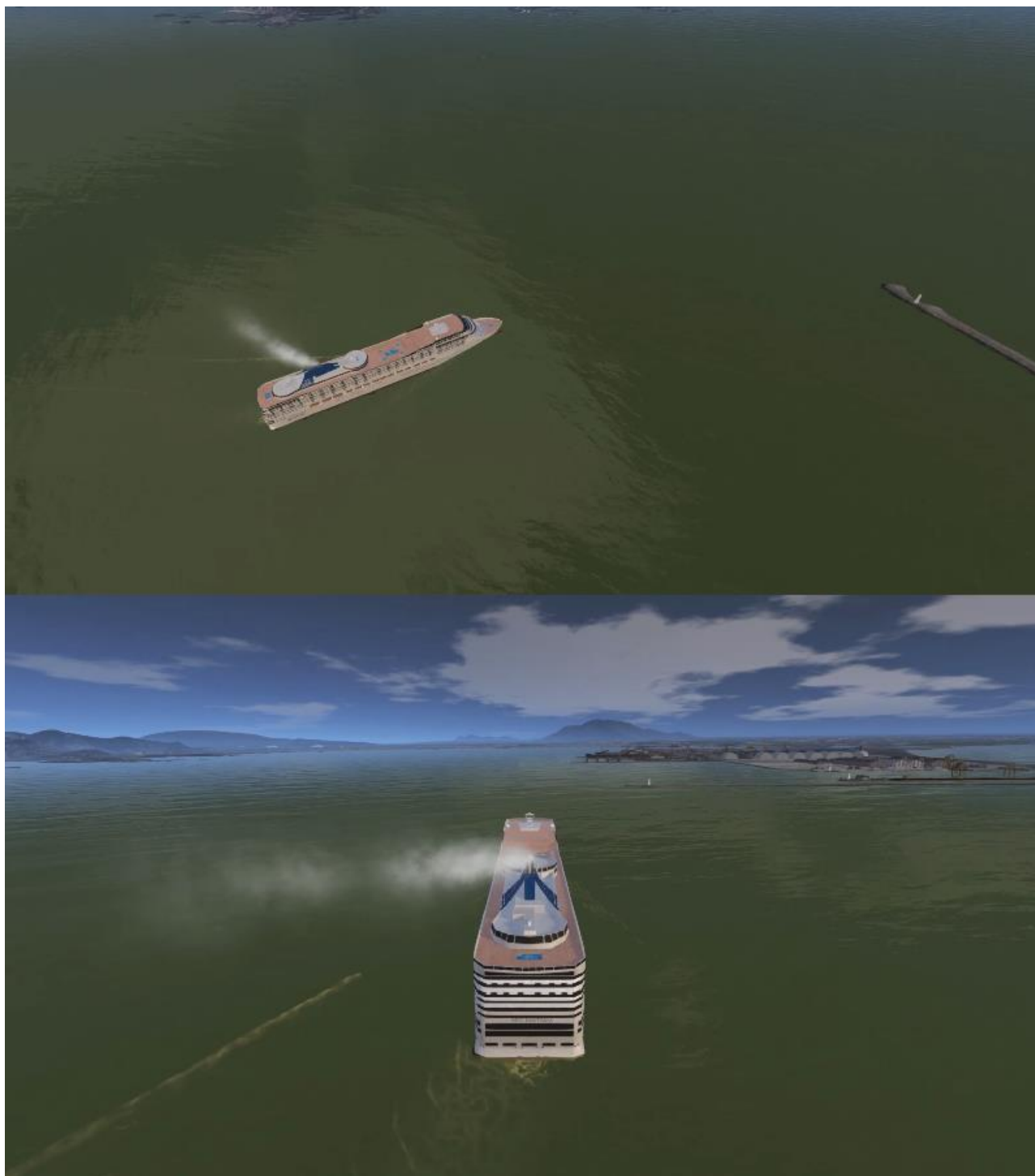


Figura 18 – Fotos do modelo 3D da região de estudo (Entrada pelo Canal C)



Figura 19 – Fotos do modelo 3D da região de estudo (Navio fundeado aproado para SW, Entrada do Canal de Vitória avante)

3 Embarcações tipo

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

Os navios selecionados para simulação foram:

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



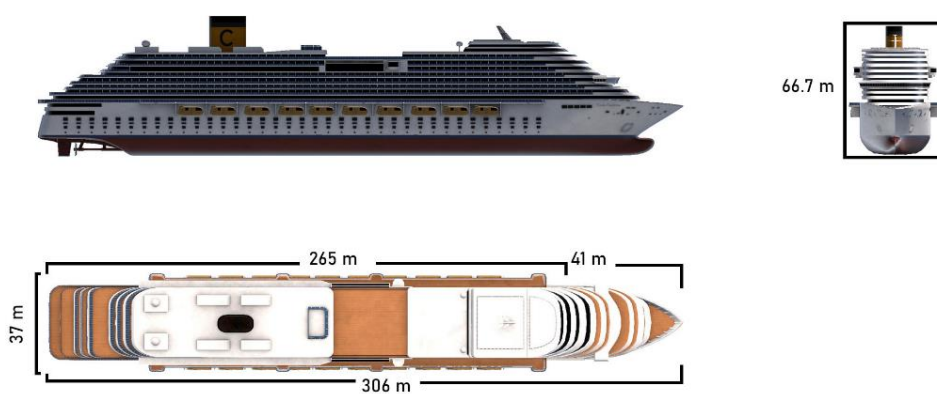
Figura 20 – Navios tipo

Os dados de manobra dos navios e do rebocador tripulado ASD 60T são apresentados nas seções seguintes.

3.1 TPN Passageiro L306B37 (Calado 8,5m)

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

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

General Arrangement	
 <p>The image displays the general arrangement of the TPN Passageiro L306B37. It includes a side view showing the ship's profile with a mainmast and funnel, a top view showing the deck layout with dimensions (265 m, 41 m, 37 m, 306 m), and a front view showing the bow structure with a height dimension of 66.7 m.</p>	

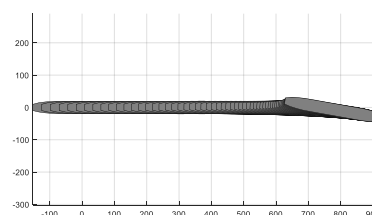
Propulsion Particulars						
Propulsion Type	2 x General Elettric		Telegraph	RPM / Teleg.	Speed (kts)	
Engine Type	Diesel Elettric		Full Sea Speed	139 / 100%	20.9	
MCR	2 x 21000	kW	Full Speed	97 / 70%	14.7	
Minimum RPM		rpm	Half Ahead	71 / 51%	10.7	
		kts	Slow Ahead	47 / 34%	7.1	
Full Ahead - Full Astern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

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

Manoeuvring Performance (Deep Water)

Crash Stop (Half Ahead - Full Astern)

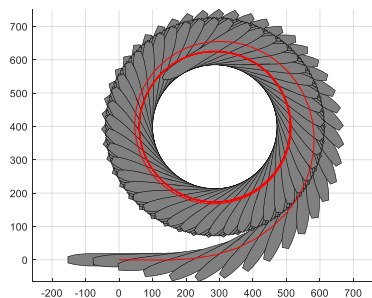
Travel Distance	778 m
Head Reach	778 m
Side Read	8 m
Time to Stop	265 sec



Turning Circle (Full Ahead)

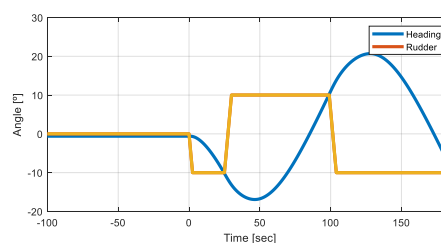
Port/Stbd

Advance	565
Tactical Diameter	635
Transfer	254
Speed Loss at 90 deg	33.34



10/10 Zig-Zag (Full Ahead)

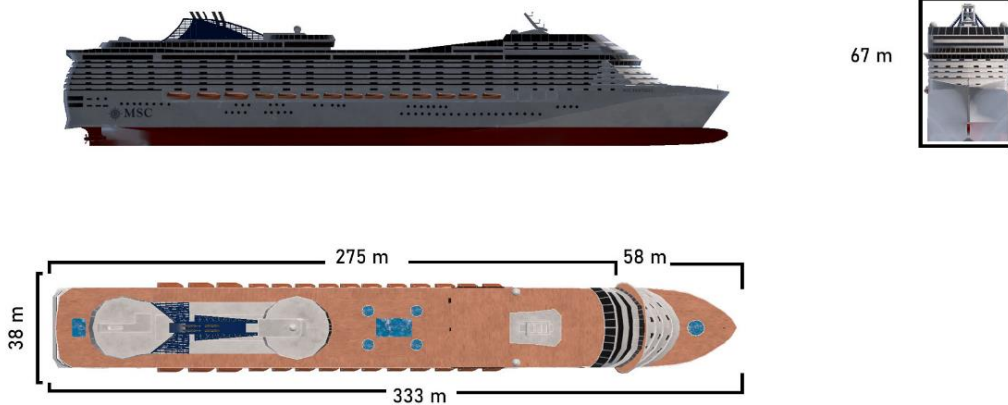
1st Overshoot	7 deg
2nd Overshoot	11 deg
Time to 1st Overshoot	47 sec
Time to 2nd Overshoot	128 sec



3.2 TPN Passageiro L333B38 (Calado 8,5m)

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

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

General Arrangement	
 <p>The image displays the general arrangement of the TPN Passageiro L333B38. The top view shows the ship's footprint with a total length of 333 m, a beam of 38 m, and a draft of 8.45 m. The side view shows the ship's profile with a total length of 333 m, a beam of 38 m, and a draft of 8.45 m. The ship is a cruise ship with multiple decks and a funnel.</p>	

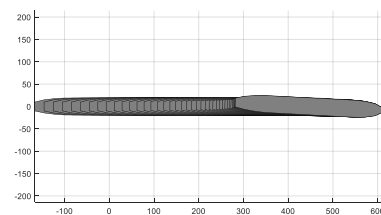
Propulsion Particulars					
Propulsion Type	2 x FPP		Telegraph	RPM / Teleg.	Speed (kts)
			Full Sea Speed	130 / 100%	20.2
Engine Type			Full Speed	85 / 65%	13.1
MCR	20200	kW	Half Ahead	52 / 40%	8.1
Minimum RPM		rpm	Slow Ahead	36 / 28%	5.6
		kts	D. Slow Ahead	26 / 20%	3.4
Full Ahead - Full Astern		min:sec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

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

Manoeuvring Performance (Deep Water)

Crash Stop (Half Ahead - Full Astern)

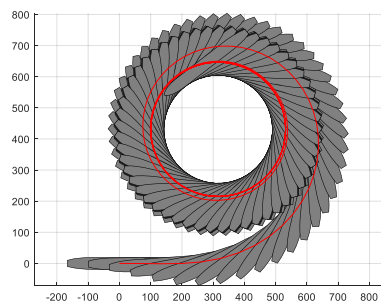
Travel Distance	448 m
Head Reach	448 m
Side Read	0 m
Time to Stop	192 sec



Turning Circle (Full Ahead)

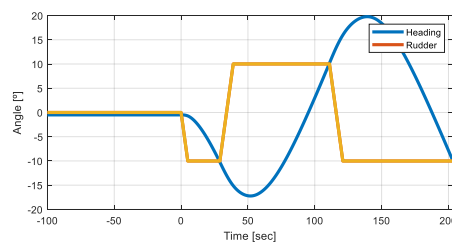
Port/Stbd

Advance	619
Tactical Diameter	678
Transfer	274
Speed Loss at 90 deg	32.98



10/10 Zig-Zag (Full Ahead)

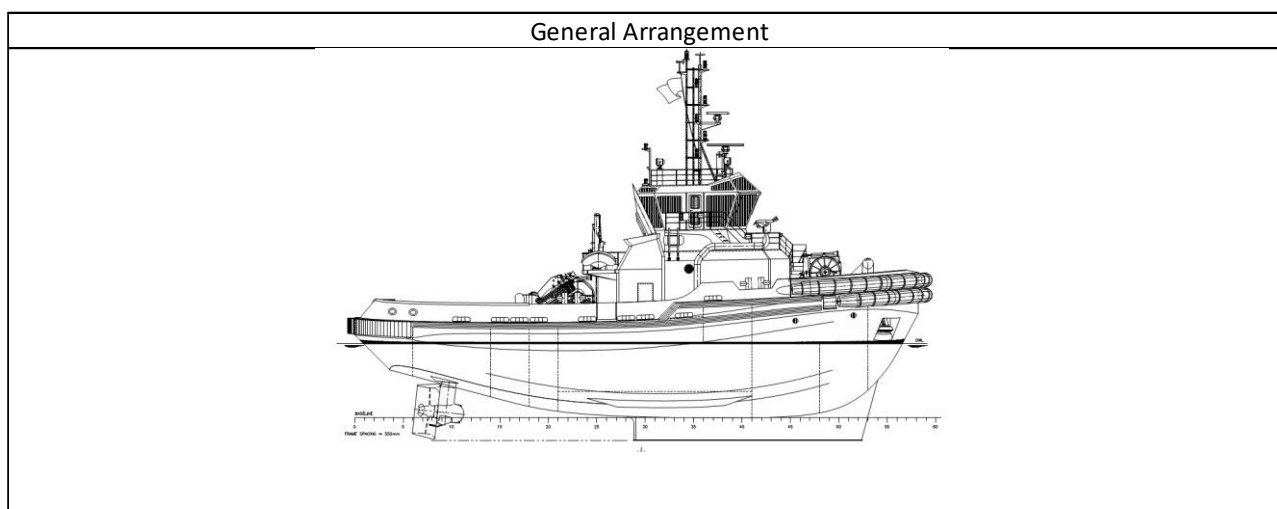
1st Overshoot	7 deg
2nd Overshoot	10 deg
Time to 1st Overshoot	52 sec
Time to 2nd Overshoot	139 sec



3.3 Rebocador ASD 60TBP

Ship Name	Rebocador ASD 50 ou 60T				
-----------	-------------------------	--	--	--	--

Ship's Particulars					
LOA	32.7	m	Bollard Pull	50 ou 60	T
LBP	28.8	m	Block Coeff.	0.78	
Beam	12.8	m			
Draught (Aft)	3.8	m	Frontal Wind. Area	230	m ²
Draught (Fwd)	3.8	m	Lateral Wind. Area	528	m ²
Displacement	710	tonnes	Air Draft		m



Propulsion Particulars					
Propulsion Type	2xAzimutal (FPP)		Telegraph	RPM / Teleg.	Speed (kts)
Engine Type			Full Sea Speed	100%	12.0
MCR	kW		Full Speed		
Minimum RPM	rpm		Half Ahead		
	kts		Slow Ahead		
Full Ahead - Full Astern	min:sec		D. Slow Ahead		
Direction of Rotation	Clockwise		D Slow Astern		
Propeller Diameter	2.2	m	Slow Astern		
Astern Power	90	%	Haf Astern		
			Full Astern		

Steering Particulars					
Rudder Type	Azimutal				
Rudder Area	m ²		Bow Thruster	N/A	kW
Max Angle	180 deg		Stern Thruster	N/A	kW
Midships to Hardover	5 sec				

4 Condições Ambientais

Esta seção apresenta um resumo da análise ambiental de onda, vento e corrente da região, que deram origem aos cenários de combinações de agentes ambientais considerados nas simulações. Explicação mais detalhada sobre a modelagem das condições ambientais é apresentada no Relatório Técnico 1 deste estudo.

4.1 Vento

A Figura 21 apresenta o histograma direcional de ventos oriundos de modelo global (CFRS) para um ponto na Baía de Vitória (conforme detalhado no Relatório Técnico 1). Serão simuladas direções de N, NE, S e SSW com velocidade média de 21kn (rajadas chegam a 27kn). Em simulações de eventos de perigo, serão simulados ventos com velocidade média de até 27kn.

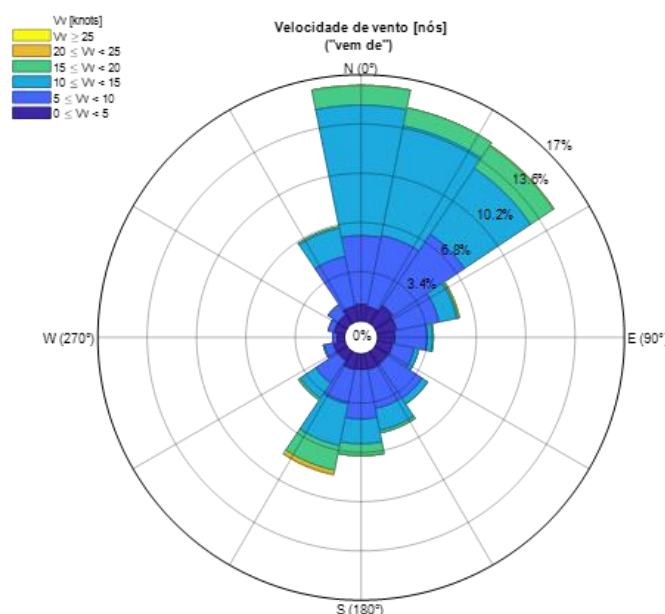


Figura 21 – Histograma direcional do vento na Baía de Vitória (ventos a 10 m acima do nível do mar, para os dados da CFRS no período de 1 de agosto de 2017 a 1 de agosto de 2018)

4.2 Onda

A Figura 22 apresenta o histograma direcional de H_s do ponto dentro da área de fundeio proposta, bem como a série temporal de altura, direção e período e o gráfico da relação $H_x \times T_p$. Nota-se direção predominante de E e SE.

Serão testadas as seguintes condições, medidas na área de fundeio:

- $H_s = 2,0\text{m}$ / $T_p = 14\text{s}$ Dir: SE
- $H_s = 1,5\text{m}$ / $T_p = 12\text{s}$ Dir: SE
- $H_s = 1,0\text{m}$ / $T_p = 9\text{s}$ Dir: E

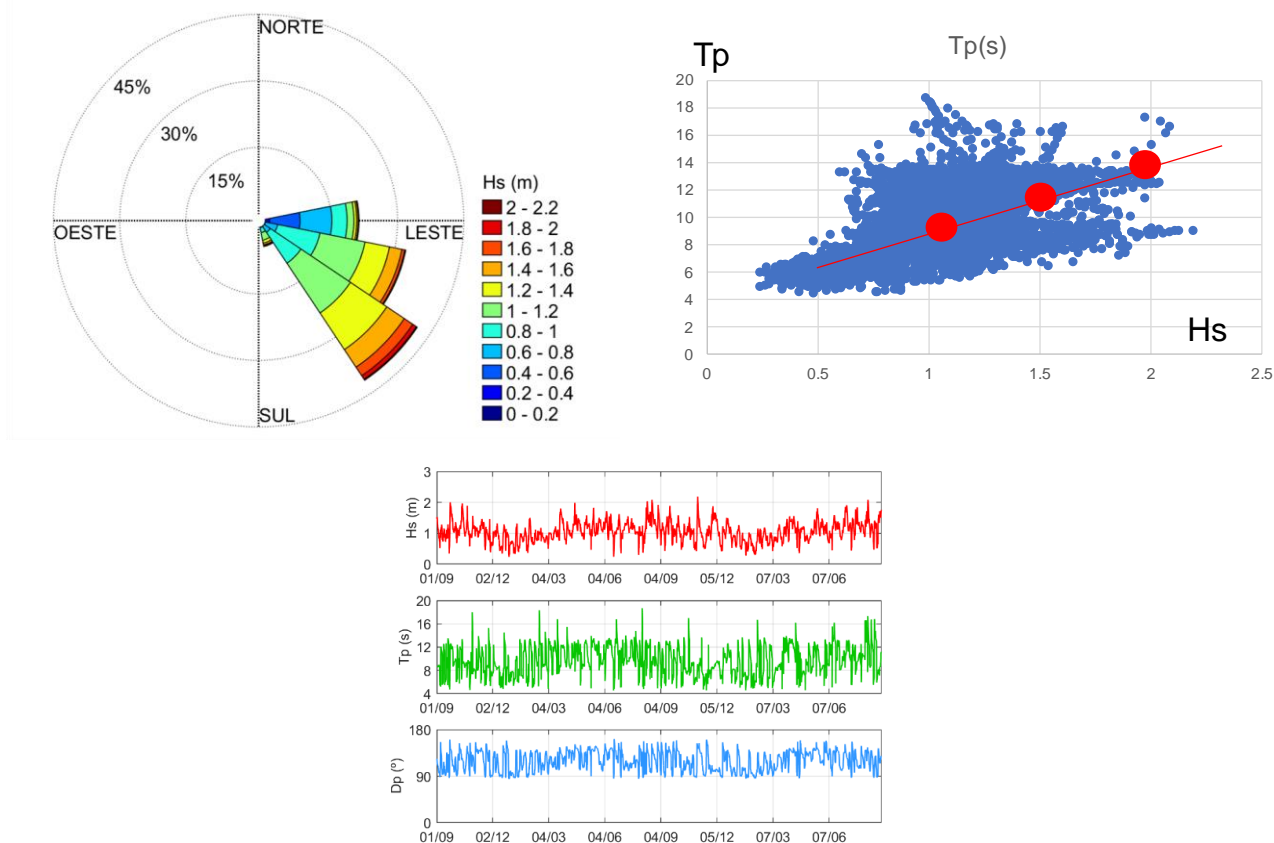


Figura 22 – Histograma direcional de Hs, série temporal de altura, direção e período e o gráfico da relação Hx x Tp. As figuras seguintes mostram o campo de ondas adotados para as duas direções analisadas.

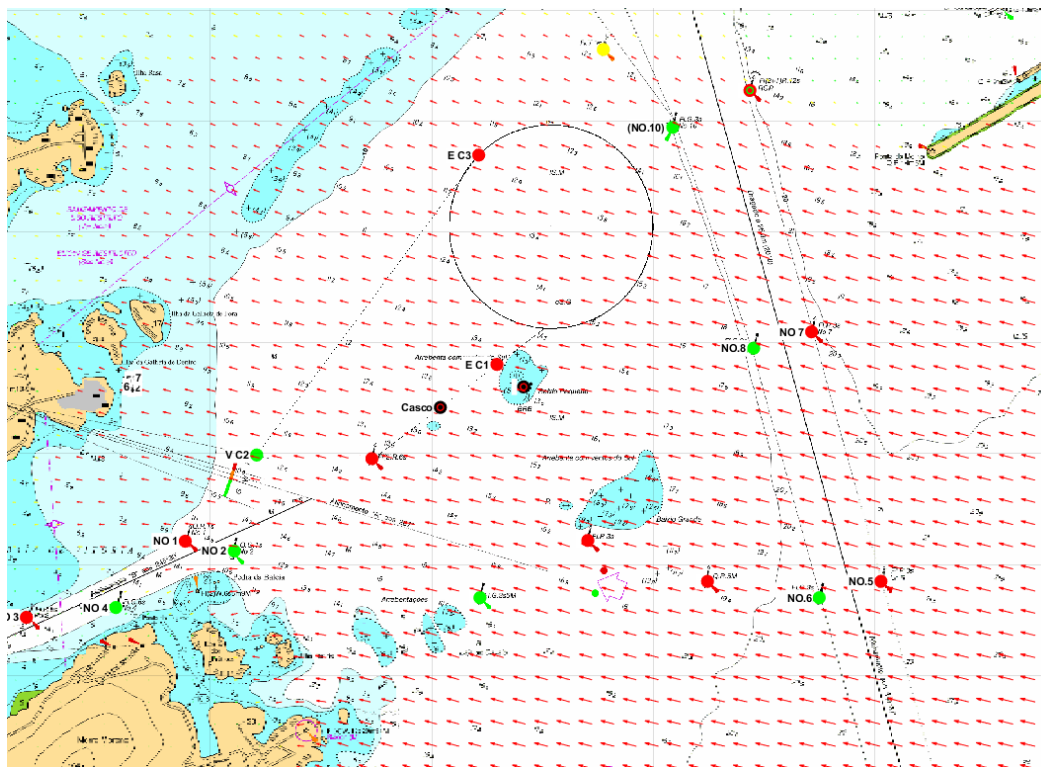


Figura 23 – Distribuição espacial das ondas E consideradas nas simulações

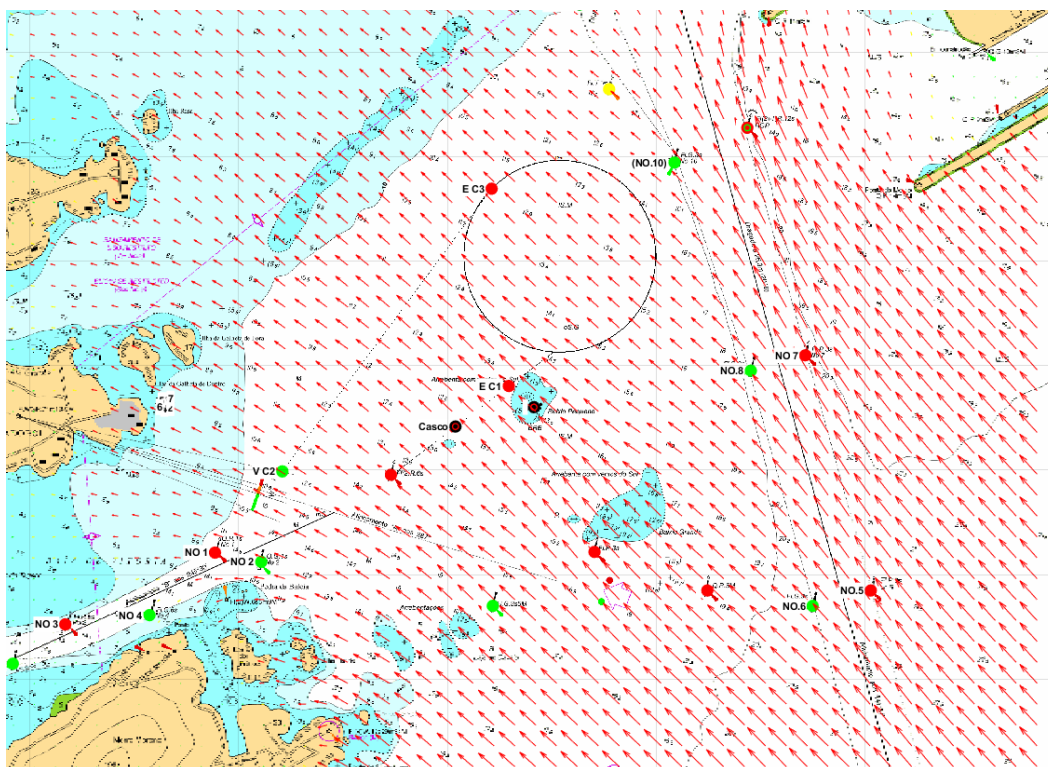


Figura 24 – Distribuição espacial das ondas SE consideradas nas simulações

4.3 Corrente e Maré

Serão considerados dois cenários de corrente, representando momentos de meia maré de Enchente e Vazante, como mostrado nas figuras seguintes.

Para garantir resultados a favor da segurança, será assumido nível de elevação nulo nas simulações, a despeito do nível médio de elevação de maré de 80cm na área de estudo.

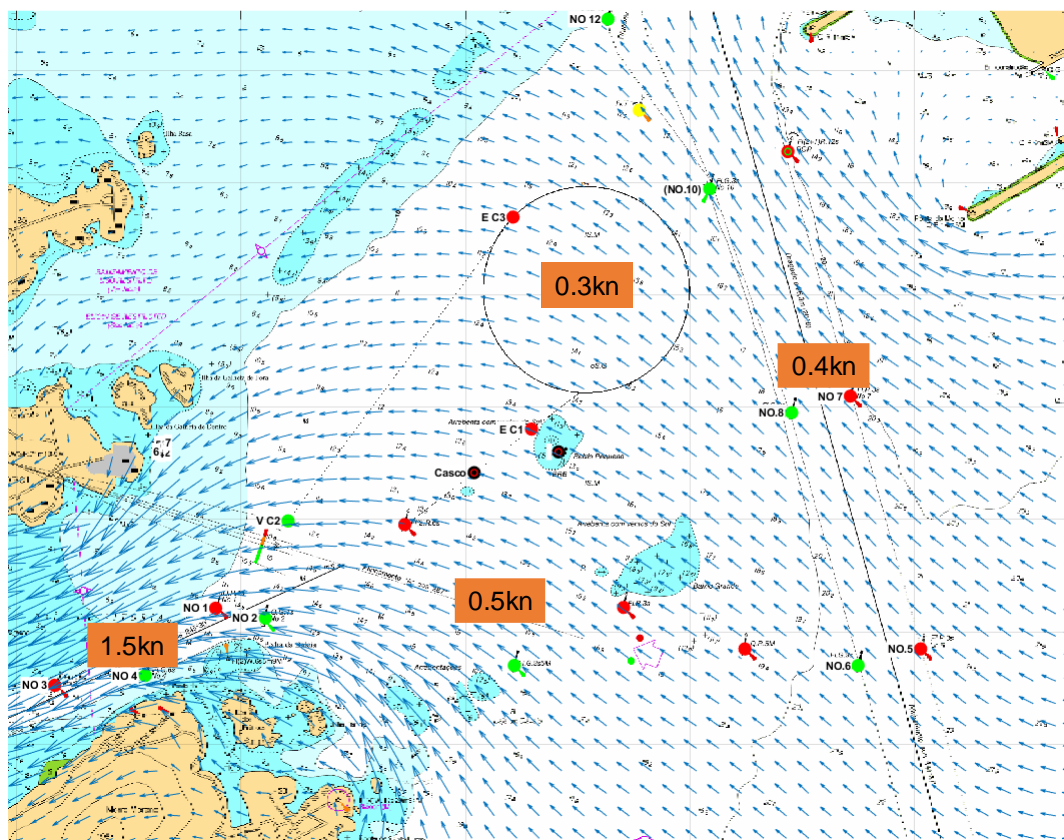


Figura 25 – Campo de Velocidade de Corrente de Enchente que será adotada como referência no presente estudo

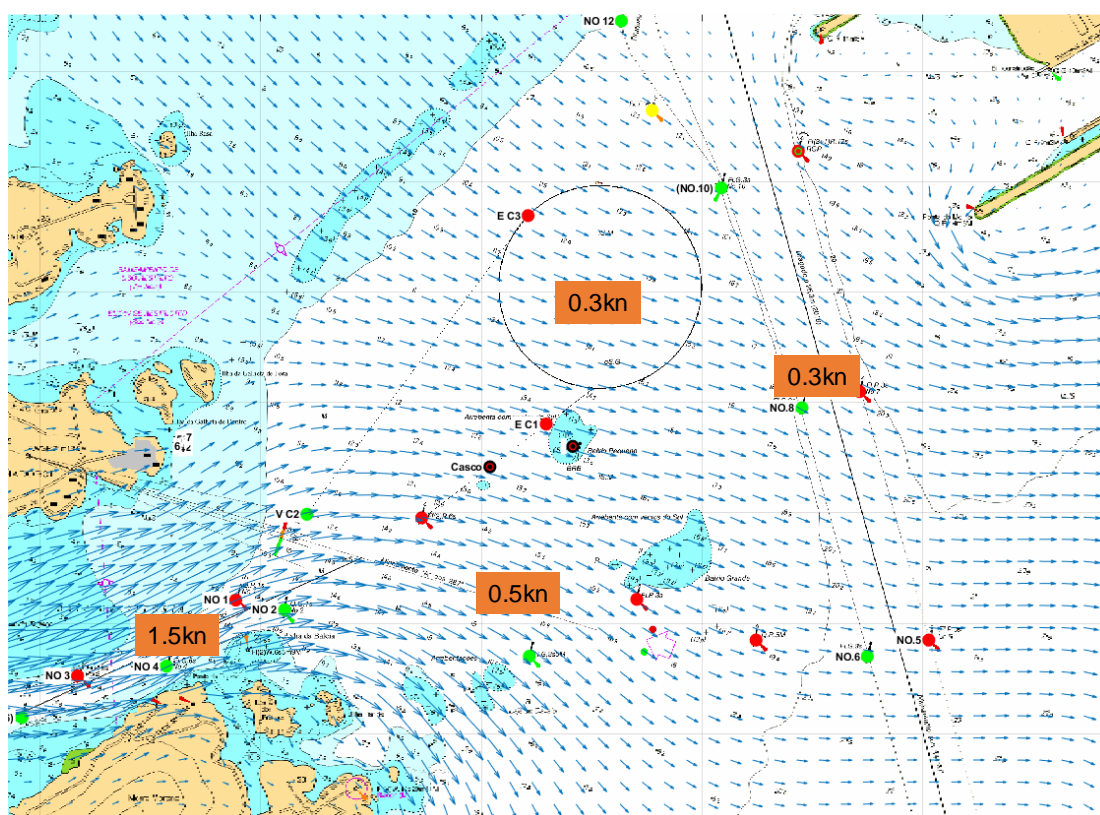


Figura 26 – Campo de Velocidade de Corrente de Vazante que será adotada como referência no presente estudo

5 Simulações Real-Time - Descrição das manobras

As simulações foram realizadas nos dias 21 e 22 FEV 2024 no Centro de Simulações de Manobras do TPN-USP. Foram usadas 2 salas de simulação do Centro de Simulações do TPN-USP, tal como indicado na Figura 27. O navio principal foi modelado e comandado a partir da sala do simulador Full-Mission de Projeção, onde ficou o prático e o comandante que ordenaram as mudanças no telégrafo de máquinas, comando dos thrusters e leme. Em um simulador acessório (Tug Station) foi comandado o rebocador tripulado, sendo realizada comunicação via rádio tal como numa operação real. Este foi controlado por comandantes que operam no Porto de Vitória/Tubarão.



Figura 27– Simuladores utilizados nos estudos

A Tabela 2 apresenta o resumo das manobras realizadas. Nos próximos capítulos, tais manobras serão detalhadas e os seus resultados apresentados. Serão apresentados o trecho percorrido durante a manobra, a utilização dos rebocadores, distâncias e folgas e por último comentários sobre a manobra.

Tabela 2 - Tabela de manobras

Caso	Navio	Manobra	Corrente	Vento	Onda	Tugs	Falhas
1	Passageiro_L306B37	Entrada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	
2	Passageiro_L333B38	Entrada A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	
3	Passageiro_L306B37	Entrada A	Vaz 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s 2 x 60T (sem uso)	
4	Passageiro_L333B38	Entrada B + Saída B	Ench 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s 2 x 60T (sem uso)	
5	Passageiro_L333B38	Saída A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	
6	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	Falha parcial do sistema de propulsão
7	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	Falha parcial do sistema de governo
8	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T	Blackout
9	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	SSW 27kn	SE 2.0m	14s 2 x 60T (sem uso)	Condições adversas de vento (REFAZER)
10	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	Erro humano durante a execução da manobra
11	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Vaz 0.3kn	SSW 21kn	SE 2.0m	14s 2 x 60T	Blackout
12	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada A	Ench 0.3kn	SSW 27kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	Condições adversas de vento
13	Passageiro_L306B37	B. Aproximação, giro e fundeio B	Vaz 0.3kn	SSW 27kn	SE 2.0m	14s 2 x 60T (sem uso)	Condições adversas de vento
14	Passageiro_L333B38	B. Aproximação, giro e fundeio A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s 2 x 60T (sem uso)	Erro humano durante a execução da manobra
15	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Falha total do sistema de propulsão
16	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Falha total do sistema de governo
17	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Vaz 0.3kn	SSW 21kn	SE 2.0m	14s -	Blackout
18	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Blackout
19	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada C	Vaz 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s -	
20	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada C	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Blackout
21	Passageiro_L306B37	E. Navegação no canal na saída C	Vaz 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s -	
22	Passageiro_L333B38	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Blackout
23	Passageiro_L306B37	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Falha total do sistema de governo
24	Passageiro_L333B38	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	SSW 21kn -> 27kn	SE 2.0m	14s -	Condições adversas de vento
25	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s -	Falha total do sistema de propulsão

5.1 Arranjos de Rebocadores, Regras de Uso dos Recursos e Modelagem

5.1.1 Arranjos de rebocadores

Os **rebocadores** utilizados foram do tipo azimutal de **60TBP**, tendo sido empregados no arranjo 2x60T [proa BB; popa centro]; foram pouco utilizados na grande maioria das manobras realizadas, por opção do comandante. Em algumas manobras com falha, o seu emprego mostrou-se relevante para aumentar grau de segurança.

5.1.2 Modelagem Matemática dos Rebocadores

Para o **rebocador tripulado (ASD portuário)**, os tempos de atuação, mudanças de posicionamento, efeito de ondas, corrente e velocidade sobre a força líquida são obtidos de forma acurada, pois o controle, dinâmica e hidrodinâmica do rebocador são calculadas por meio dos modelos matemáticos completos do simulador (descrito em detalhes em Tannuri et al., 2014), além do que o mesmo é manobrado por um comandante habilitado.

Para **os rebocadores em modo auto-comando ou vetoriais** (rebocadores comandados a partir da estação de controle de rebocadores), utiliza-se o modelo matemático descrito em Barrera et al. (2021). Este modelo considera os tempos de atuação, movimento em ondas, perdas de desempenho em função da velocidade de avanço e corrente e interação com o navio.

Efeito 1: Velocidade de avanço - As figuras seguintes mostram exemplos dos resultados dos modelos utilizados, para o caso de um rebocador ASD de 60T atuando em modo Pull ou Push, para 3 velocidades de avanço (2, 4 e 6kn).

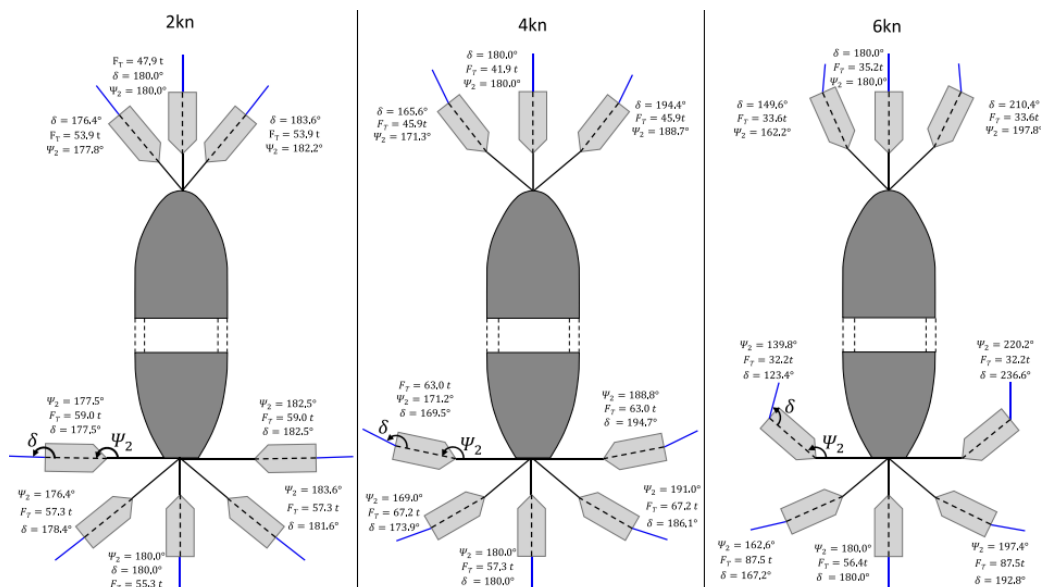


Figura 28 – Rebocador ASD 60T em modo Pull, atuando na popa ou proa – Exemplo de resultado do modelo adotado no simulador (Barrera et al., 2021)

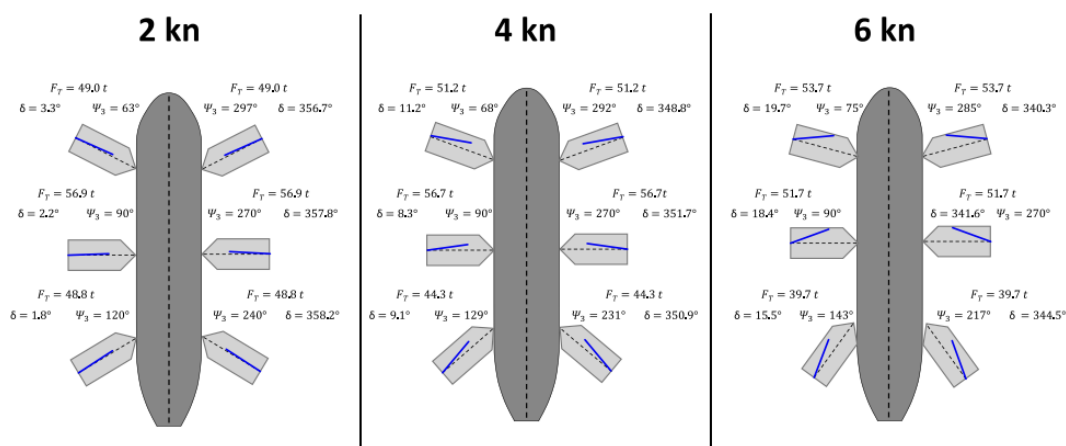


Figura 29 – Rebocador ASD 60T em modo Push – Exemplo de resultado do modelo adotado no simulador (Barrera et al., 2021)

Efeito 2: Interação com o casco do navio - para os rebocadores operando em modo *push-pull* (Figura 30), considera-se que não há perda na força líquida disponível no modo “empurrando”, entretanto aplicou-se degradação de 10% no modo “puxando”, devido à sua proximidade do casco do navio e a influência negativa dessa circunstância na descarga dos propulsores do rebocador.

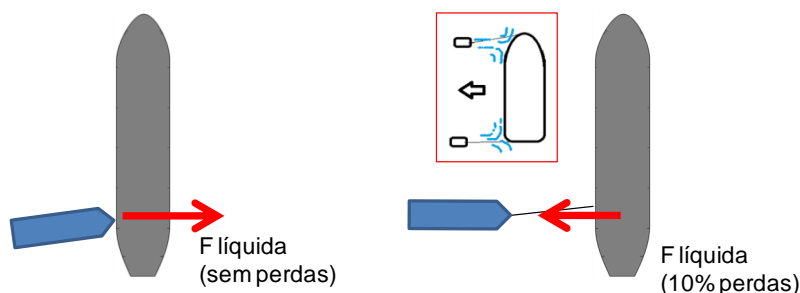


Figura 30 - Rebocadores azimutais no modo Push-Pull

Efeito 3: Ondas - as ondas exercem grande influência na eficiência dos rebocadores. Para o caso dos rebocadores em auto-comando, estes efeitos são modelados seguindo o fator de eficiência (*effectiveness factor*) obtido no documento PIANC "Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals", mostrado na Figura 31. Assumiu-se o modo "Direct pull (static winch)" para puxar e "Pushing" para empurrar. A altura de onda é avaliada em cada posição durante a trajetória de operação do rebocador, e este fator de efetividade é aplicado para se calcular a força líquida efetivamente aplicada pelo rebocador sobre o navio.

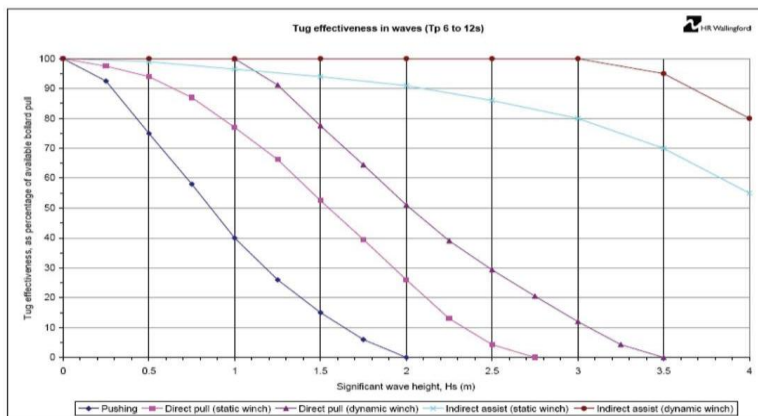


Figura 31 - Efetividade de rebocadores sob ação de ondas

O tempo para a mudança de posicionamento (de puxar para empurrar ou vice-versa) é de 10seg, e o tempo para aplicar a força (de zero a toda força) é de 30seg.

Os rebocadores são comandados segundo a tabela seguinte. Pode-se ver que assume-se 80% de força aplicada no comando "Toda Força", garantindo uma margem adicional de 20% não utilizada nas simulações.

Tabela 3 – Comandos aplicados aos rebocadores

Comando	Empuxo
Toda força Real	100%
Toda Força Simulador	80%
Meia Força	50%
Devagar	25%
Muito Devagar	10%
Parado	0%

5.2 Apresentação dos Resultados

Os resultados serão apresentados da seguinte forma:

- Resumo da simulação (em forma de tabela).
- Gráficos com o traçado da embarcação, contendo os limites da bacia de evolução, desenhos dos berços e envoltória da trajetória da embarcação e rebocadores. Em alguns instantes, sobrescreve-se sobre o navio a sua velocidade de avanço longitudinal (em nós) e o instante de tempo (em segundos) correspondente.
- Um gráfico resumo contendo:
 - Velocidade de avanço longitudinal (V_x - nós),

- Velocidade de deriva lateral da meia nau (V_y - nós)
- Velocidade de guinada - Rate of Turn (deg/min).
- Aproamento da embarcação em relação ao N (sentido horário)
- Ângulo de deriva ($^\circ$),
- Comando de máquina (traço azul) e ângulo de leme (traço verde)
- Ângulos de Balanço e Caturro ($^\circ$)
- Gráfico do comando de máquina, leme e rebocadores em auto-comando. 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.

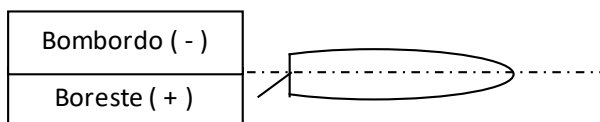


Figura 32 - Convenção de sinais adotada para o leme

- Para os rebocadores em auto-comando 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 bombordo, e -90° quando atua por boreste.

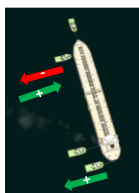


Figura 33 - Convenção adotada para rebocadores de costado

- Os rebocadores em auto-comando na posição centro proa ou popa apresentam comandos negativos quando puxando com cabo longo, e adota-se a convenção angular da Figura 34.



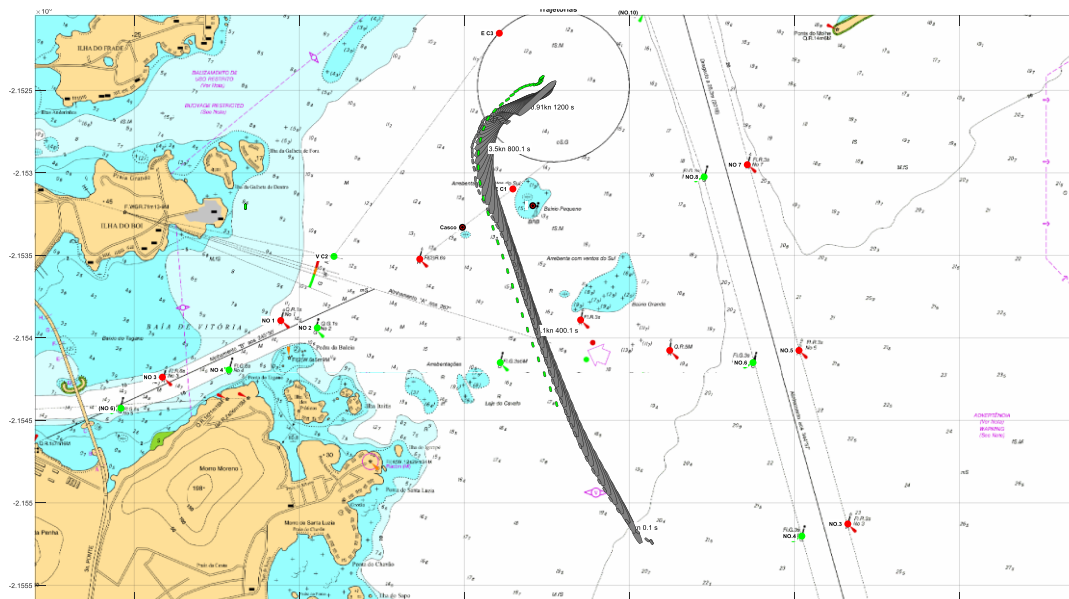
Figura 34 – Convenção de ângulo adotada para rebocadores centro-popa e centro-proa

- Para os thrusters, o comando é positivo quando gerando força para boreste, e negativo quando gerando força para bombordo.
- Gráfico de barras indicando tempo em que cada rebocador ou máquina ficaram acionados em toda força, meia força, devagar ou muito devagar.
- Gráfico de comando de máquinas para o rebocador tripulado (propulsores azimutais de BB e BE) e gráfico de tempo contínuo em toda força para este rebocador.
- Gráfico de Força efetiva dos rebocadores em auto-comando, com a força líquida transmitida pelos rebocadores vetoriais ao navio considerando todas as perdas e movimento em ondas.
- Gráfico de forças aplicadas pelo rebocador tripulado sobre o navio (tração no cabo de reboque e/ou forças de contato no costado) e fenders no contato casco-rebocador.
- Gráfico da folga sob a quilha já levando em conta os movimentos devidos às ondas e o squat.

5.3 Manobra 1

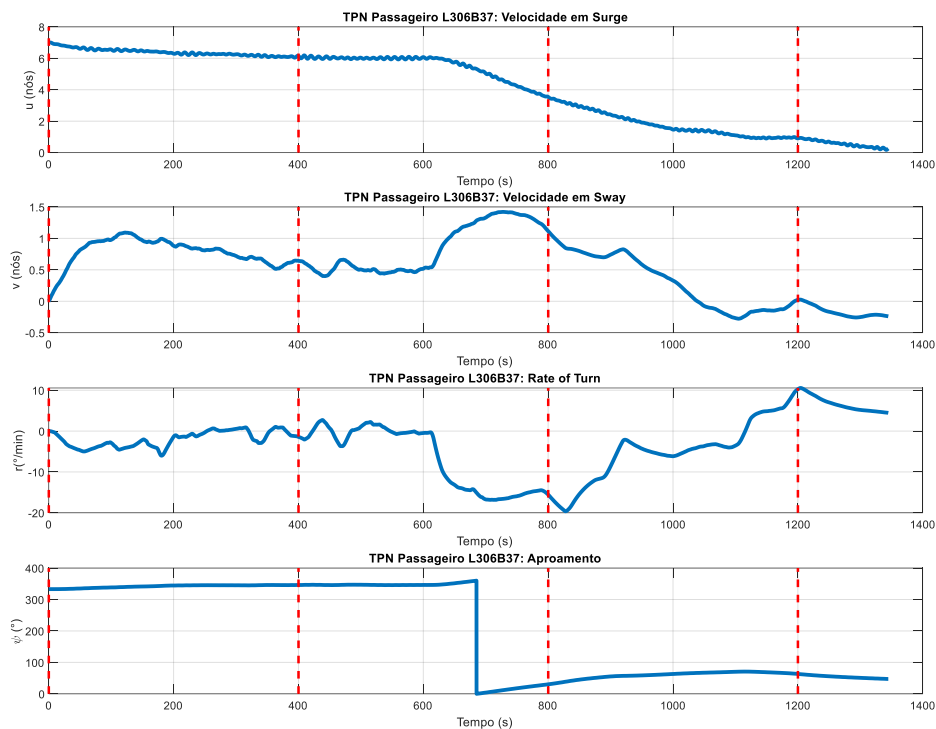
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb1_OE_VNE_CV
Manobra: Entrada B	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas:

Trajetoória da embarcação

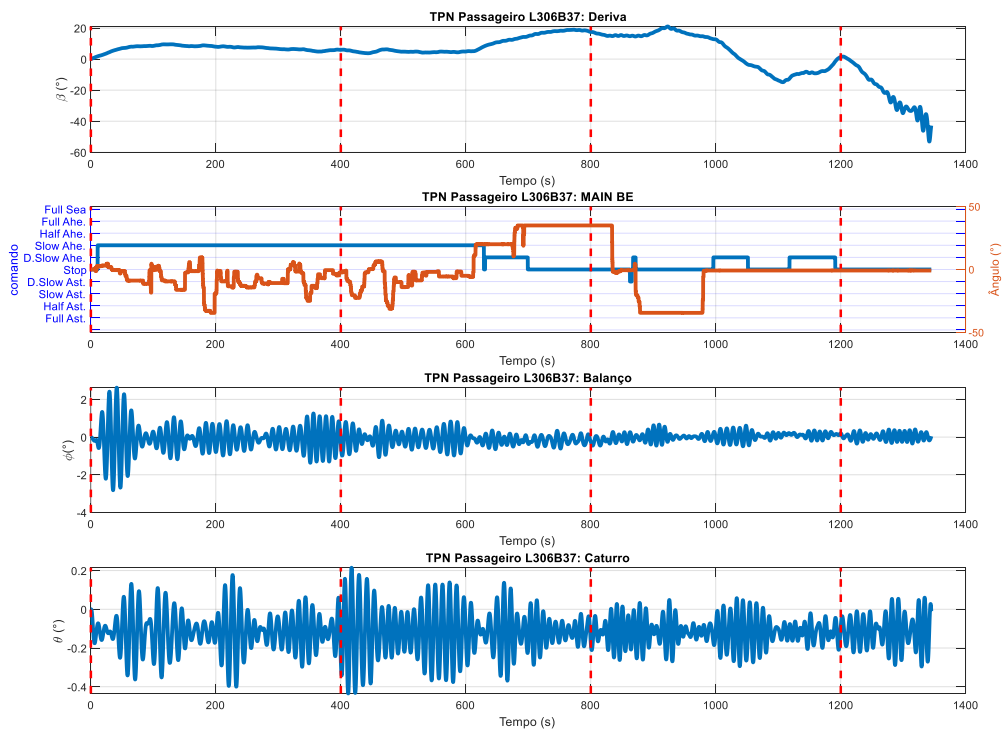


A manobra de entrada e passagem pelo canal Bravo do navio **Passageiro L306B37** calado 8.5m no **Cenário Amb1_OE_VNE_CV** [corrente vazante 0.3nó; vento NE 21nós; onda E 1m9s] para fundear na área para navios de Cruzeiros foi realizada com apoio de rebocadores no arranjo 2x60T [proa BB solto; popa centro]. Começou com 7nós, máquina devagar adiante no través da boia V#4, abatendo ligeiramente para BB na aproximação; procedeu pelo canal Bravo com velocidade em torno de 6nós, estabilizado. Passou pelo través do Baixo Pequeno com 6nós, reduzindo para muito devagar adiante; passando com 5.5nós pela boia EC1 do Baixo Pequeno, deu todo leme BE e preparou ferro para largar [passou a 75m distante do Baixo Pequeno]. Controlando seguimento com “palhetadas” de máquina, uso de muito leme e de *thrusters* [bow e stern] aproximou para o fundeio; entrou na bacia de evolução com 3.5nós e largou ferro de BE com 0.8nó de seguimento AV e 2 quartos [pagou mais 1 quartel depois]. Comandante não sentiu necessidade de utilizar apoio de rebocadores. A manobra de entrada pelo canal Bravo foi avaliada como viável e segura (Caso 1). [sem falha]

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

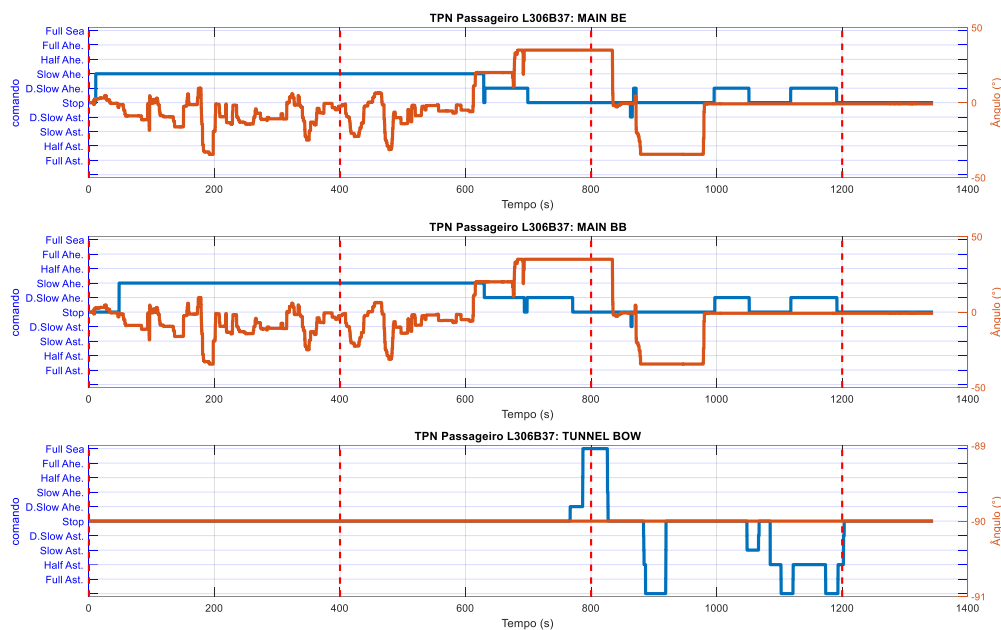
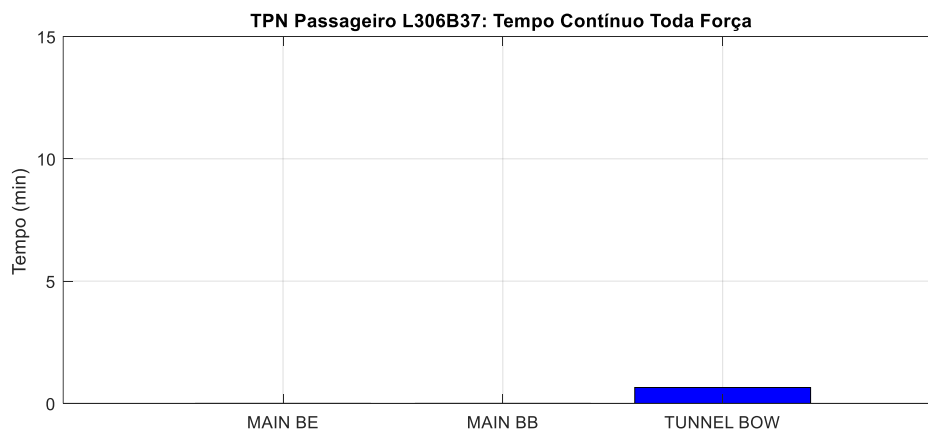
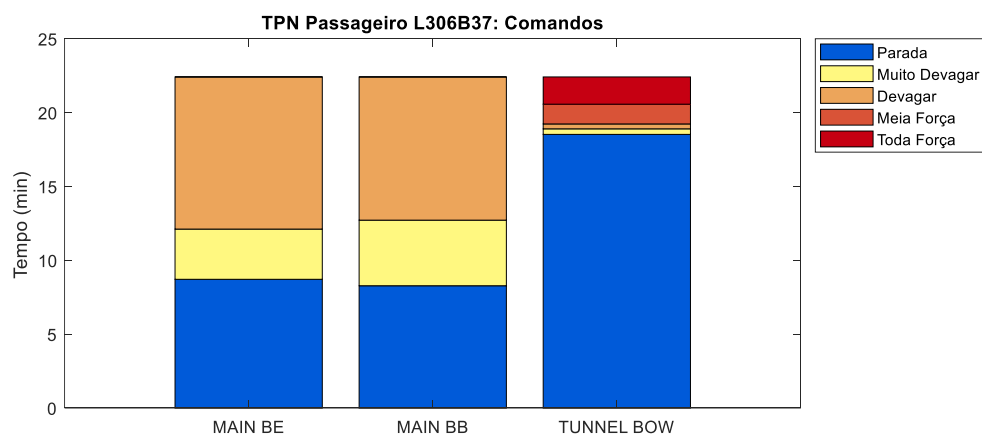
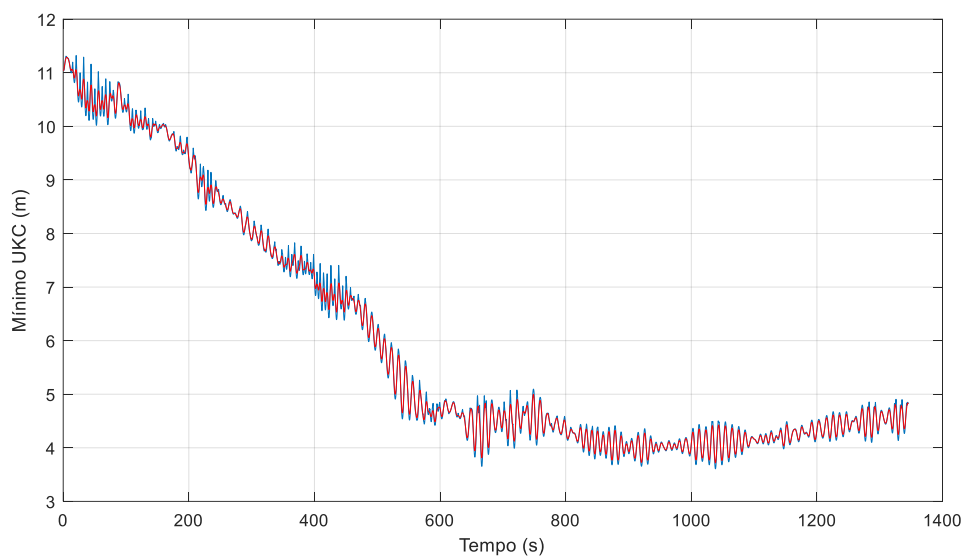


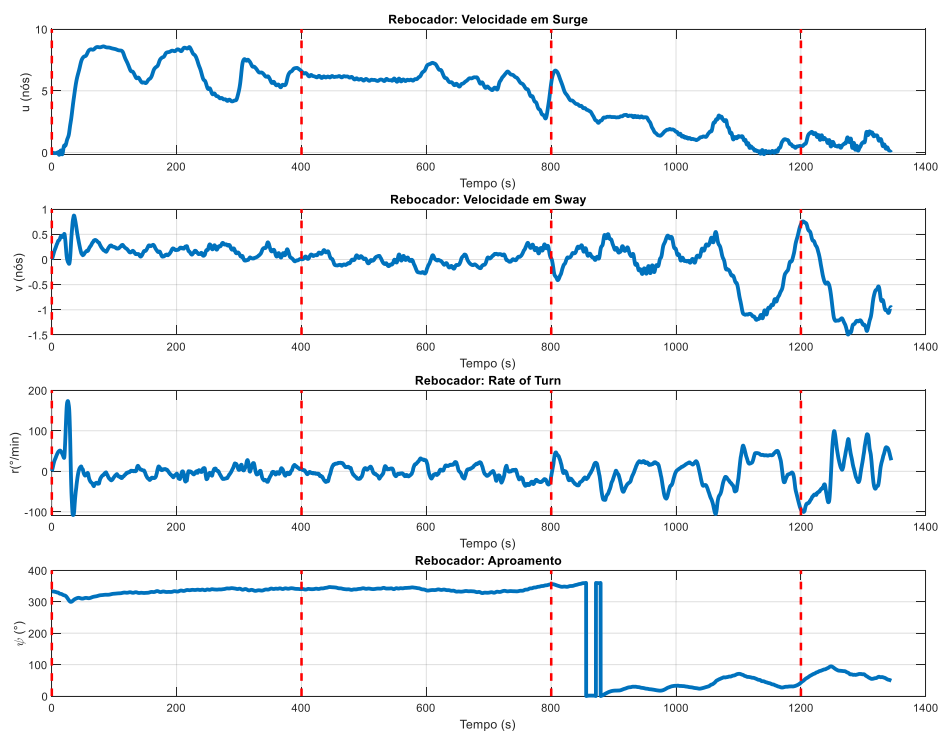
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



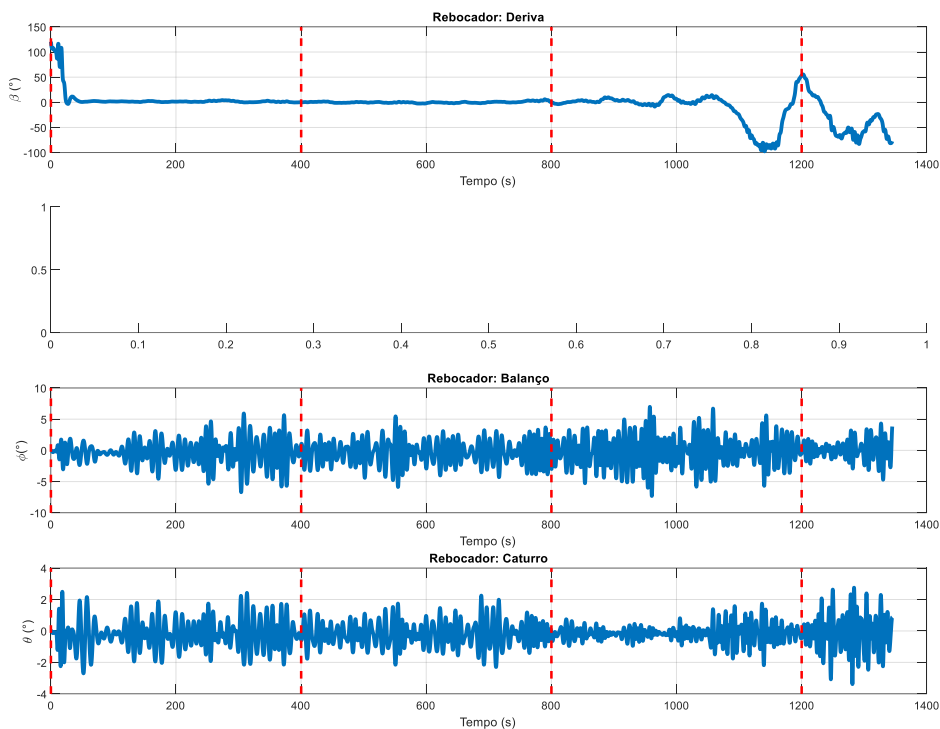
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

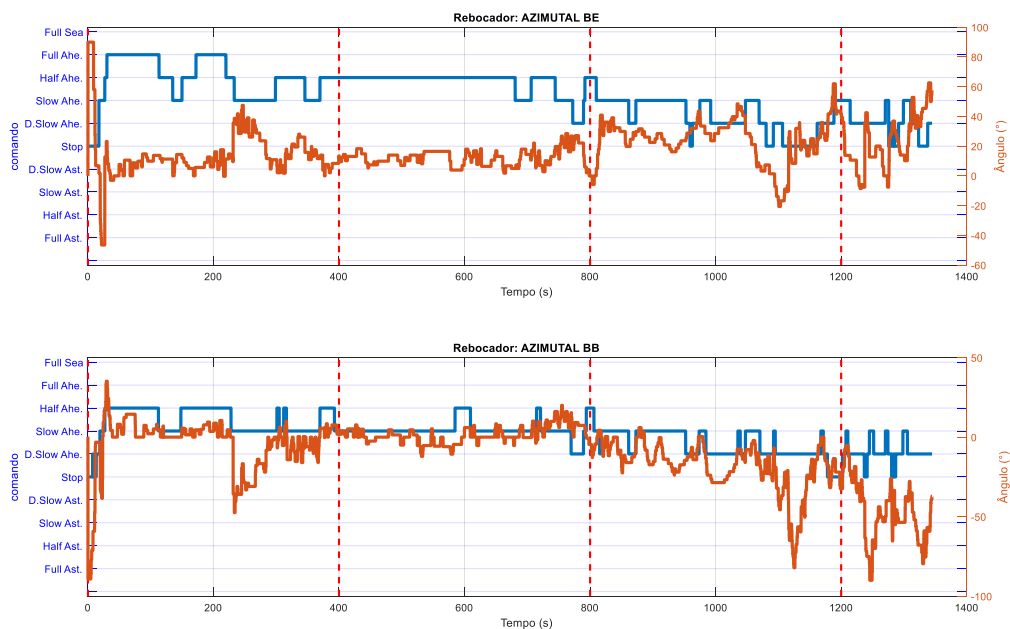
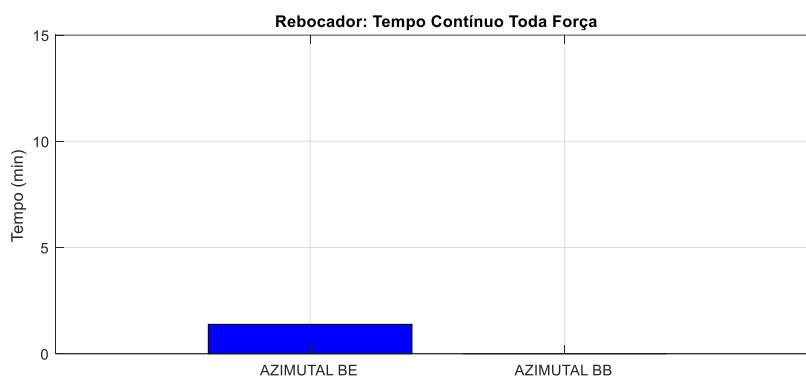
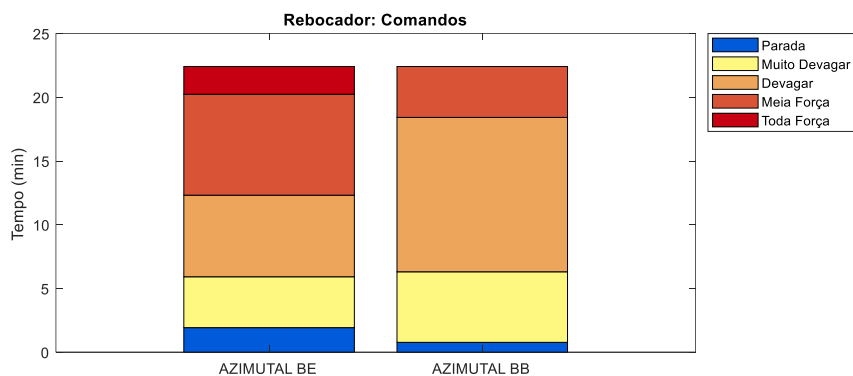
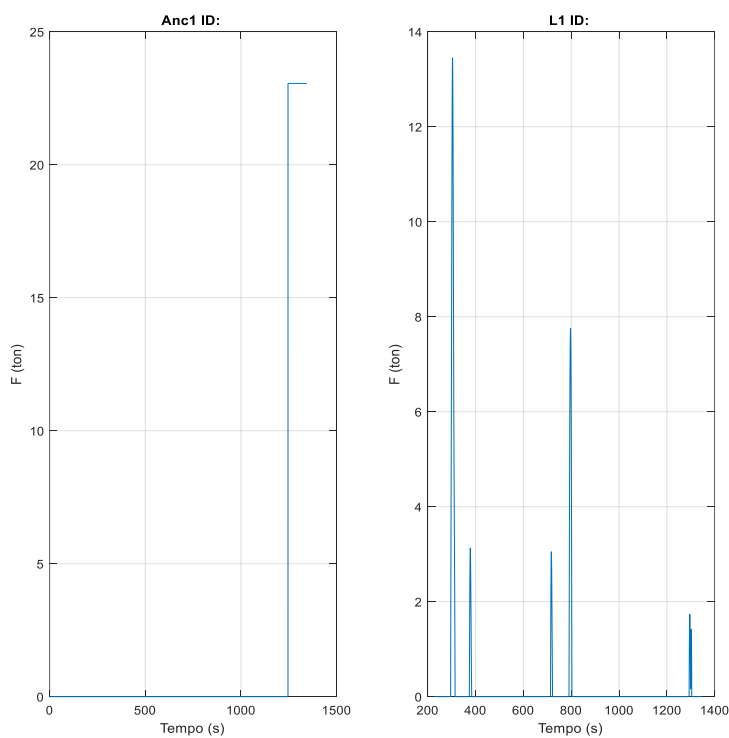


Gráfico de barras (Rebocador):



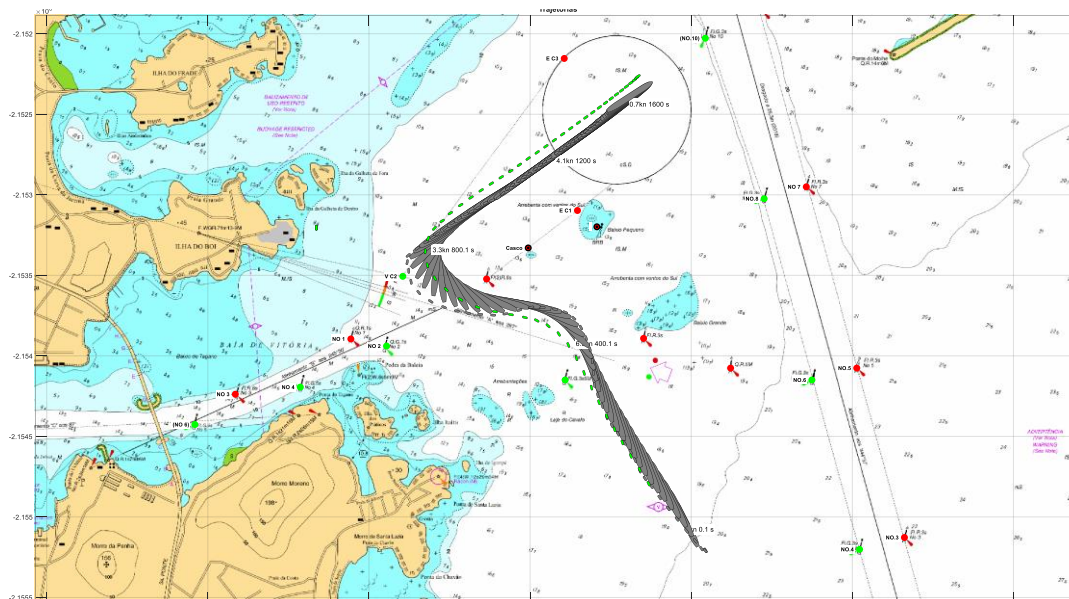
Força nos cabos e defensas:



5.4 Manobra 2

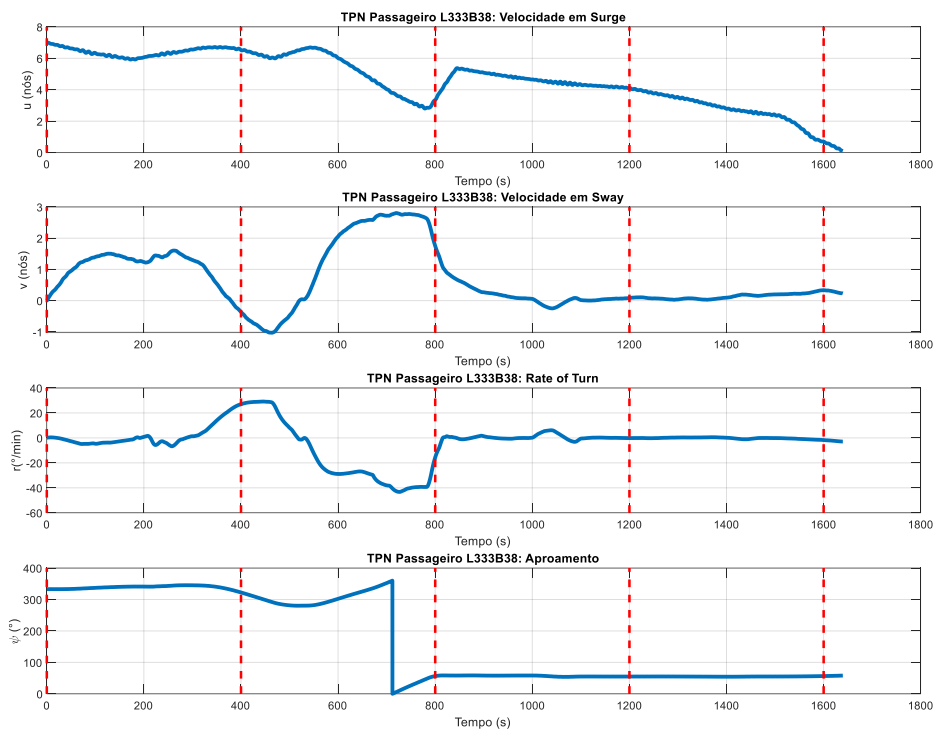
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: Entrada A	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas:

Trajetoória da embarcação

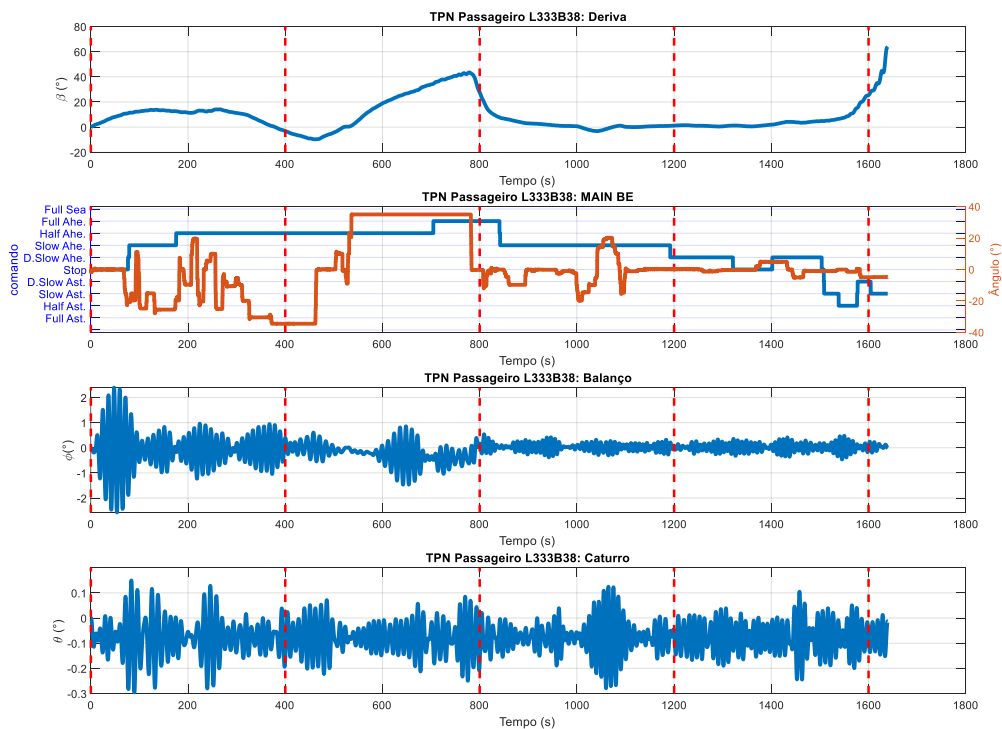


A manobra de **entrada e passagem pelo canal A** do navio **Passageiro L333B38** (calado 8.45m) para fundear na área de Cruzeiros, no **Cenário Amb2_OE_VNE_CE** [corrente enchente 0.3nó; vento NE 21nós; onda E 1m9s], foi realizada com apoio de rebocadores no arranjo 2x60T [proa BB solto; popa centro]. Começou com 7nós, máquina parada, proa 334° e través da boia V#4 na entrada da barra; passando com 6.7nós pelo través da boia verde da Laje do Cavalo, procedeu com meia força adiante e leme todo a BB [35°], iniciando guinada na primeira curva do Alfa. Passou pelo trecho entre curvas com 6nós, mantendo meia força adiante, mas abatendo forte para BE, prontamente controlado; iniciou guinada na curva mais fechada com leme todo a BE [35°] fazendo pião em relação à boia lateral encarnada [passou a 79m distante]. Para agilizar giro por BE na curva fechada, deu *stern thruster* todo BB, *bow thruster* todo BE e máquinas adiante toda força para montar a boia encarnada na segunda curva bem fechada; com caimento lateral da popa chegando a 6.9nós para BB, a popa chegou a sair do limite de segurança estabelecido, sem encalhar [menor *ukc* observado nesse instante foi de 2.4m]. No giro, a popa passou a 53m da boia verde VC2 [limitadora a Oeste]. Ao final da guinada com 4.2nós e proa na linha de vento, procedeu para o fundeadouro sob total controle; entrou na área do fundeadouro com 4nós para fundear, em segurança. Os rebocadores de apoio apenas acompanharam a manobra (**Caso 2**). [sem falha]

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

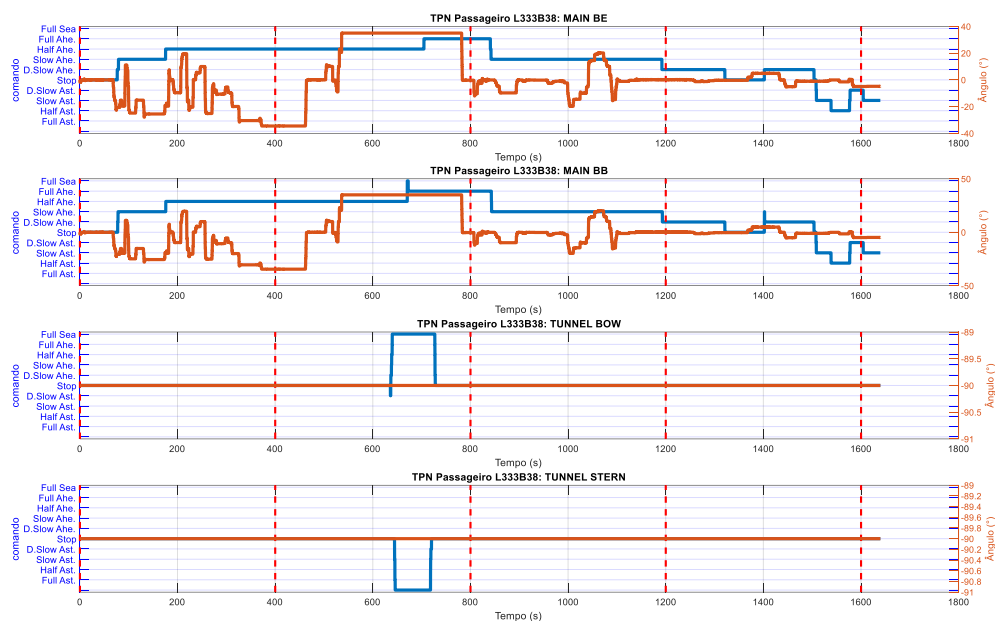
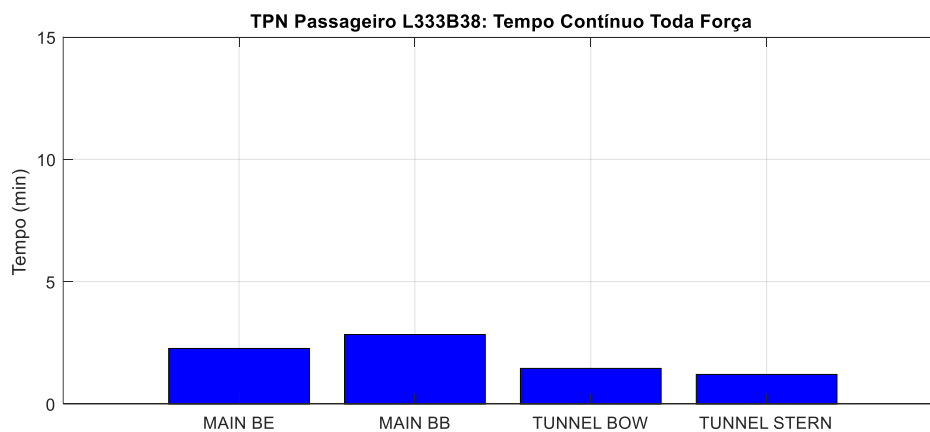
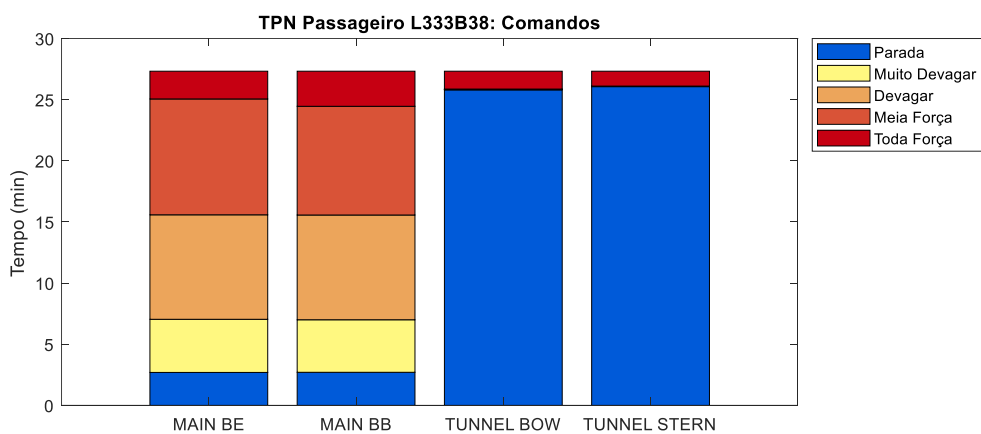
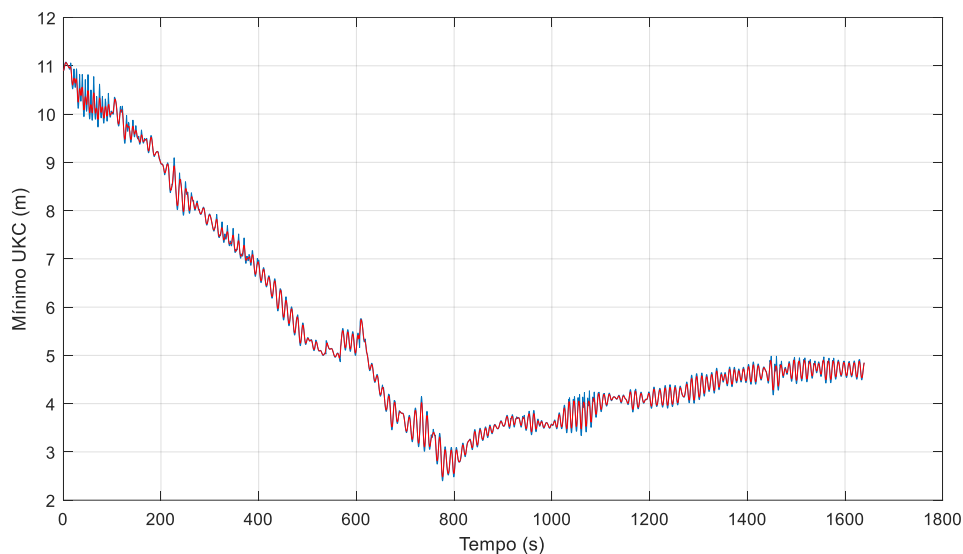


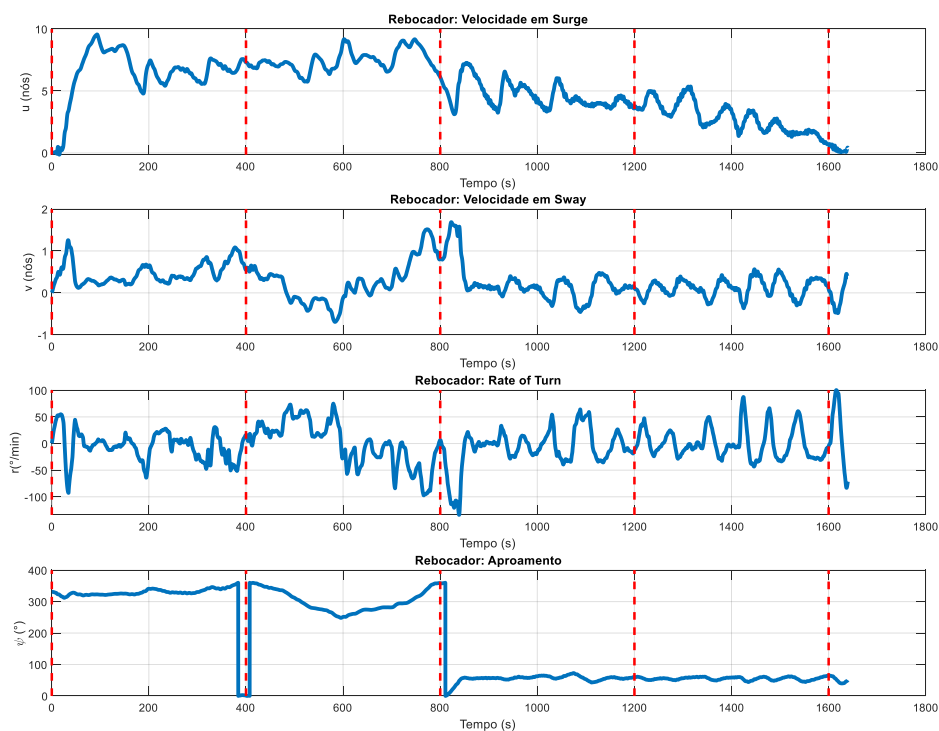
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



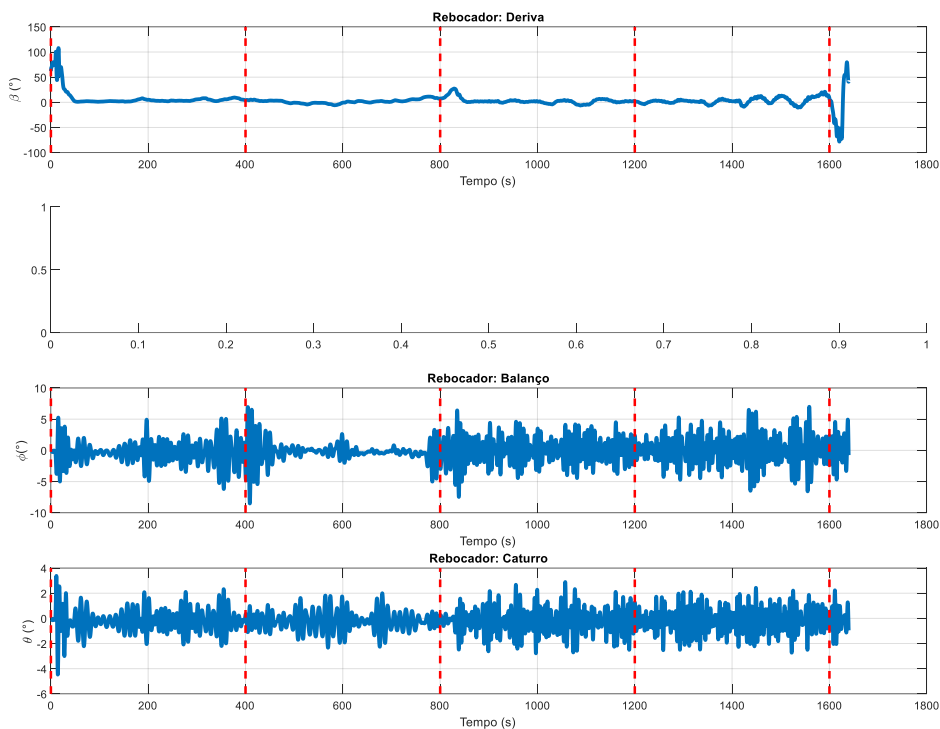
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

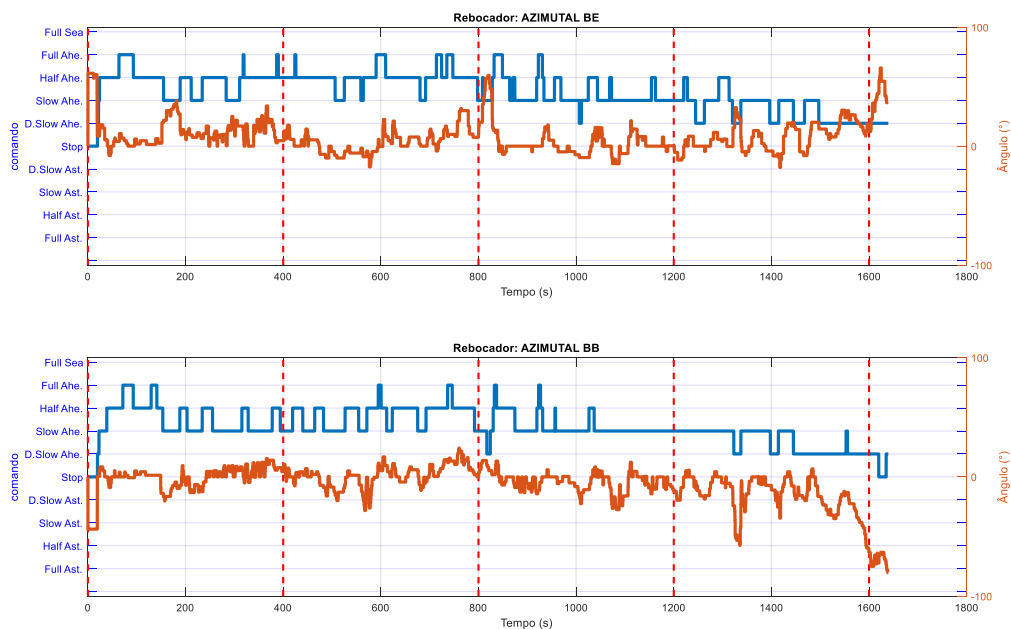
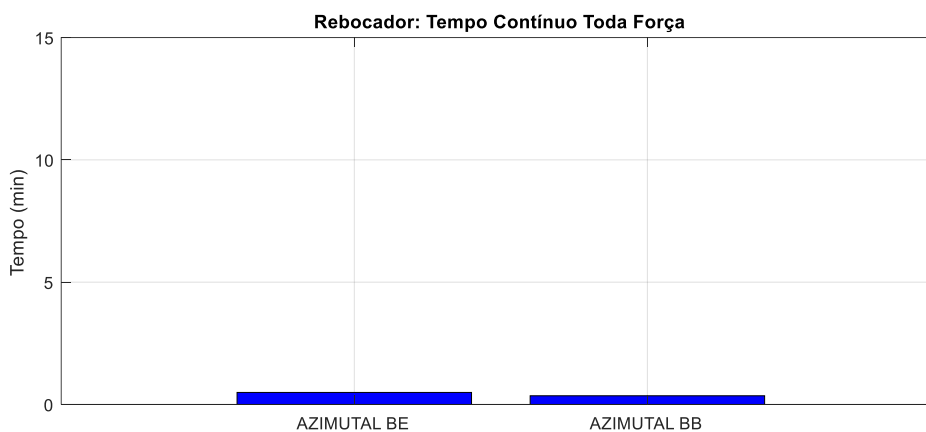
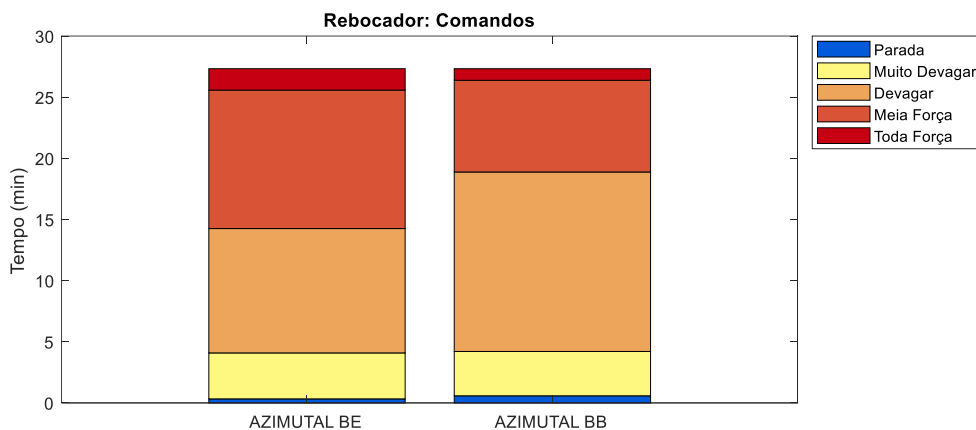
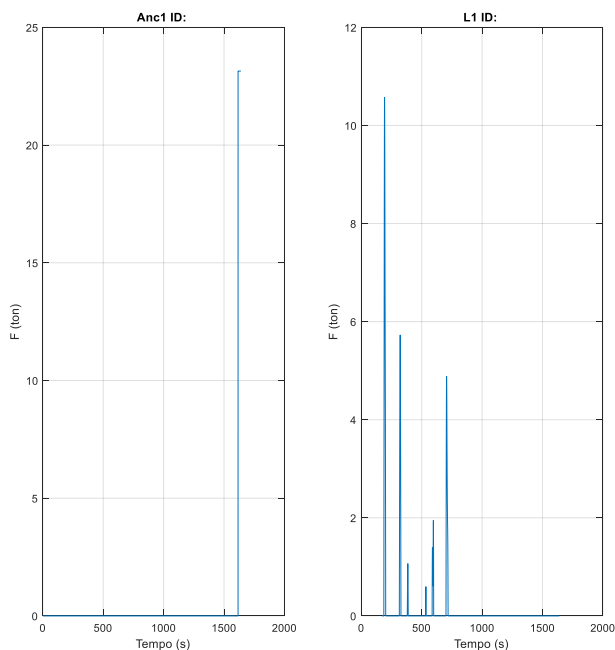


Gráfico de barras (Rebocador):



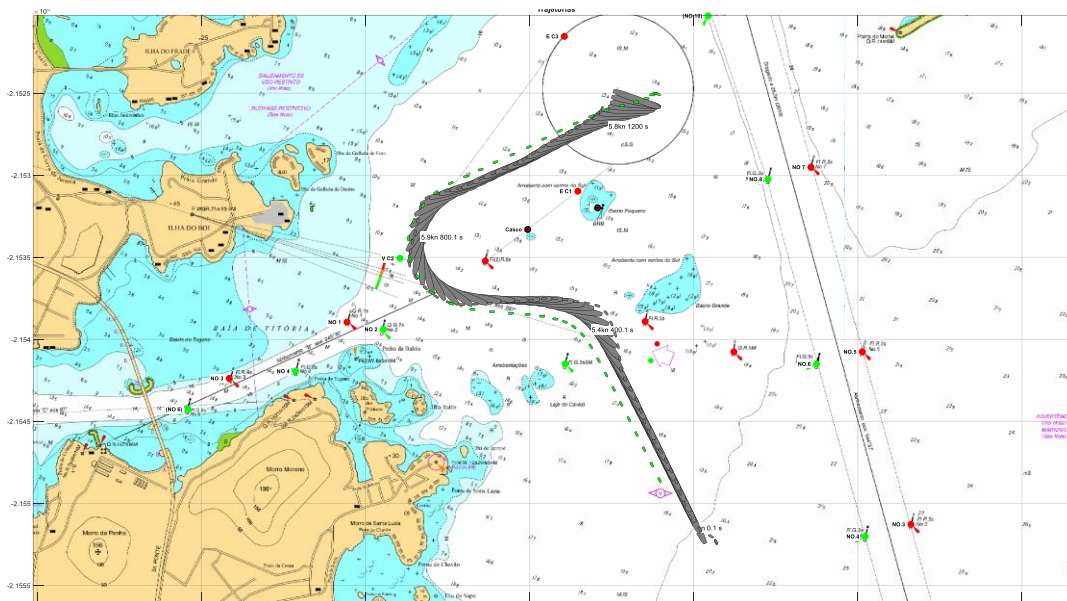
Força nos cabos e defensas:



5.5 Manobra 3

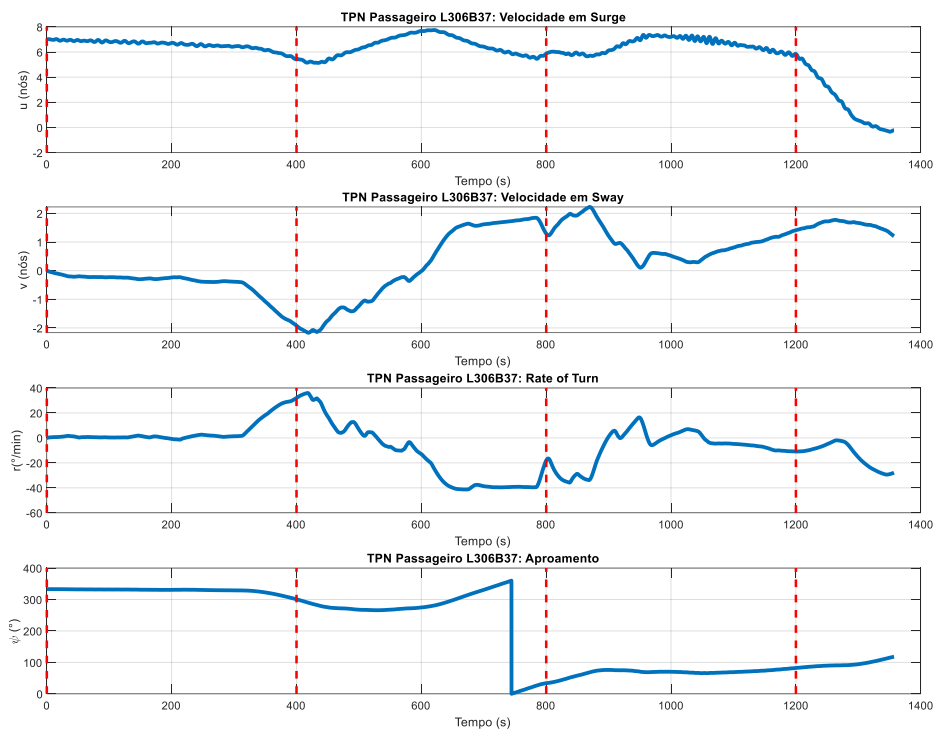
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb3_OSE_VS_CV
Manobra: Entrada A	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: S - 21kn	Onda: SE - 1.5m - 12s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas:

Trajatória da embarcação

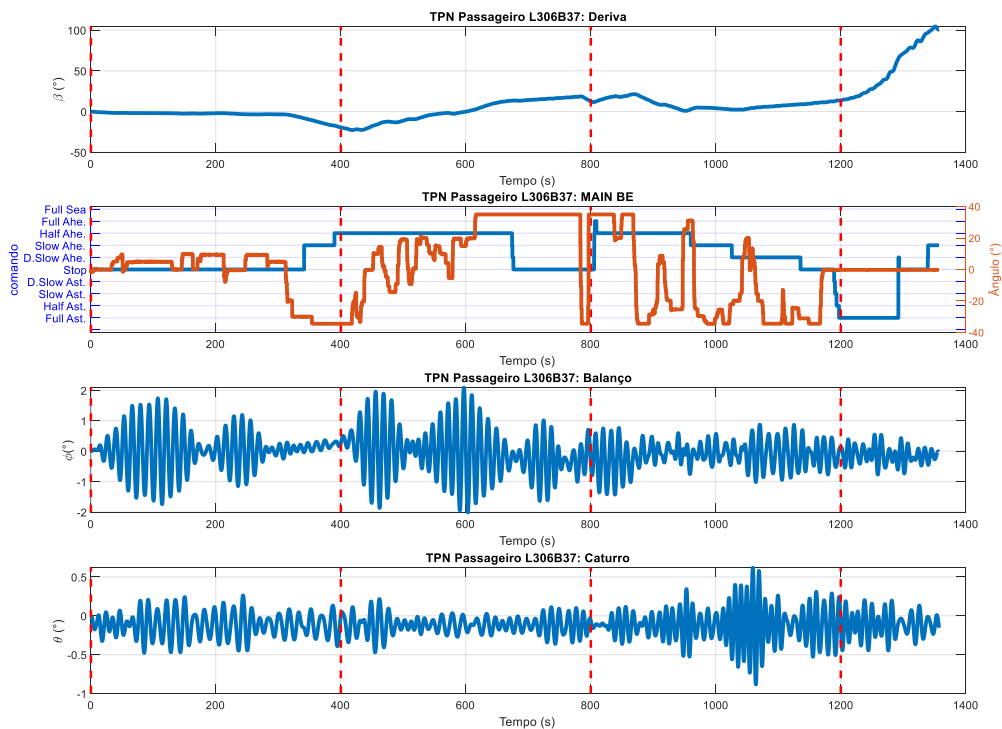


A manobra de **entrada e passagem pelo canal A** do navio **Passageiro L306B37** (calado 8.5m) para fundear na área de Cruzeiros, no **Cenário Amb3_OSE_VS_CV** [corrente vazante 0.3nó; vento S 21nós; onda SE 1.5m12s], foi realizada com apoio de rebocadores no arranjo 2x60T [proa BB solto; popa centro]. Começou com 7nós, máquina parada, proa 333° e través da boia V#4 na entrada da barra; passando com 6.4nós pelo través da boia verde da Laje do Cavalo, deu leme todo a BB e devagar adiante, iniciando guinada na primeira curva do Alfa. Com 5.6nós, aumentou para meia força adiante, governando por rumos nesse trecho entre curvas. Passando no través da boia lateral encarnada com 7.7nós, deu leme todo a BE [35°], *stern thruster* todo BB, *bow thruster* todo BE, propulsor BB toda força adiante e parando propulsor BE para montar a boia encarnada na segunda curva bem fechada. No meio da guinada, *stern thruster* foi invertido todo BE com leme todo BB para mitigar caimento na direção de águas rasas [menor *ukc* observado foi de 1.8m na popa]; na guinada, popa passou a 37m da boia verde VC2 [limite Oeste]. No final do giro com propulsores meia força adiante e parados *thrusters*, governou por rumos somente com lemes; reduzindo máquinas, entrou no fundeadoiro com 7nós e muito devagar adiante. Utilizou-se de toda força atrás nos propulsores para parar navio rapidamente, girando por BE com lemes e *thrusters* no setor SE da baía, sob controle (**Caso 3**). [sem falha]

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

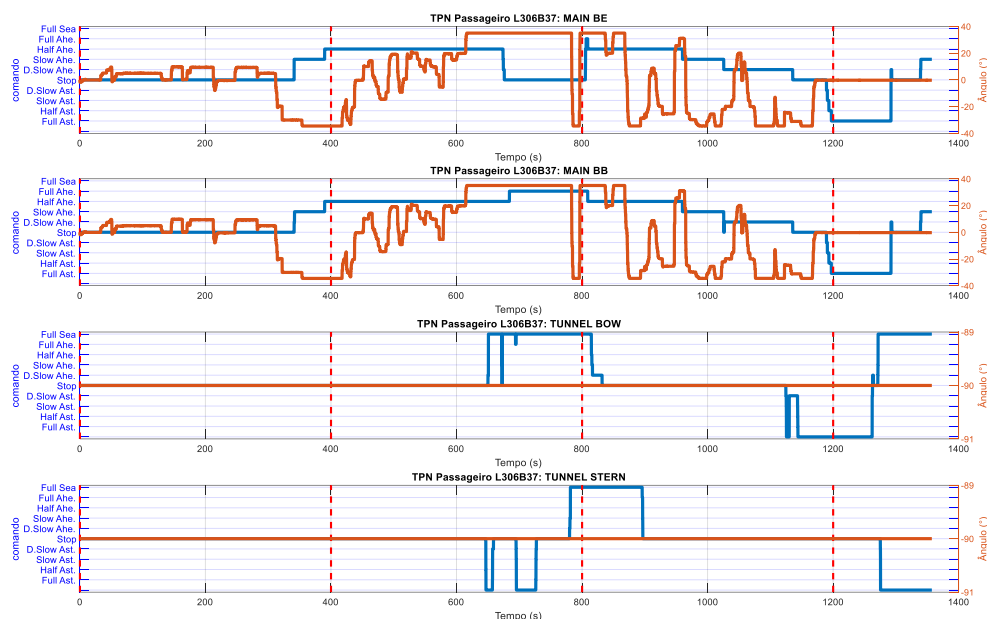
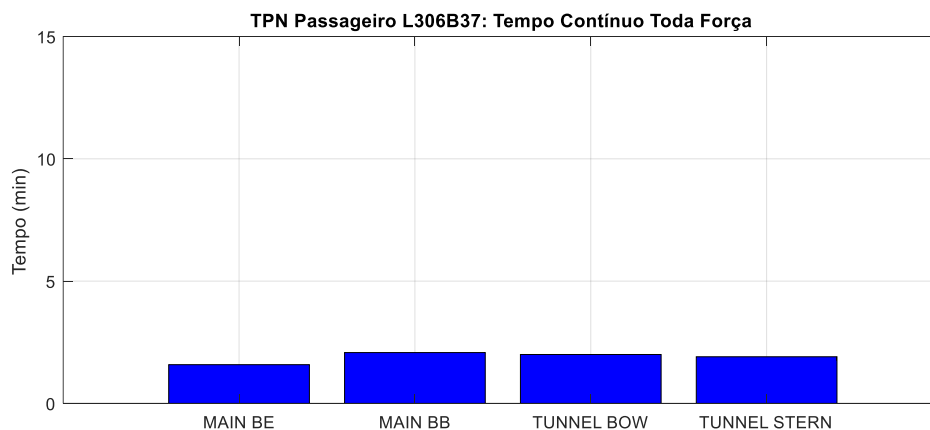
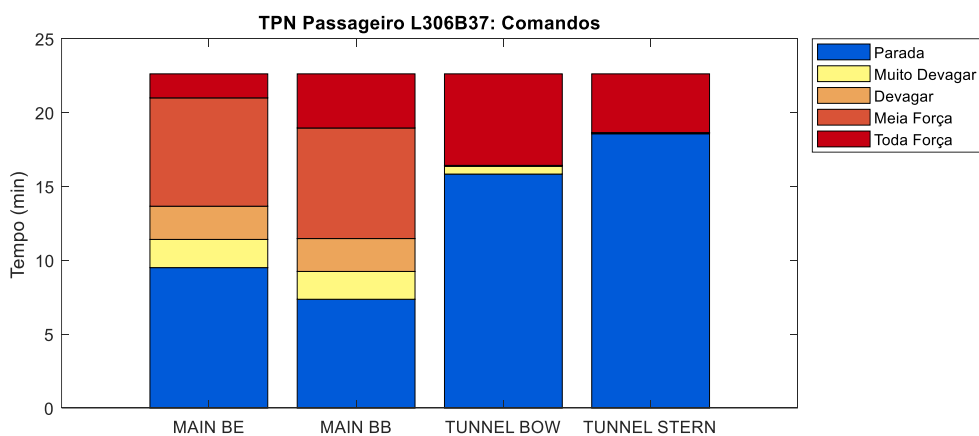
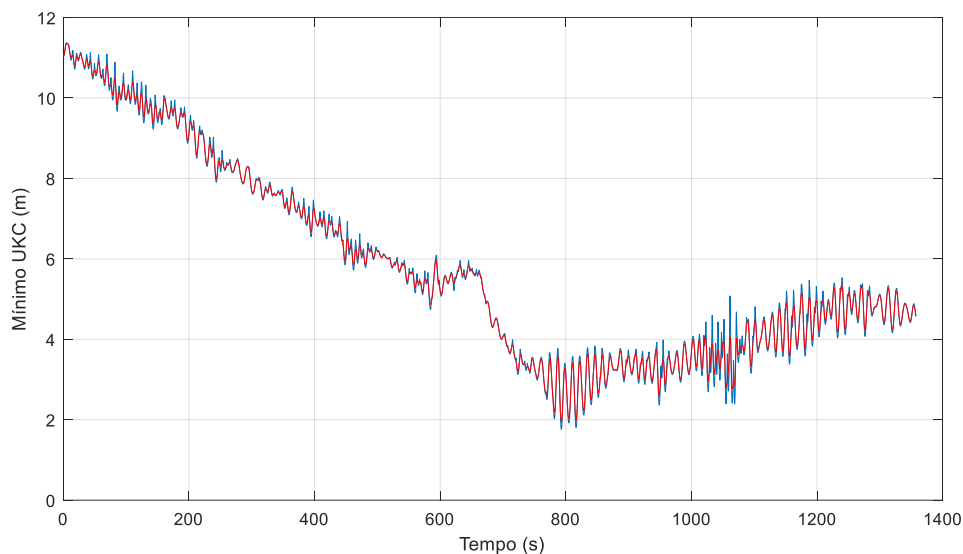


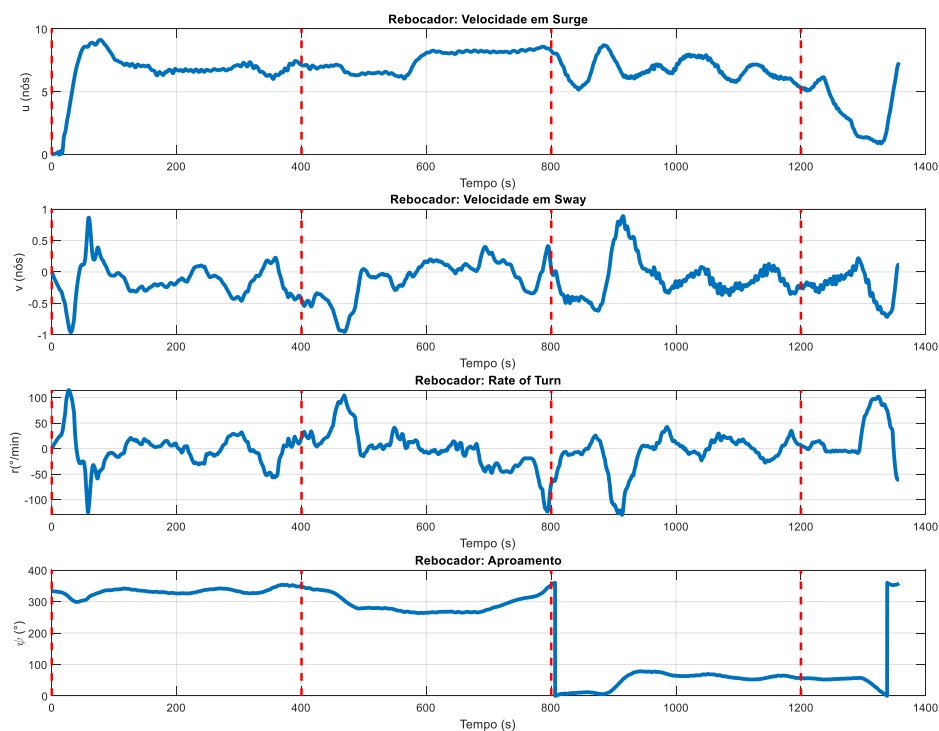
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



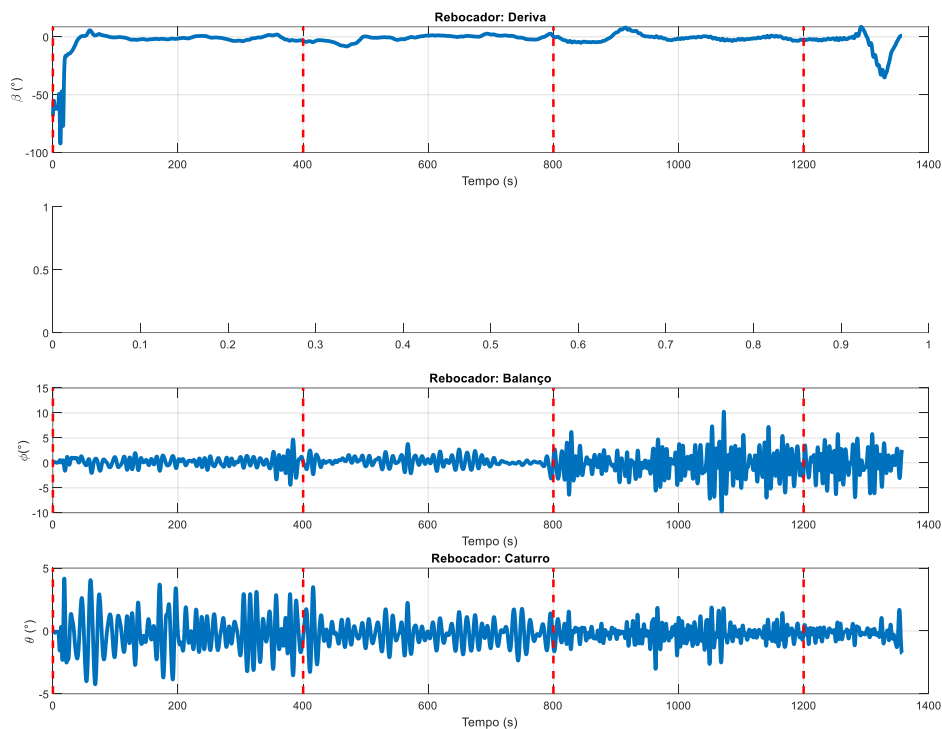
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

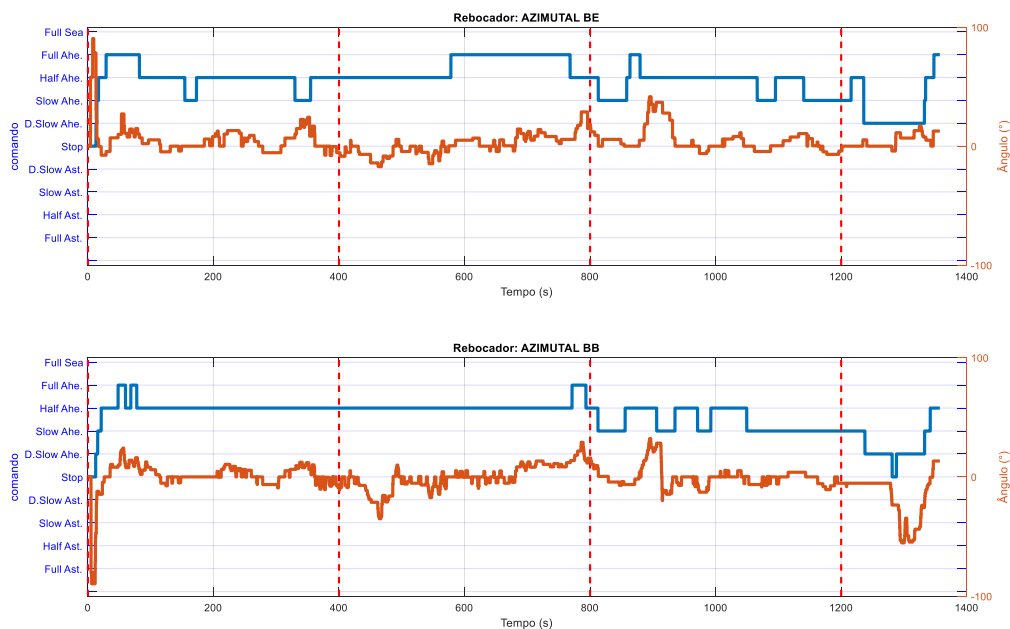
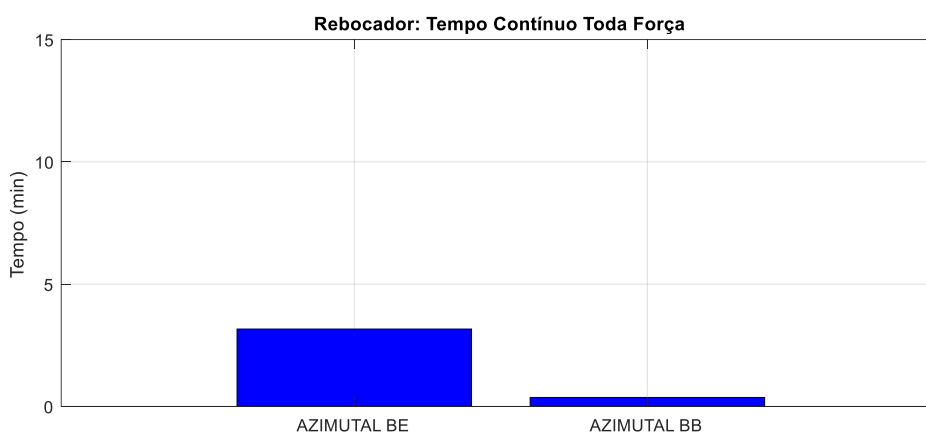
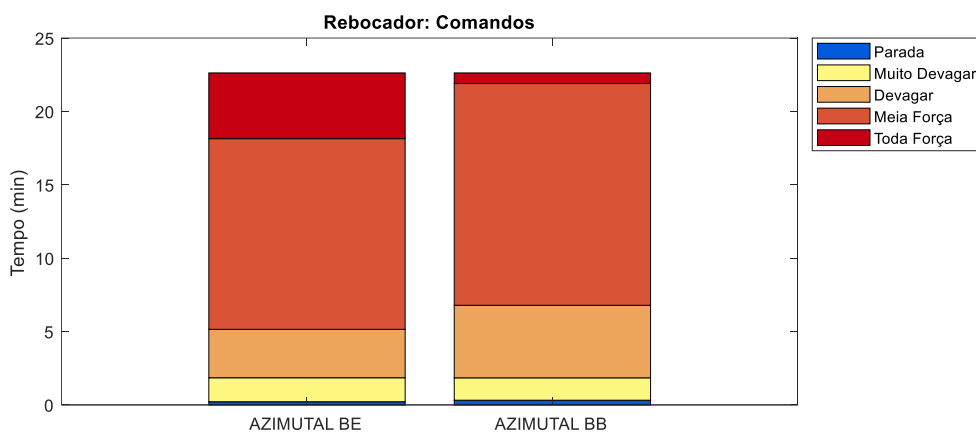


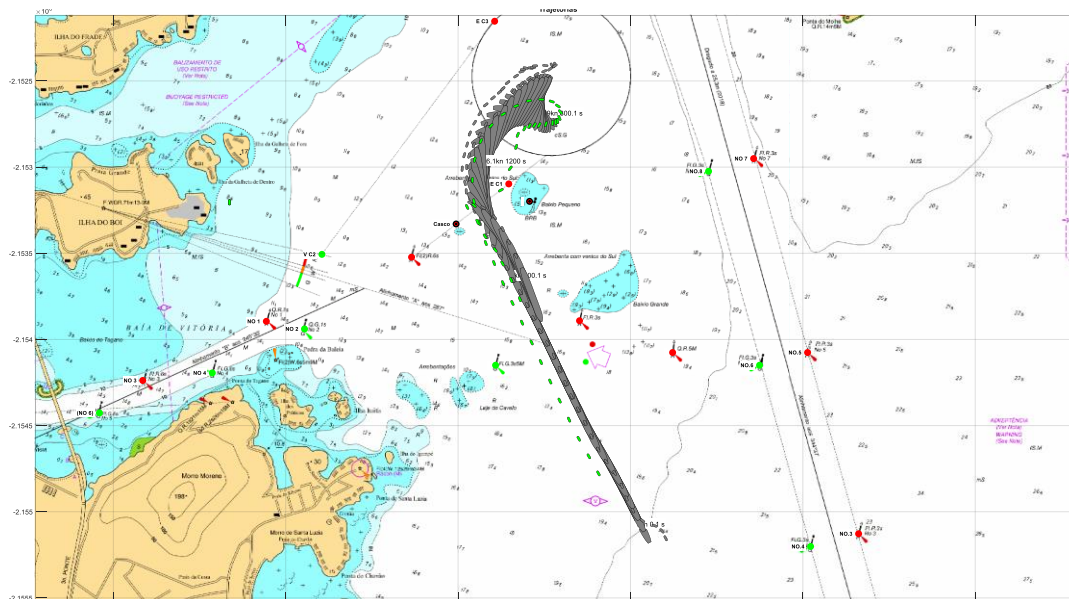
Gráfico de barras (Rebocador):



5.6 Manobra 4

Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb4_OSE_VS_CE
Manobra: Entrada B + Saída B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: S - 21kn	Onda: SE - 1.5m - 12s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas:

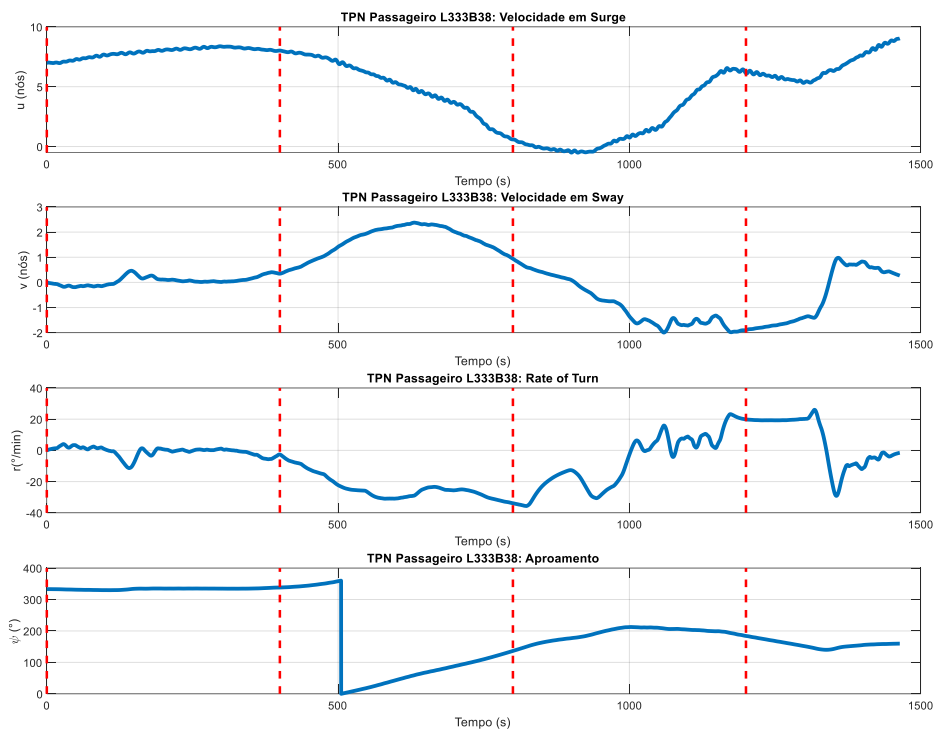
Trajeto da embarcação



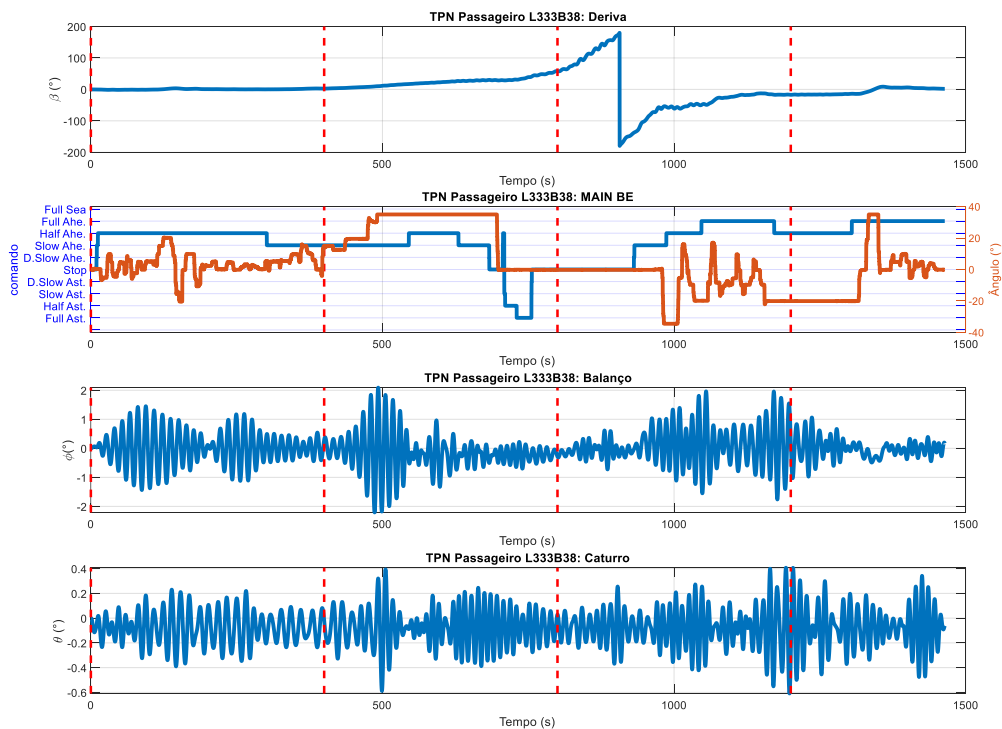
A manobra de entrada e passagem do navio *Passageiro L333B38* pelo canal “Bravo” no Cenário **Amb4_OSE_VS_CE** [corrente enchente 0.3nó; vento S 21nós; onda SE 1m9s] foi realizada com rebocadores acompanhando no arranjo 2x60T [proa BB solto; popa centro] iniciando com 7nós, meia força adiante e proa 333°. Com 8.4nós, meia força adiante, quase sem deriva, passou a meio entre boias da Laje do Cavalo e Baixo Grande; procedendo sem dificuldade pelo canal, passou com 7nós, devagar adiante e leme todo a BE [35°], entre casco soçobrado e Baixo Pequeno, a distâncias seguras. Mantendo leme carregado para BE, entrou na área do fundeadouro com 5.5nós, girando para BE com uso de máquina [inclusive atrás], lemes e *thrusters* AV e AR, buscando alinhar com vento Sul antes de fundear.

Aproveitando a mesma manobra, sem fundear, continuou a manobra, dessa vez para sair da área do fundeadouro e demandar canal “Bravo”. Após ajustar proa de saída do fundeadouro com apoio de *bow thruster* e *stern thruster*, saiu com 6nós e toda força adiante na proa 199° buscando entrar a meio do canal “Bravo”; com proa BB reposicionado como proa BE para eventual apoio, cruzou a meio as boias do casco soçobrado e do Baixo Pequeno, entrando no canal “Bravo”. Encerrou a manobra com 9nós, toda força adiante, praticamente sem deriva pouco antes do Baixo Grande, sob controle. Observou-se que, com fatores ambientais de quadrante Sul e navio dotado de leme *Becker*, as manobras de passagem, entrando ou saindo, puderam ser realizadas de forma satisfatória e segura, mantendo-se sempre a distâncias seguras de boias e baixios. Os rebocadores de apoio apenas acompanharam em *stand by* (**Caso 4**). [sem falha]

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

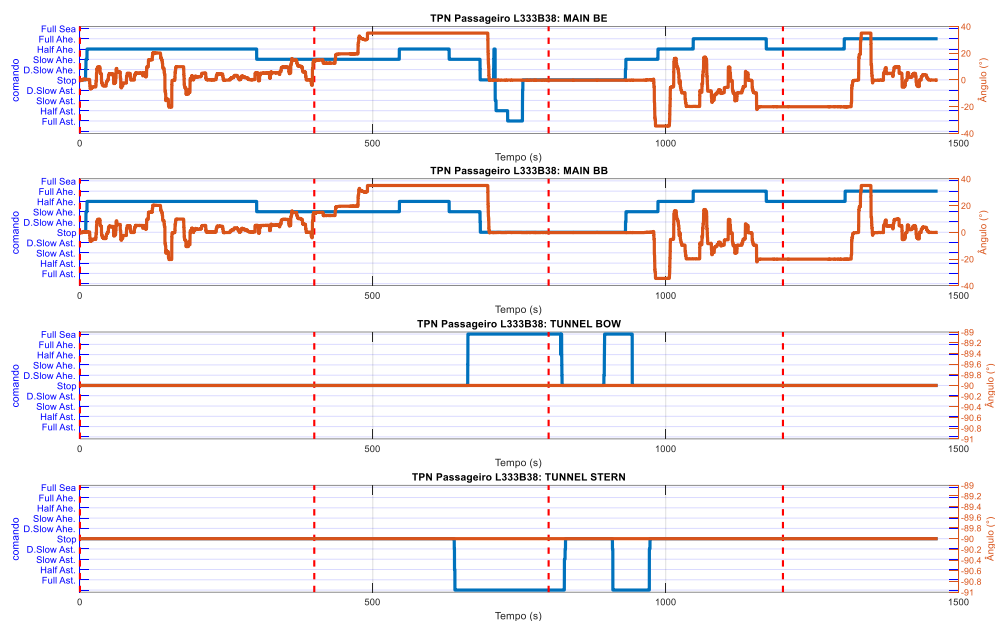
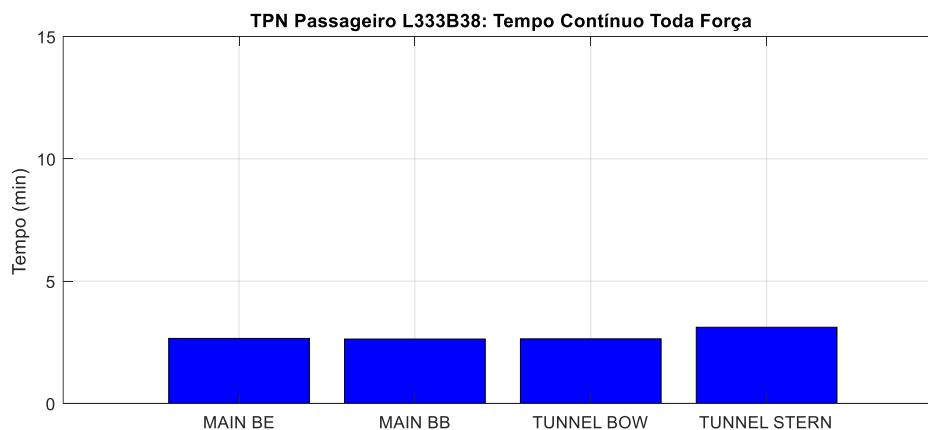
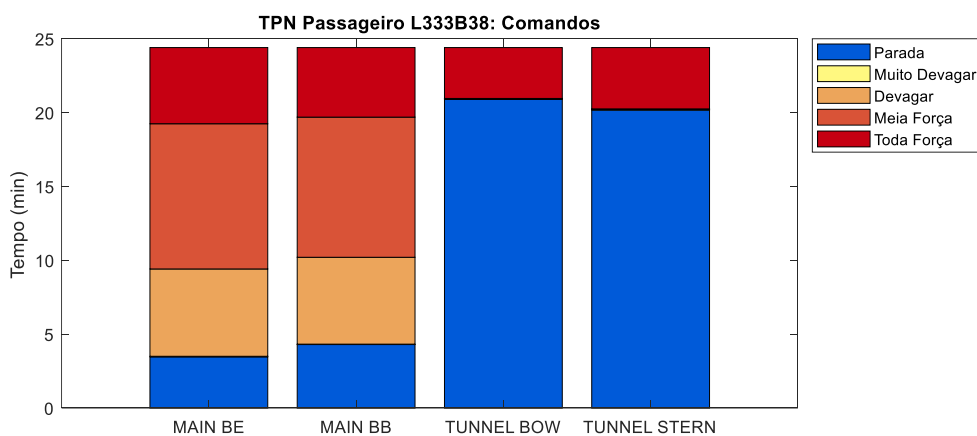
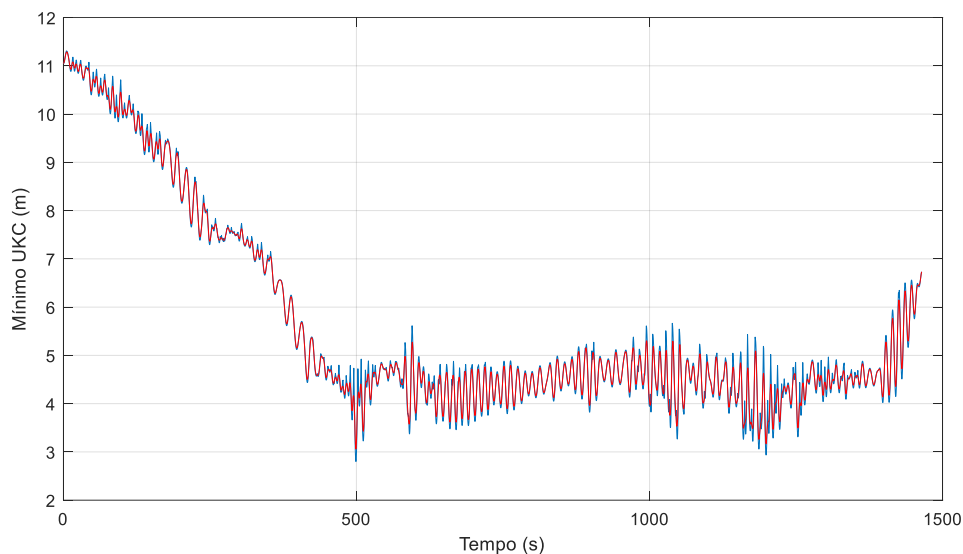


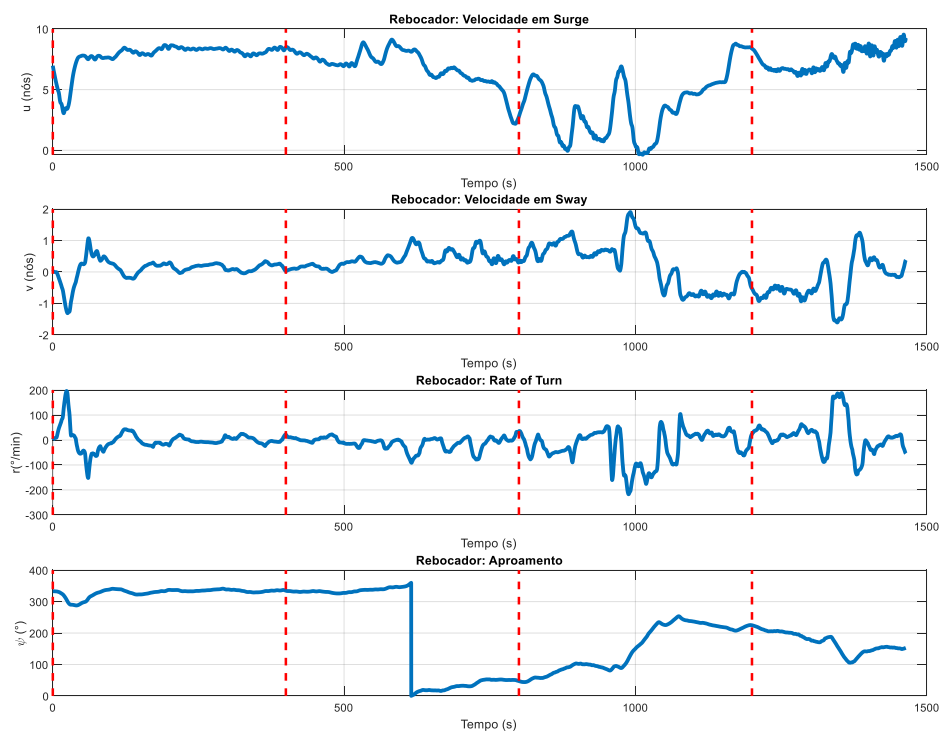
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



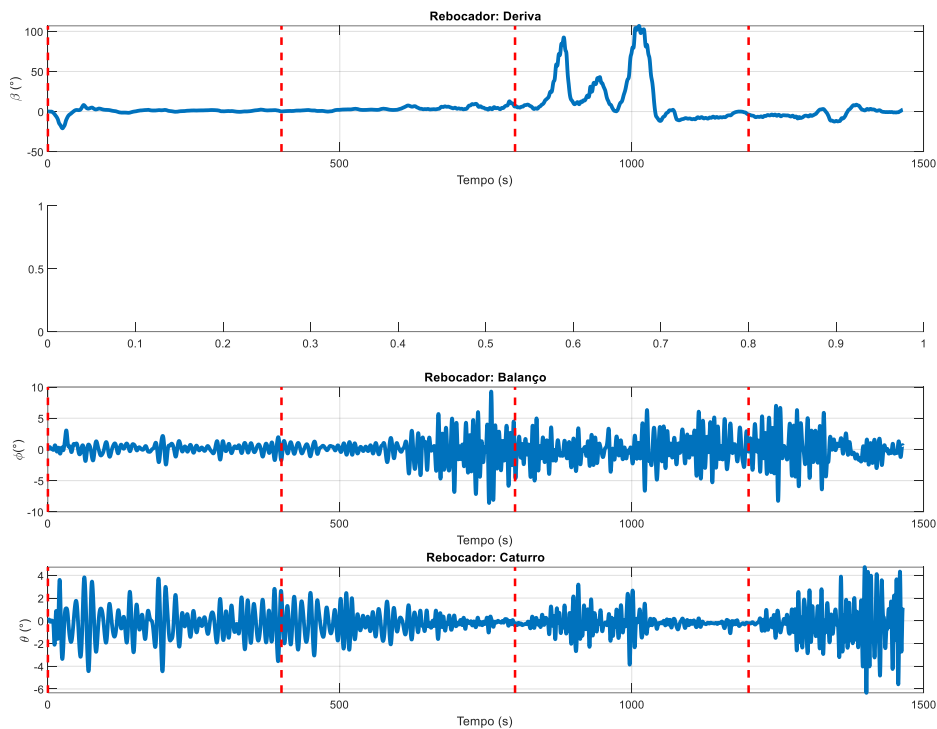
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

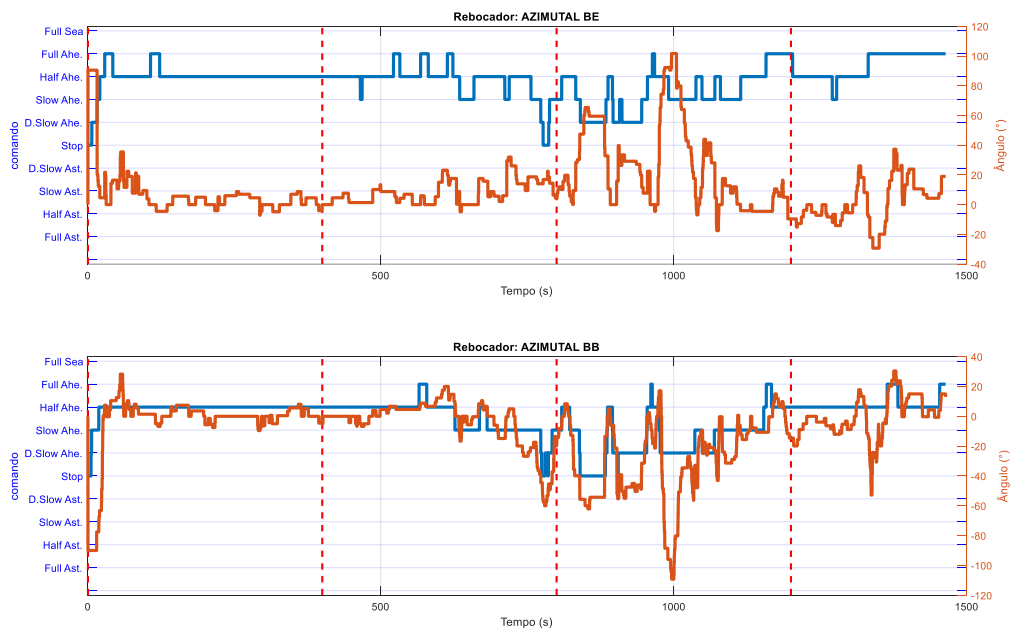
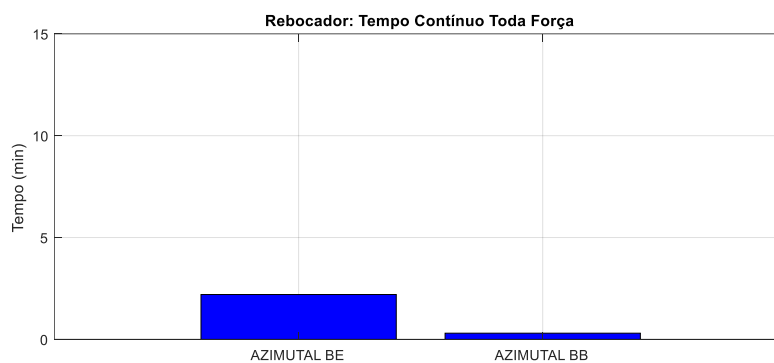
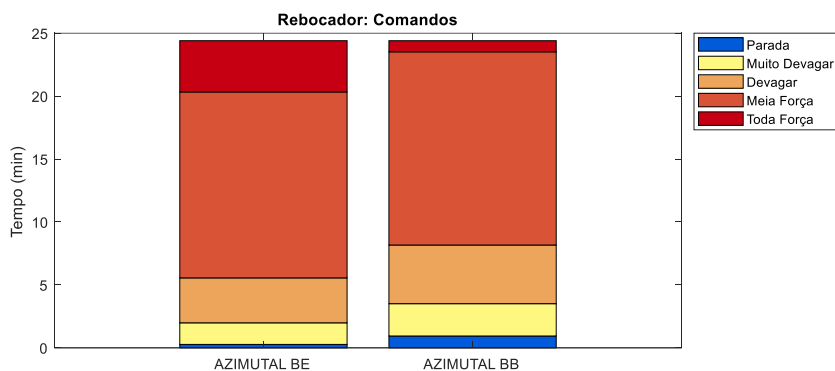
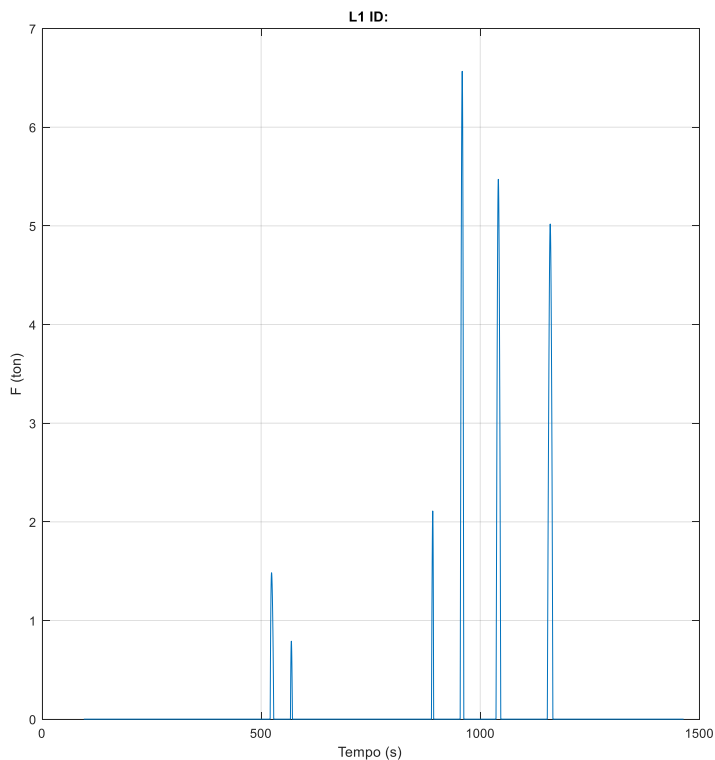


Gráfico de barras (Rebocador):



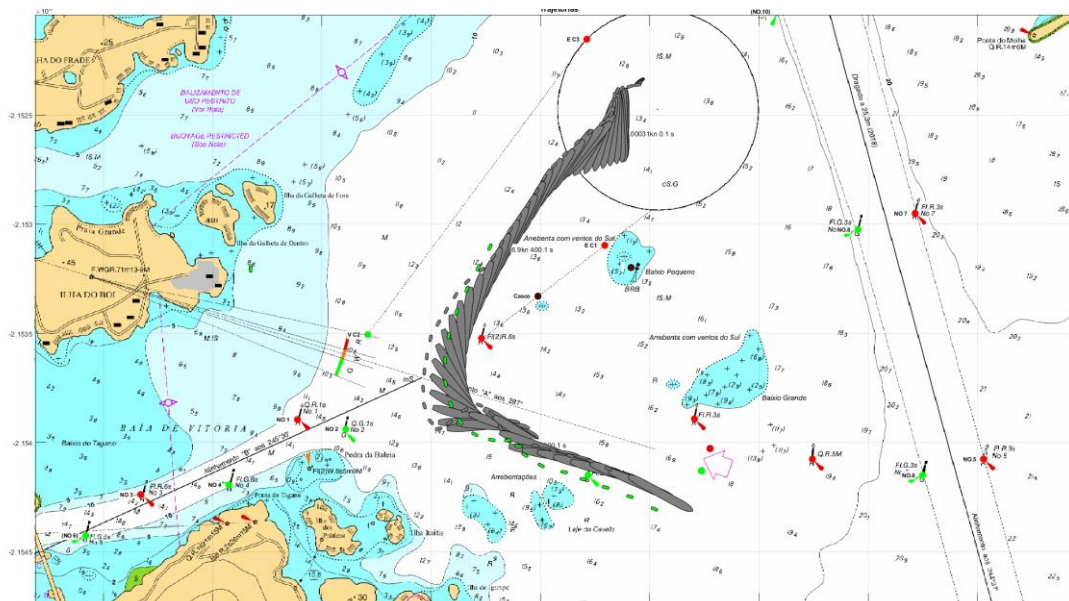
Força nos cabos e defensas:



5.7 Manobra 5

Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: Saída A	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas:

Trajatória da embarcação



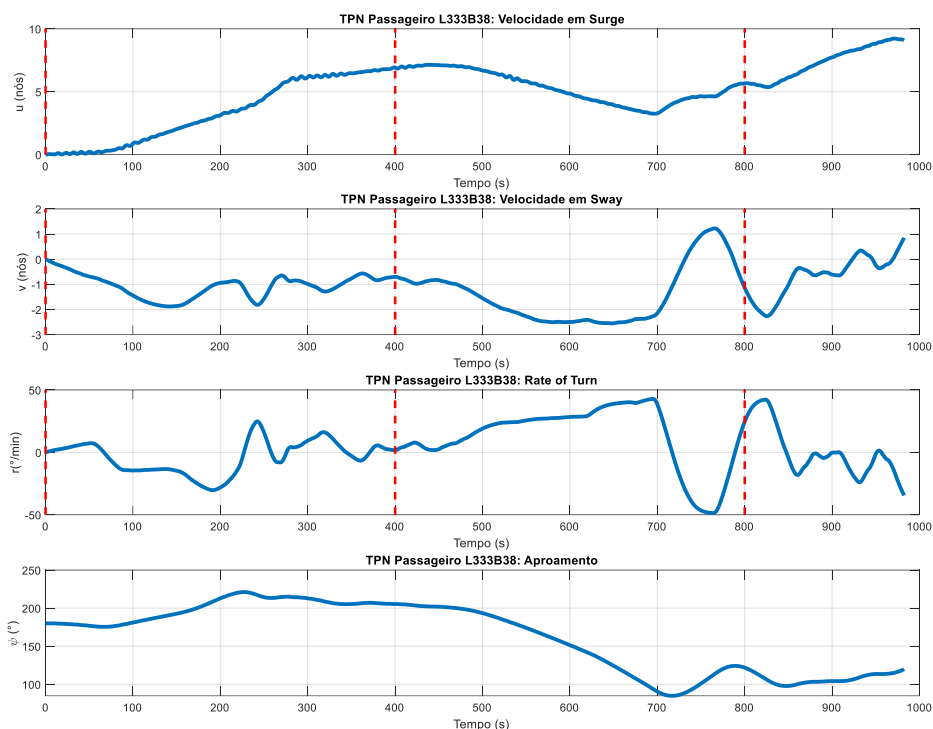
A manobra de saída do fundeadouro pelo canal A (sem falha) foi realizada pelo **Passageiro L333B38** no **Cenário Amb2_OE_VNE_CE** [corrente enchente 0.3nó; vento NE 21nós; onda E 1m9s] com rebocadores acompanhando no arranjo 2x60T [proa BE solto; popa centro]. Começando com proa para Sul, utilizou-se de *thrusters* AV e AR para posicionar proa na saída do fundeadouro; saiu do fundeadouro com 5nós, toda força adiante e proa buscando boia lateral encarnada para montar bem próximo dela. Chegando com 6.5nós no través da boia encarnada, distante 1B, deu todo leme BB [35°] e devagar adiante, iniciando giro por BB; para maior eficácia do giro, parou propulsor de BB fazendo conjugado com *thrusters* AV e AR em torno da boia encarnada. No trecho entre curvas, chegou-se a confundir direção do vento; pensava-se que seria vento Sul, quando, na realidade, seria NE. Com máquina chegando a toda força adiante, uso de muito leme e de *thrusters* com muita intensidade, foi possível proceder por esse trecho e montar a boia verde da Laje do Cavalo, saindo em segurança. Os rebocadores de apoio apenas acompanharam a manobra. Apesar da leve desatenção na condição do vento reinante, a manobra de saída foi avaliada como exequível e segura (**Caso 5**). [sem falha]

Cinemática

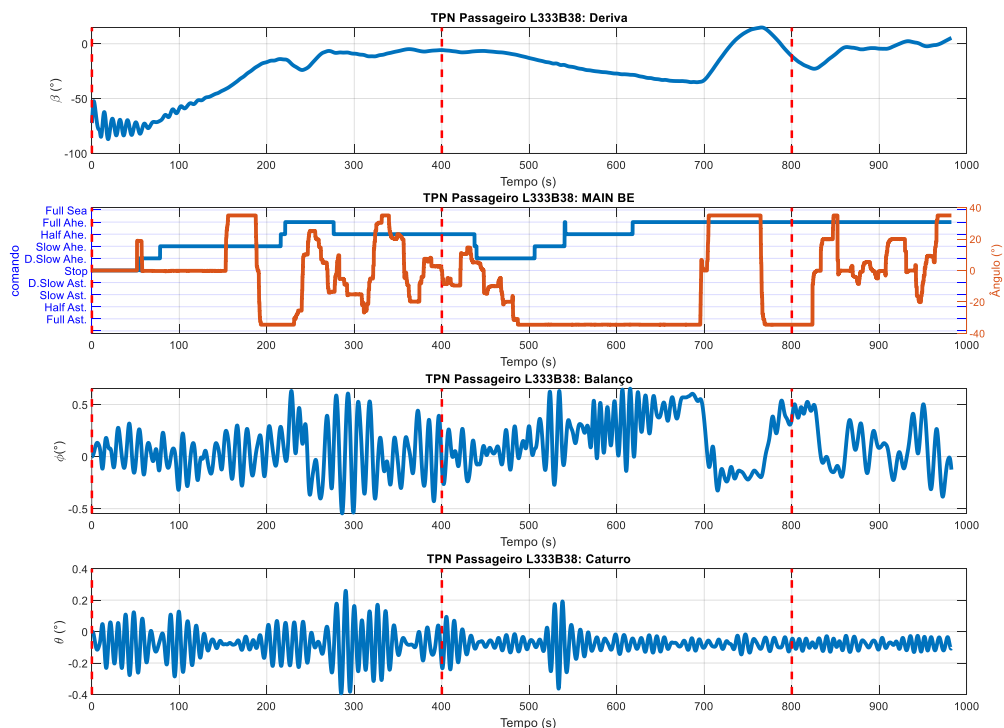
(TPN

Passageiro

L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

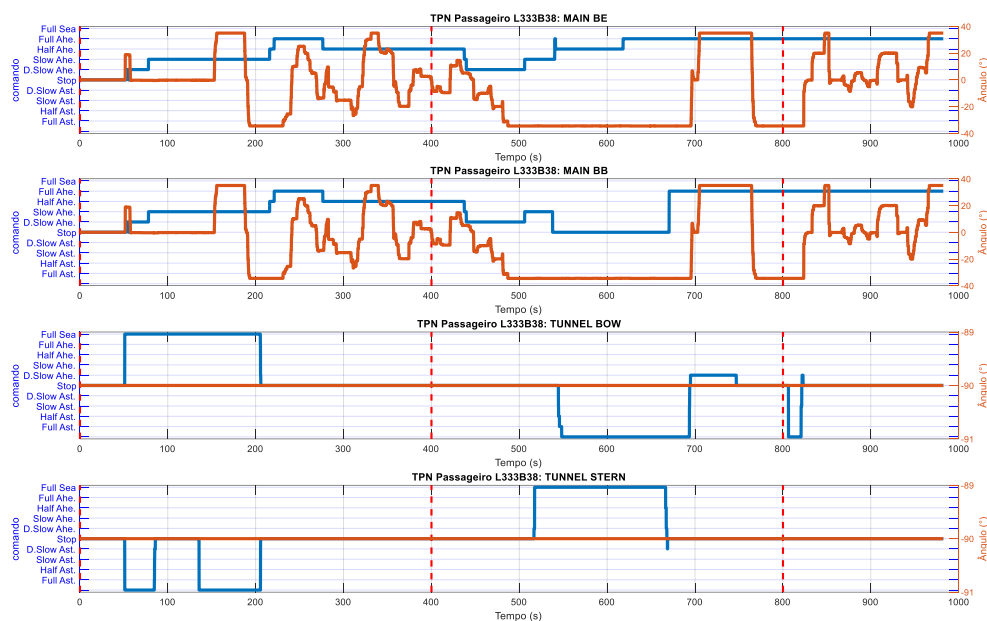
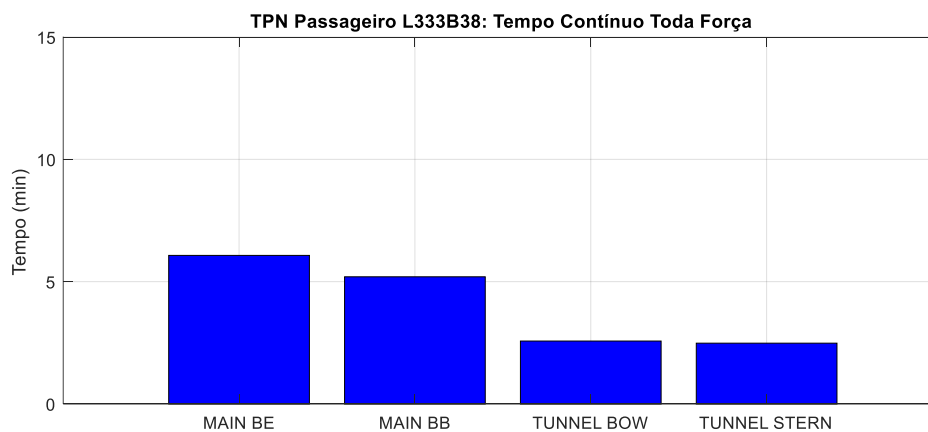
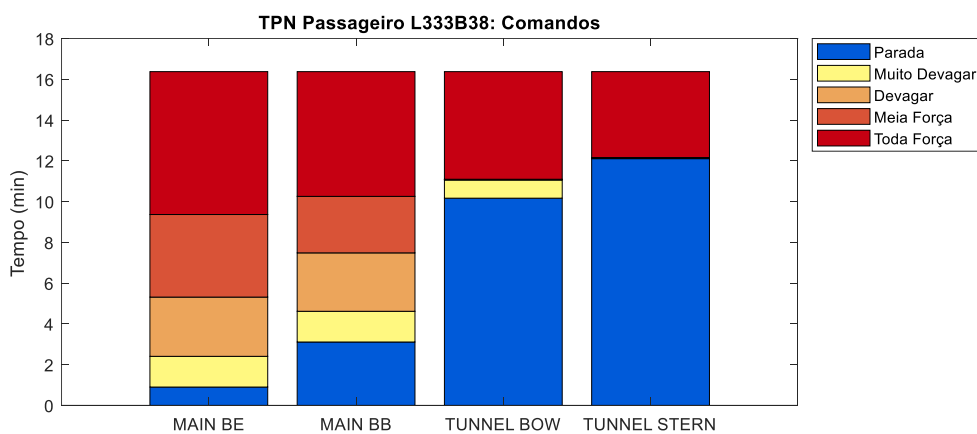
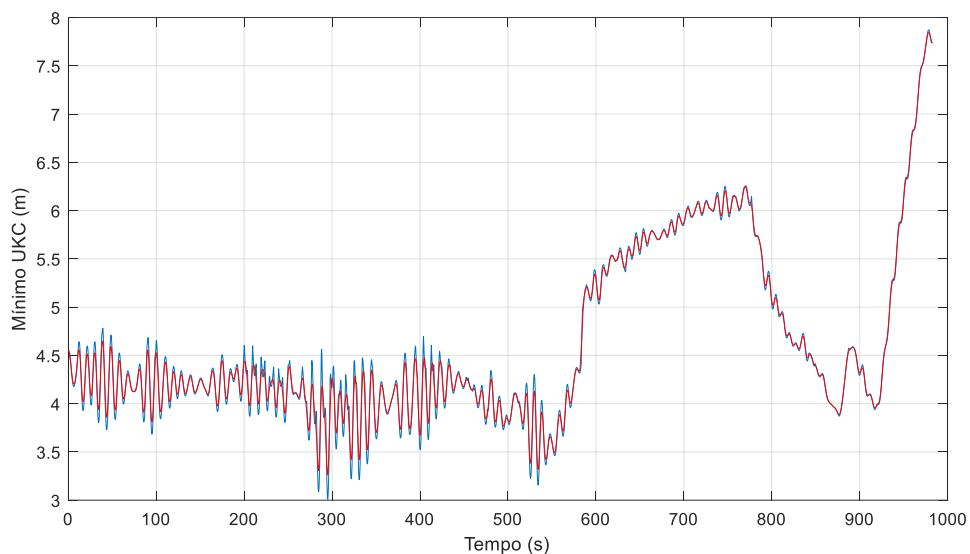


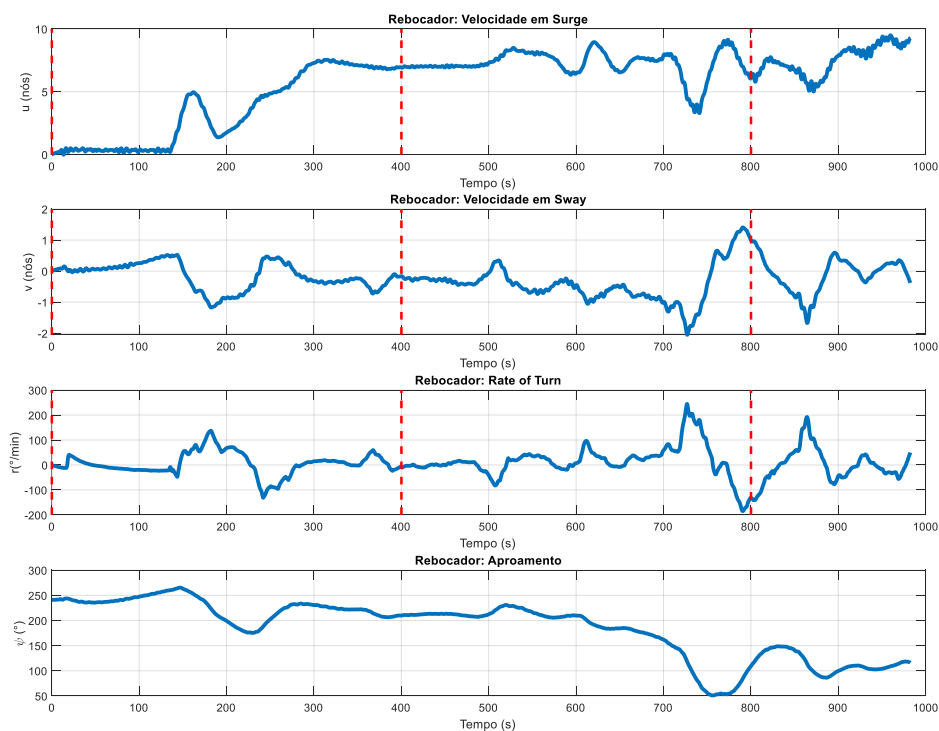
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



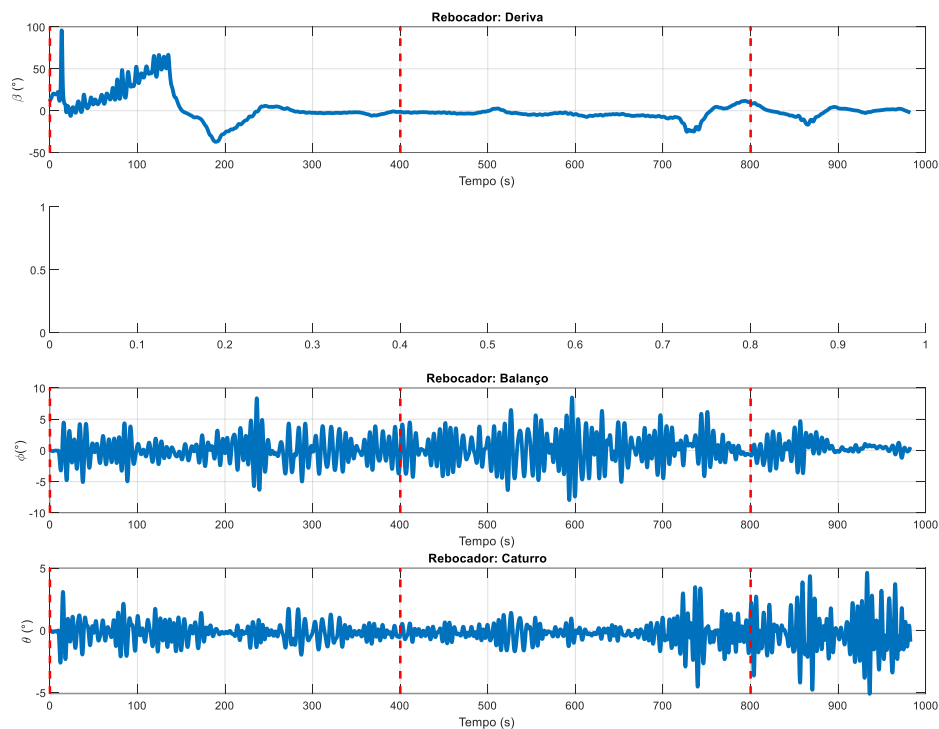
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

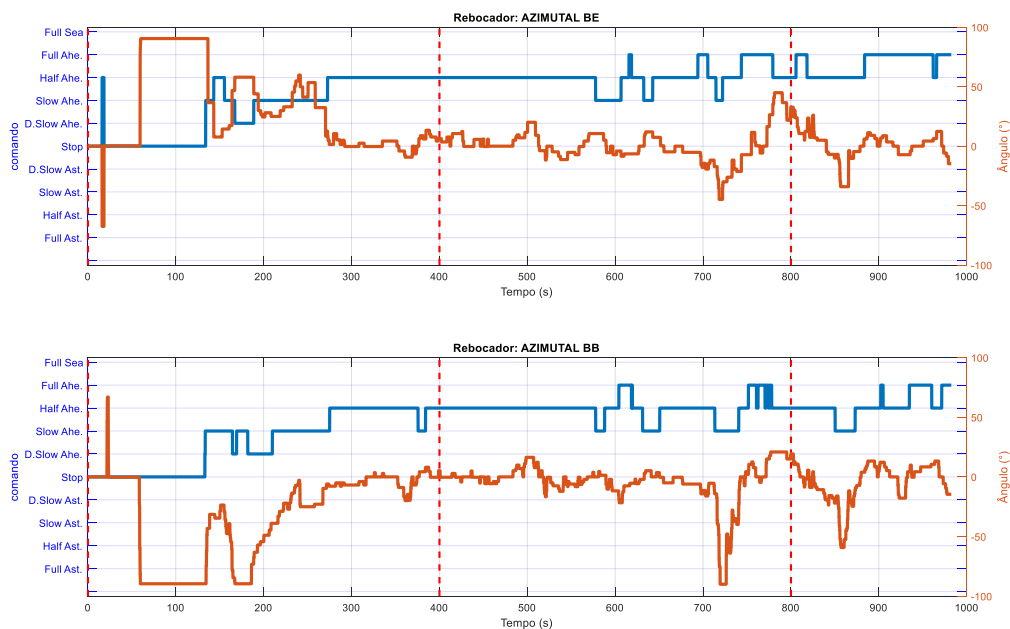
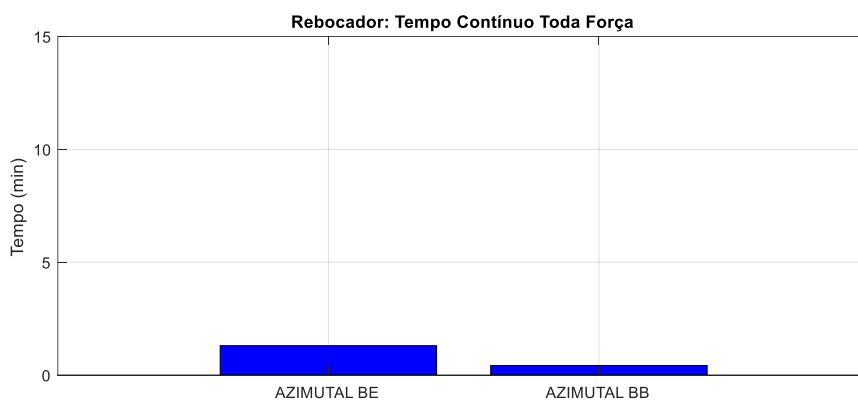
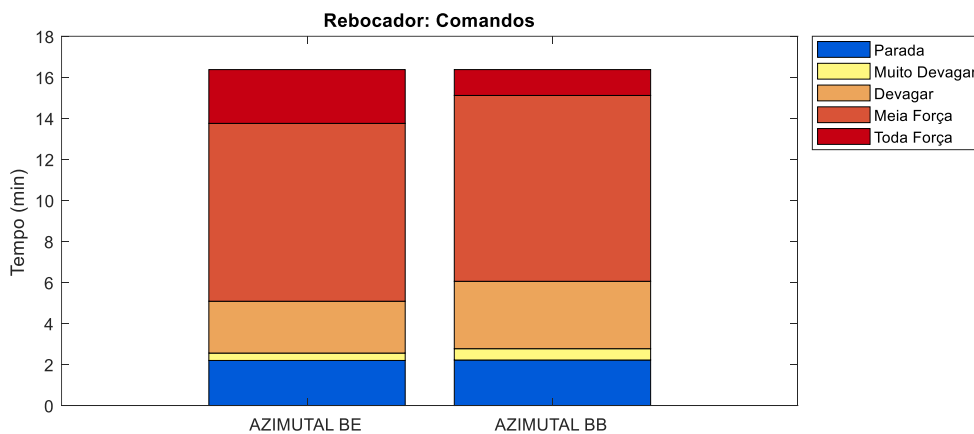
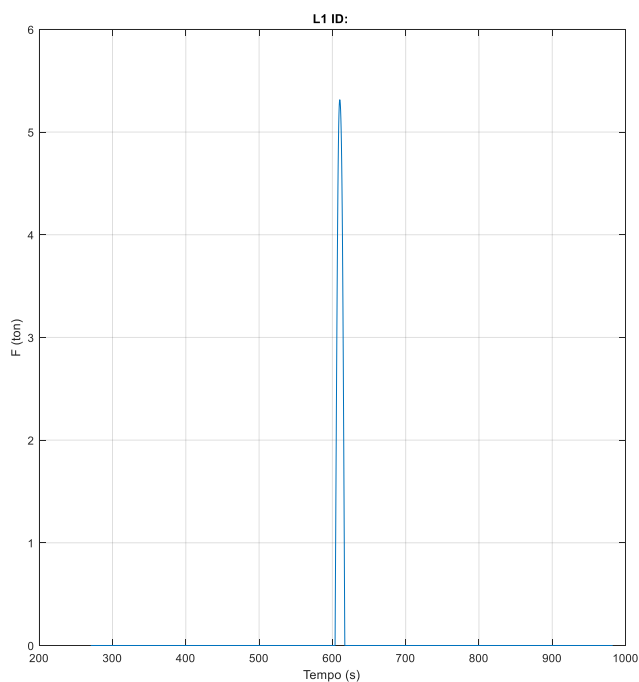


Gráfico de barras (Rebocador):



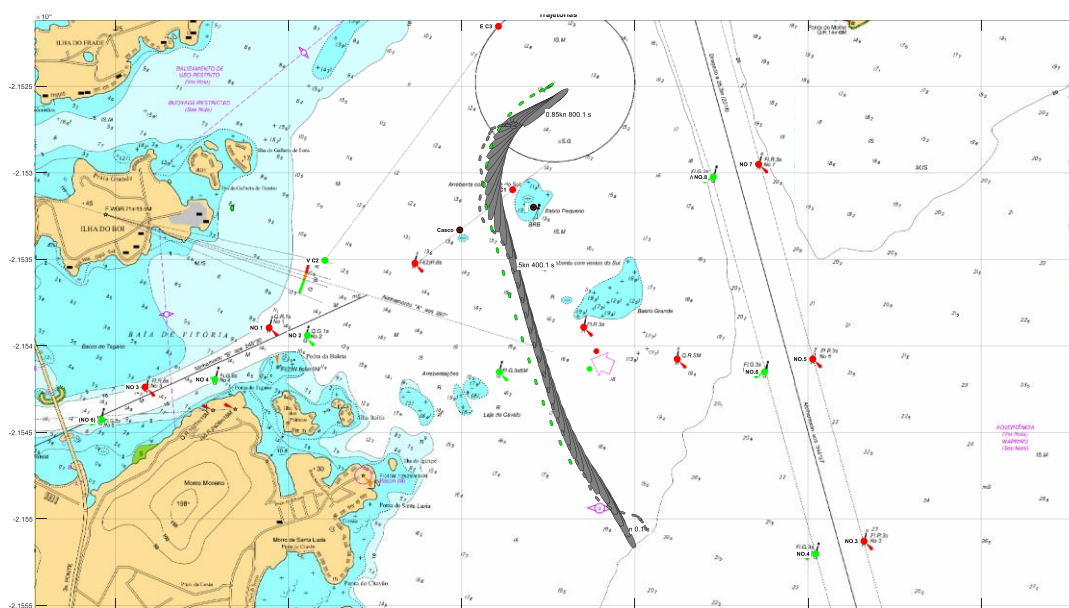
Força nos cabos e defensas:



5.8 Manobra 6

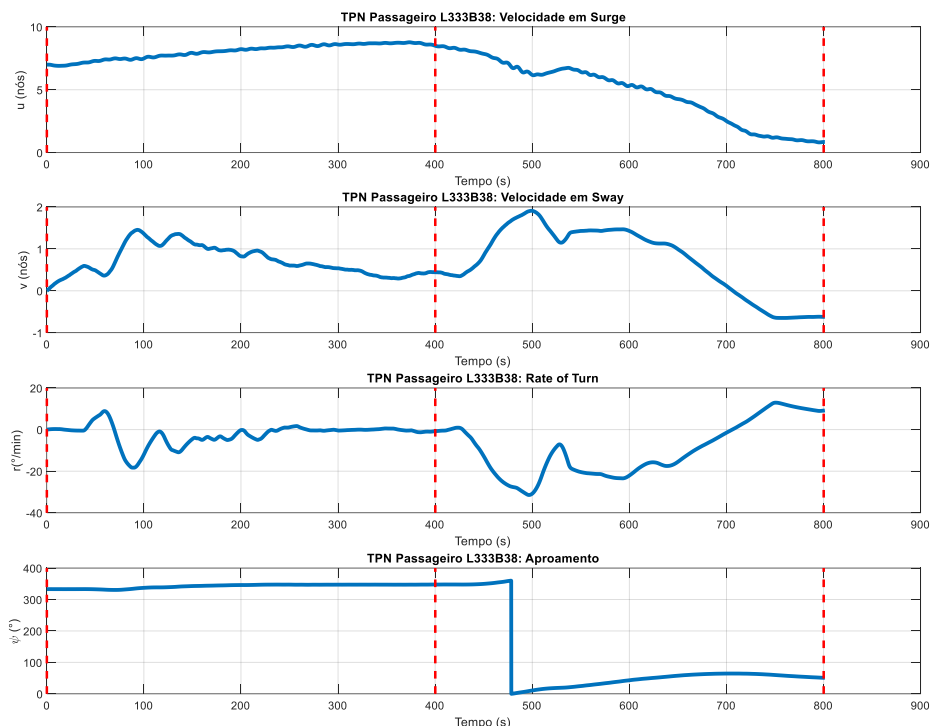
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb1_OE_VNE_CV
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Falha parcial do sistema de propulsão

Trajatória da embarcação

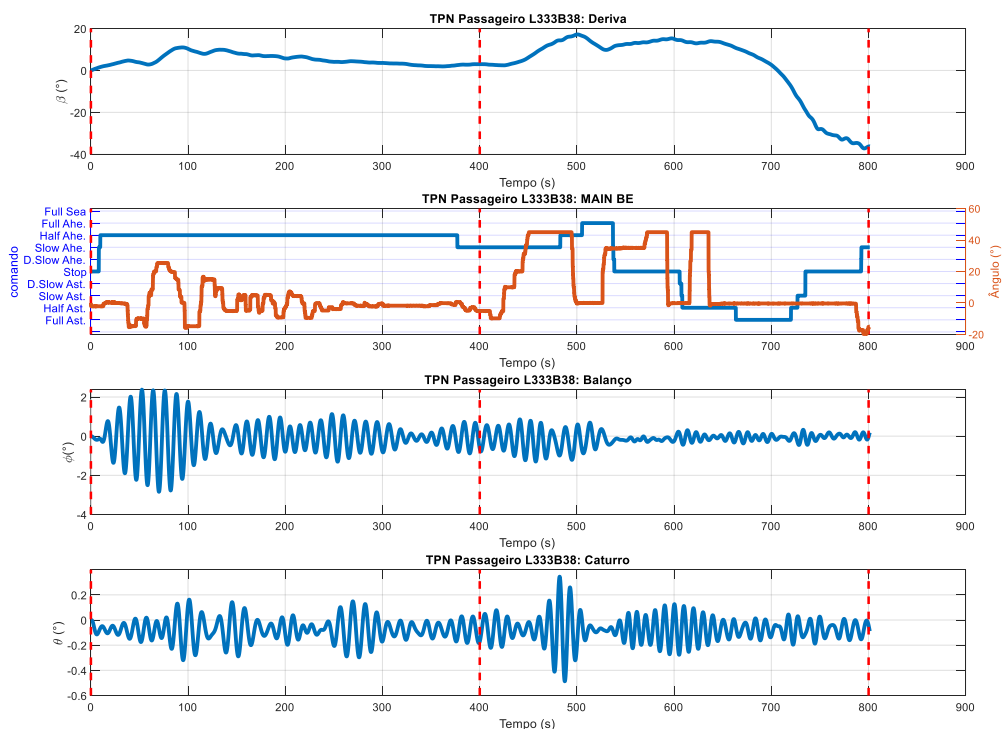


Na manobra do **Caso 6** com acompanhamento de rebocadores, no momento que navio *Passageiro L333B38*, navegando estabilizado pelo canal, passava pelo través do Baixo Pequeno [distante 65m] com 7.5nós, devagar adiante, leme todo BE [45°] e proa 353°, foi gerada **FALHA PARCIAL DO SISTEMA DE PROPULSÃO (falha da máquina BB)**. Estando no final do canal, manteve leme *Becker* todo carregado para BE, aumentou propulsor BE para toda força adiante e procedeu para fundeio sem dificuldade. Observou-se que foi possível controlar navio sem um propulsor recorrendo ao outro propulsor, beneficiado pelo recurso do leme *Becker*. Não houve necessidade do apoio de rebocadores nessa manobra; apenas acompanharam em *stand by*.

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

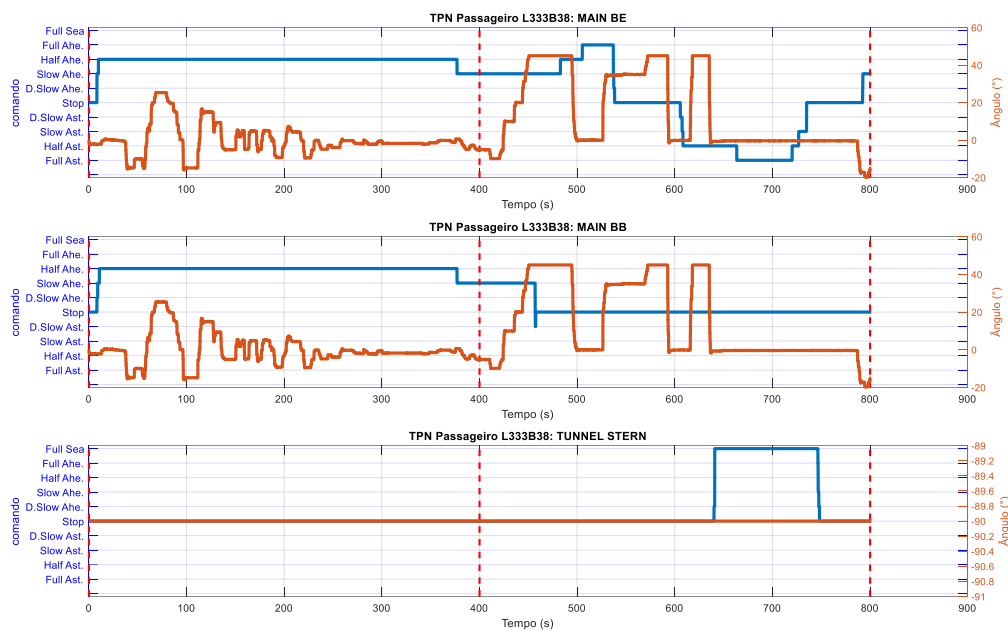
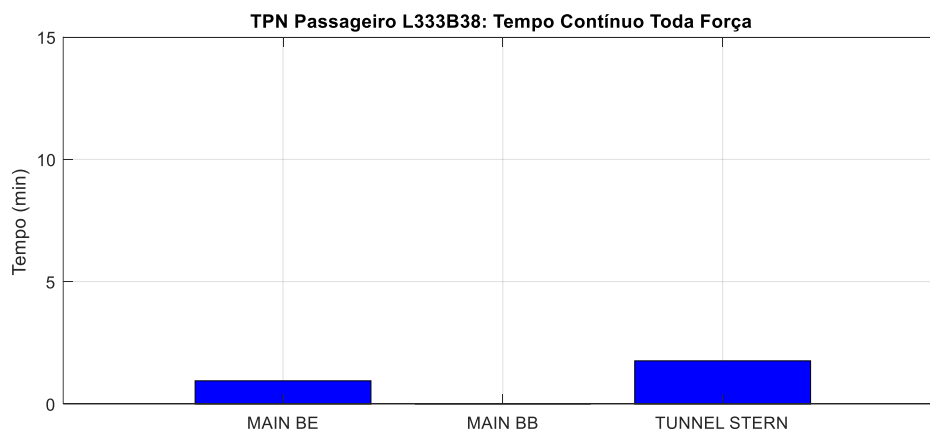
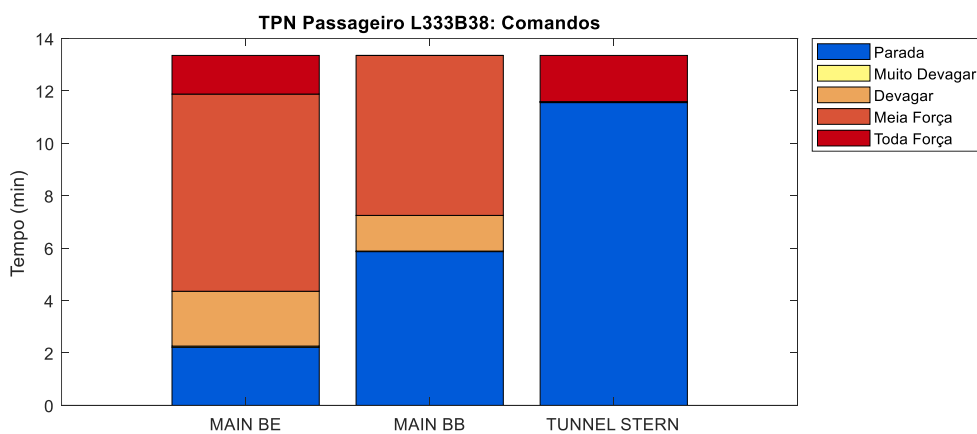
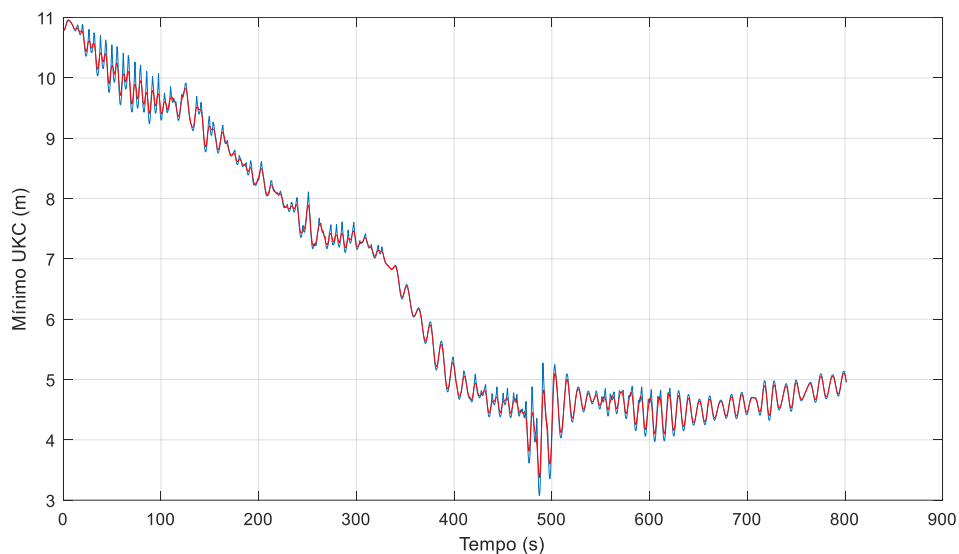


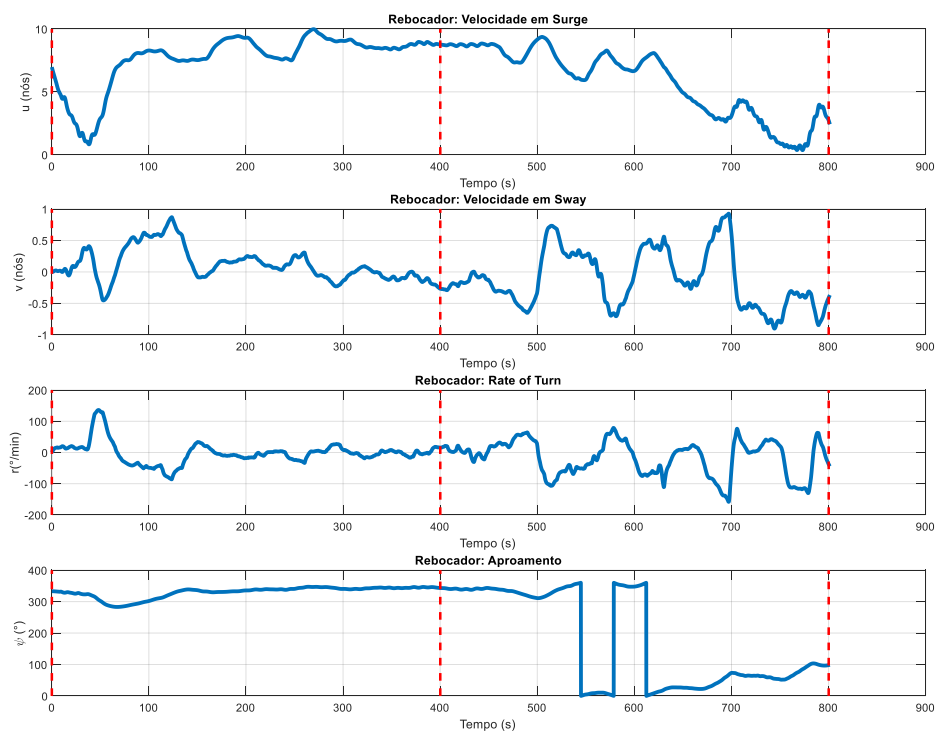
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



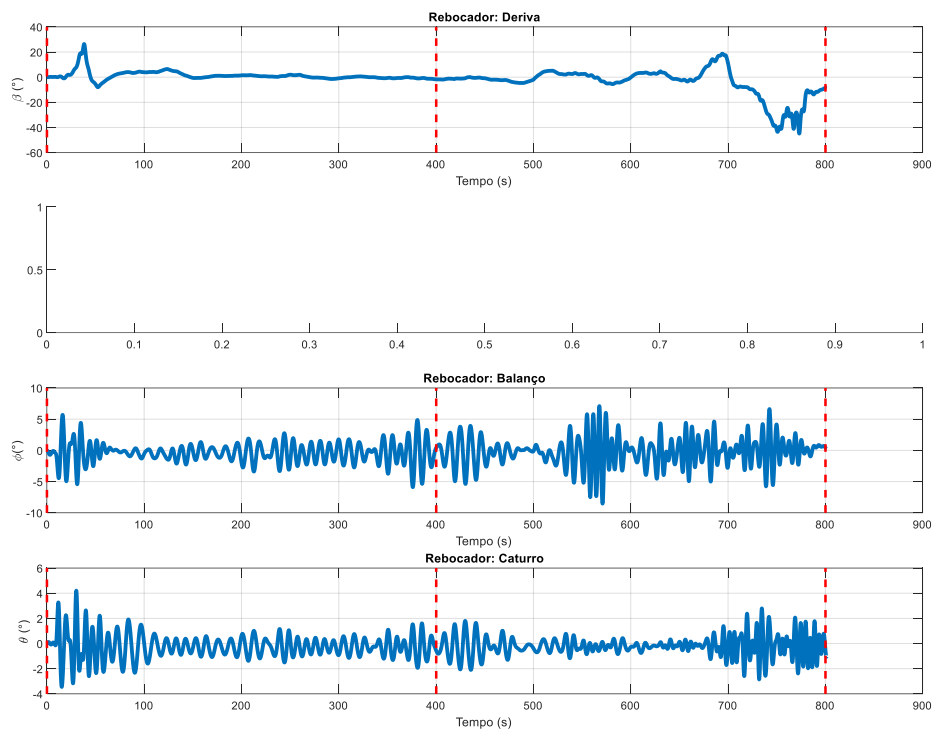
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

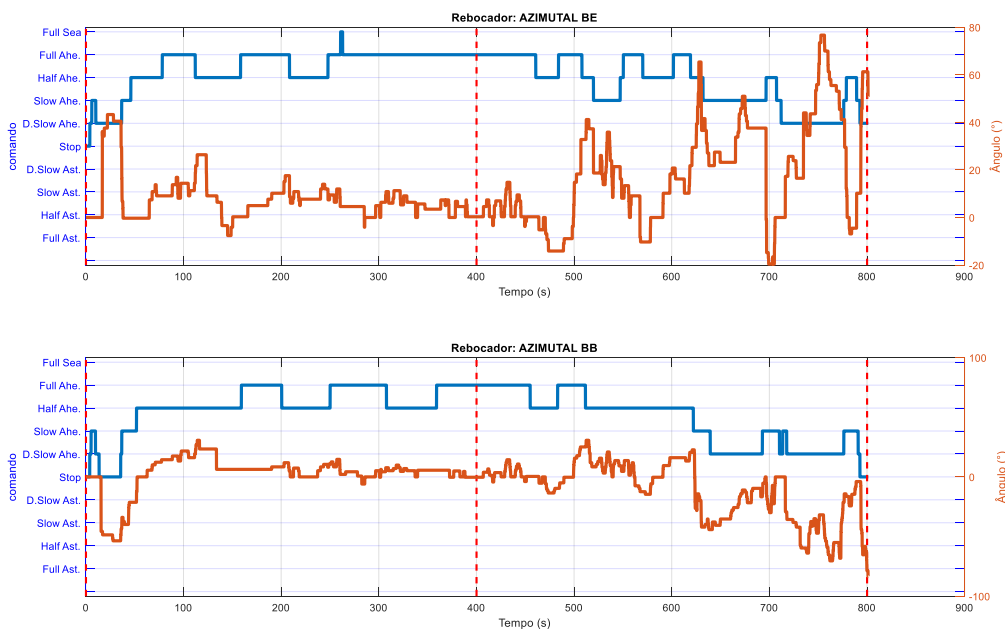
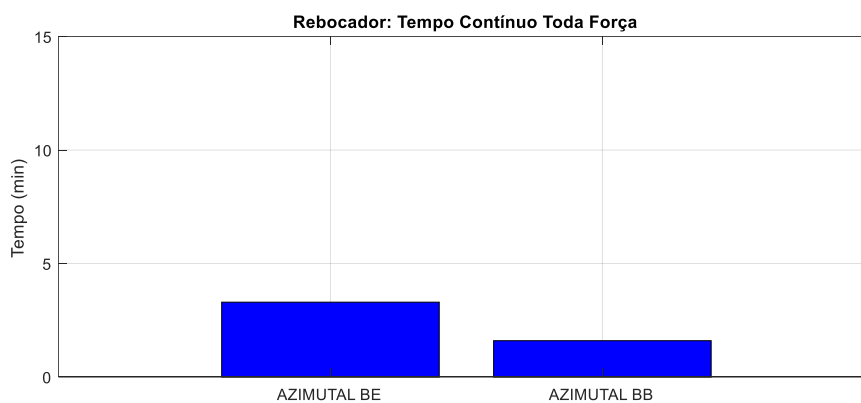
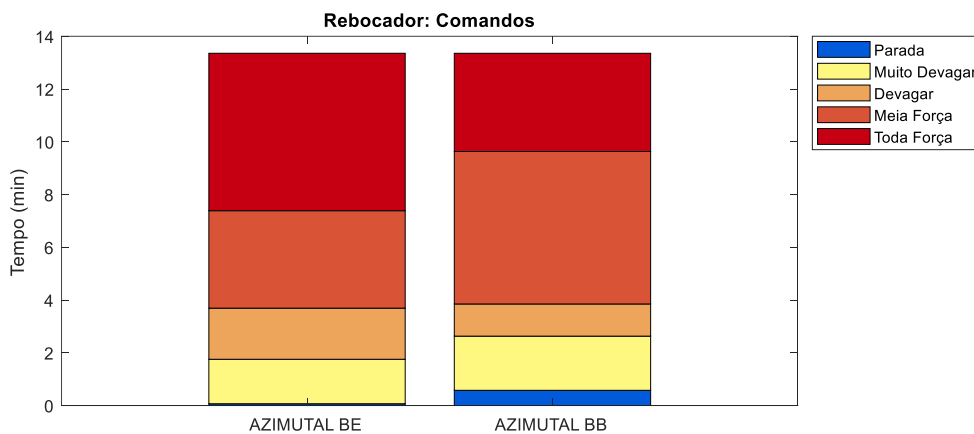
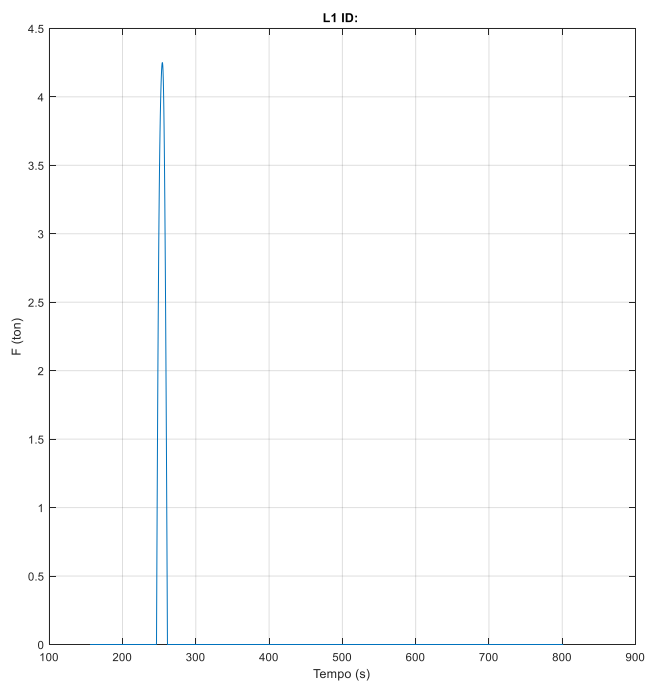


Gráfico de barras (Rebocador):



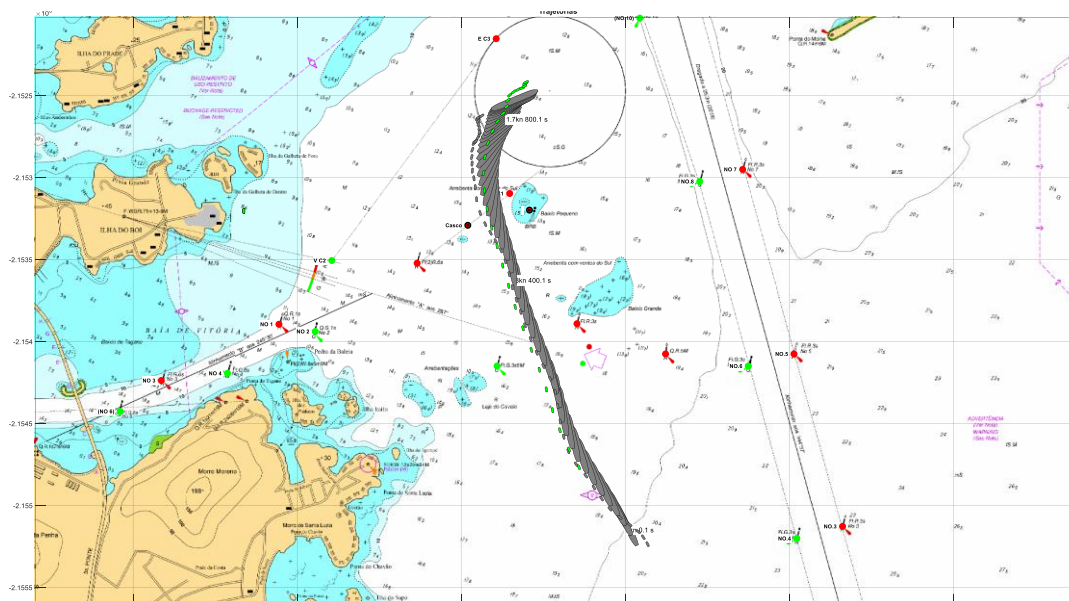
Força nos cabos e defensas:



5.9 Manobra 7

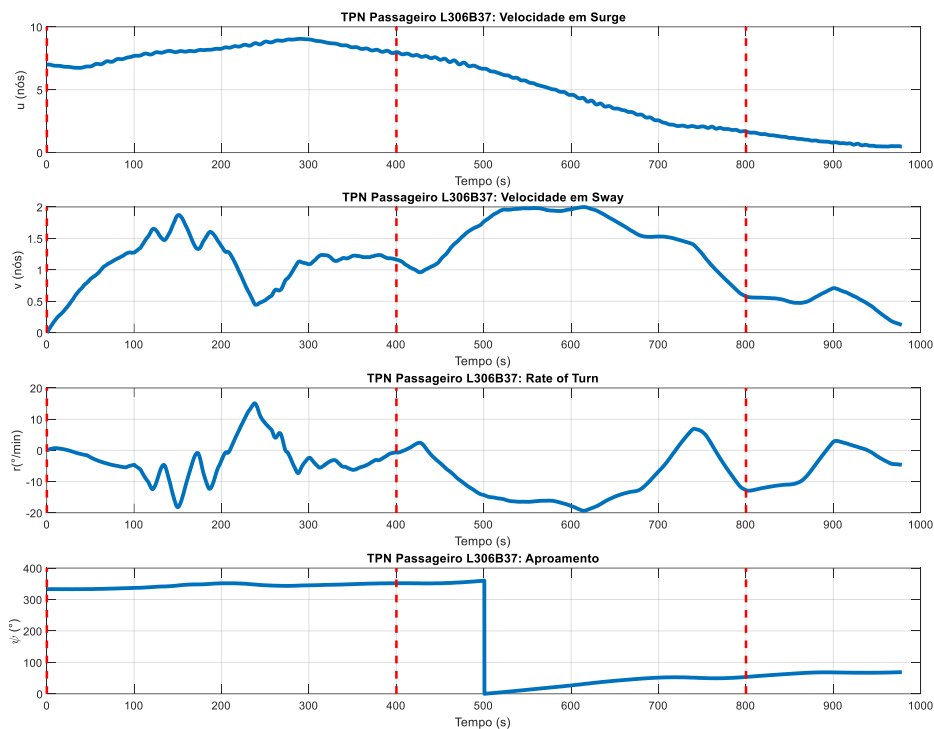
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Falha parcial do sistema de governo

Trajeto da embarcação

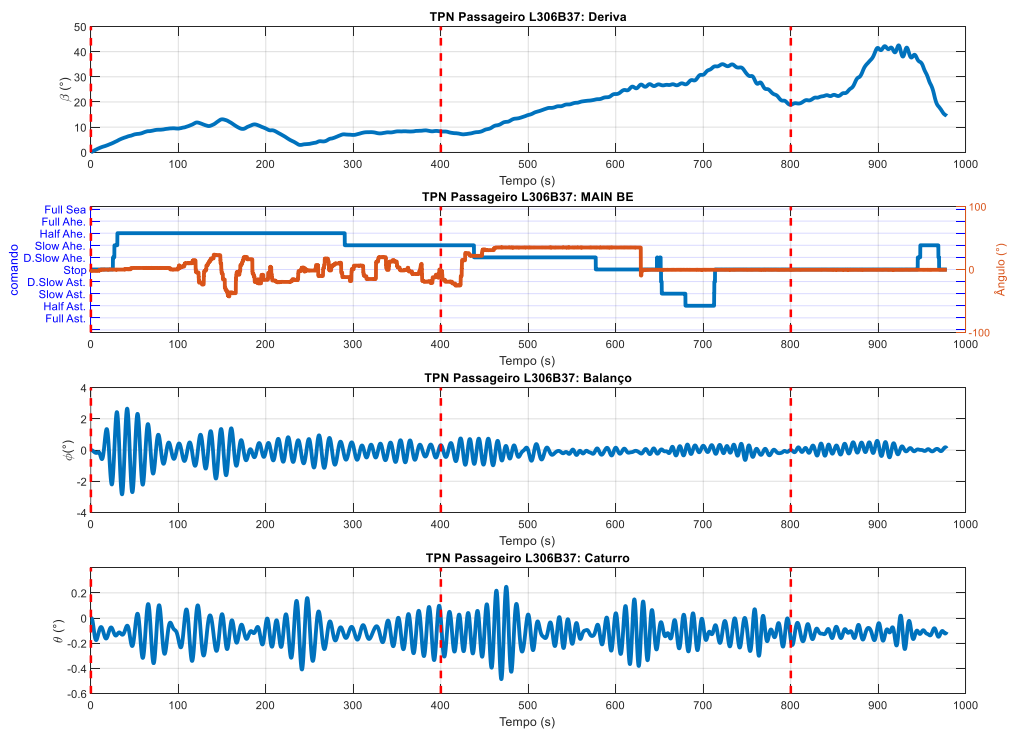


No **Caso 7** com **FALHA PARCIAL DO SISTEMA DE GOVERNO** (falha do leme de BB; travado 15°BB), gerada no momento que passou a meio entre boias da Laje do Cavalo e do Baixo Grande com 8.7nós, devagar adiante, na proa 347° e leme de BE funcionando, foi possível compensar com deflexões a BE, reduzindo [e até parando] propulsor de BB. Passando a 60m do Baixo Pequeno, favorecido pelos fatores ambientais afastando do baixo, foi possível controlar *Passageiro L306B37* com máquinas e leme de BE chegando ao fundeadouro e girando com apoio de *thrusters*.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

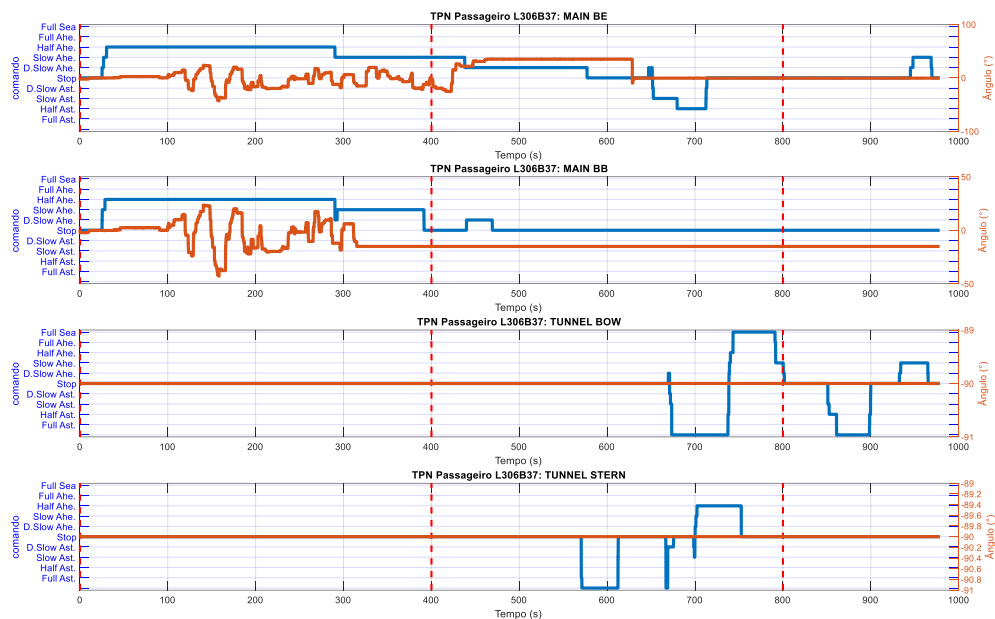
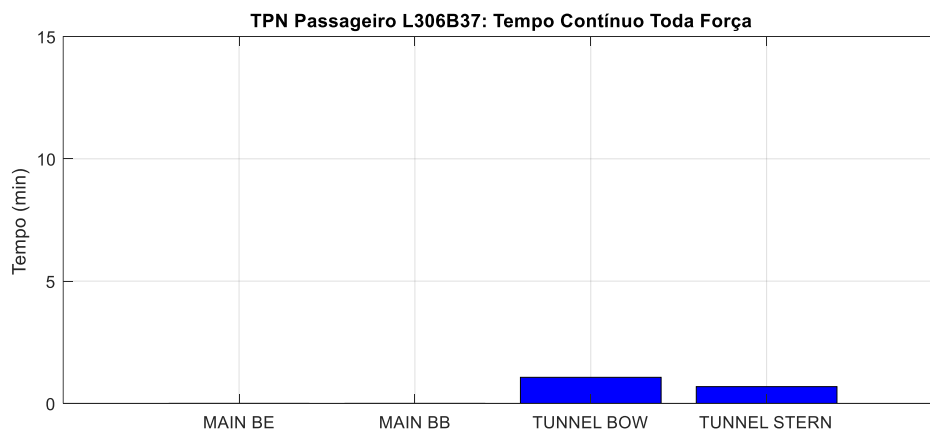
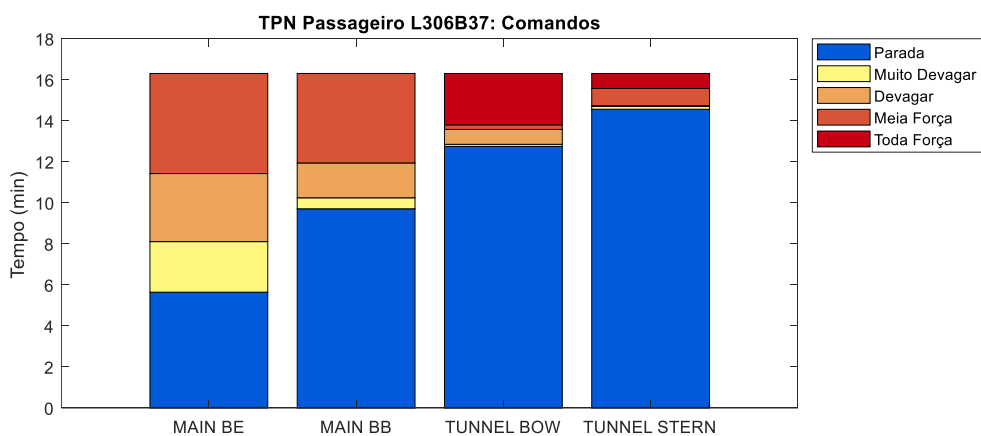
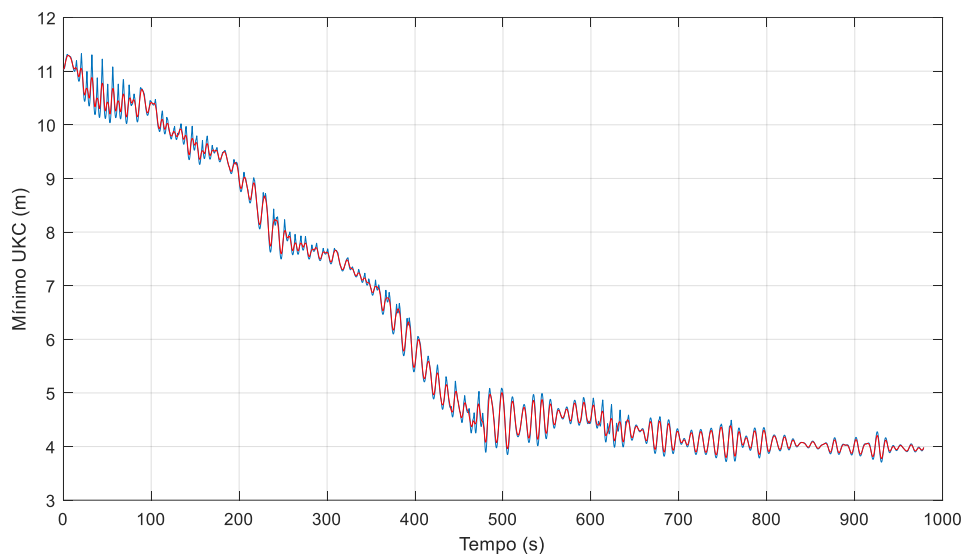


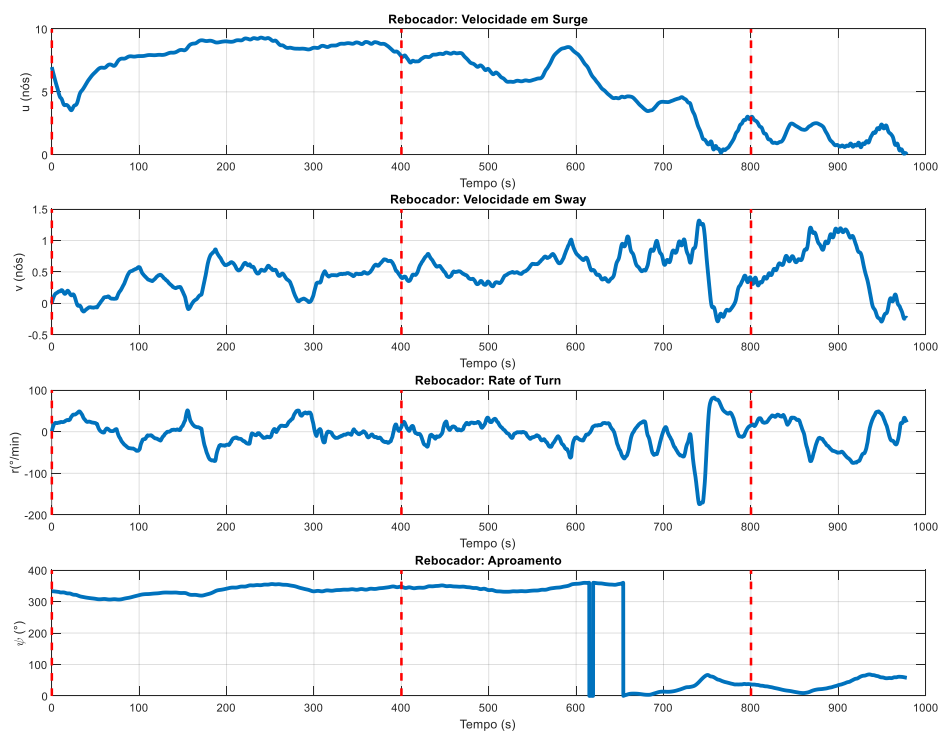
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



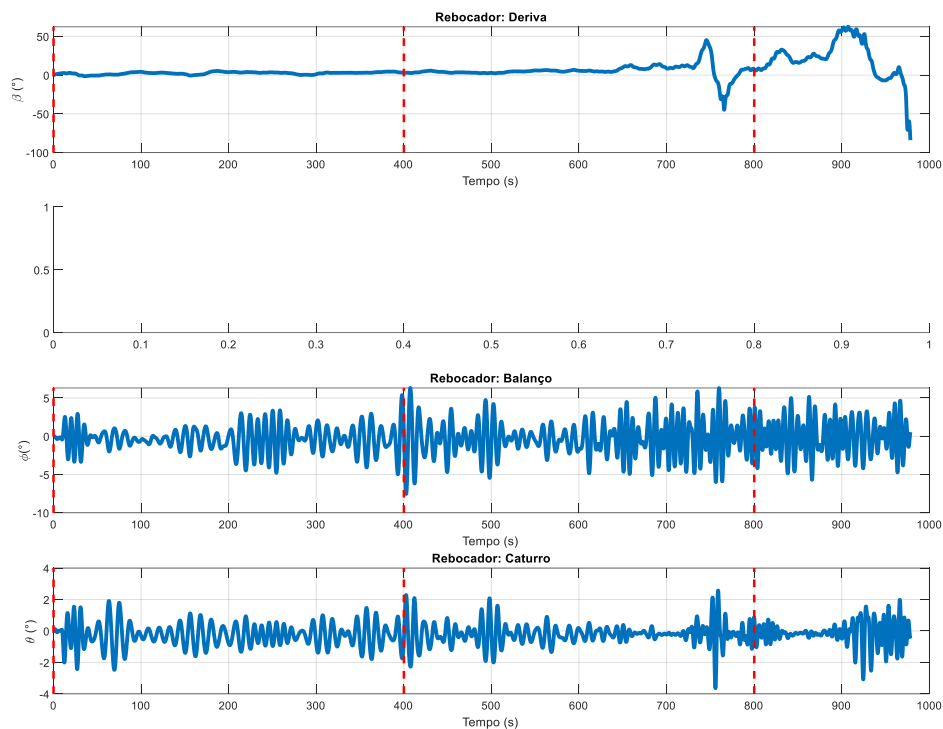
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

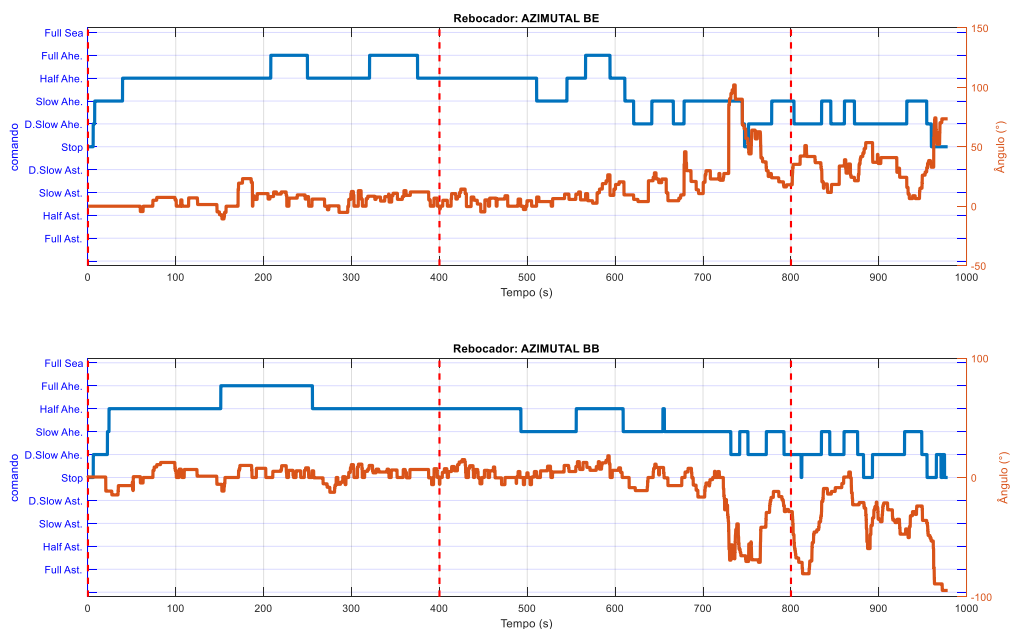
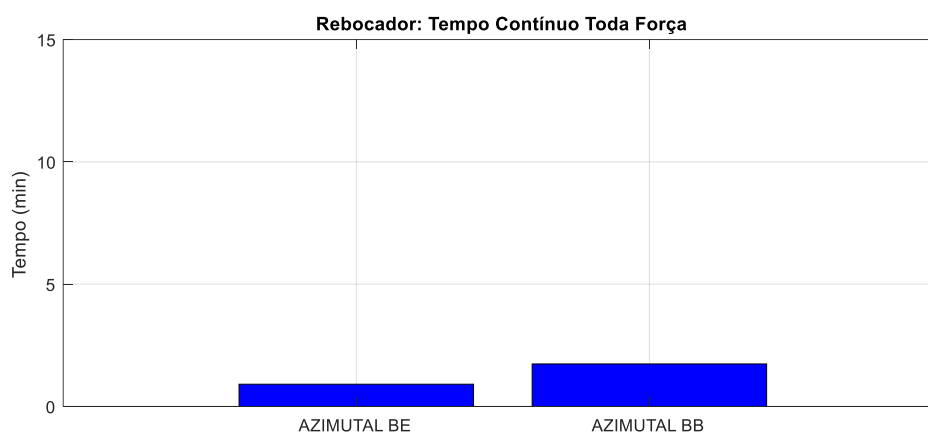
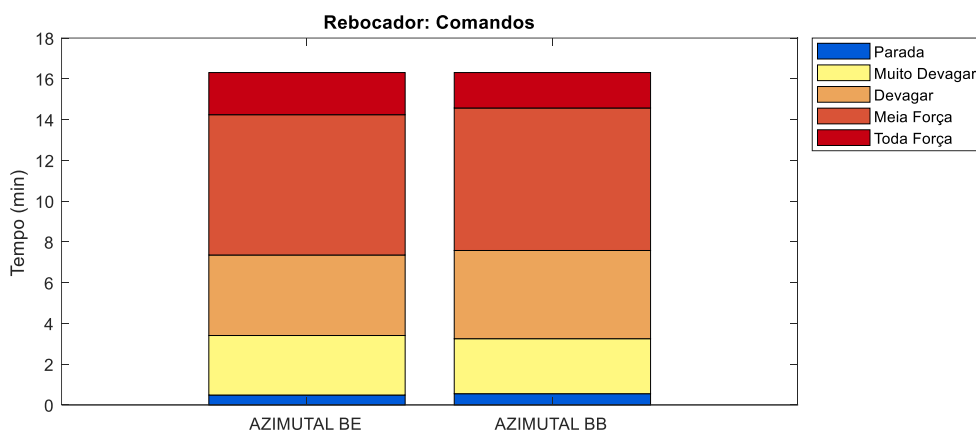


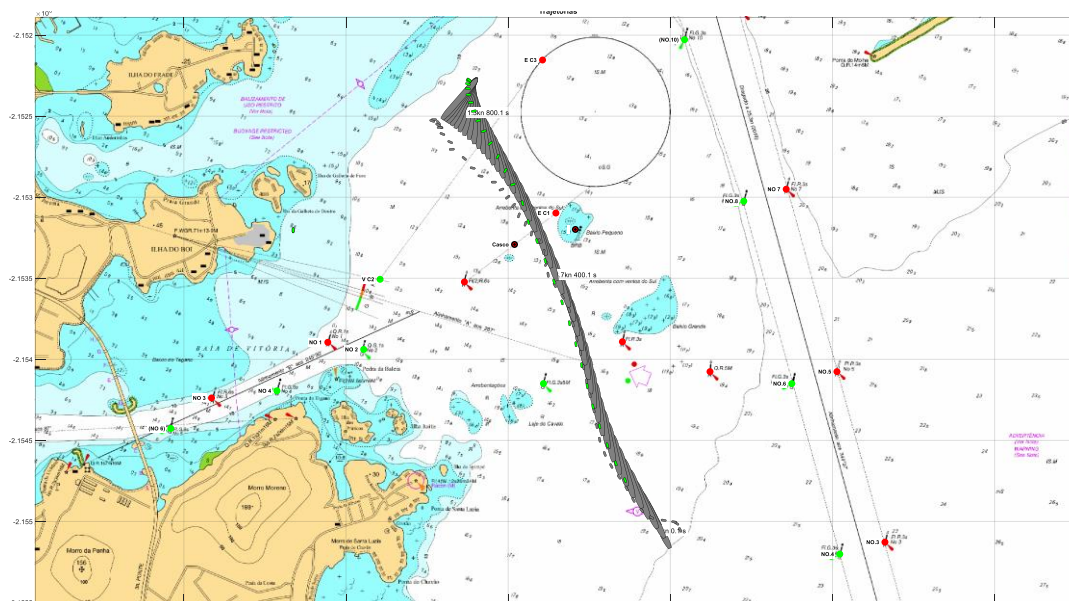
Gráfico de barras (Rebocador):



5.10 Manobra 8

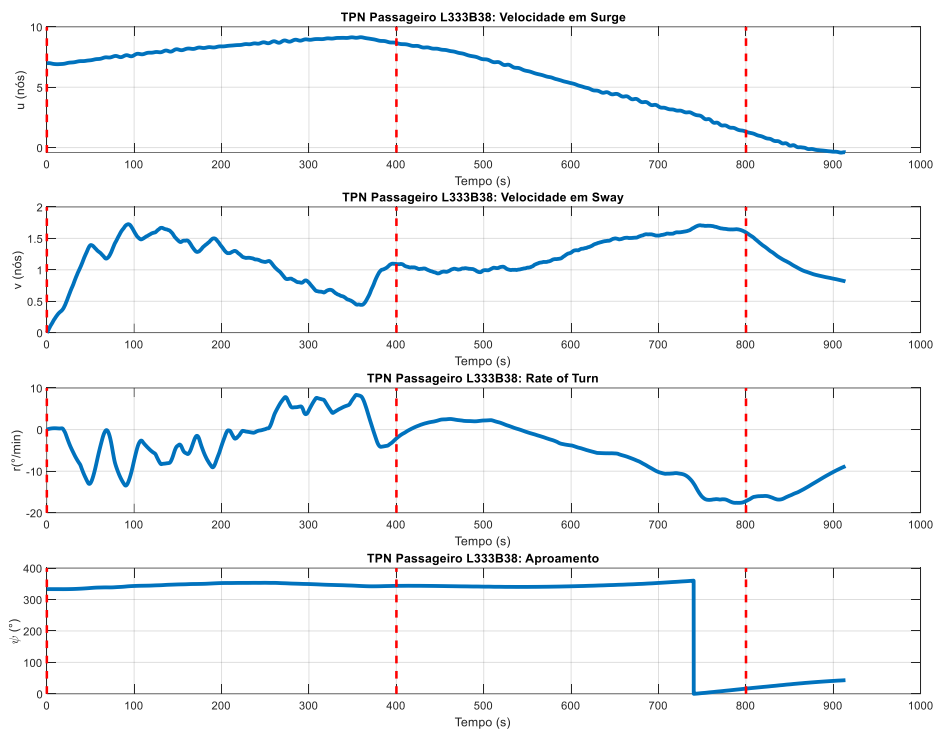
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Blackout

Trajetoória da embarcação

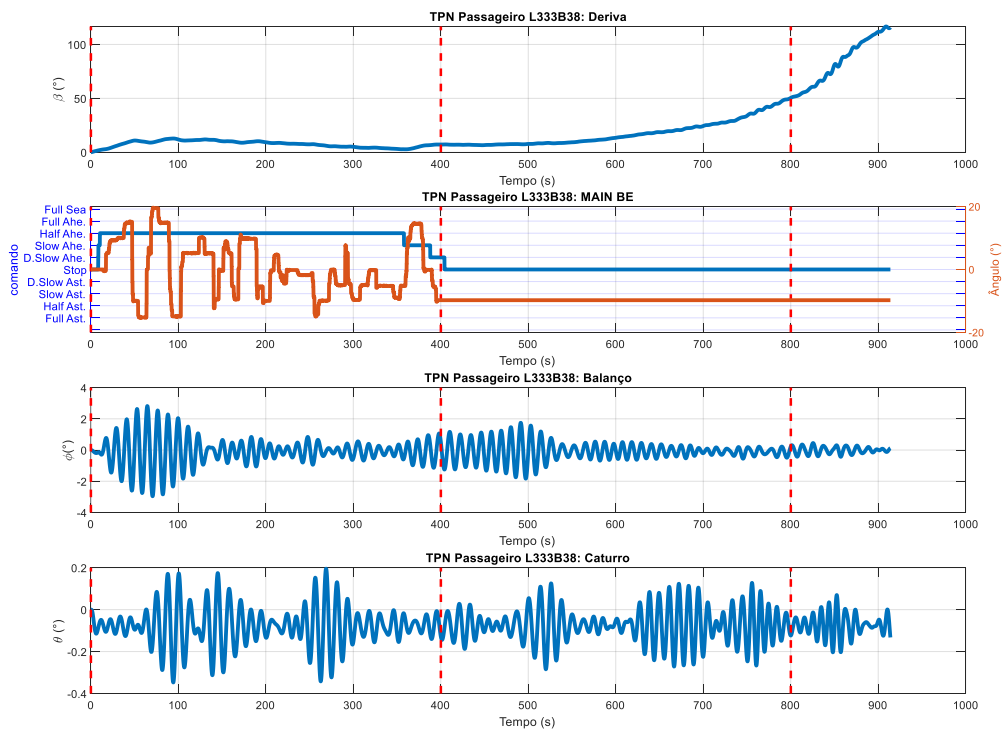


A falha de **BLACKOUT NO NAVIO** (ficando sem propulsão; sem energia; lemes travados 10°BB), no momento que chegava ao final do canal com 8.7nós, muito devagar adiante, proa no través do Baixo Pequeno [distante 75m], trouxe muitas dificuldades para o controle do navio (**Caso 8**). Por estar com velocidade elevada, as ações de compensação em emergência por parte dos rebocadores tinham eficácia limitada [popa centro puxando para ré tinha eficácia maior com cabo longo]. Foi preciso largar ferro de BE com 2 quartos e mais 2 quartos em seguida, mesmo com 5nós de seguimento AV, para ajudar na redução do seguimento. Navio chegou a ultrapassar o limite de segurança estabelecido a Oeste, mas foi possível parar após redução de velocidade até 3nós, aumentando a efetividade do apoio de rebocadores, bem como ferro de BE segurando proa e evitando avançar para águas mais rasas.

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

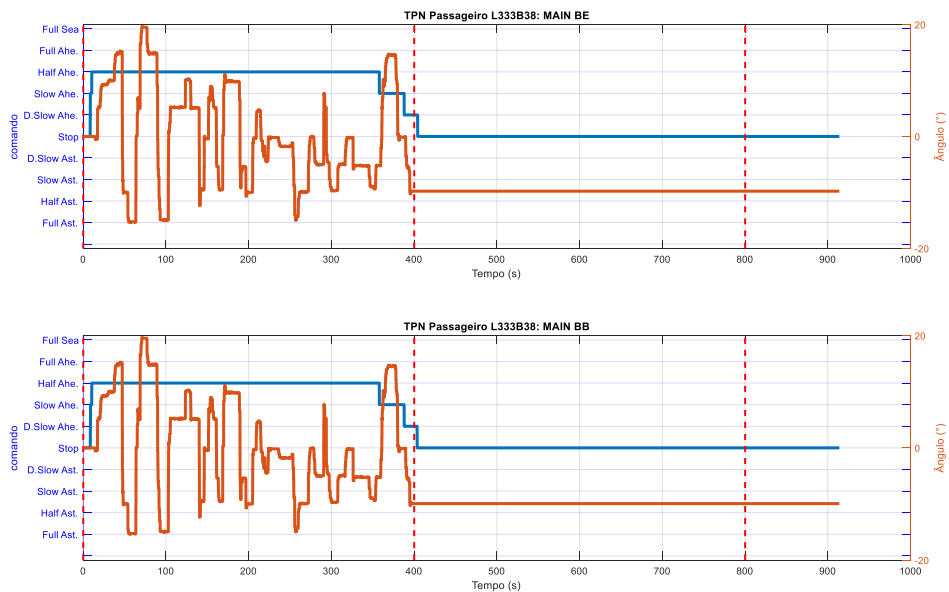
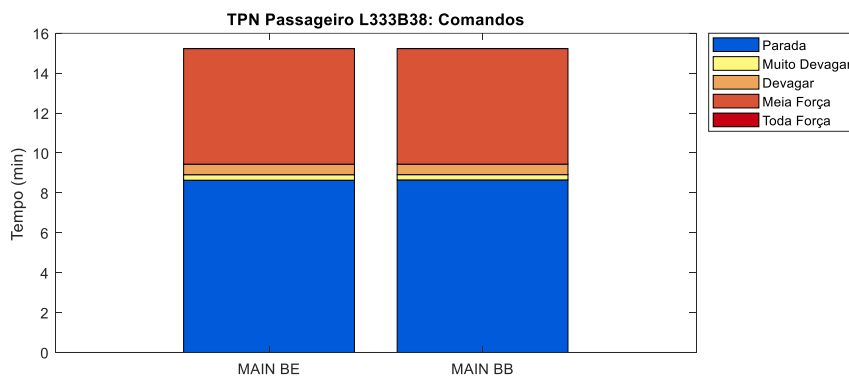
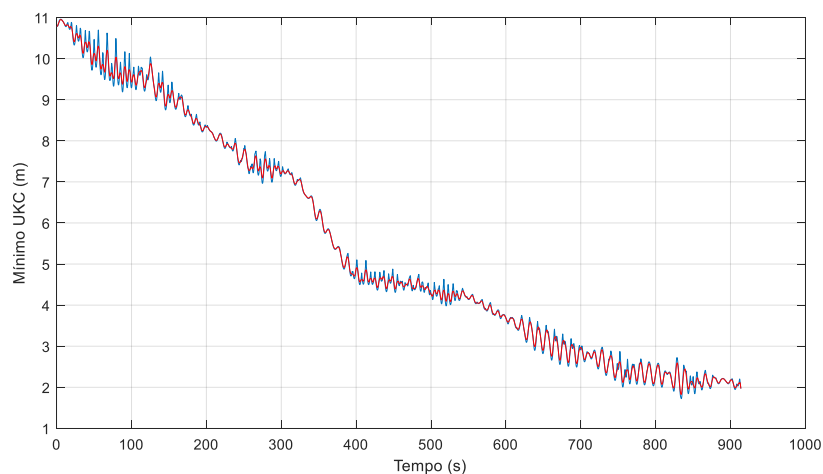


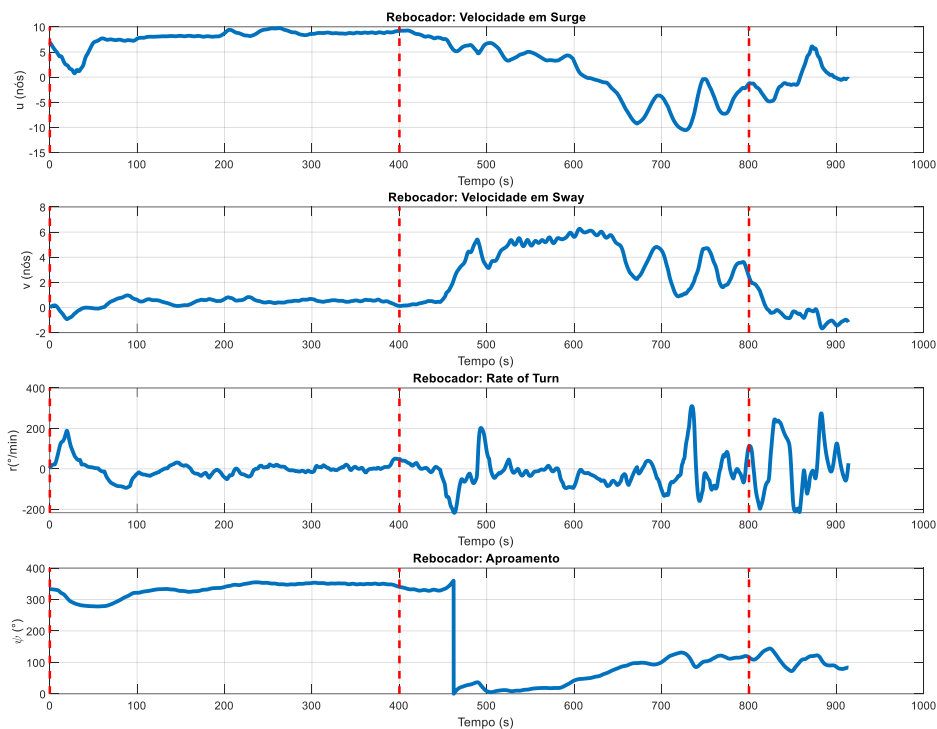
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



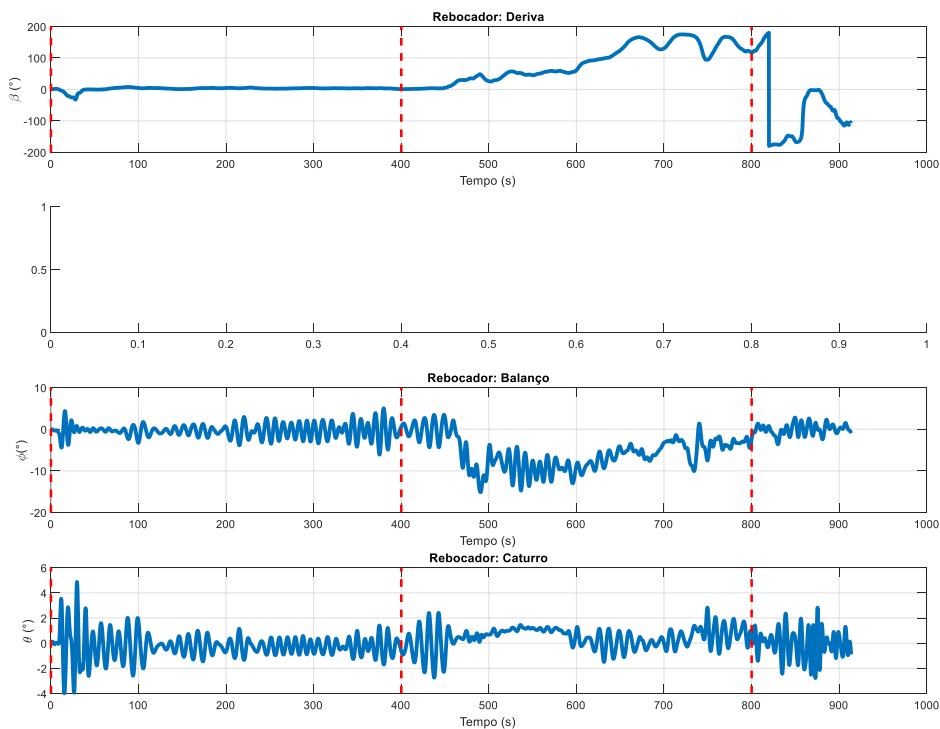
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

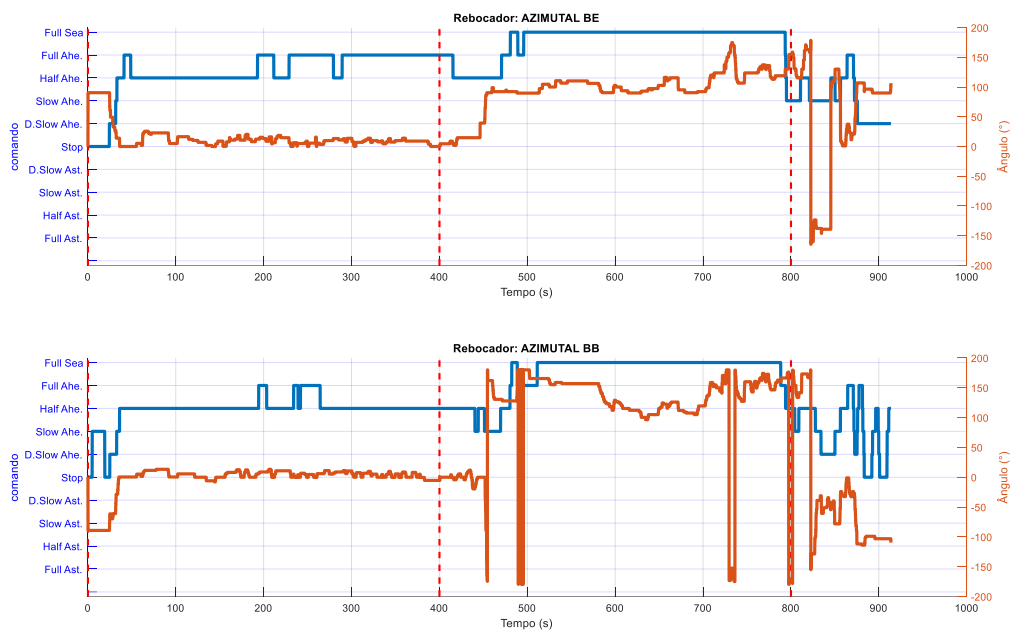
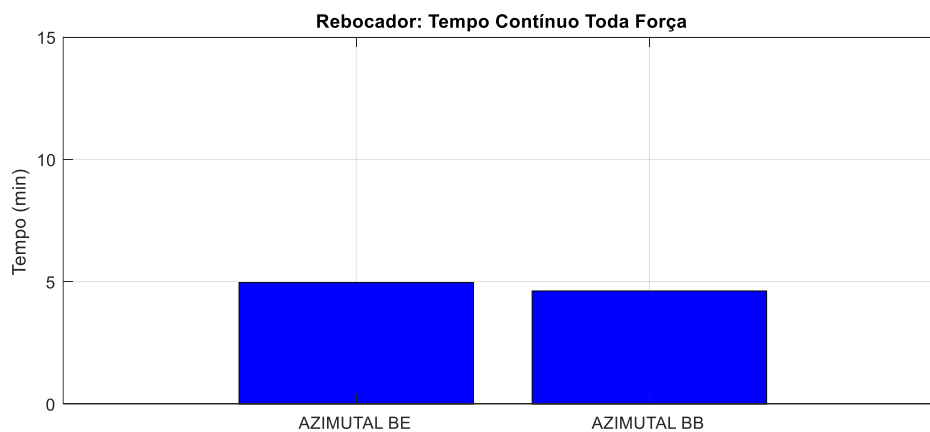
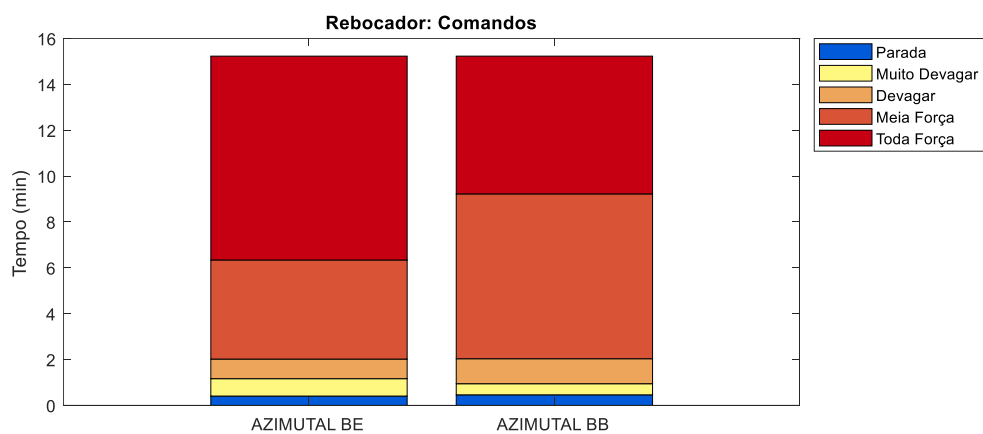
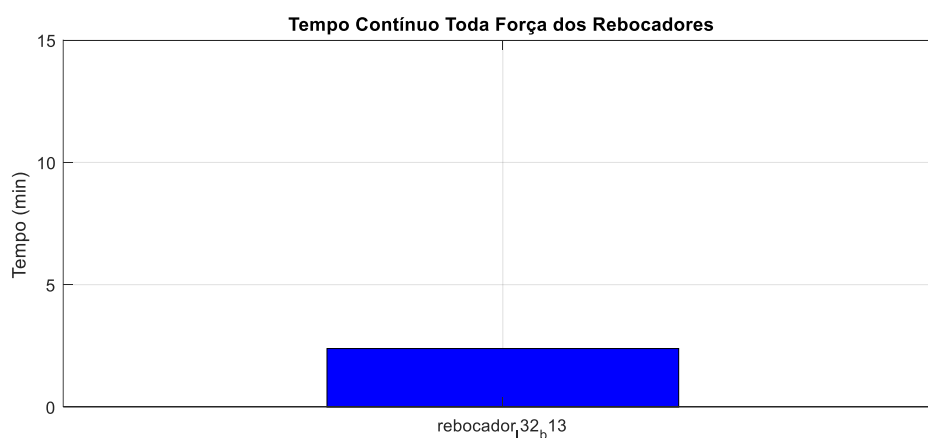
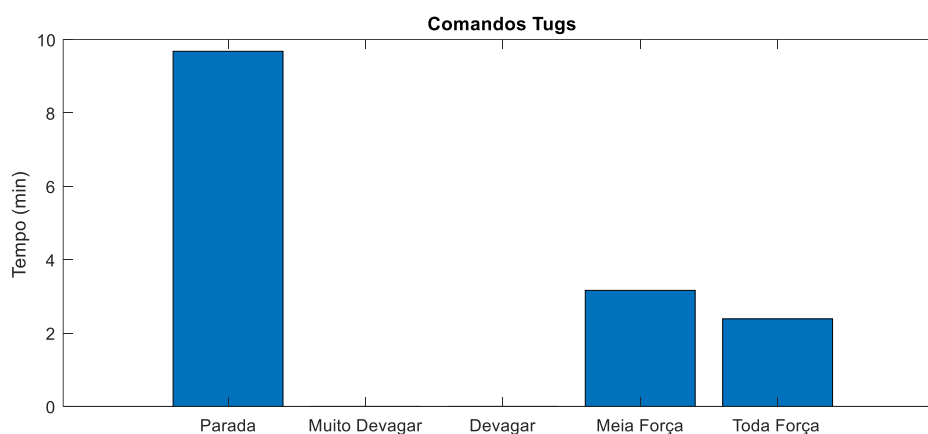
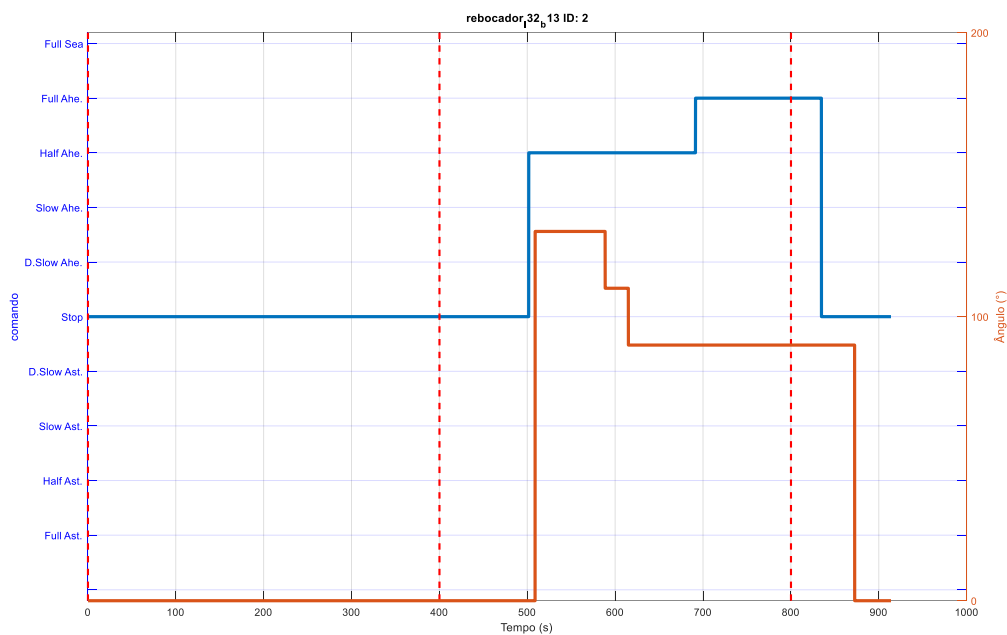


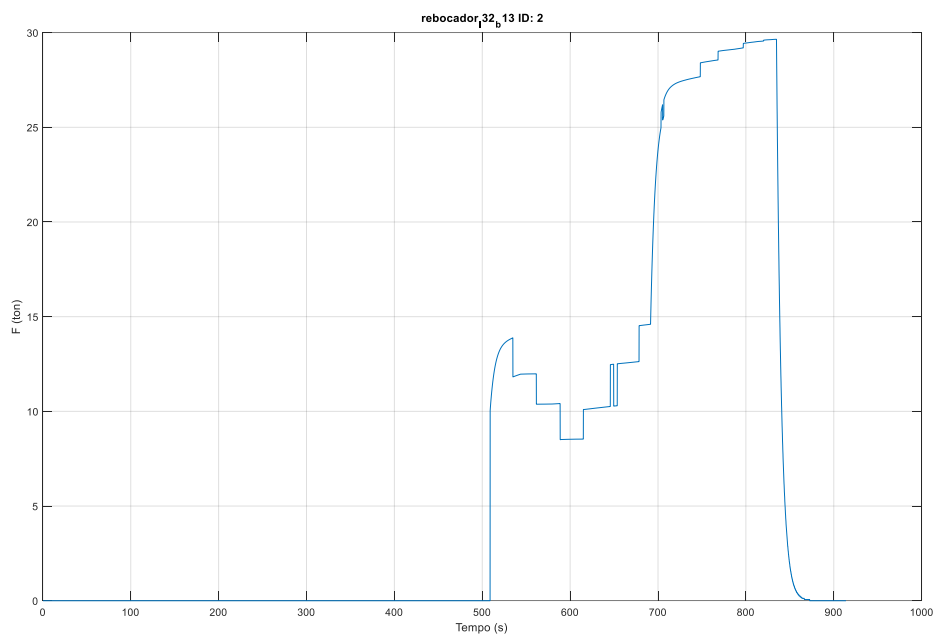
Gráfico de barras (Rebocador):



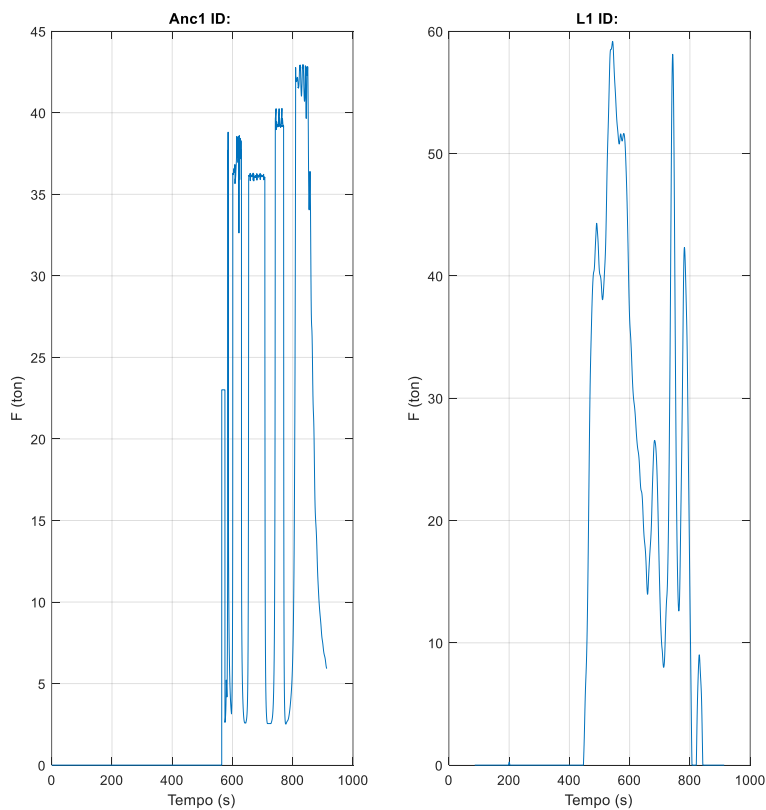
Comando de rebocadores vetoriais:



Força efetiva dos rebocadores vetoriais:



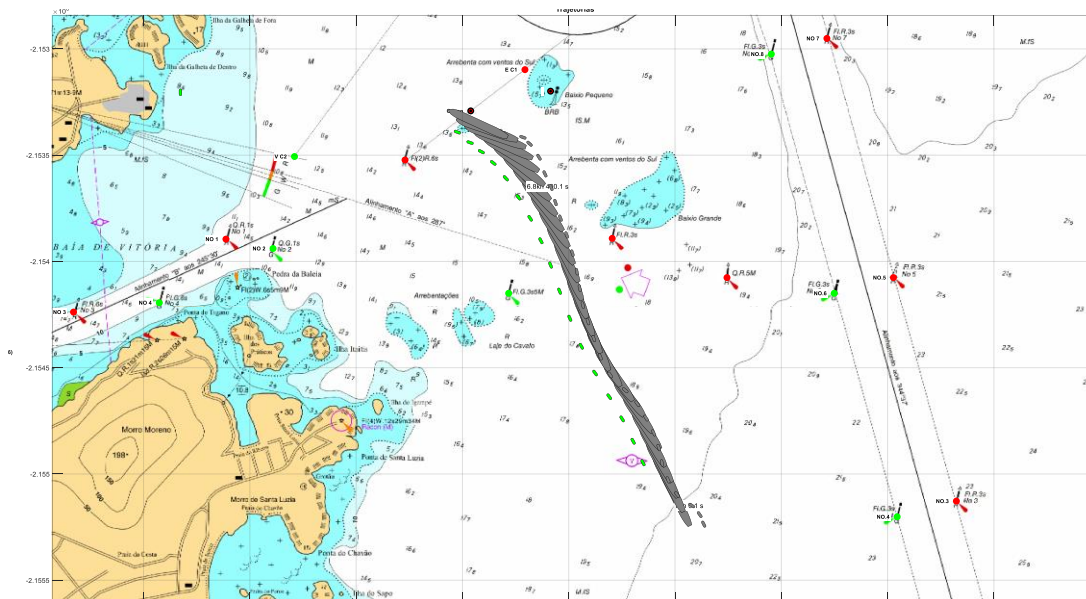
Força nos cabos e defensas:



5.11 Manobra 9

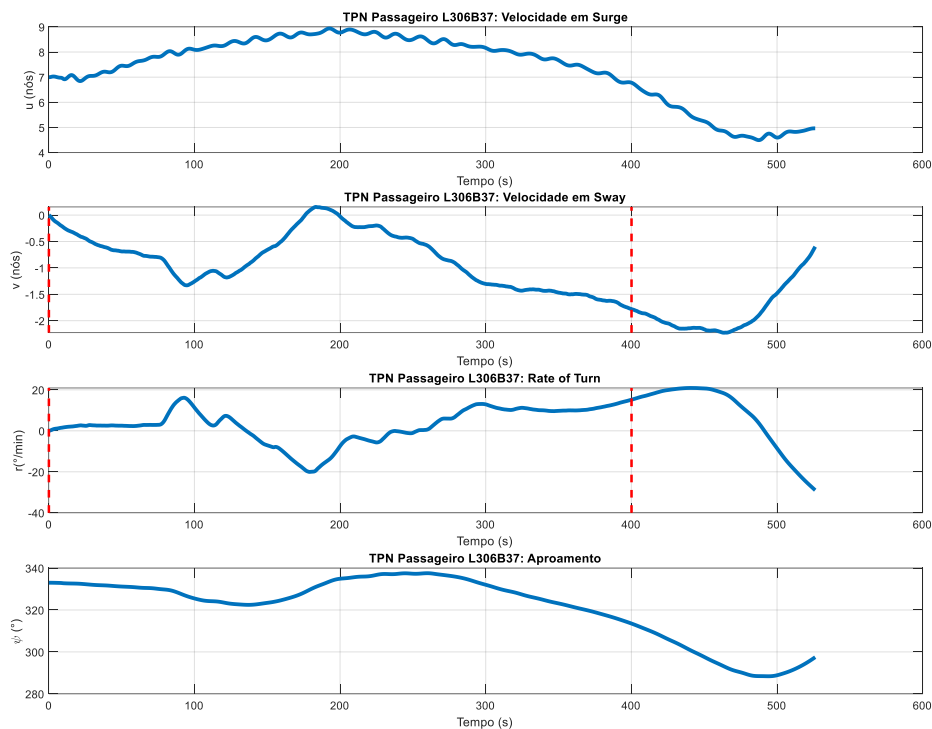
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb5_OE_VSSW_CV
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: SSW - 27kn	Onda: SE - 2.0m - 14s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Condições adversas de vento

Trajetoória da embarcação

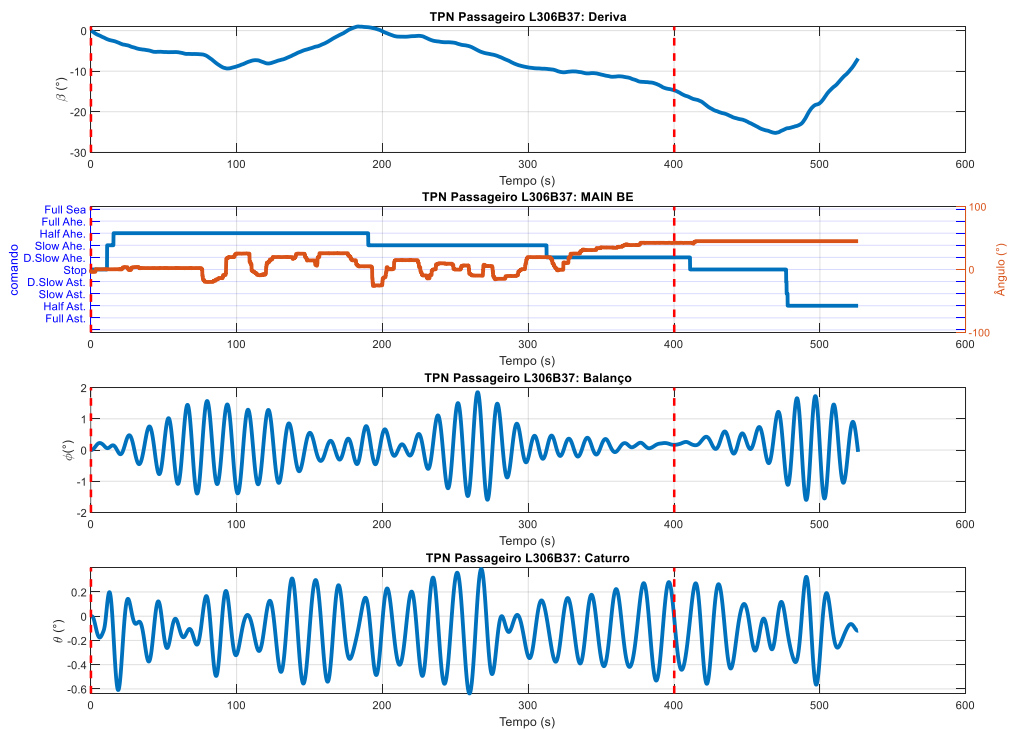


No **Caso 9** com passagem do *Passageiro L306B37* pelo canal “Bravo” no **Cenário Amb5_OE_VSSW_CV** [corrente vazante 0.3nó; vento SSW 27nós; onda SE 2m14s] e rebocadores no arranjo 2x60T [proa BB solto; popa centro], a manobra já foi iniciada sob **CONDIÇÕES ADVERSAS DE VENTO (vento SSW 27nós com pico de 33nós)** procedendo com 7nós, meia força adiante e na proa 333°. Com forte tendência de proa para BB na passagem pela Laje do Cavalo, *Passageiro L306B37* não conseguiu controlar navio dentro dos limites navegáveis do canal “Bravo” com os recursos próprios disponíveis, ou seja, propulsores, lemes e *thrusters* AV e AR; navio acabou colidindo com casco soçobrado. Apesar de disponíveis, os rebocadores de apoio não foram utilizados na emergência; eles poderiam ter evitado a colisão ou minimizado o acidente. Ademais, as condições ambientais [vento em especial] estavam acima do tolerável para entrada do navio de passageiros com muita área velica; **recomenda-se** monitorar as condições ambientais com antecedência para melhor tomada de decisão.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

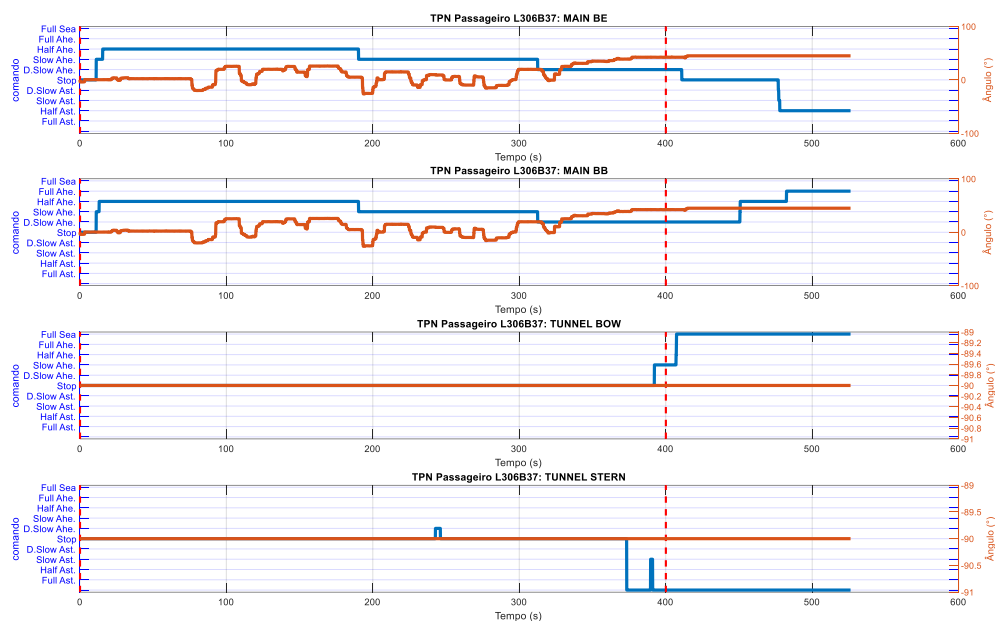
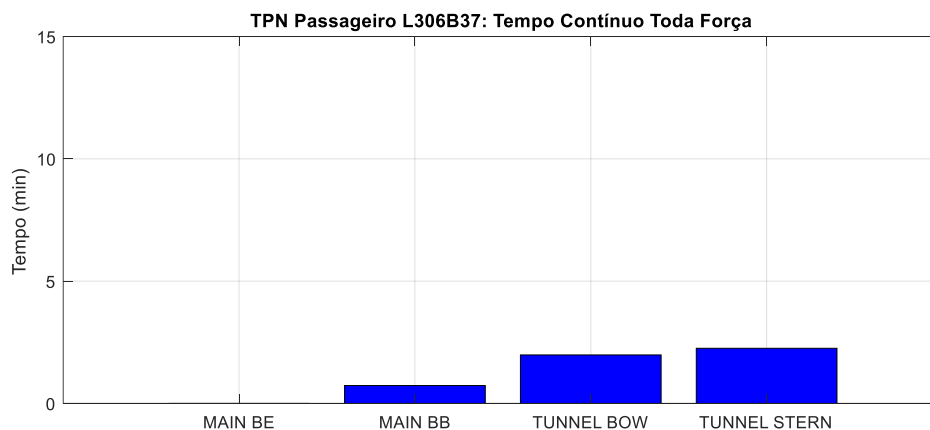
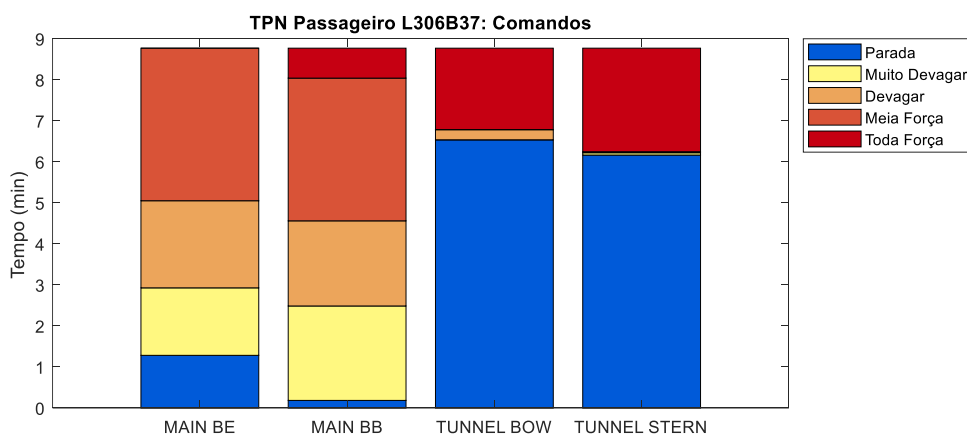
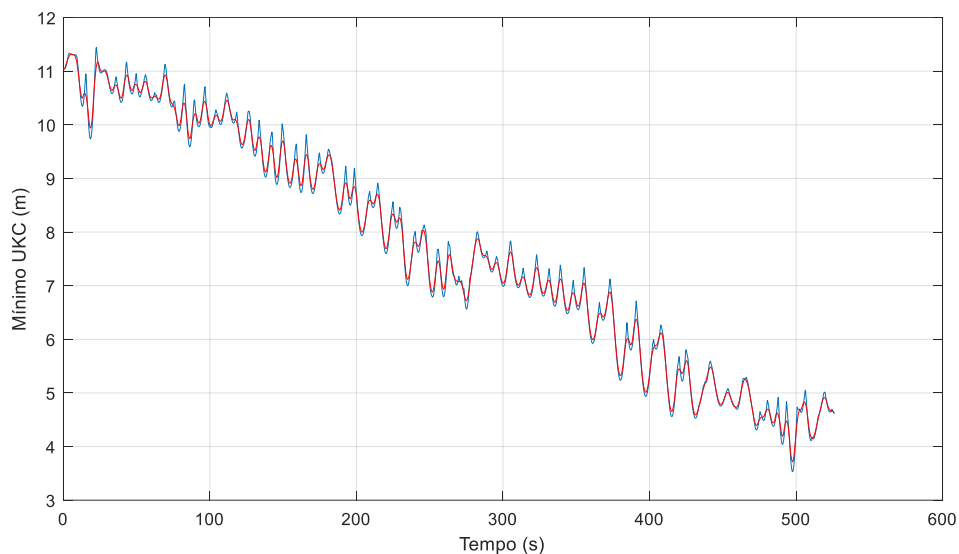


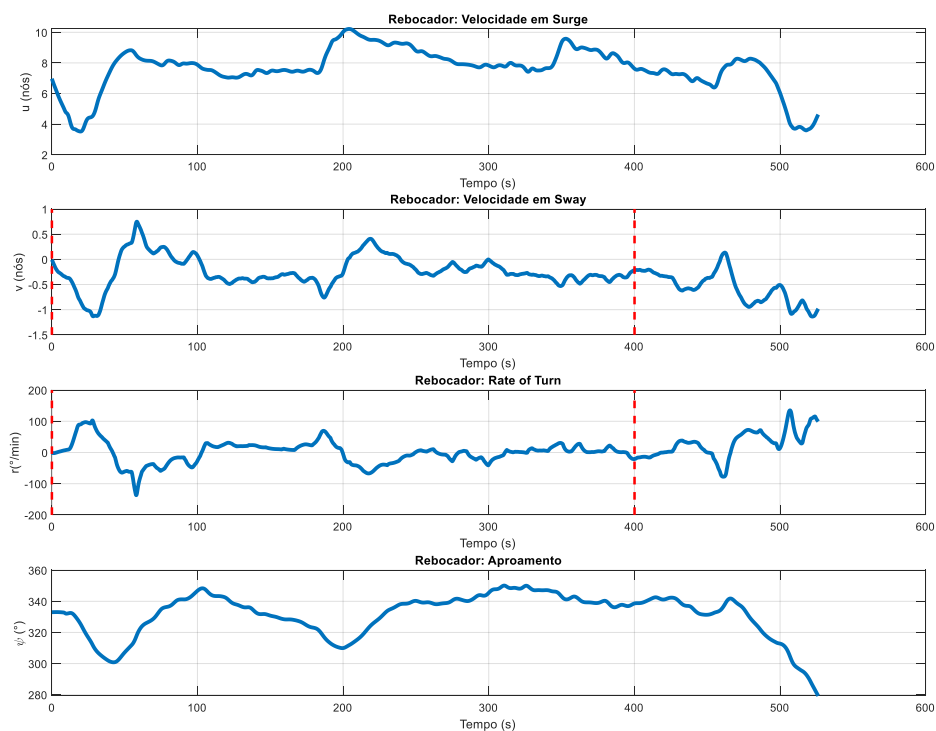
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



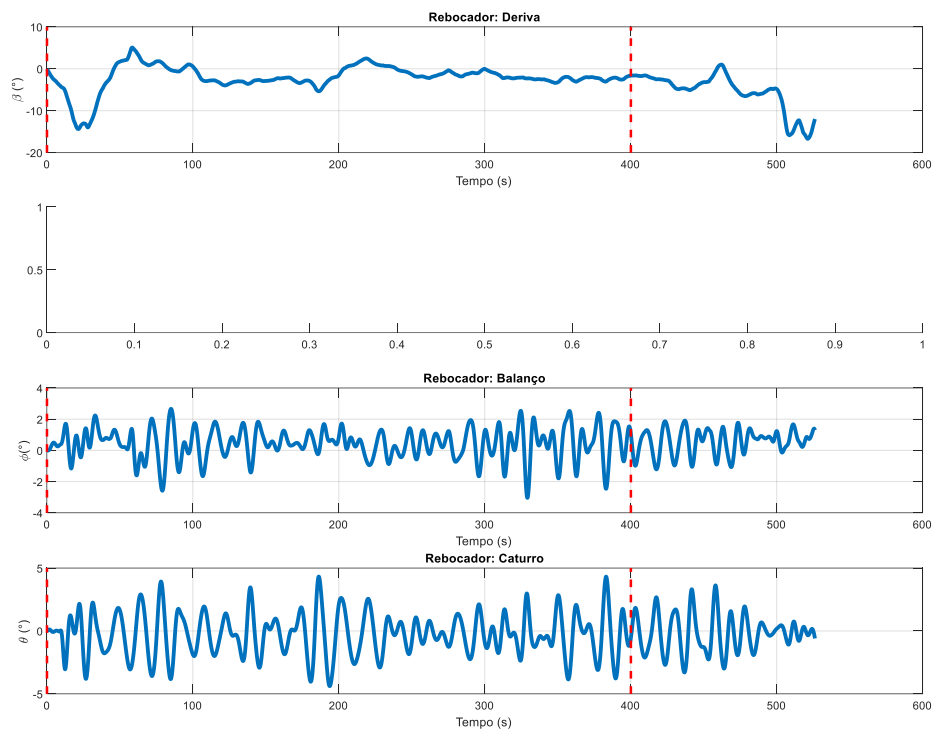
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

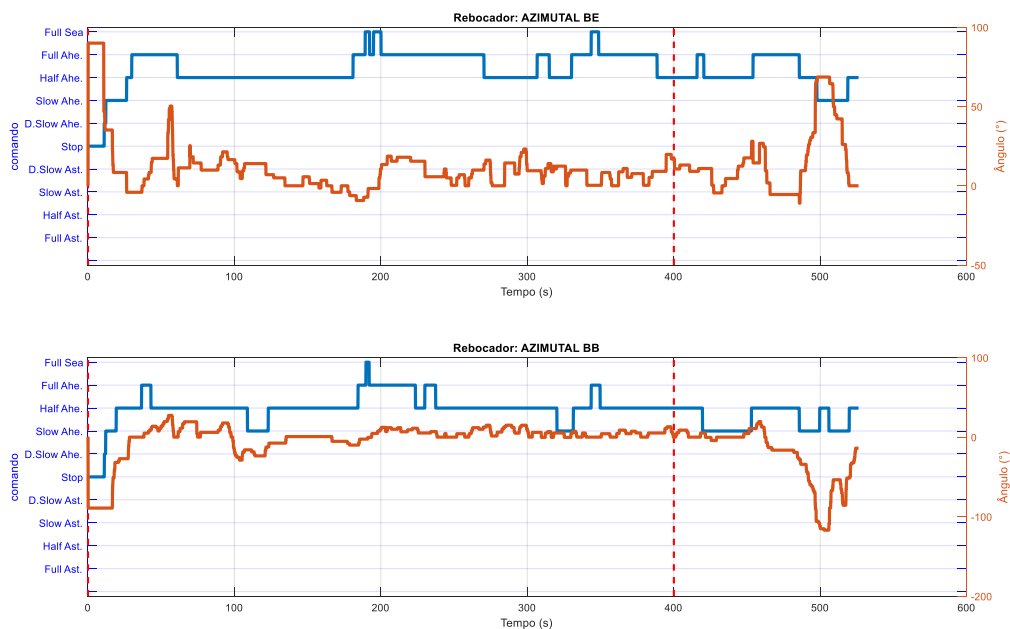
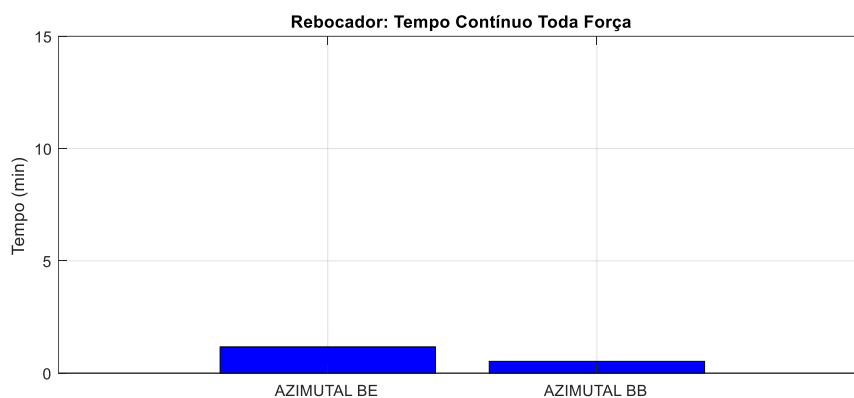
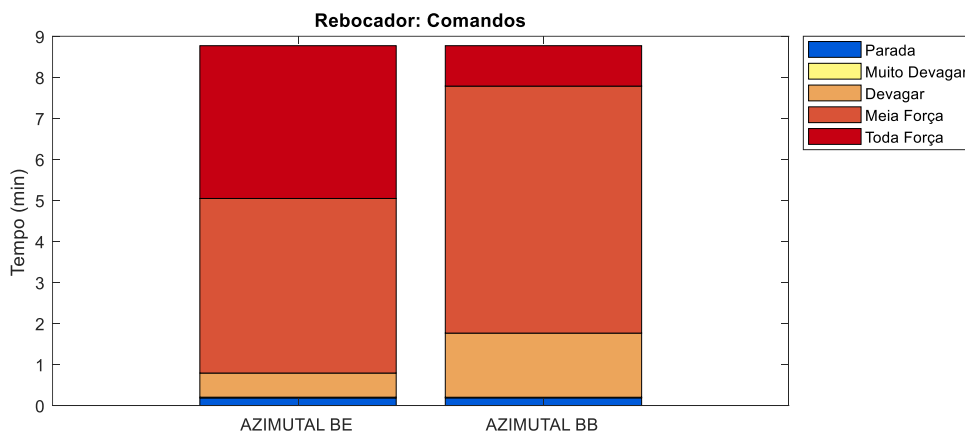
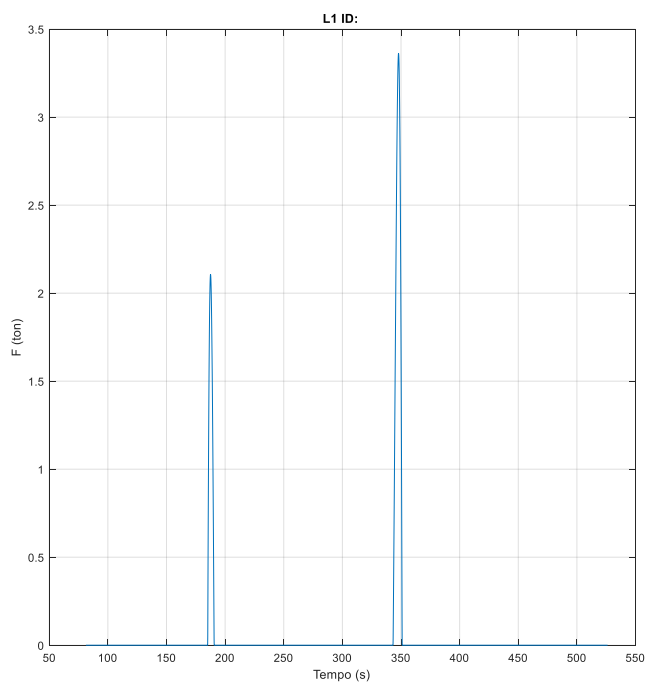


Gráfico de barras (Rebocador):



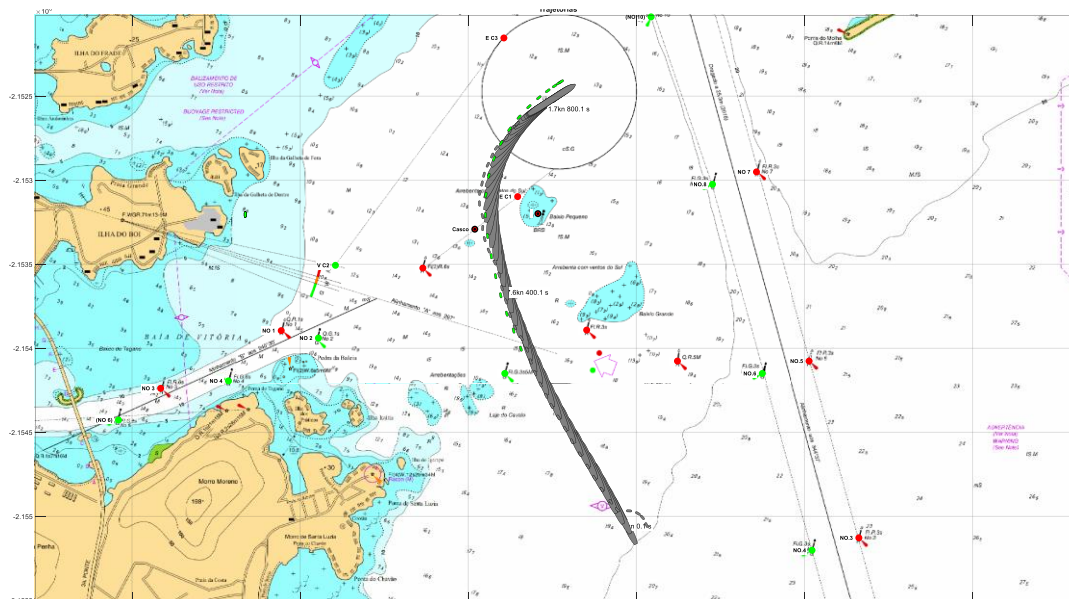
Força nos cabos e defensas:



5.12 Manobra 10

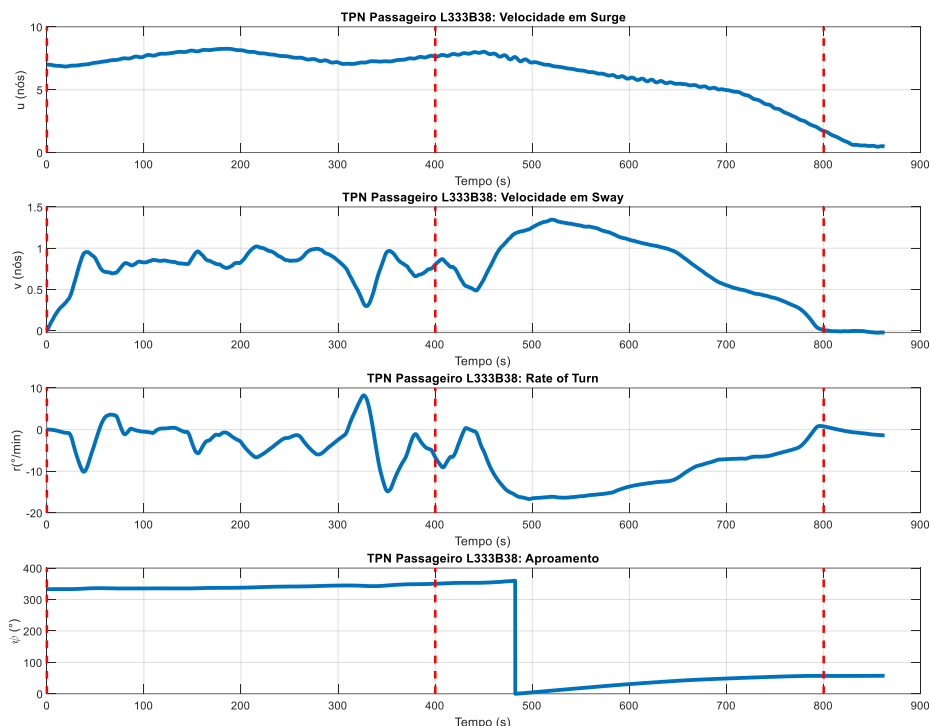
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb1_OE_VNE_CV
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Erro humano durante a execução da manobra

Trajetoória da embarcação

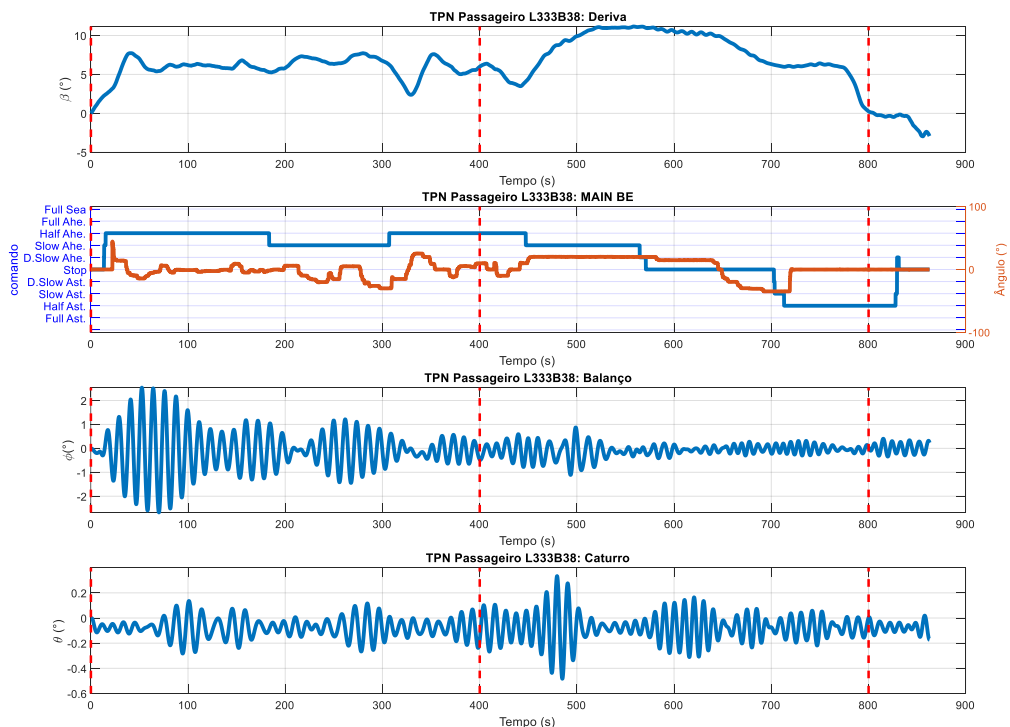


A **FALHA HUMANA** (pedido leme 10°BE, atendeu 10°BB) do **Caso 10**, gerada no momento que navio *Passageiro L333B38* passava pelo través do Baixo Grande [bem distante 300m] com 7.1nós, meia força adiante e proa 345°, foi prontamente compensada pela praticagem, não afetando andamento da manobra [nem saiu da derrota]. A manobra prosseguiu sem intercorrência; não foi necessário apoio de rebocadores que acompanharam em *stand by*.

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

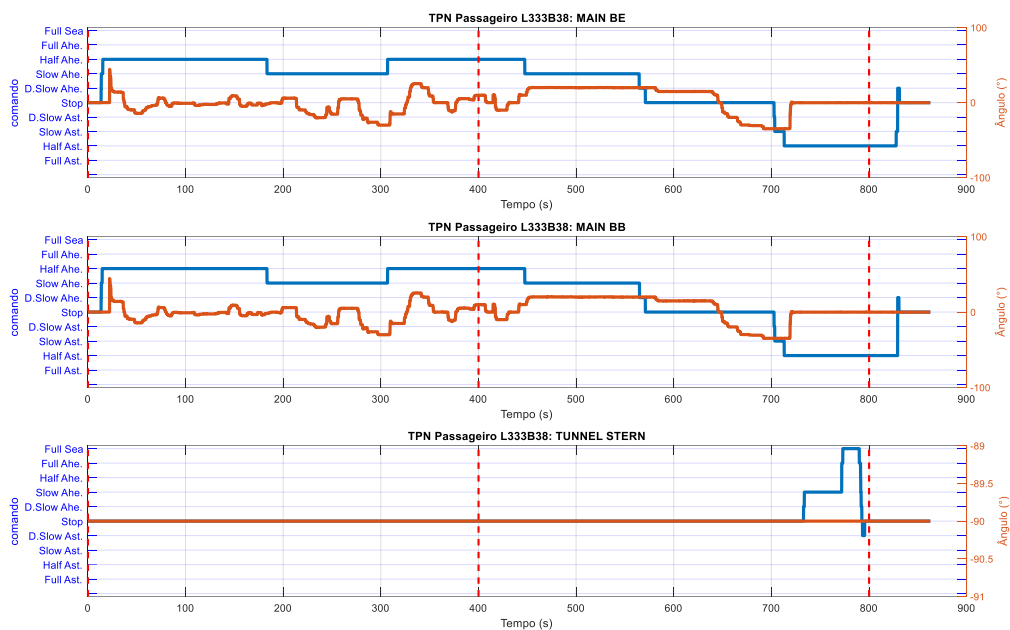
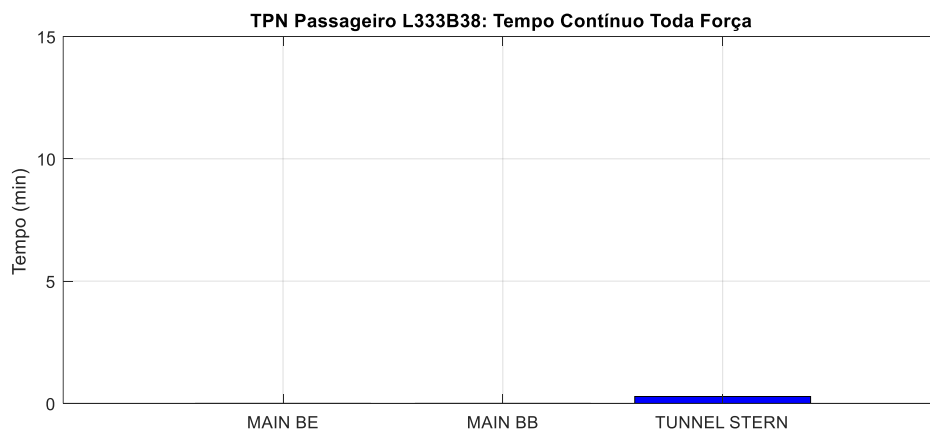
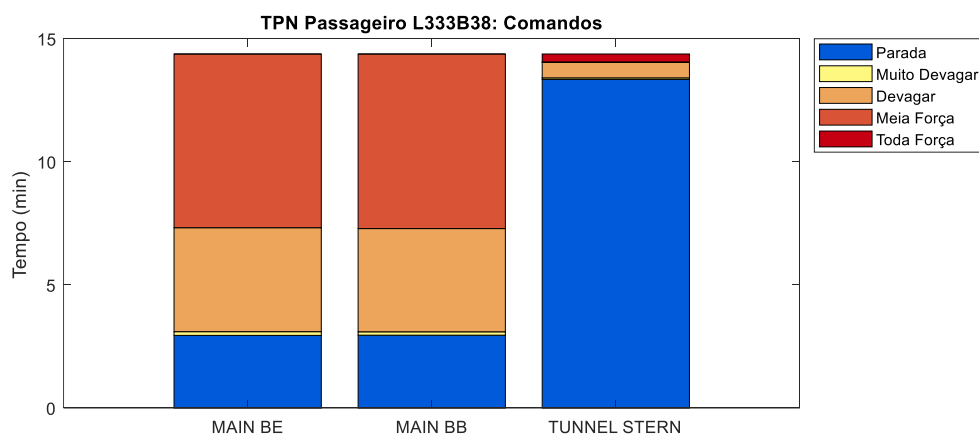
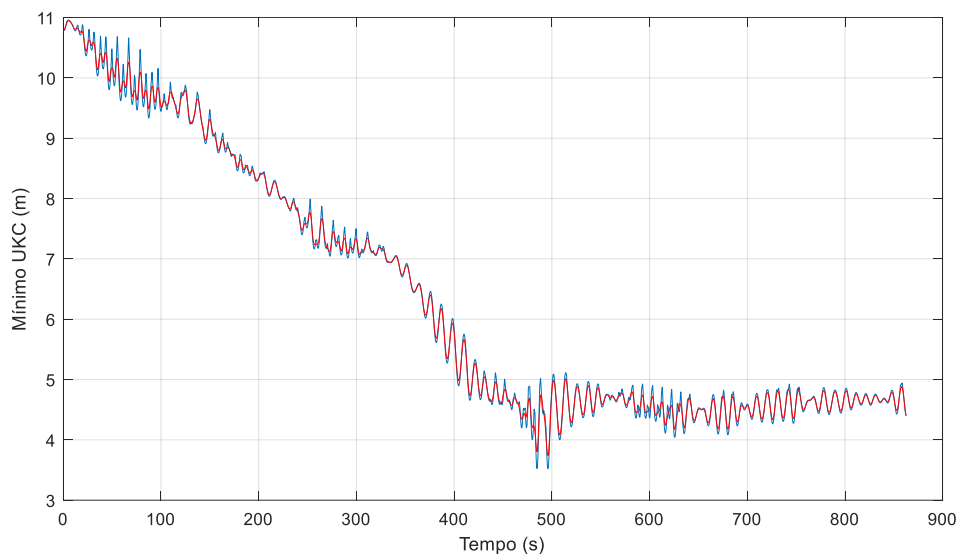


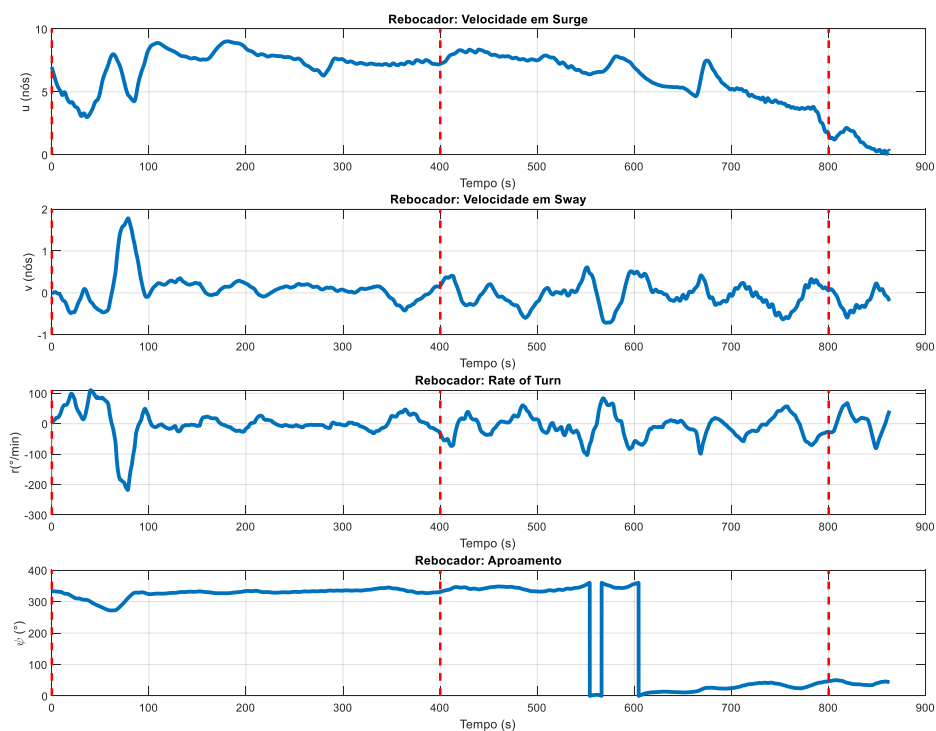
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



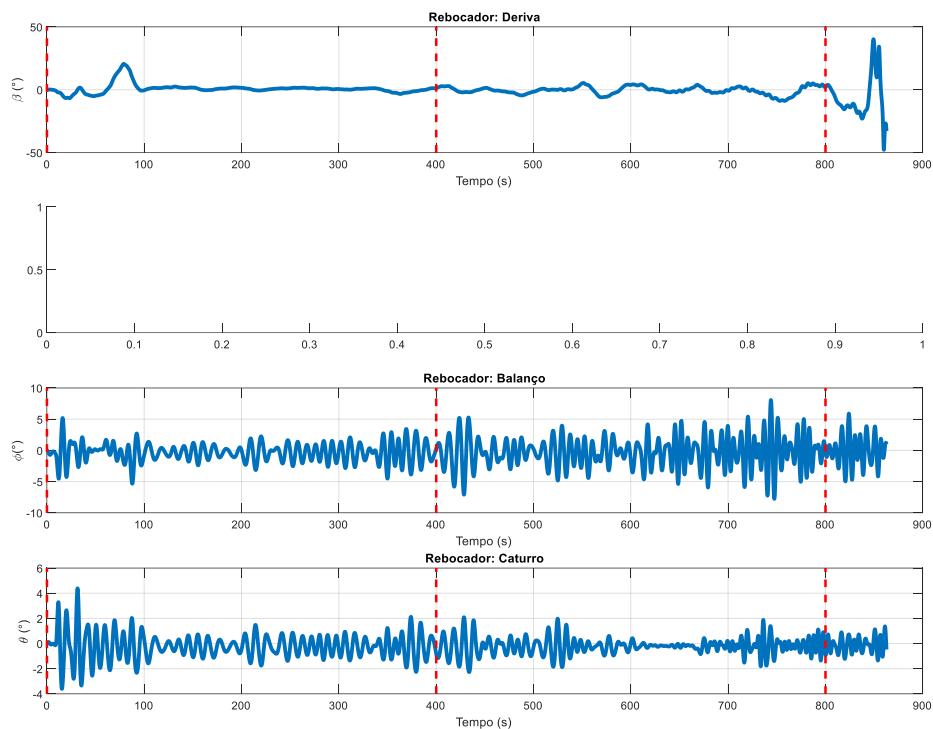
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

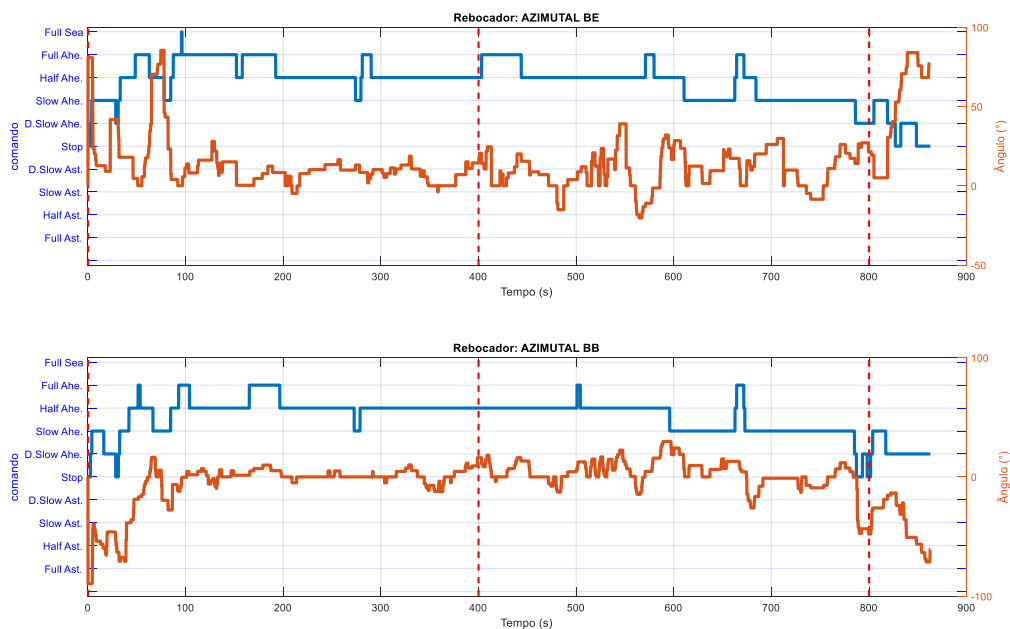
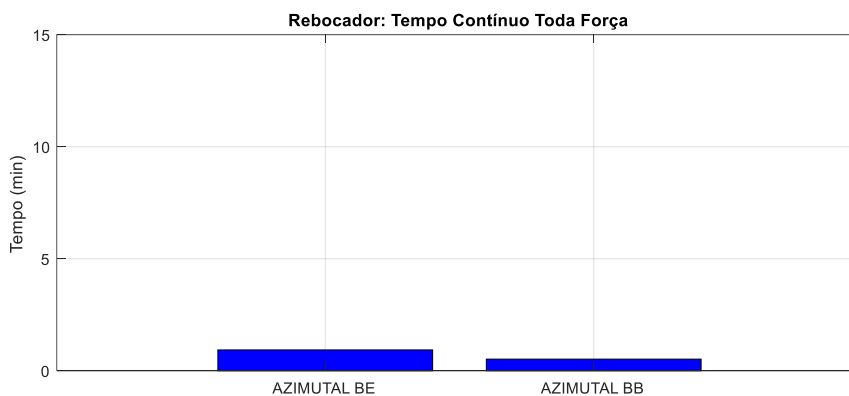
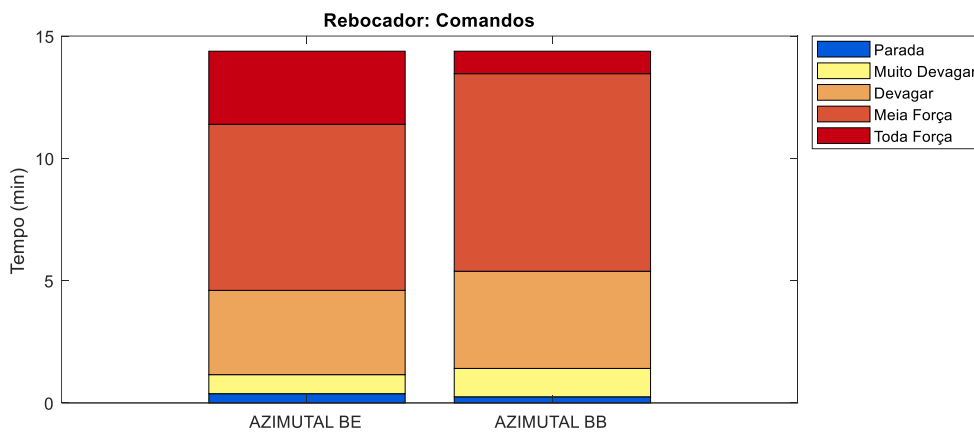
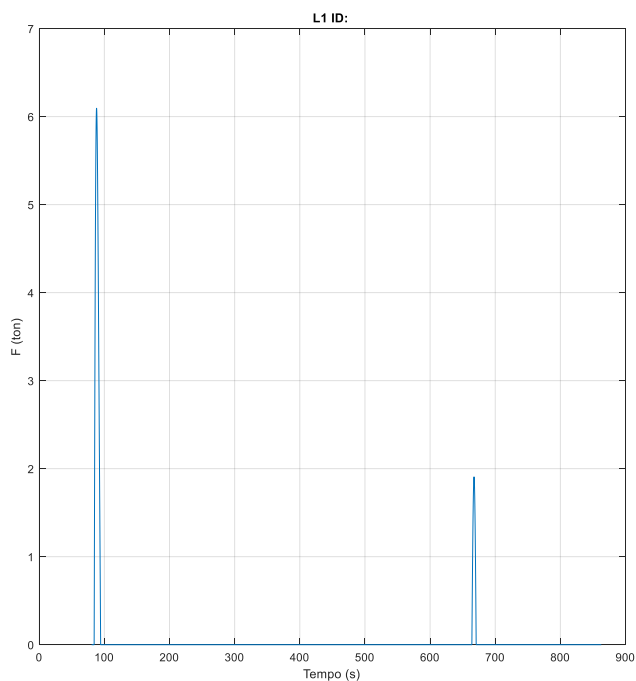


Gráfico de barras (Rebocador):



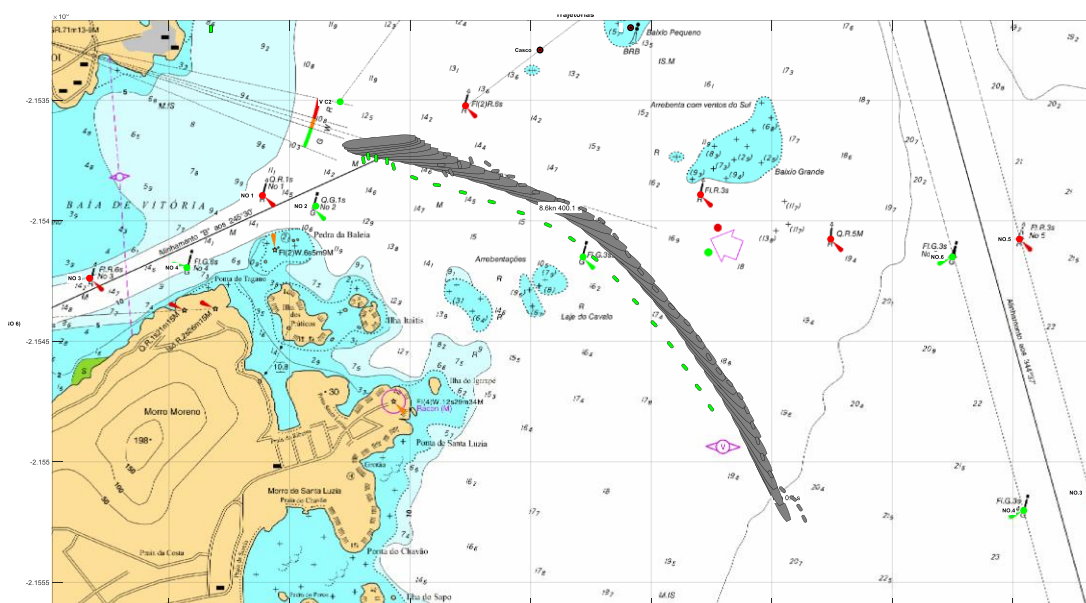
Força nos cabos e defensas:



5.13 Manobra 11

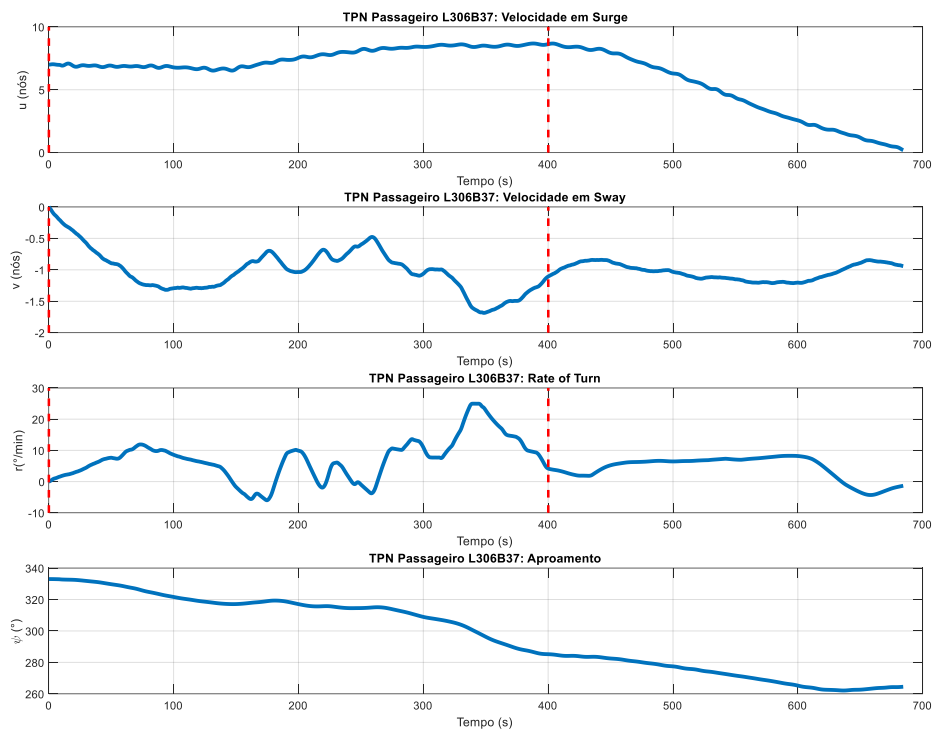
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb5_OE_VSSW_CV
Manobra: A. Navegação no canal na chegada A	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: SSW - 21kn	Onda: SE - 2.0m - 14s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Blackout

Trajatória da embarcação

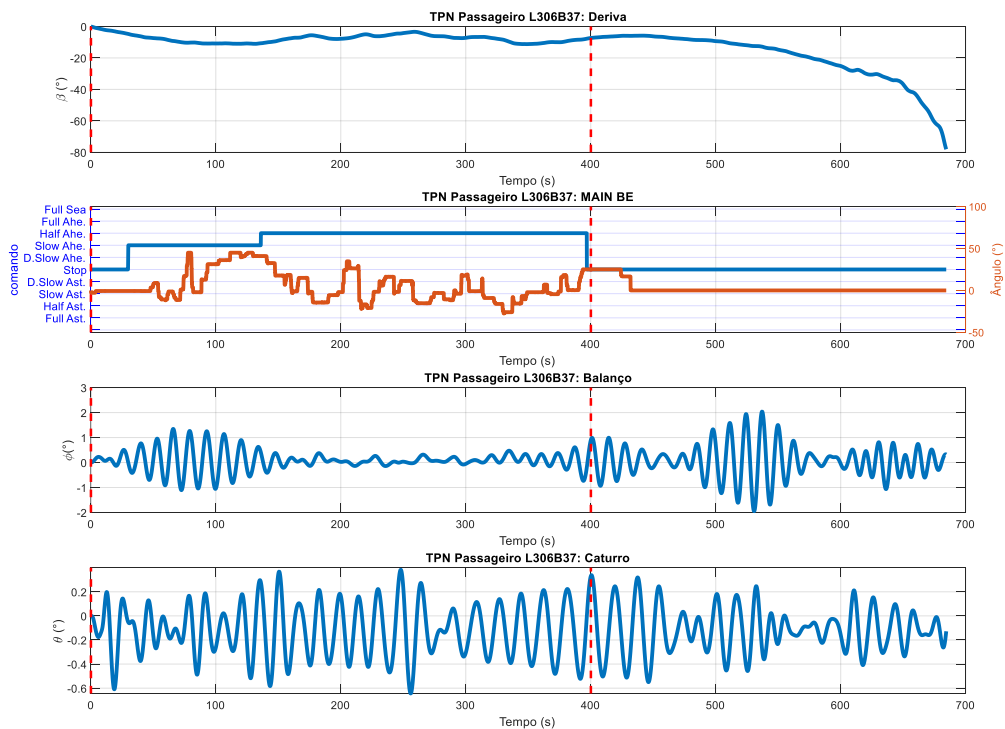


No **Caso 11** [com apoio de rebocadores], navio governava por rumos pelo trecho entre curvas com 8.7nós, meia força adiante, na proa 285°, quase estabilizado e iniciando guinada para montar a boia lateral encarnada, quando foi gerado **blackout no navio** com leme travado 17°BE; leme foi trazido a meio logo em seguida. Com 8nós, largou ferro de BE com 2 quarteis mais 1 quartel em seguida, enquanto rebocador popa centro puxava com toda força para ré ajudando na redução de velocidade; com cerca de 6nós, largou ferro de BB com 2 quarteis mais 1 quartel em seguida. Foi possível parar navio no canal a distâncias seguras de boias e de áreas rasas; mas a proa parou a cerca de 17m de limite navegável a Oeste. Restou dúvida se teria conseguido controlar navio sem o apoio do rebocador popa centro.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

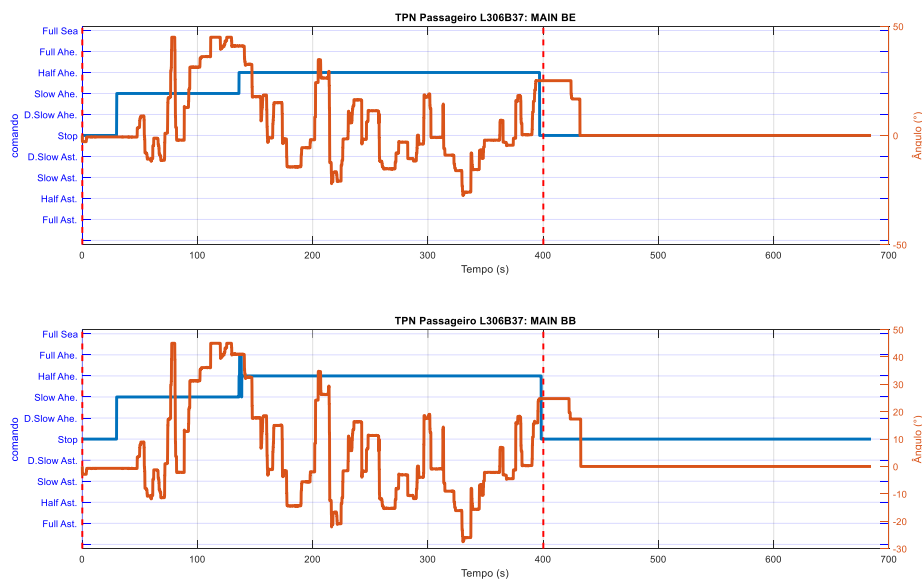
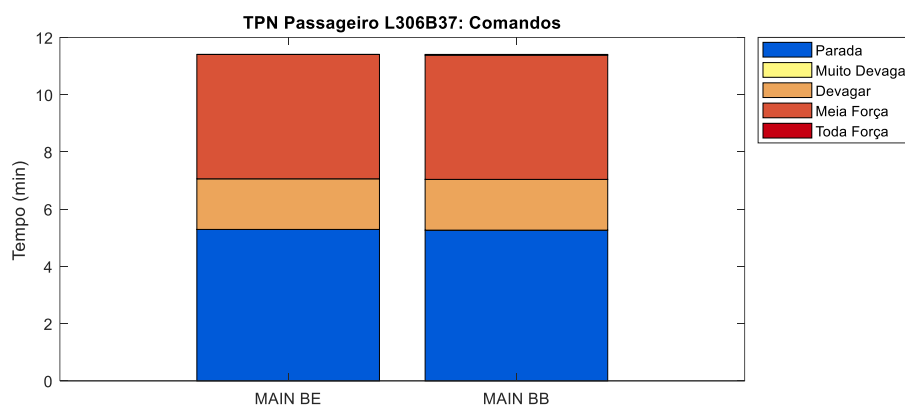
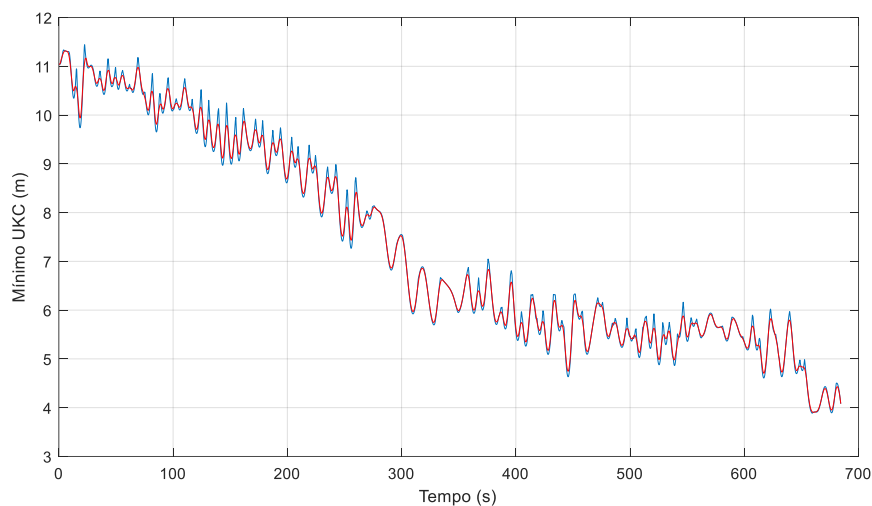


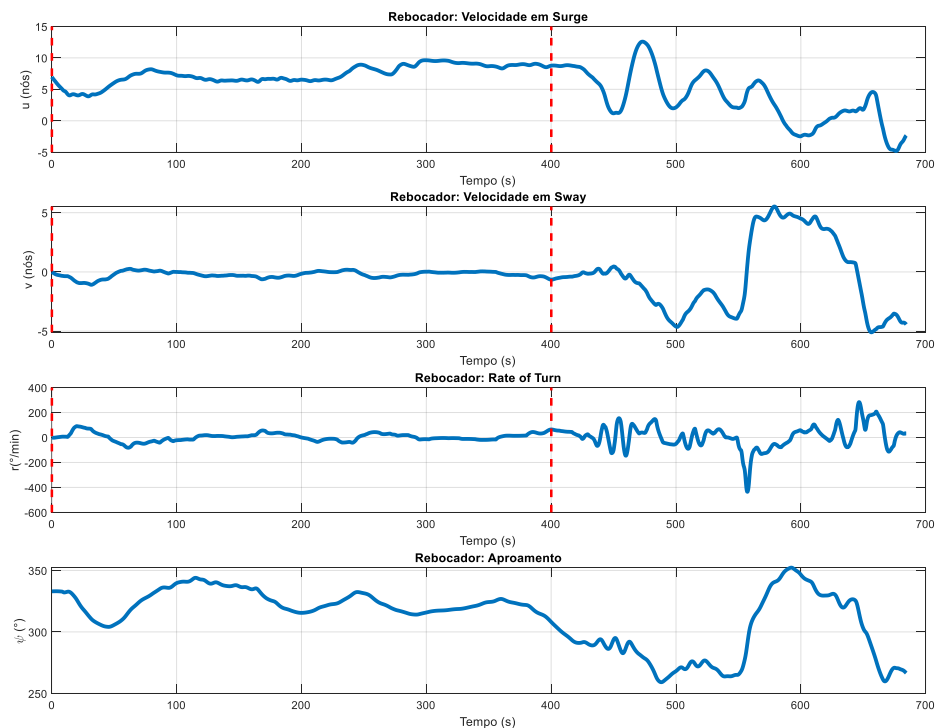
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



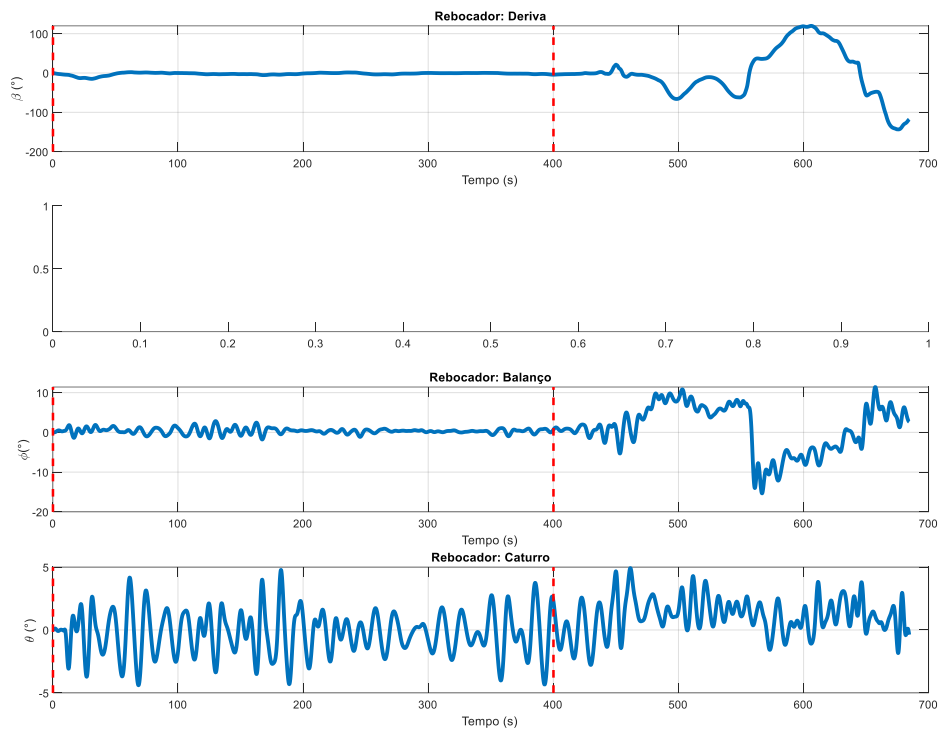
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

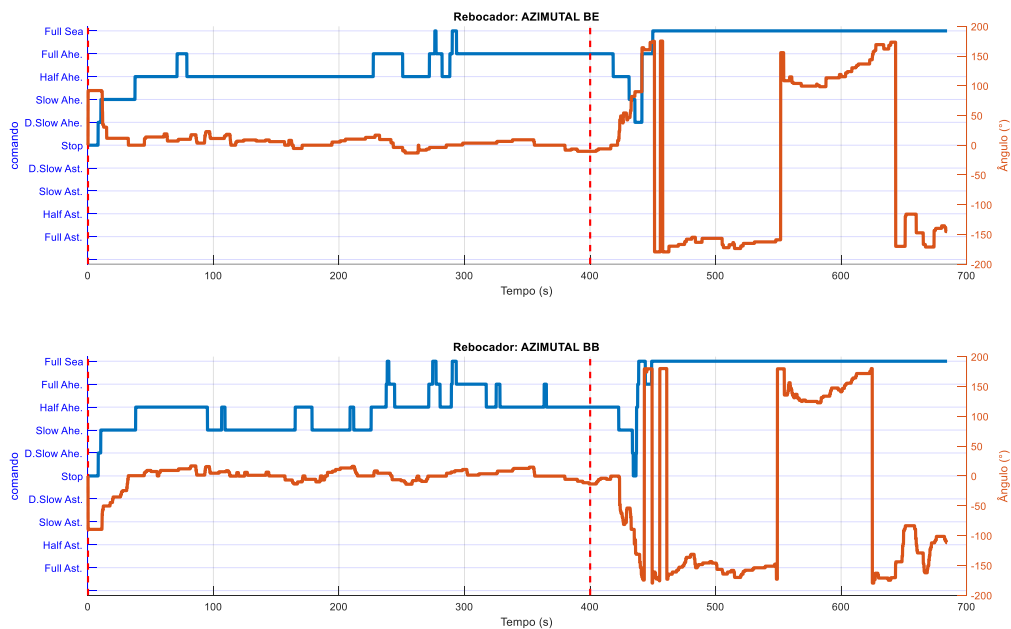
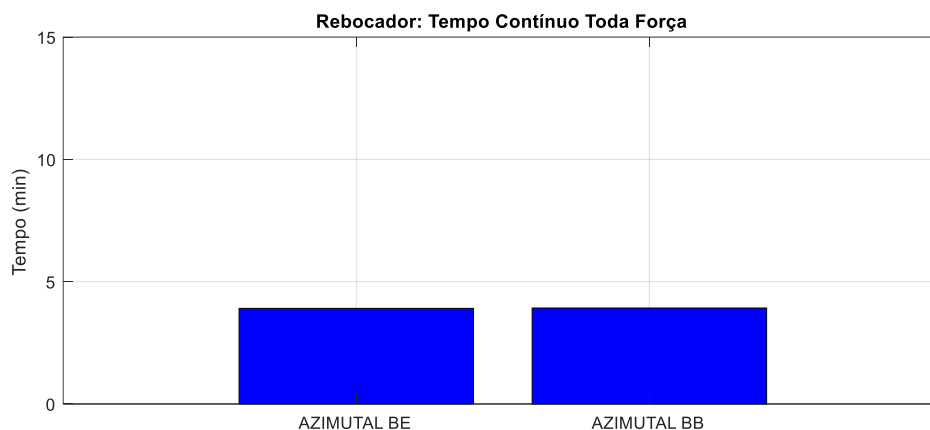
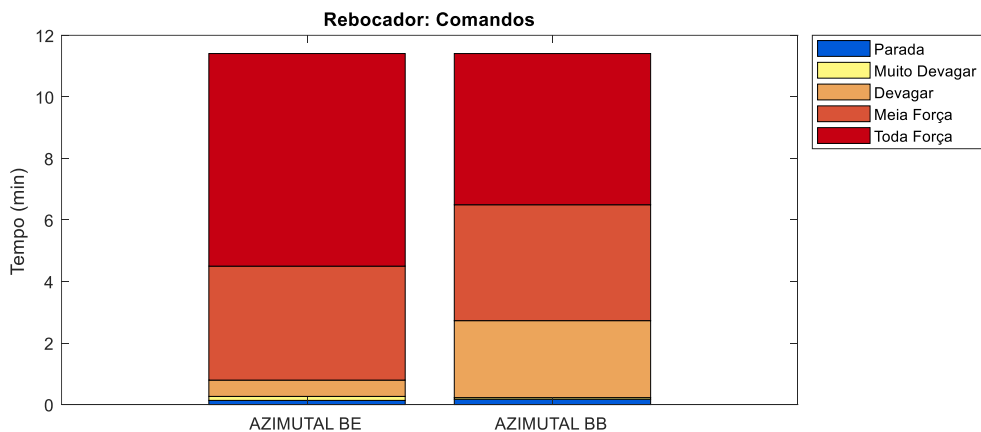
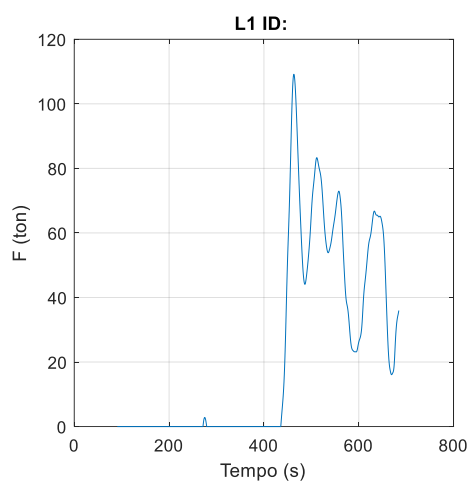
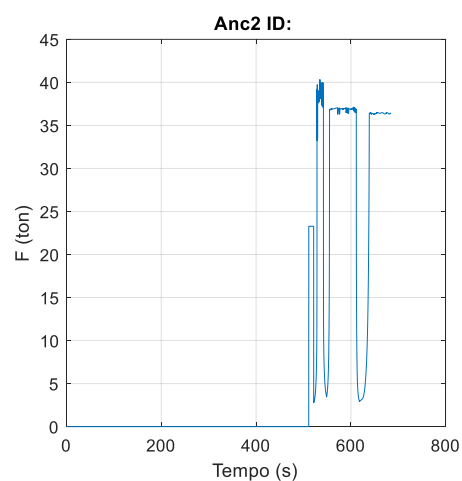
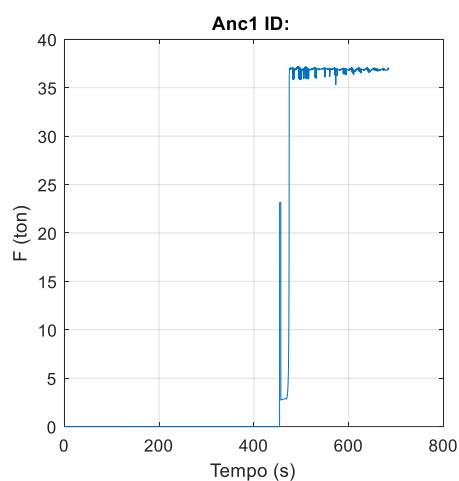


Gráfico de barras (Rebocador):



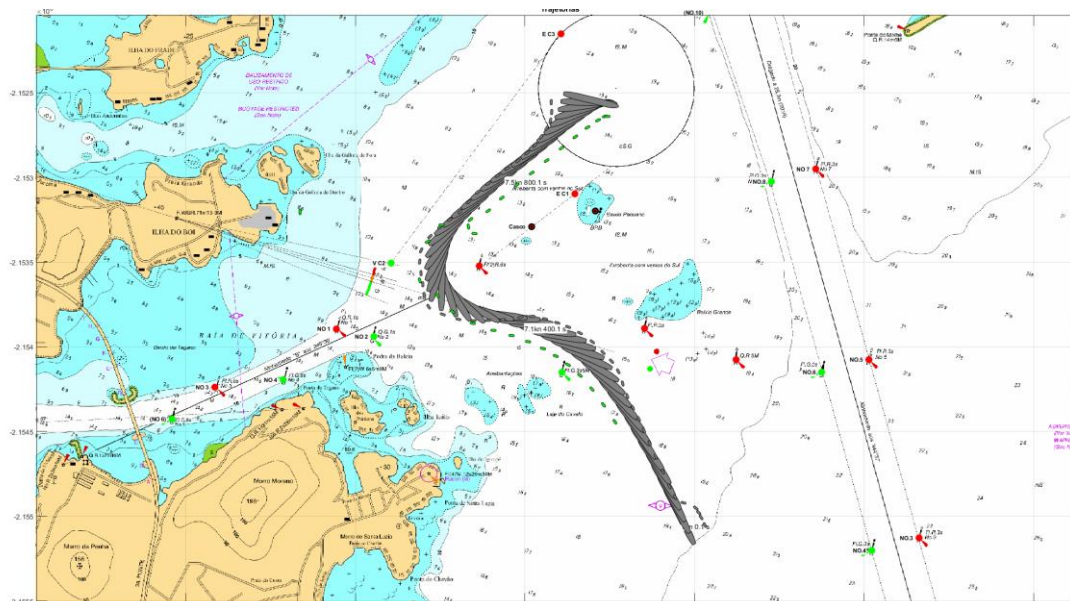
Força nos cabos e defensas:



5.14 Manobra 12

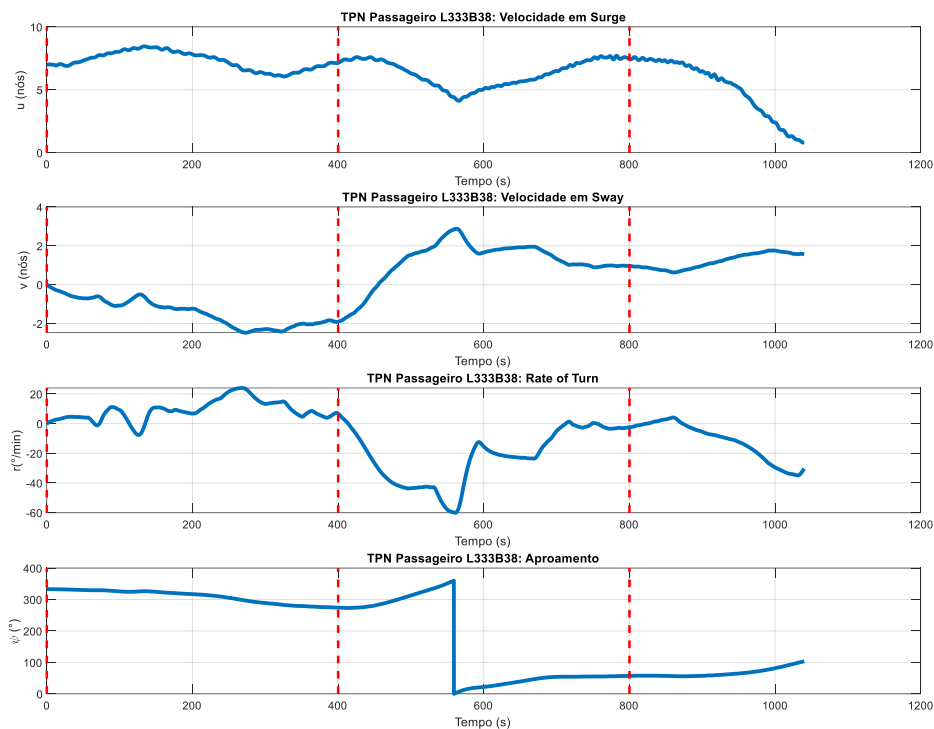
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb6_OE_VSSW_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada A	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: SSW - 27kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Condições adversas de vento

Trajetoória da embarcação

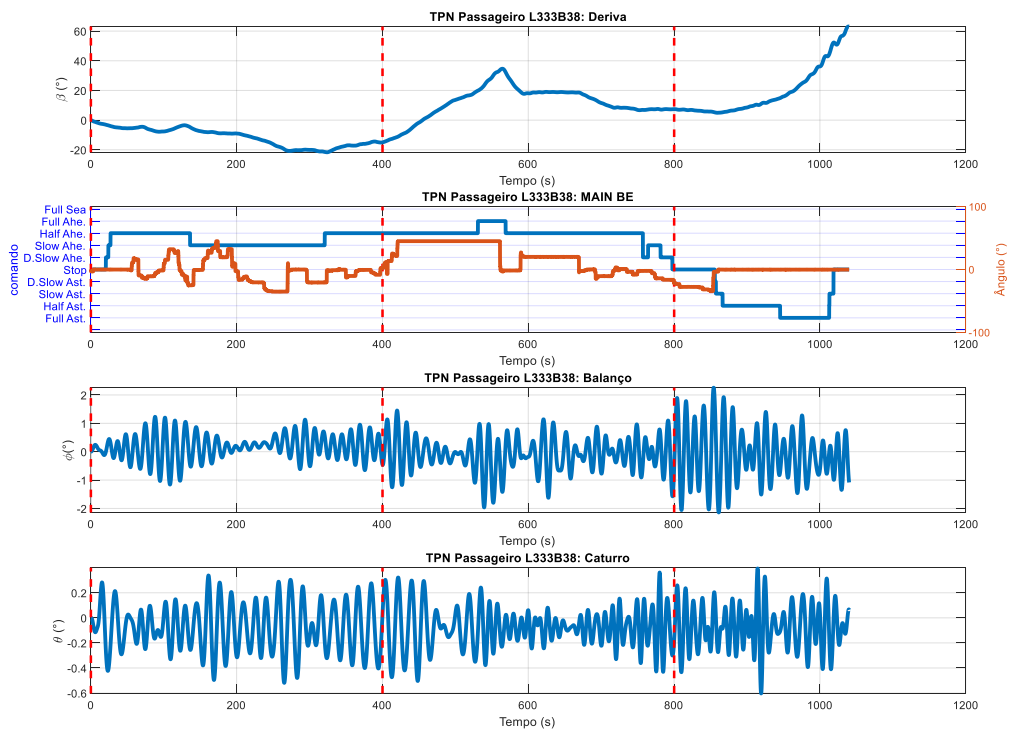


No **Caso 12** [com apoio de rebocadores], as **CONDIÇÕES ADVERSAS DE VENTO** (vento SSW 27nós com picos chegando a 32nós) já estavam presentes no início da manobra. Prosseguindo com a manobra de entrada, *Passageiro L333B38* com 7.7nós, devagar adiante, guinou para BB antes de chegar na boia verde da Laje do Cavalo para entrar mais suave na curva; procedendo com meia força adiante no trecho entre curvas, recorreu ao recurso do leme *Becker* e deu 45° BE com toda força adiante para obter maior eficácia no giro por BE. Ao final do giro, compensou efeito do vento extremo SSW 27nós entrando pelo setor de popa utilizando-se de máquina atrás. Apesar do vento extremo de 27nós, foi possível controlar e manter navio dentro dos limites navegáveis com recursos próprios, não sendo necessário o apoio de rebocadores, tampouco dos *thrusters* AV e AR [esses *thrusters* só foram utilizados para girar navio no fundeadouro].

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

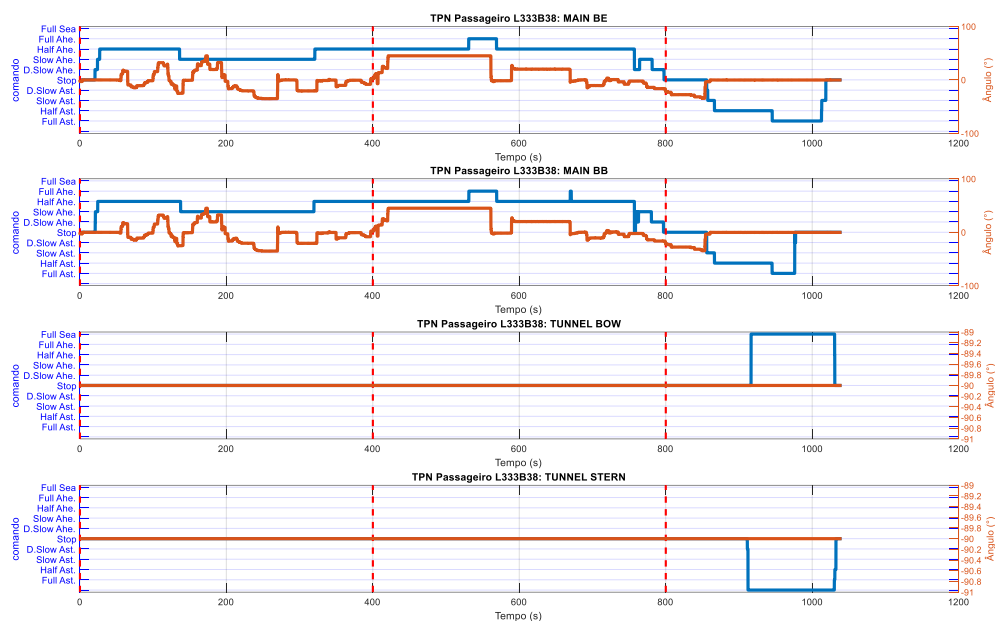
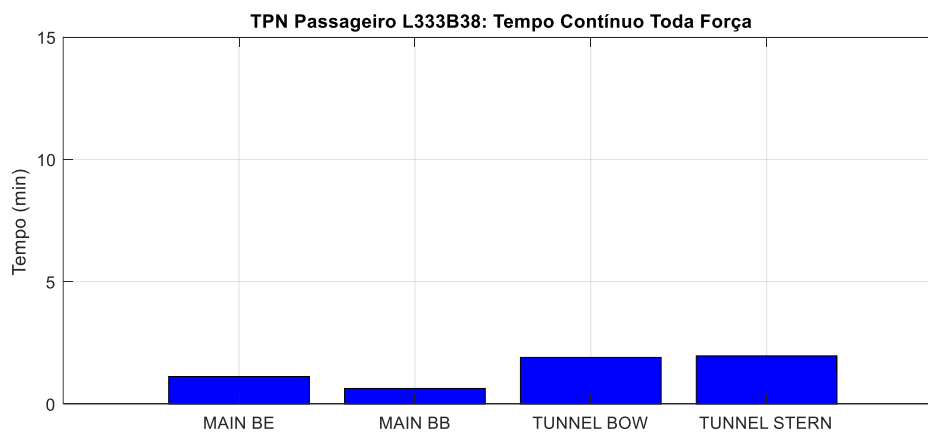
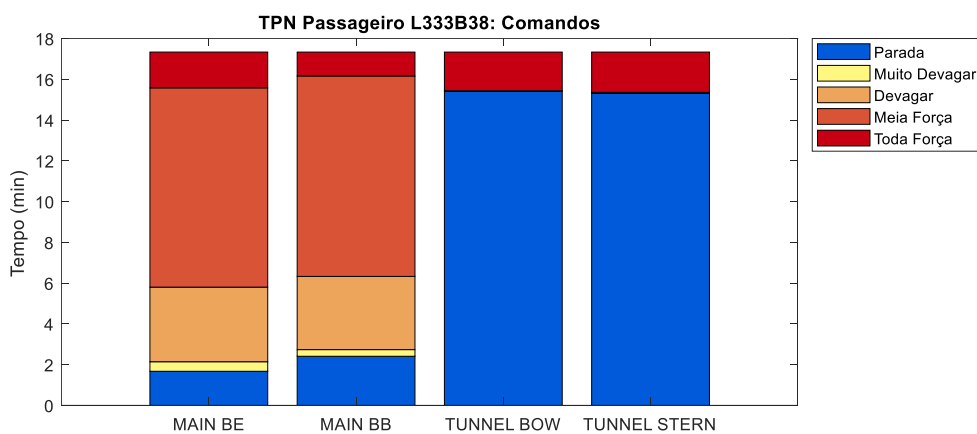
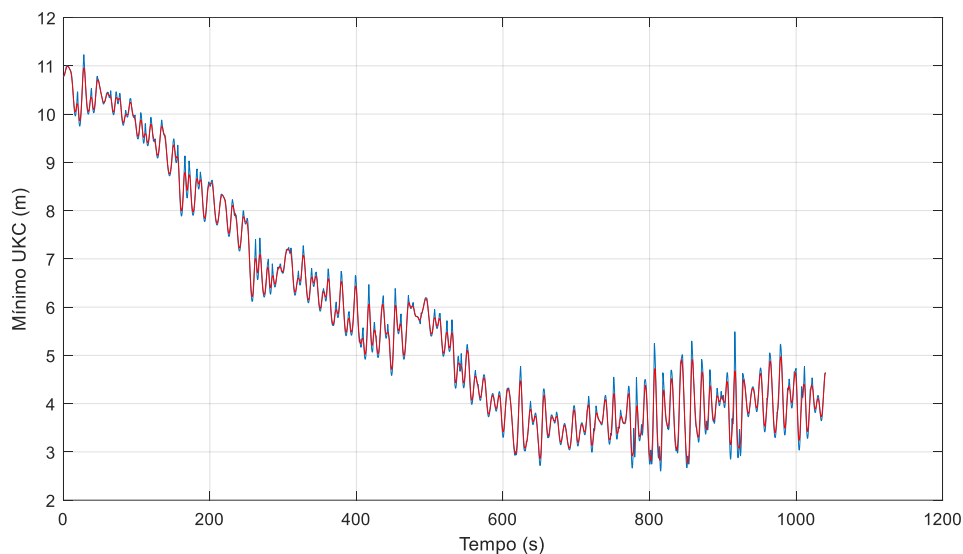


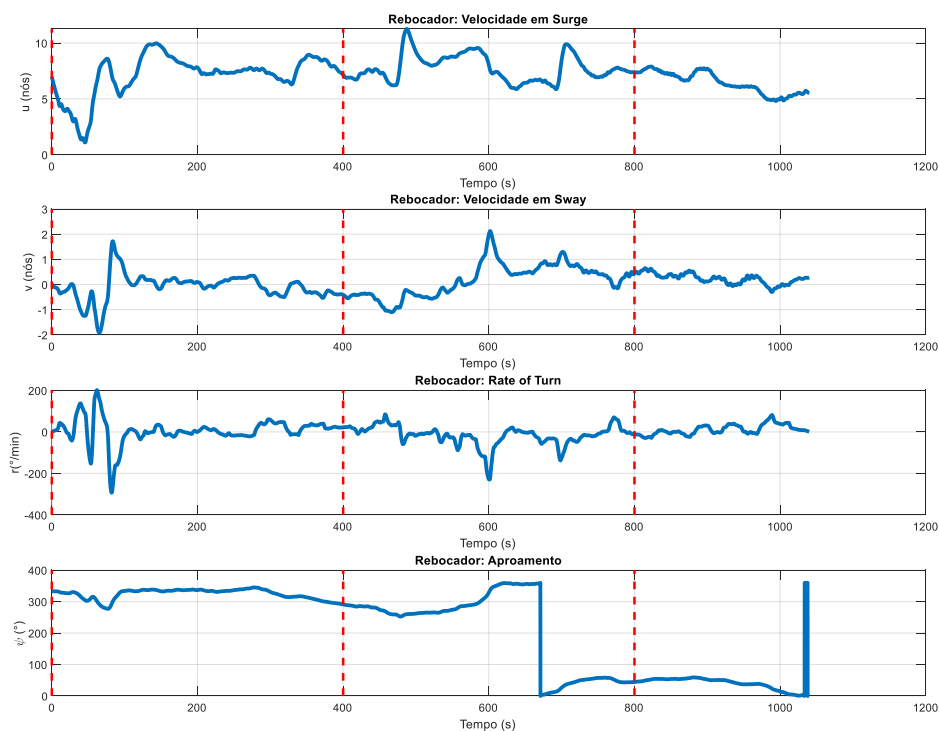
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



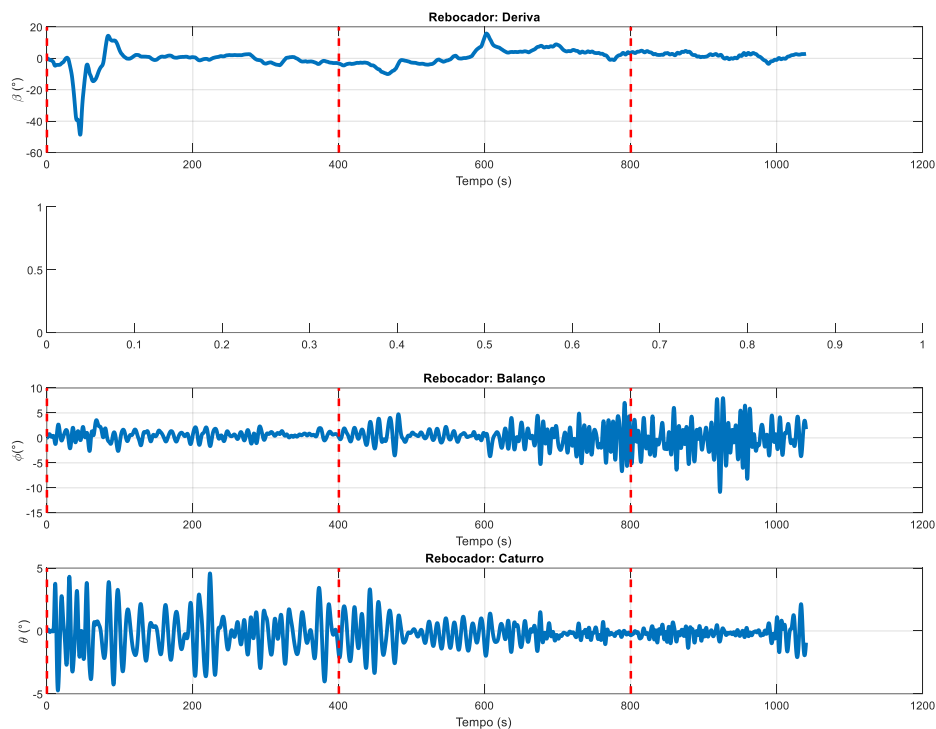
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

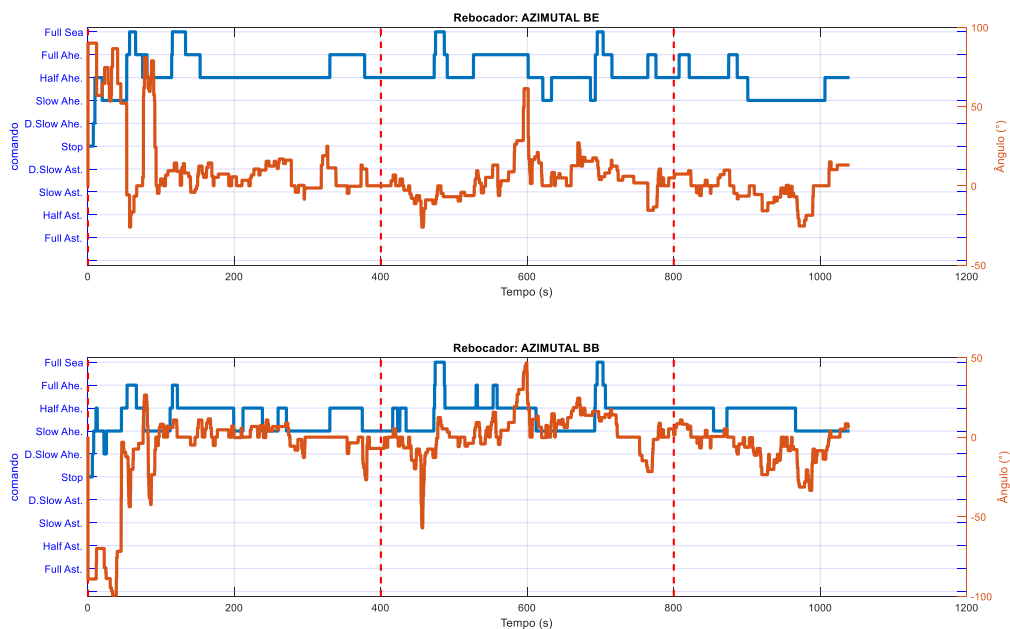
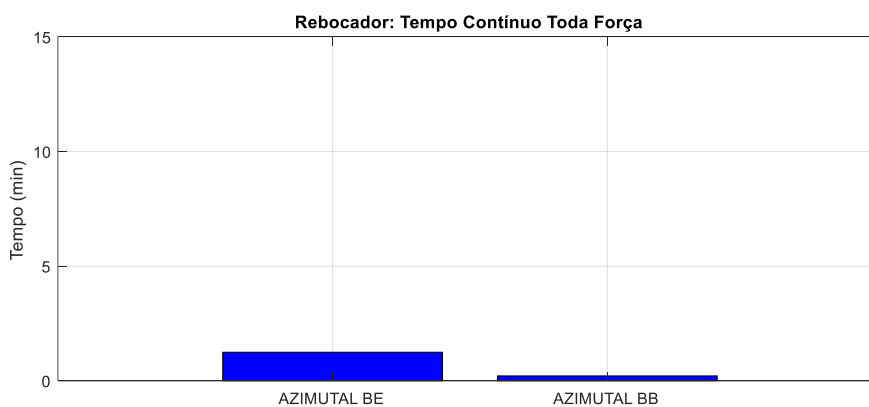
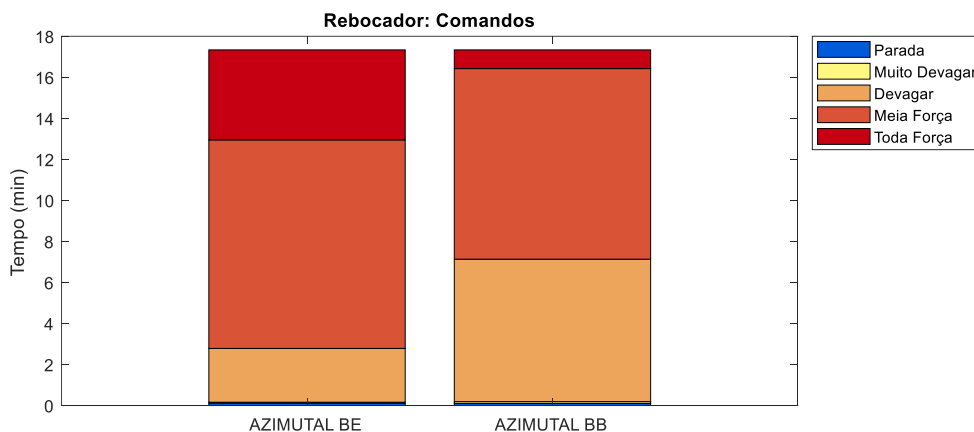
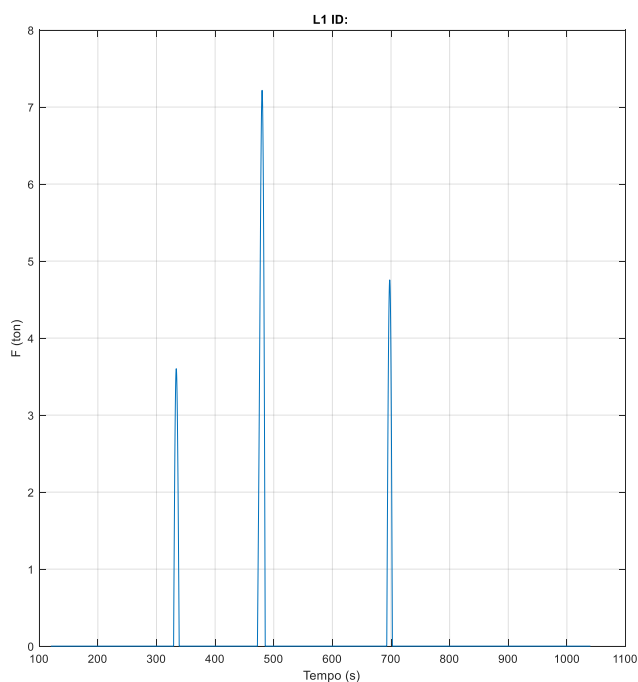


Gráfico de barras (Rebocador):



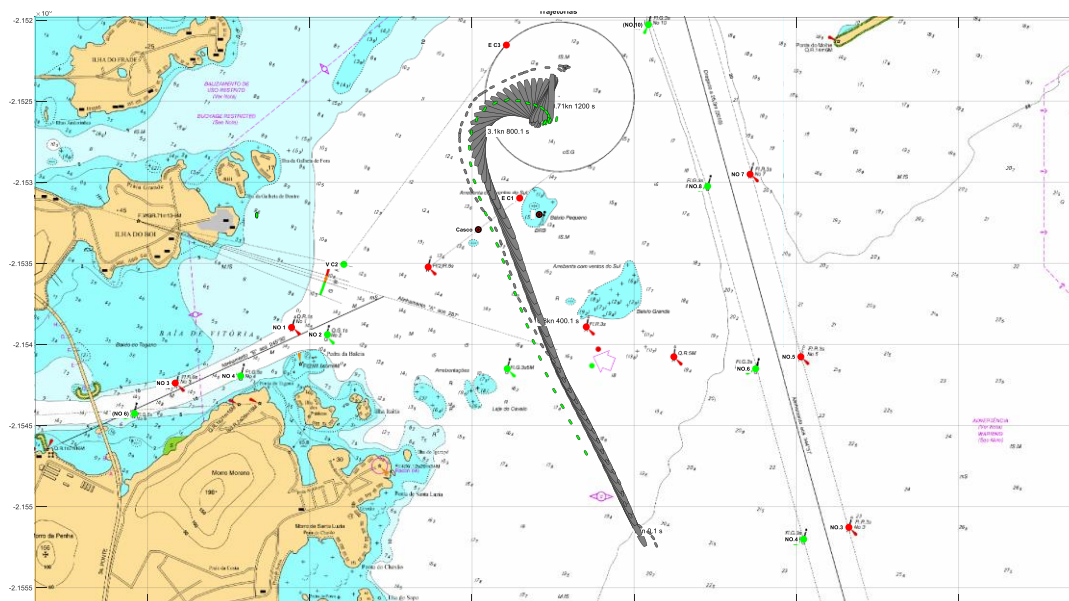
Força nos cabos e defensas:



5.15 Manobra 13

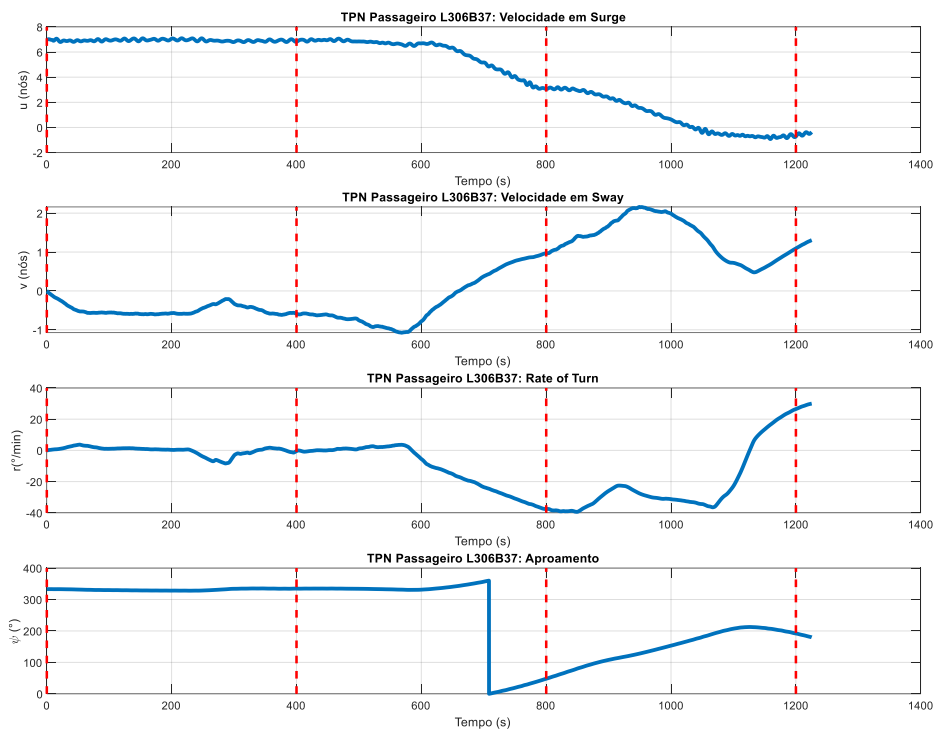
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb5_OE_VSSW_CV
Manobra: B. Aproximação, giro e fundeio B	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: SSW - 27kn	Onda: SE - 2.0m - 14s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Condições adversas de vento

Trajatória da embarcação

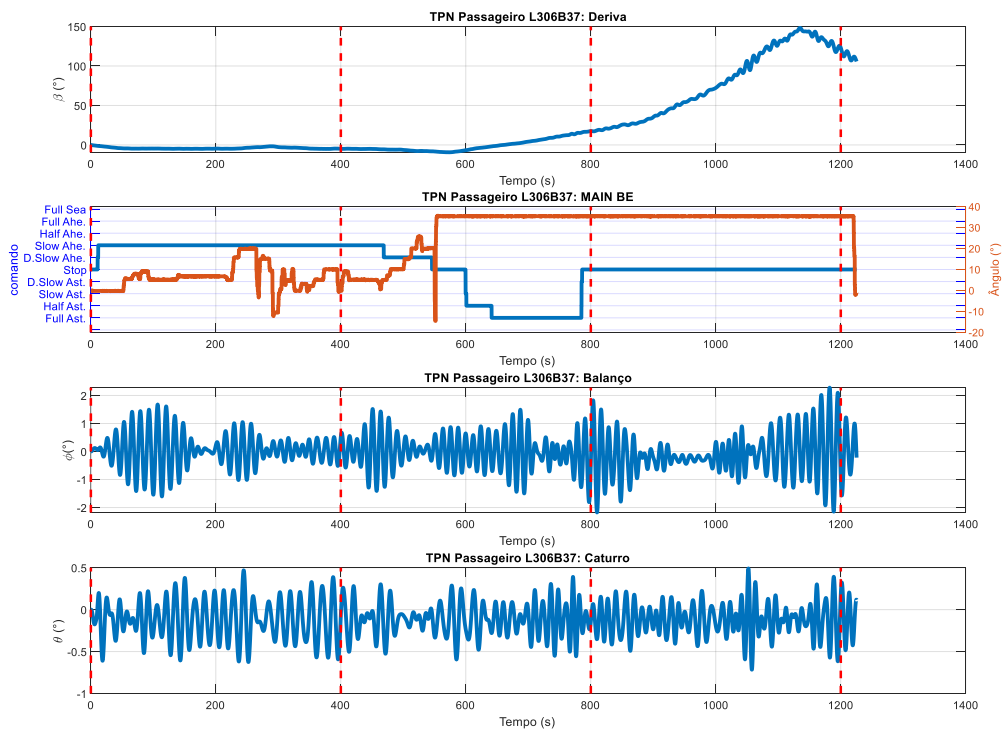


Ao refazer a manobra do Caso 9 nas mesmas condições ambientais e operacionais, a intensidade do vento só aumentou dentro do canal, mais próximo do Baixio Pequeno (Caso 13). No momento que passava com 6.8nós, máquina muito devagar adiante e a meio entre casco soçobrado e o Baixio Pequeno, foram geradas **CONDIÇÕES ADVERSAS DE VENTO** (vento SSW 21nós aumentou para 27nós com pico de 33nós); passou seguro em relação aos perigos por já estar com inércia do seguimento AV com boa velocidade. Guinando com leme todo BE, utilizando-se de muito leme, conjugado de máquinas e *thrusters* AV e AR [rebocadores apenas acompanhando], foi possível navio entrar no fundeadouro e buscar a linha do vento SSW para fundear.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

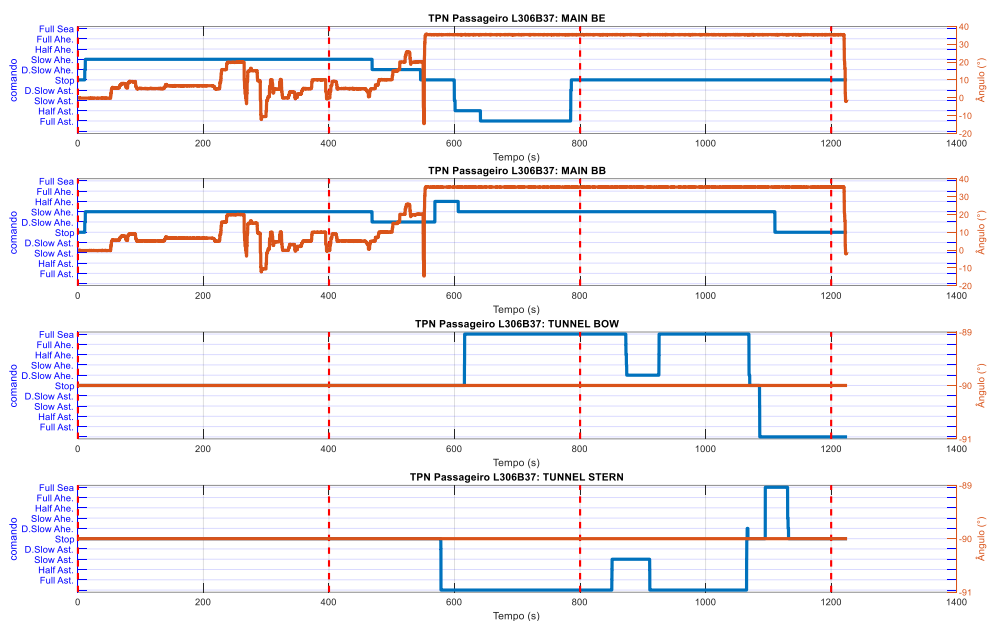
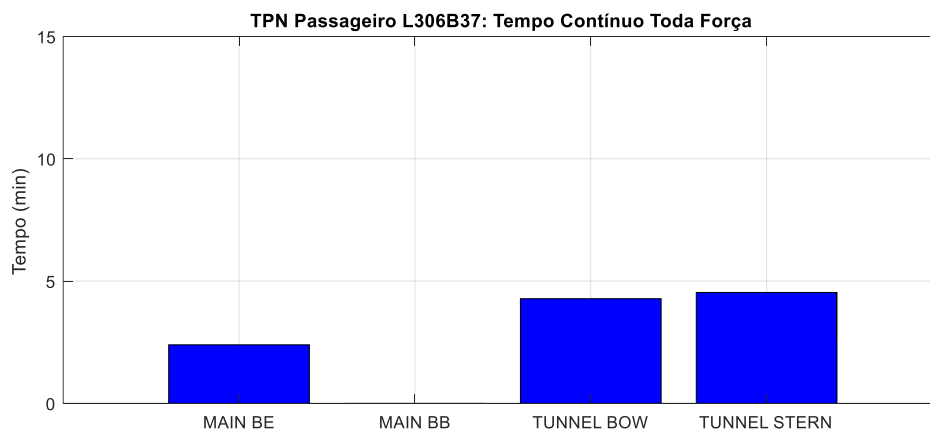
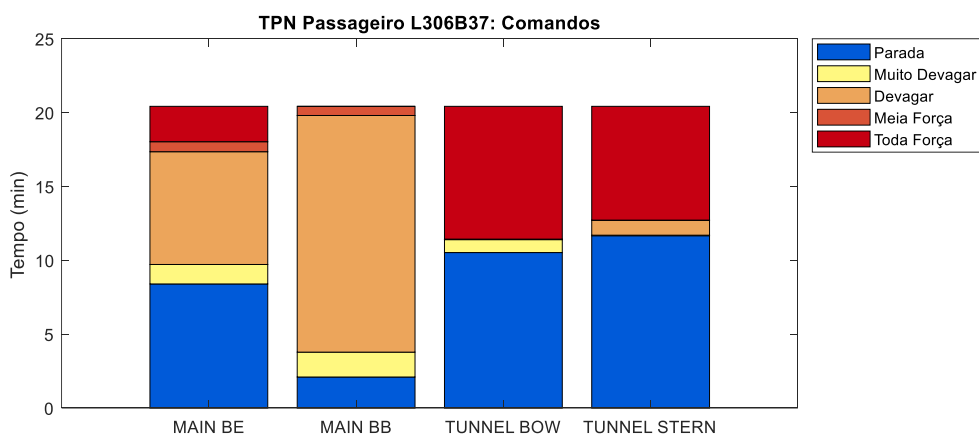
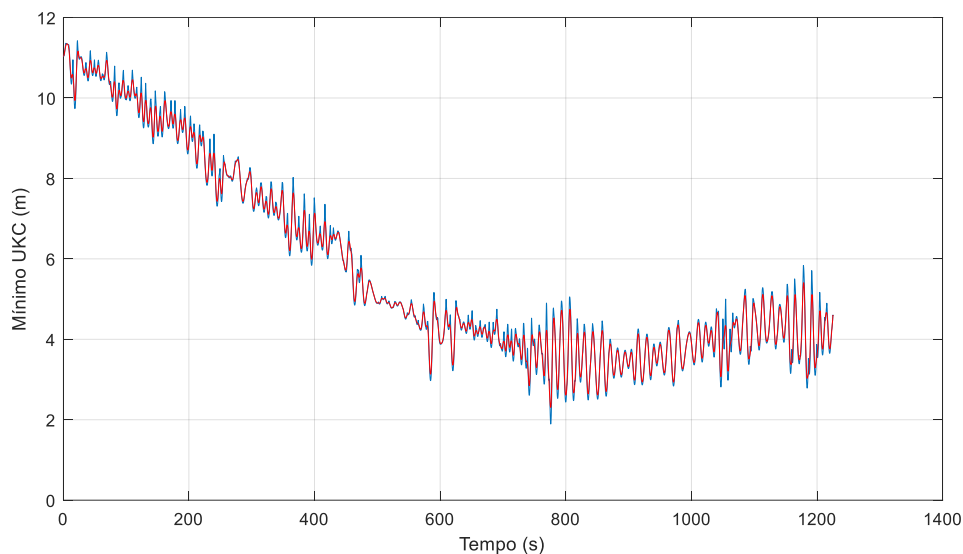


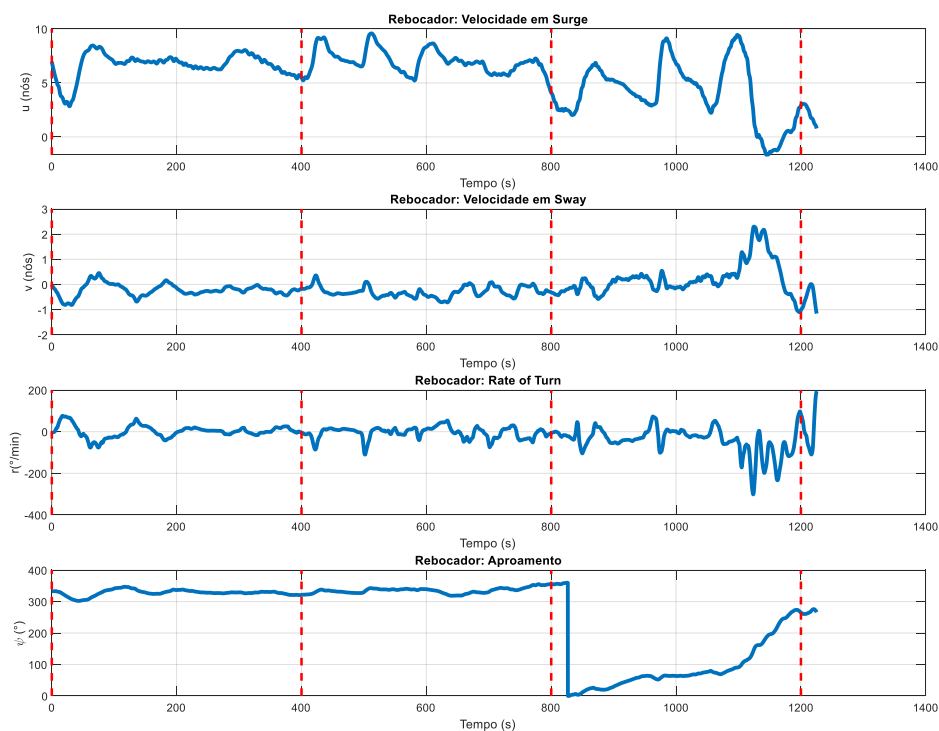
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



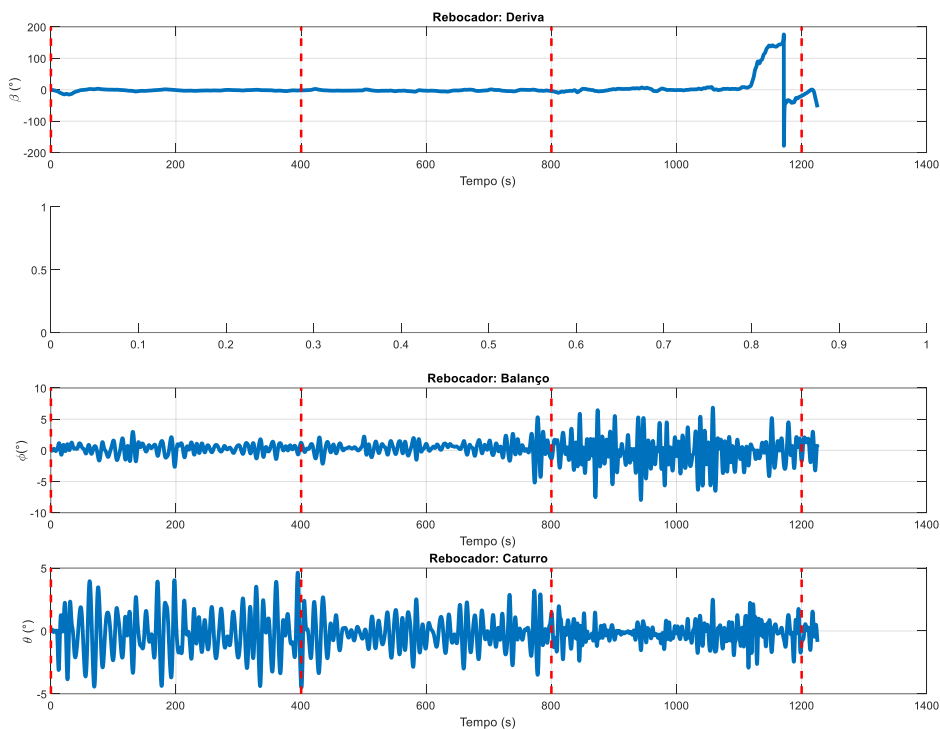
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

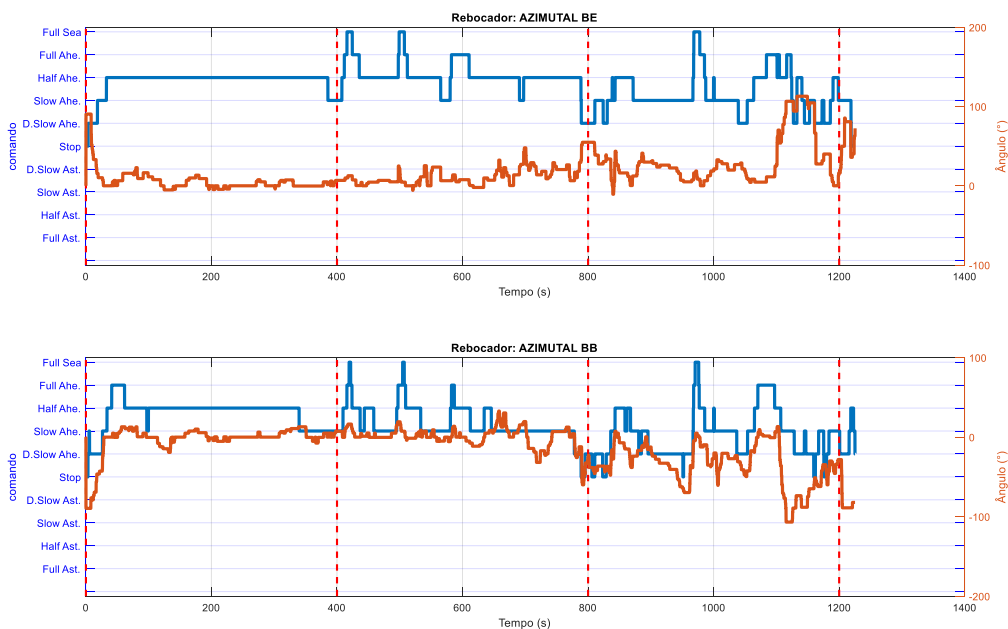
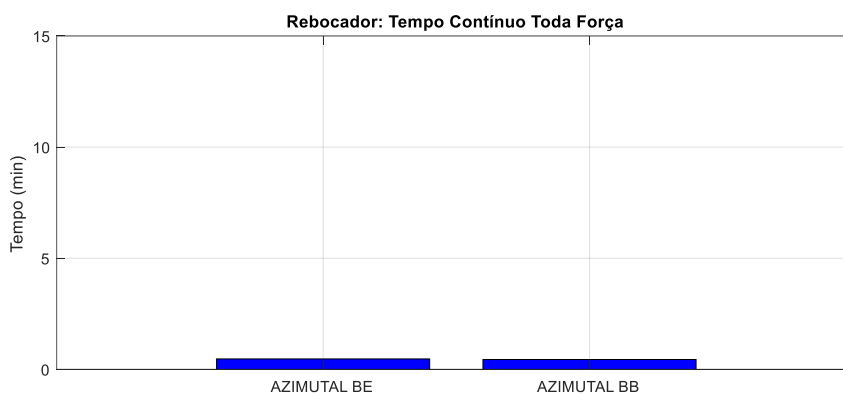
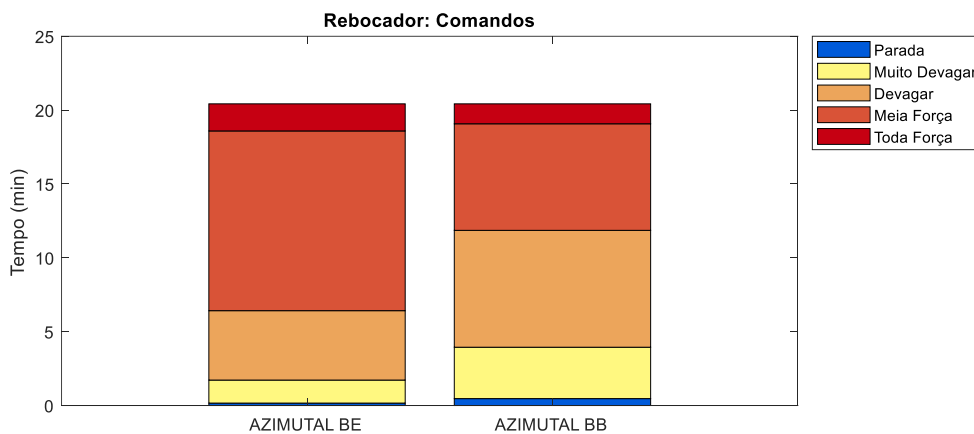
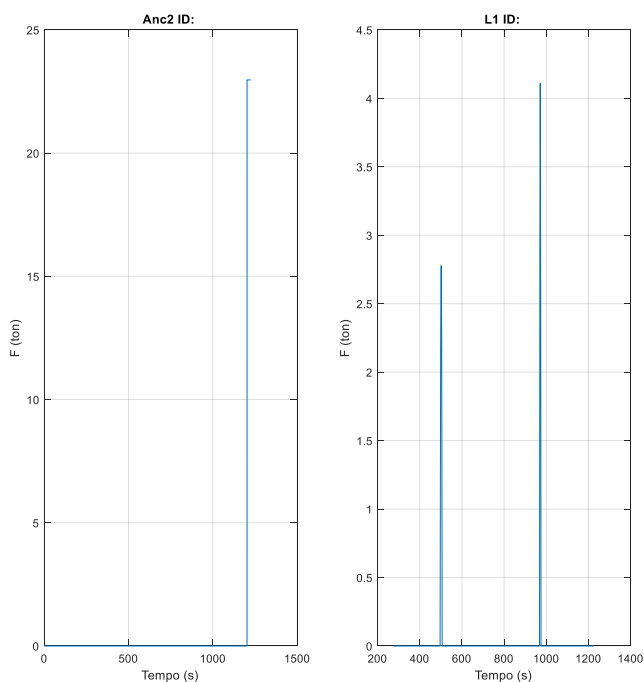


Gráfico de barras (Rebocador):



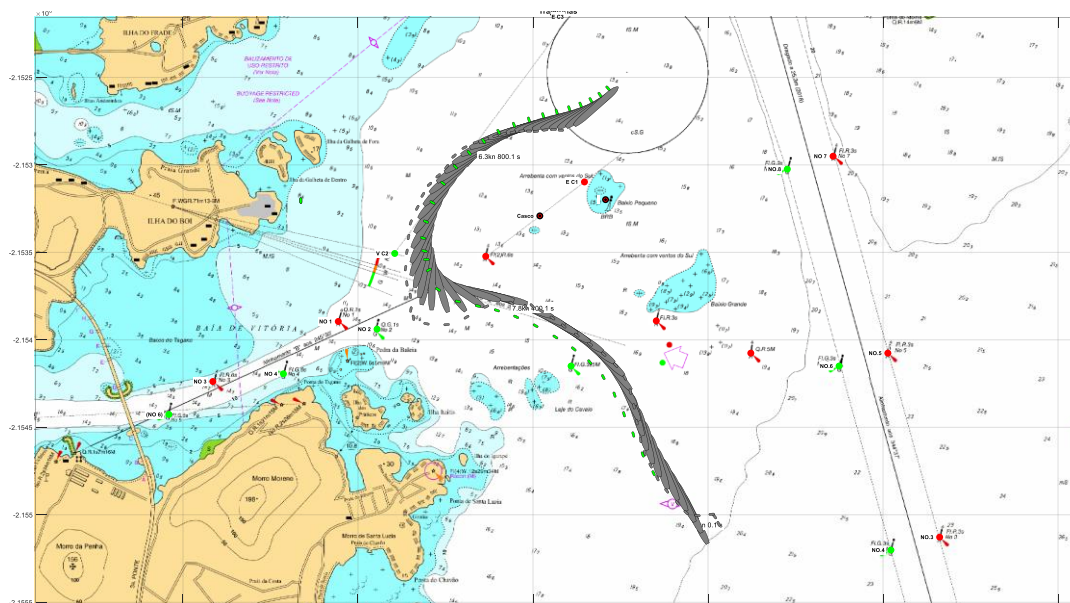
Força nos cabos e defensas:



5.16 Manobra 14

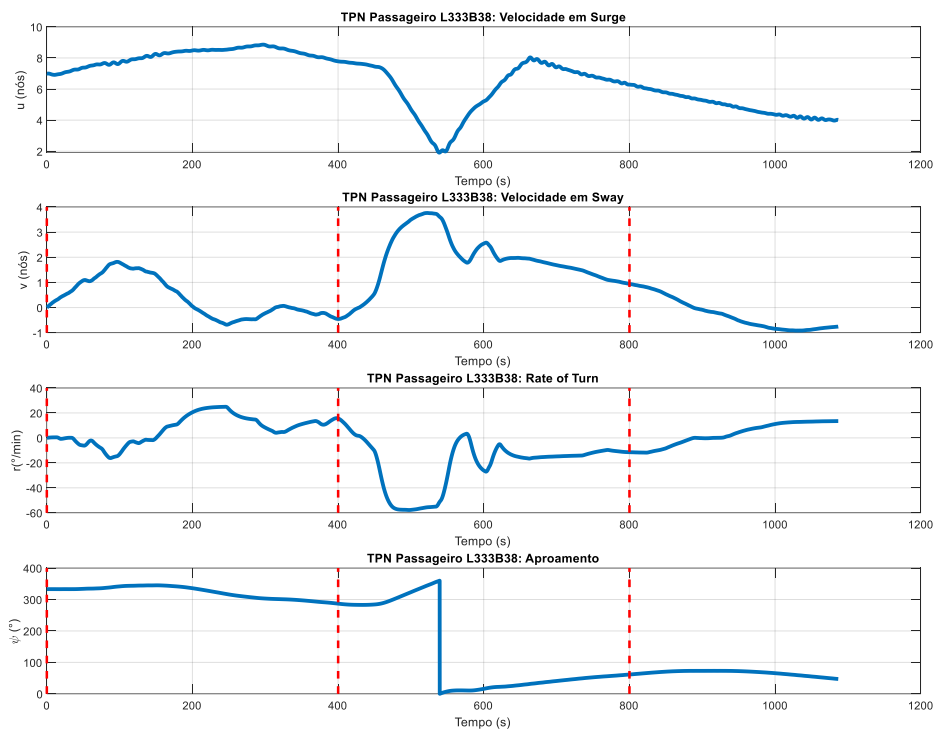
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: B. Aproximação, giro e fundeio A	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: 2 x 60T	Falhas: Erro humano durante a execução da manobra

Trajatória da embarcação

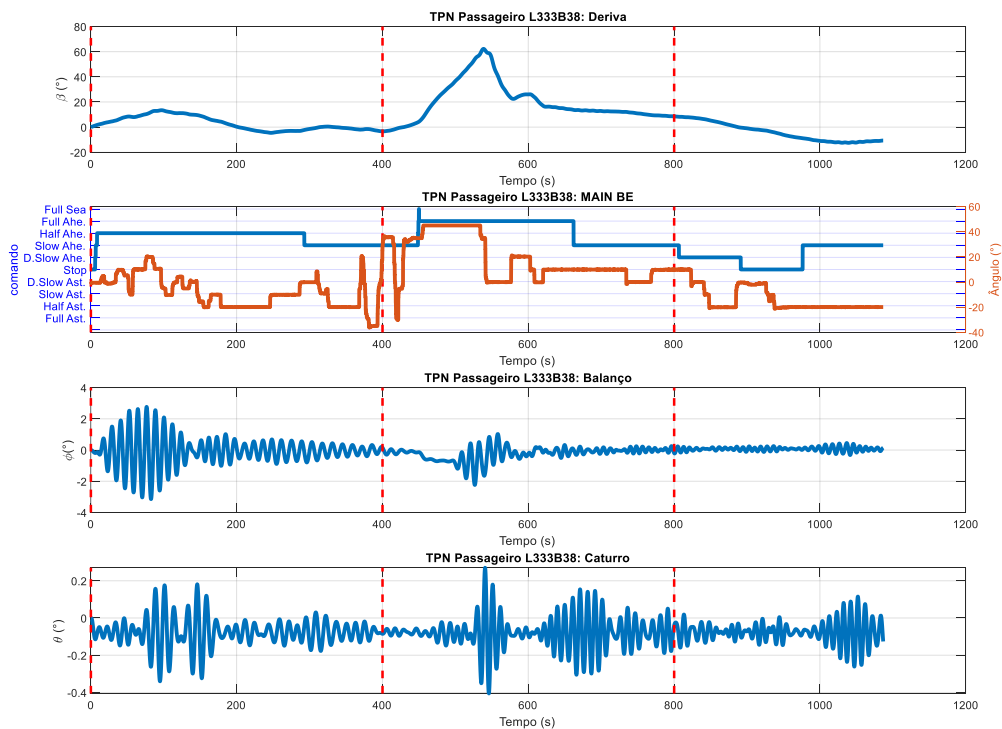


Já no **Caso 14** [com apoio de rebocadores], no momento que navio *Passageiro L333B38* navegava pelo trecho entre curvas com 8nós, devagar adiante, na proa 290°, foi gerada **FALHA HUMANA** (ao pedir **todo leme BE**, foi atendido com **todo leme BB**); a falha humana foi percebida de imediato pelo práctico e pelo comandante, que repetiu a ordem para ter certeza do bordo correto. Como a correção foi imediata, essa falha não impactou no andamento da manobra. Não houve necessidade do apoio de rebocadores, que permaneceram em *stand by*.

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

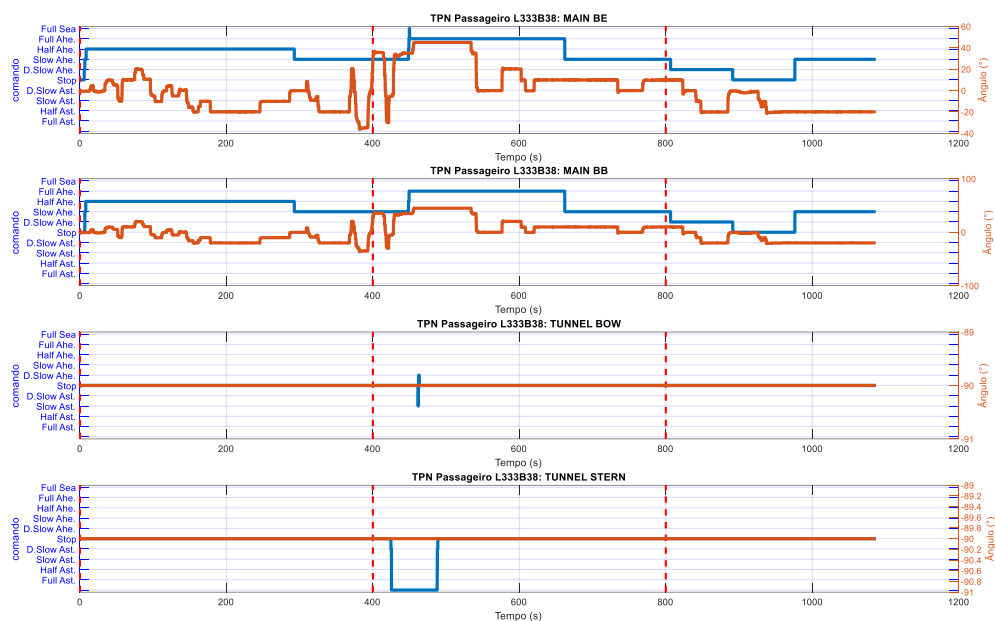
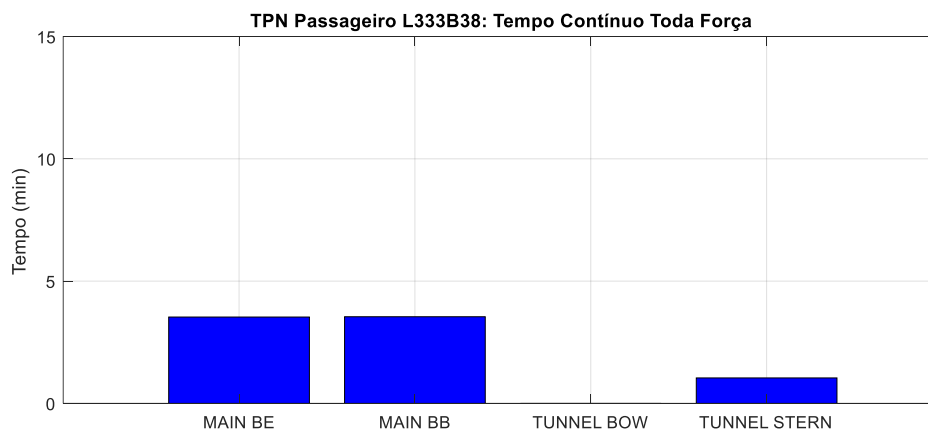
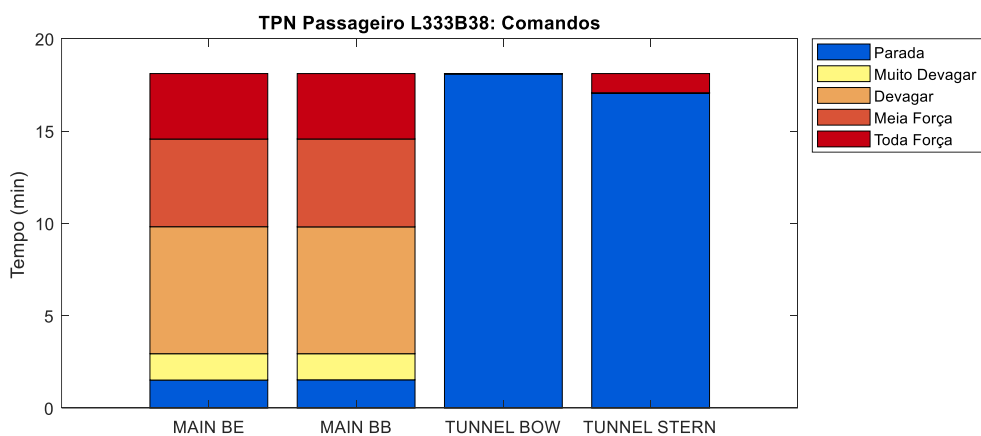
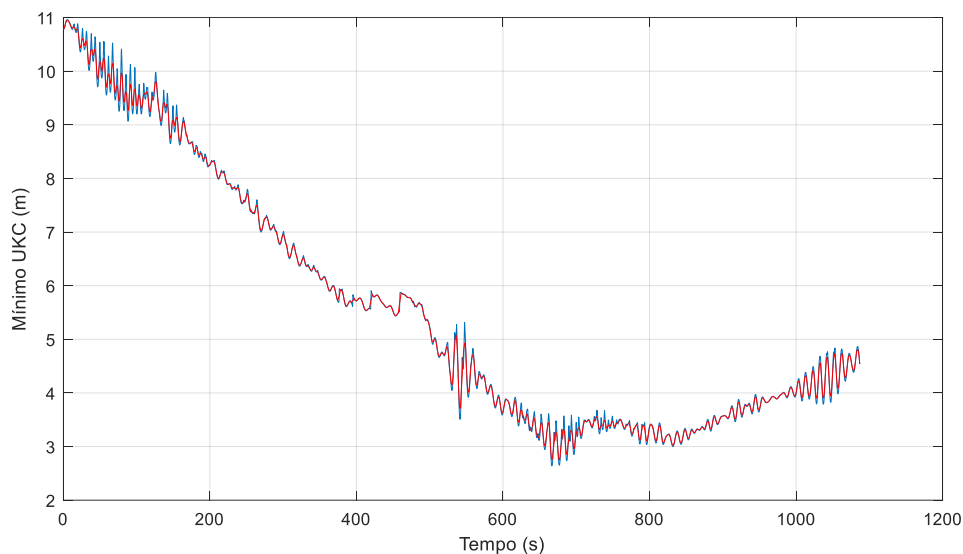


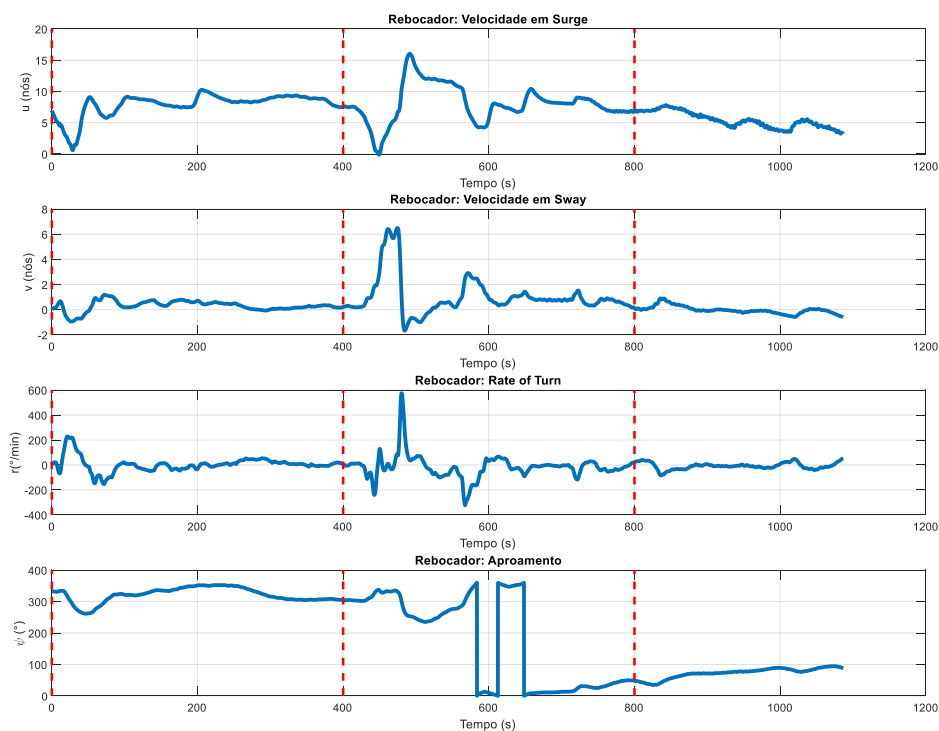
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



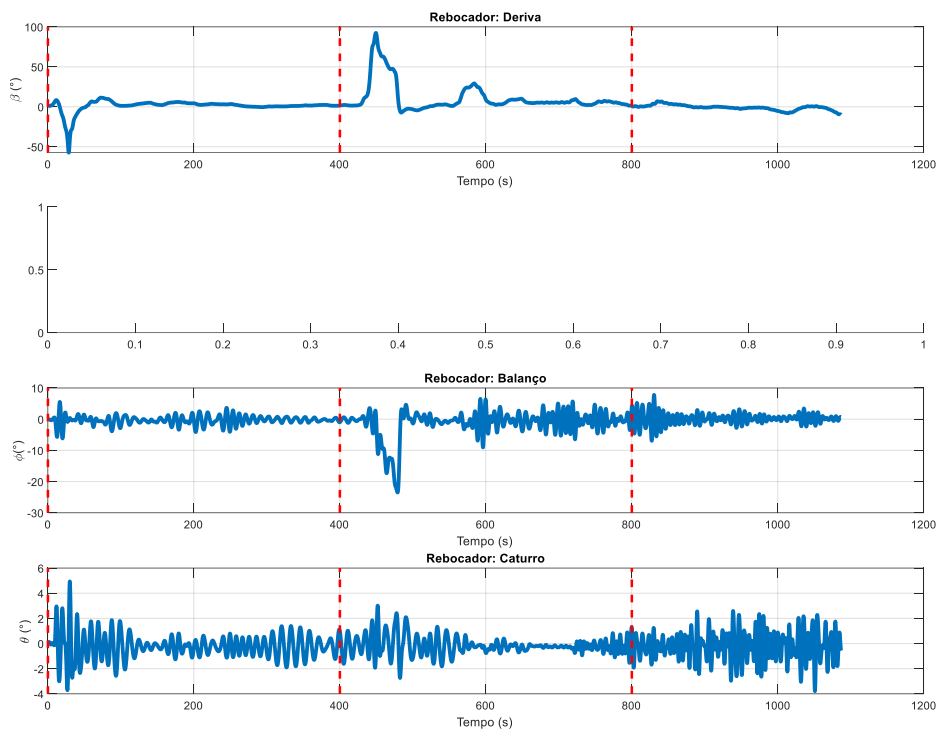
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

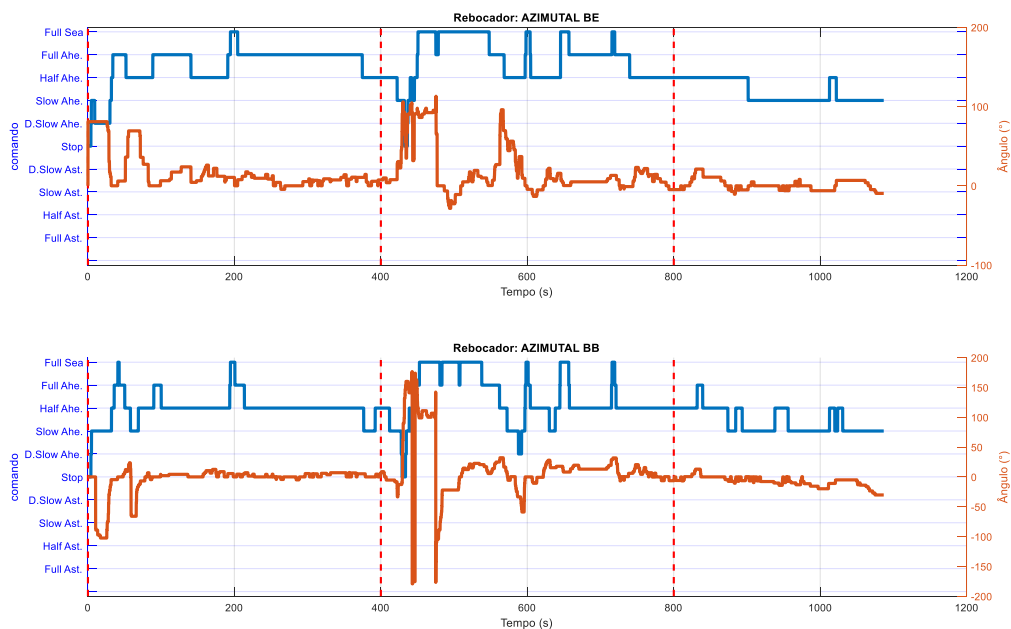
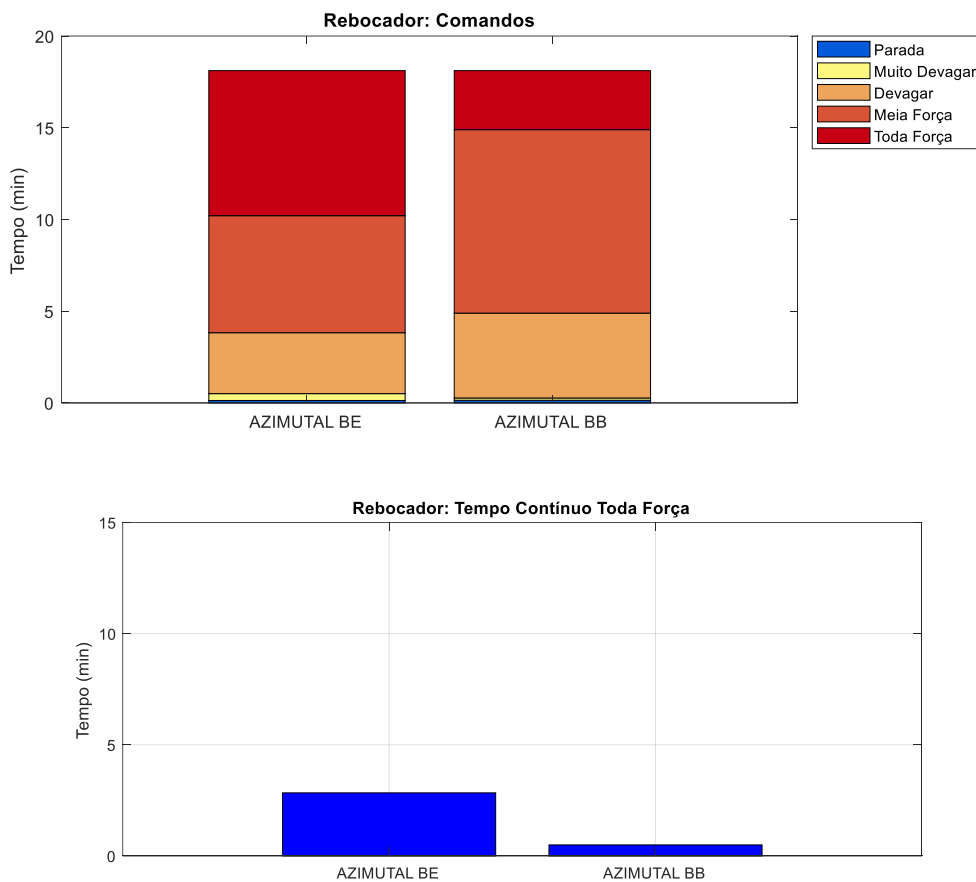
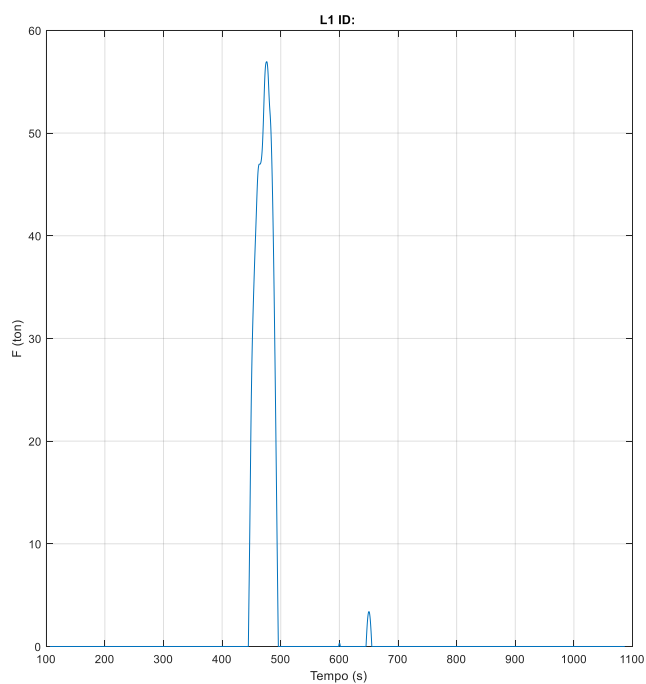


Gráfico de barras (Rebocador):



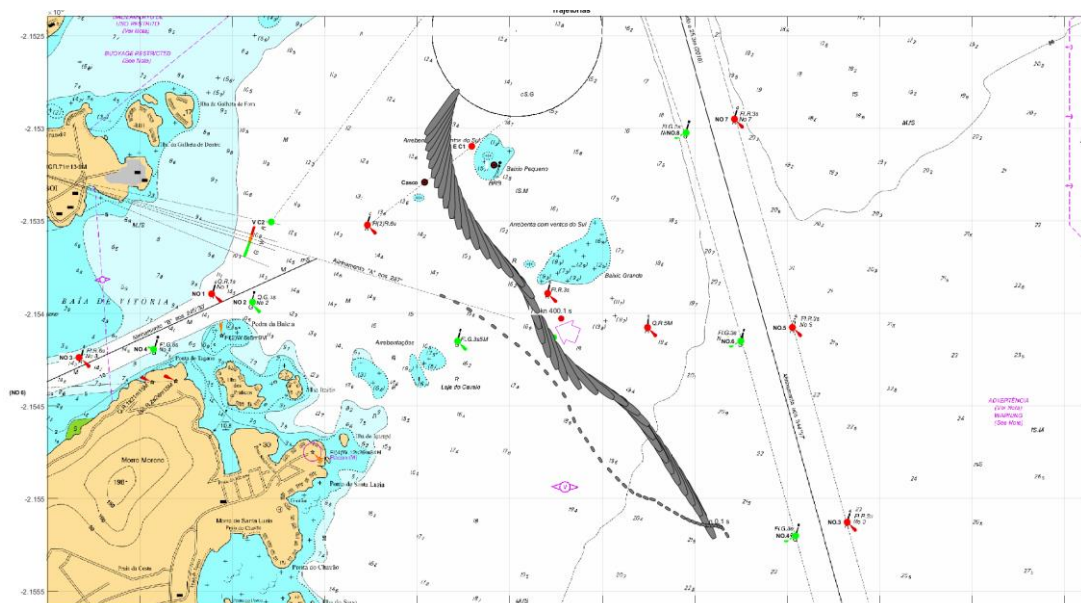
Força nos cabos e defensas:



5.17 Manobra 15

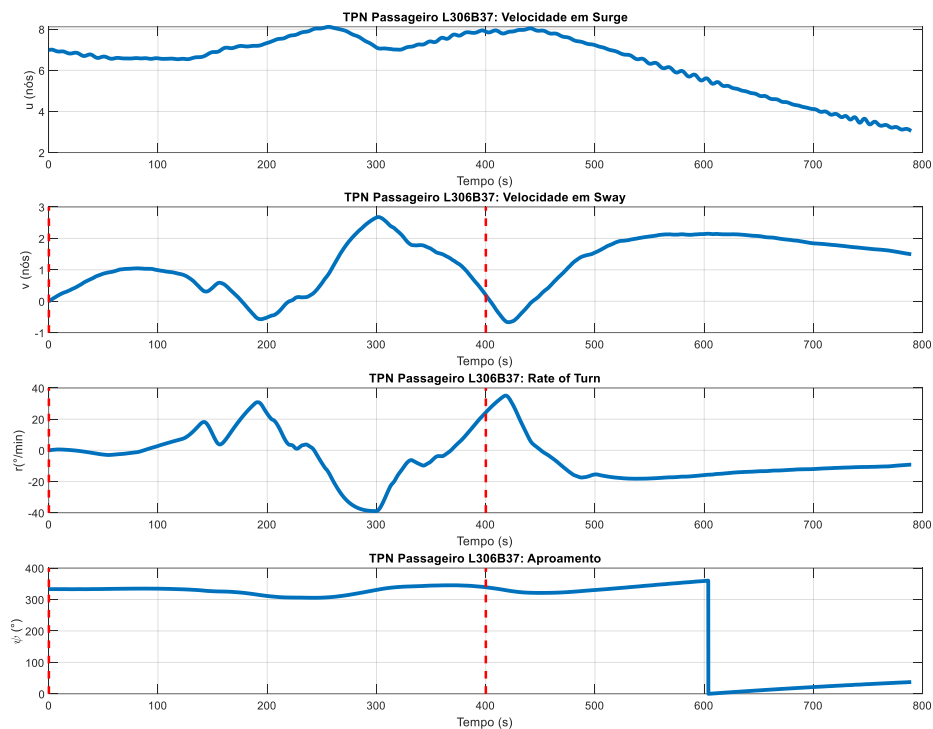
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Falha total do sistema de propulsão

Trajetoória da embarcação

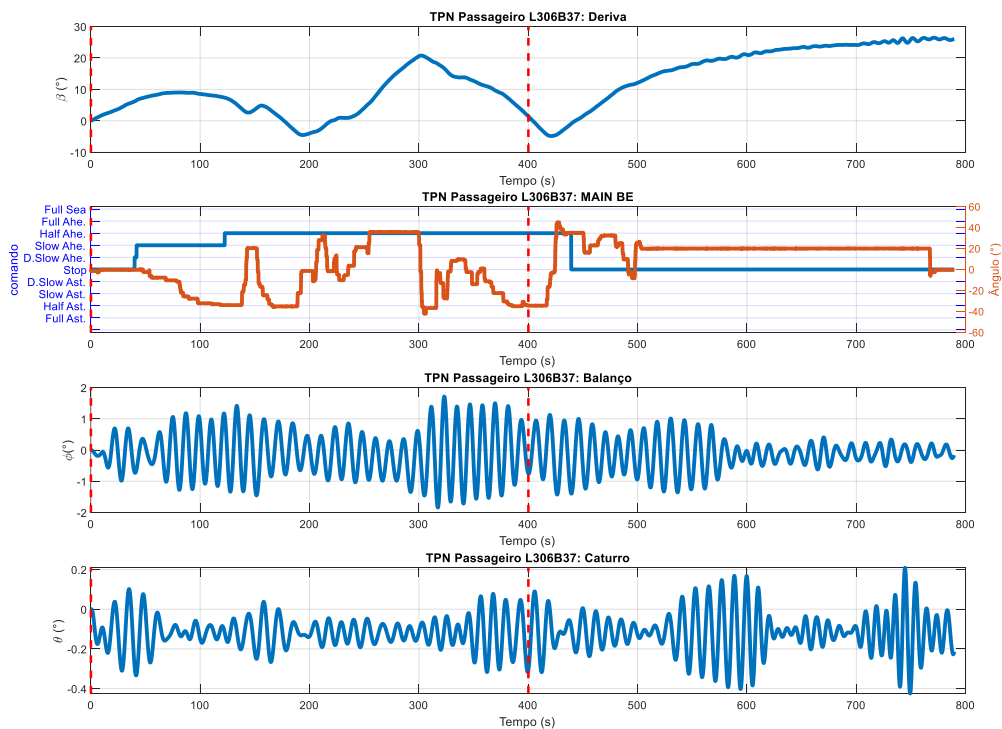


Na manobra do **Caso 15** sem acompanhamento de rebocadores, no momento que navio *Passageiro L306B37* passava próximo ao Baixo Grande [distante 60m] com 8nós, leme todo BE e proa 321°, foi gerada **FALHA TOTAL DO SISTEMA DE PROPULSÃO (fora de máquinas)**. Com velocidade elevada a meio caminho entre baixios por BE, ainda foi possível manter controle do navio; com leme 20°BE e utilizando-se de *thrusters bow* e *stern*, executou guinada para BE passando com 5nós entre casco soçobrado e Baixo Pequeno, em segurança [popa passou a 45m da boia do casco soçobrado]. Os 2 lemes operacionais e *thrusters* permitiram efetivo controle do navio até sair de área restrita e fundear em segurança, afastado de perigos.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

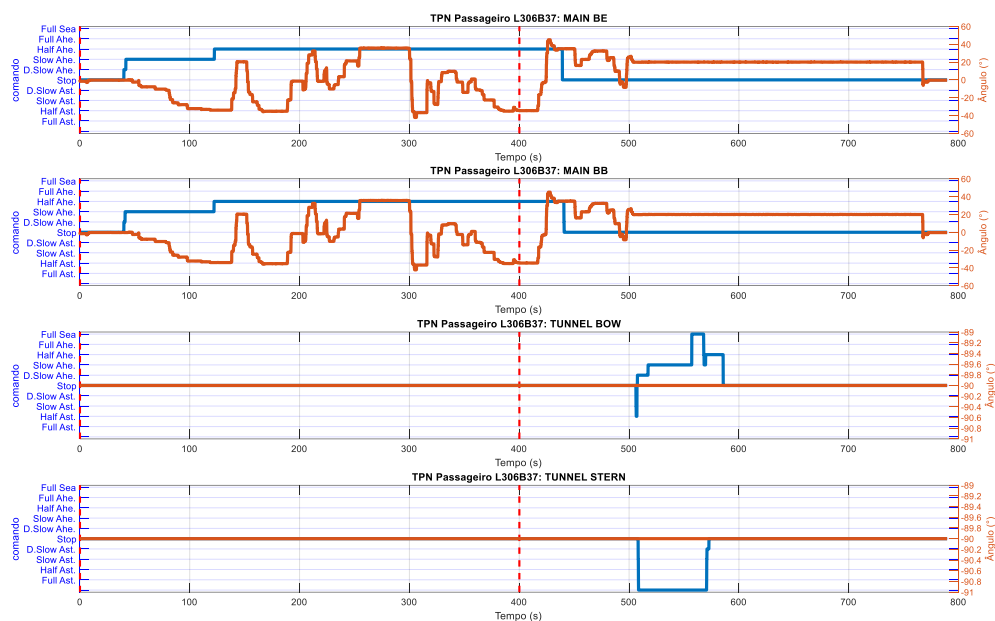
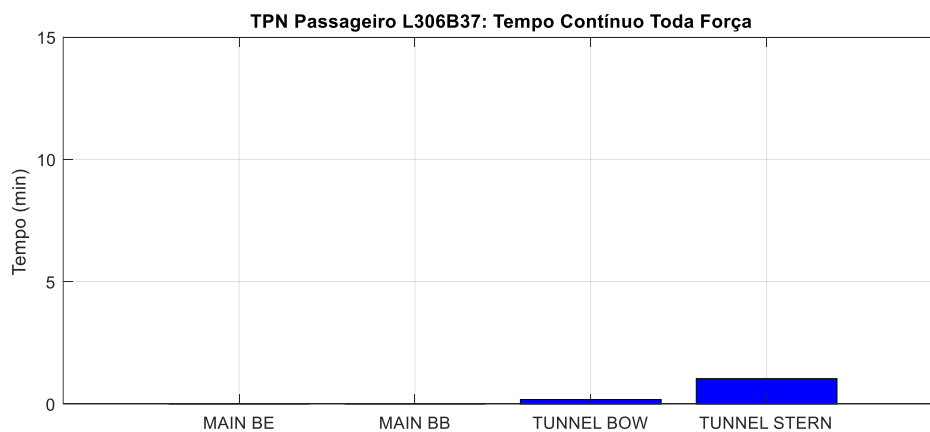
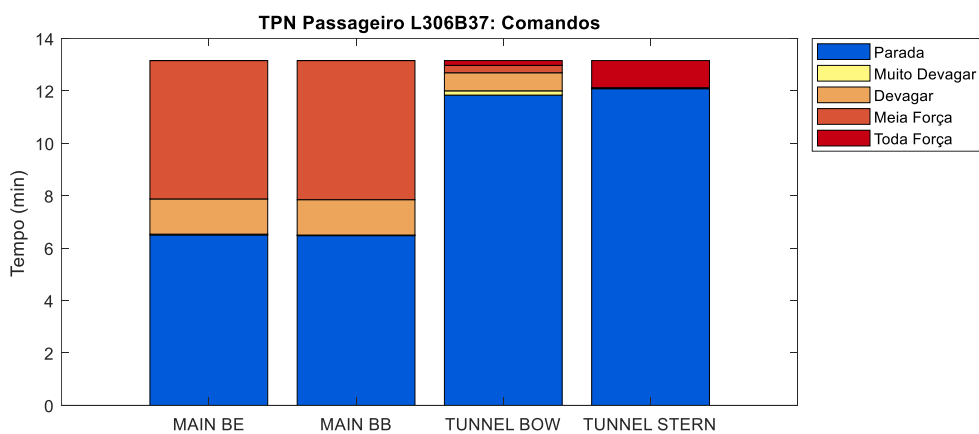
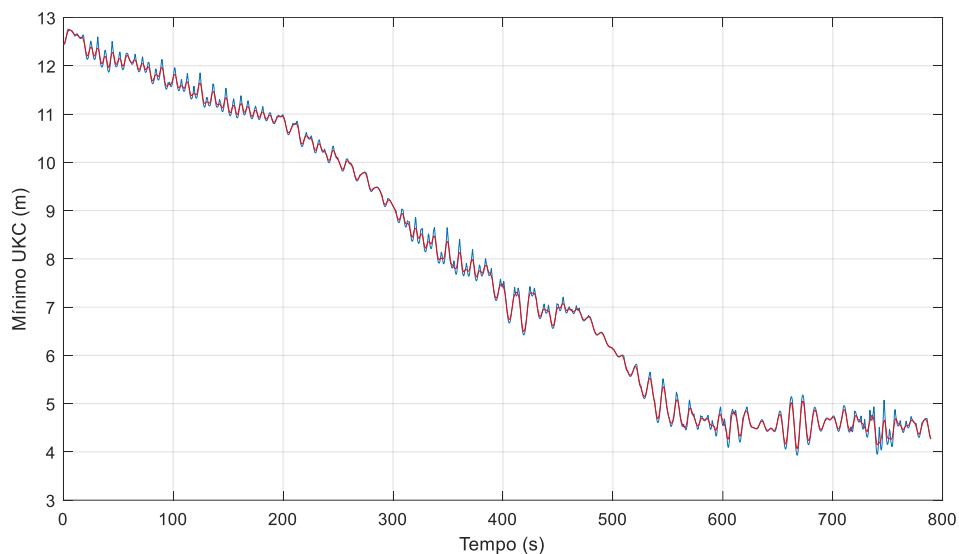


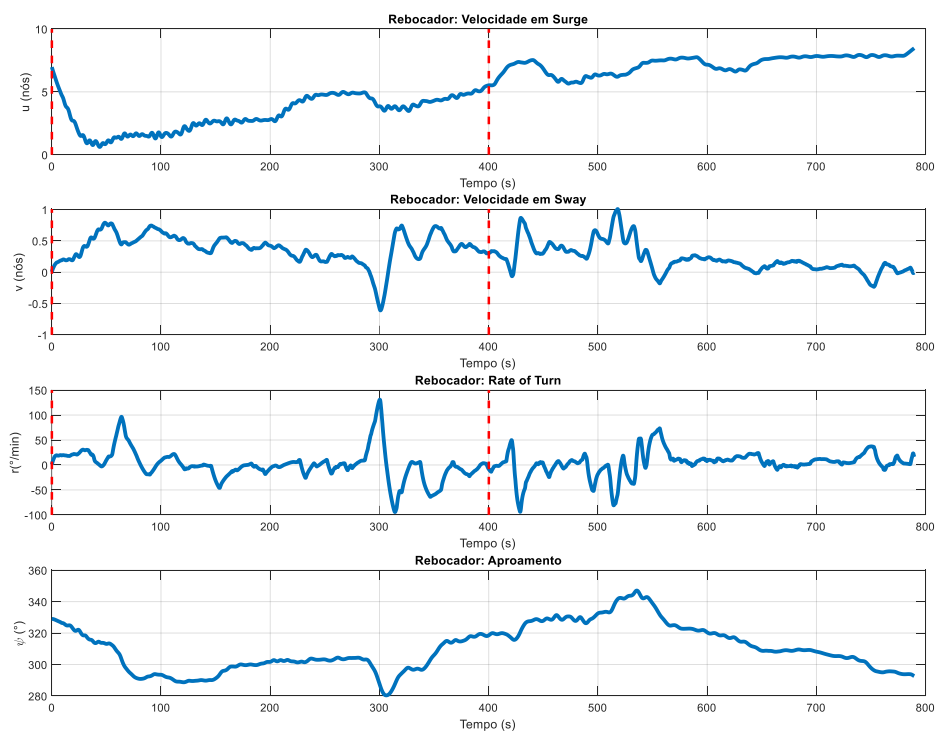
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



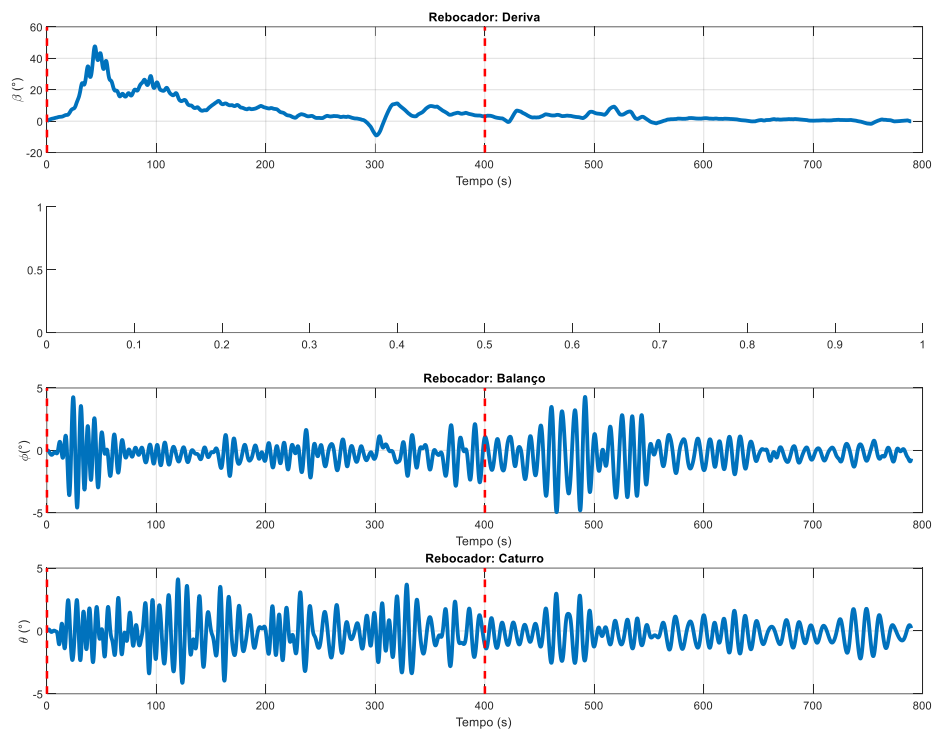
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

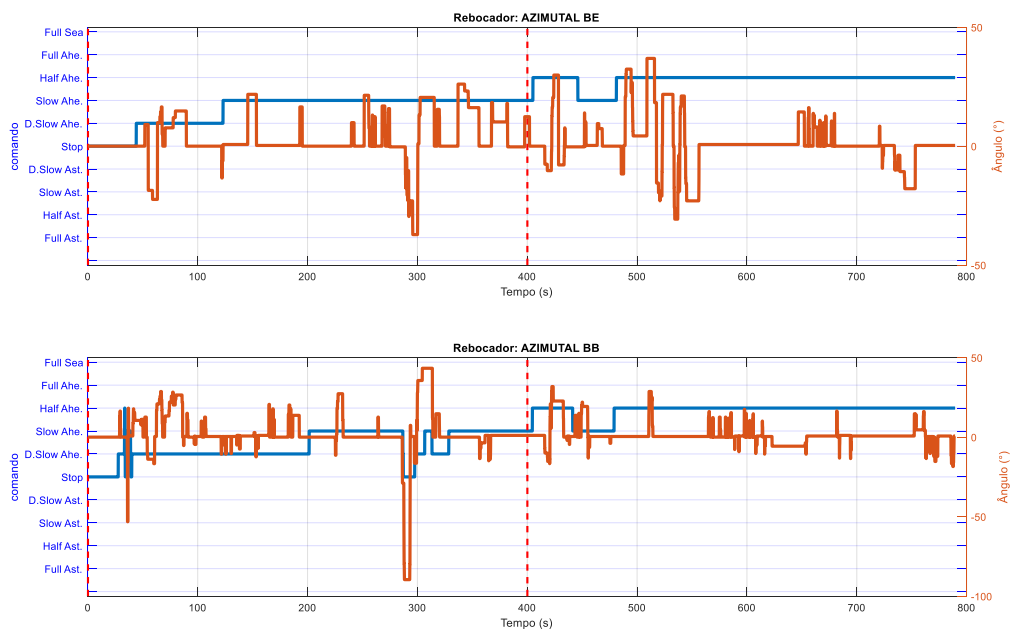
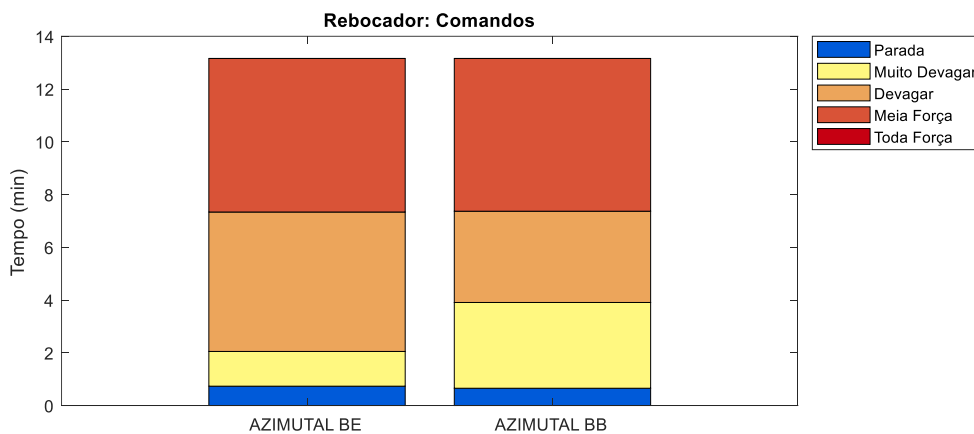


Gráfico de barras (Rebocador):



5.18 Manobra 16

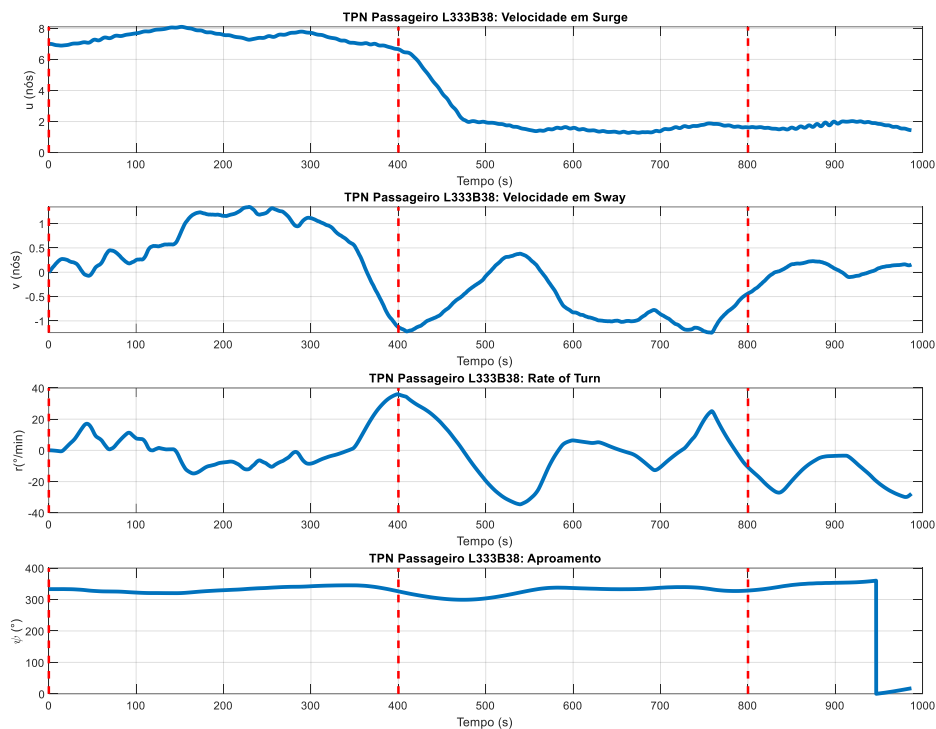
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb1_OE_VNE_CV
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Falha total do sistema de governo

Trajatória da embarcação

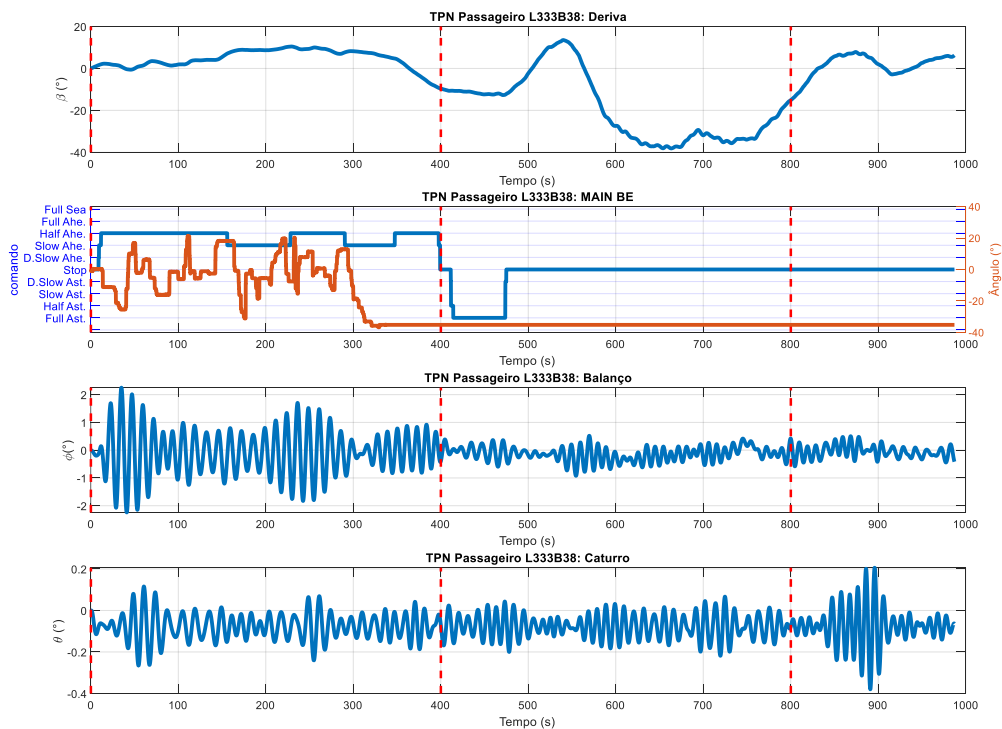


A **FALHA TOTAL DO SISTEMA DE GOVERNO** (falha de lemes; travados em 35°BB) foi gerada no momento que *Passageiro L333B38* passou pelo Baixo Grande [distante 80m] com 6.7nós, meia força adiante e proa 328° (**Caso 16**); de imediato, parou propulsor BE. Com lemes travados todo carregado para BB com velocidade elevada, navio adquiriu logo forte tendência de proa para BB na direção do casco soçobrado; foi necessário *thrusters* AV e AR atuarem com toda força para compensar, enquanto dava máquinas toda força atrás. Foi possível quebrar essa tendência, mas as medidas de compensação fizeram com que proa adquirisse tendência para bordo oposto, aproximando do Baixo Pequeno [passou a apenas 8m distante]; mais uma vez, ainda foi possível controlar navio com recursos próprios utilizando-se de máquinas, lemes e *thrusters*. Observou-se que baixa velocidade do navio no través do Baixo Pequeno permitiu aproximação excessiva desse baixo; assim que livrou do casco soçobrado, navio poderia ter aumentado logo a velocidade para sair rapidamente do canal “Bravo”. Em relação à falha total dos lemes, normalmente, essa falha seria rapidamente sanada trazendo a meio com recursos automáticos ou até em emergência; não iria demorar a colocar a meio.

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

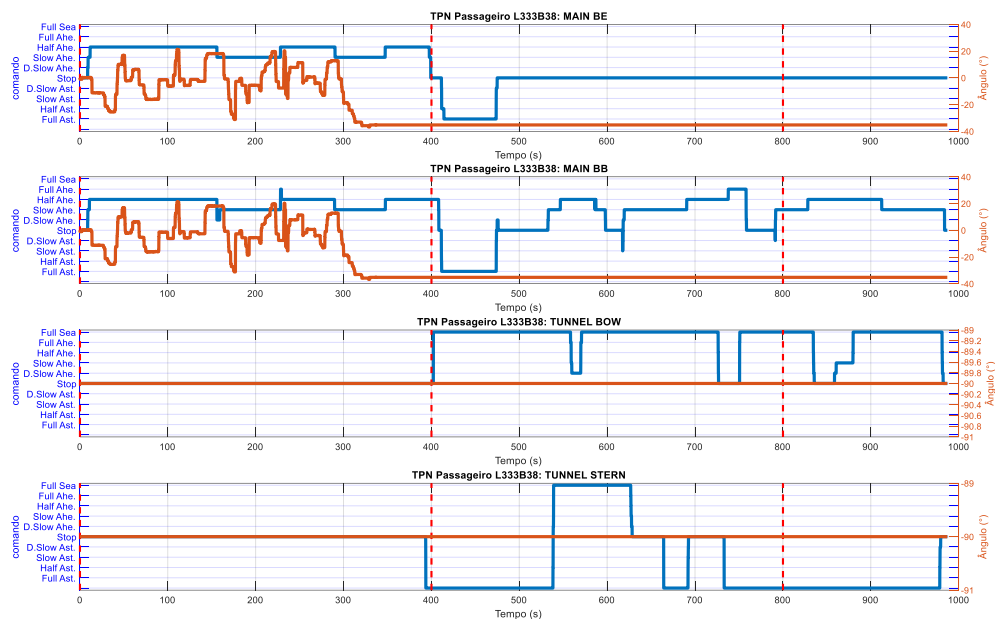
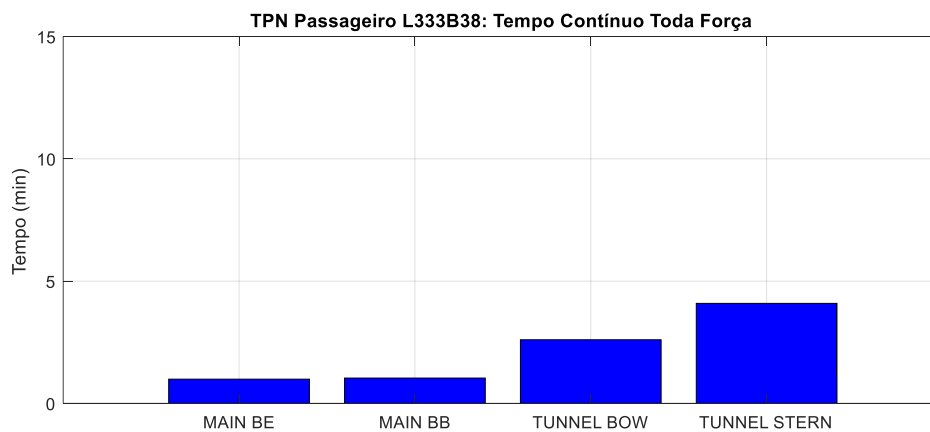
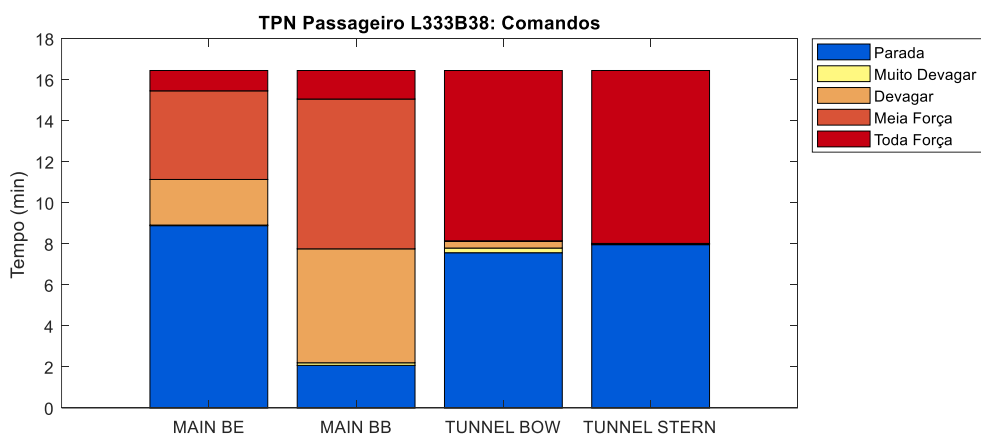
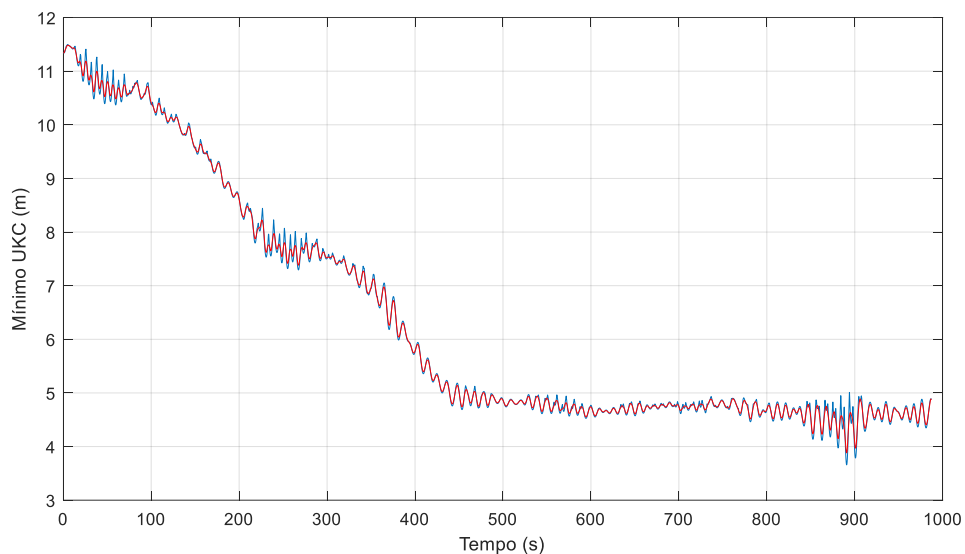


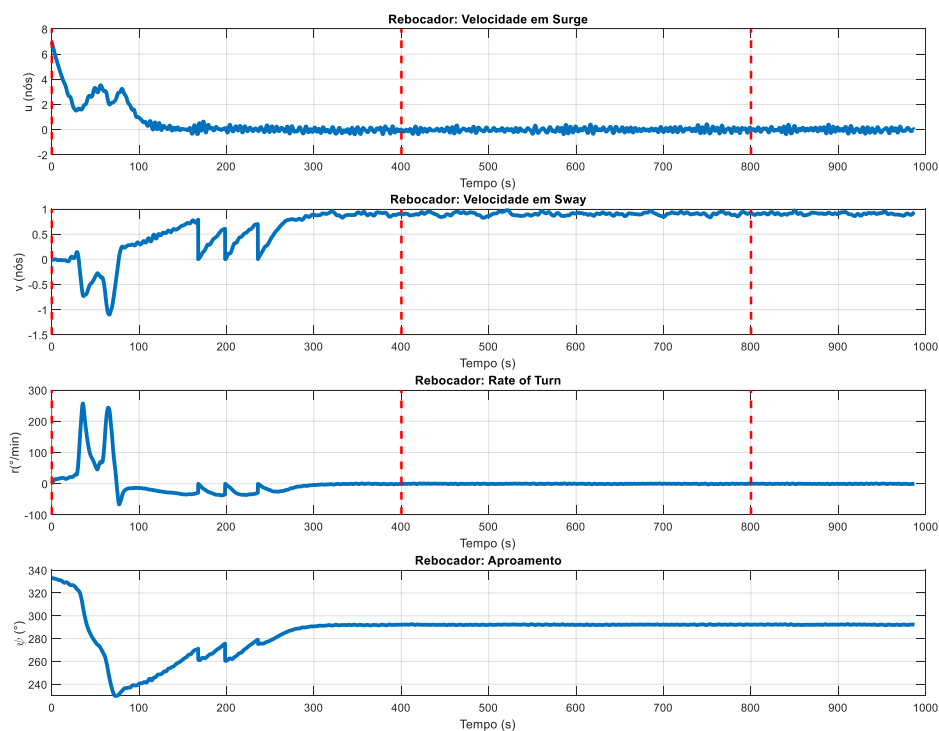
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



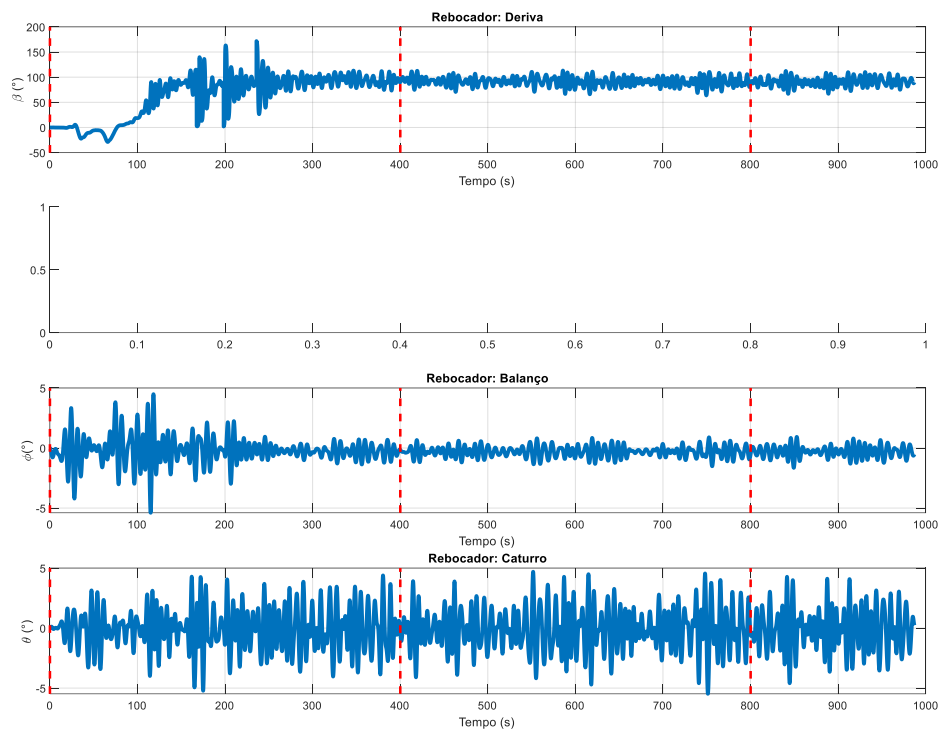
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

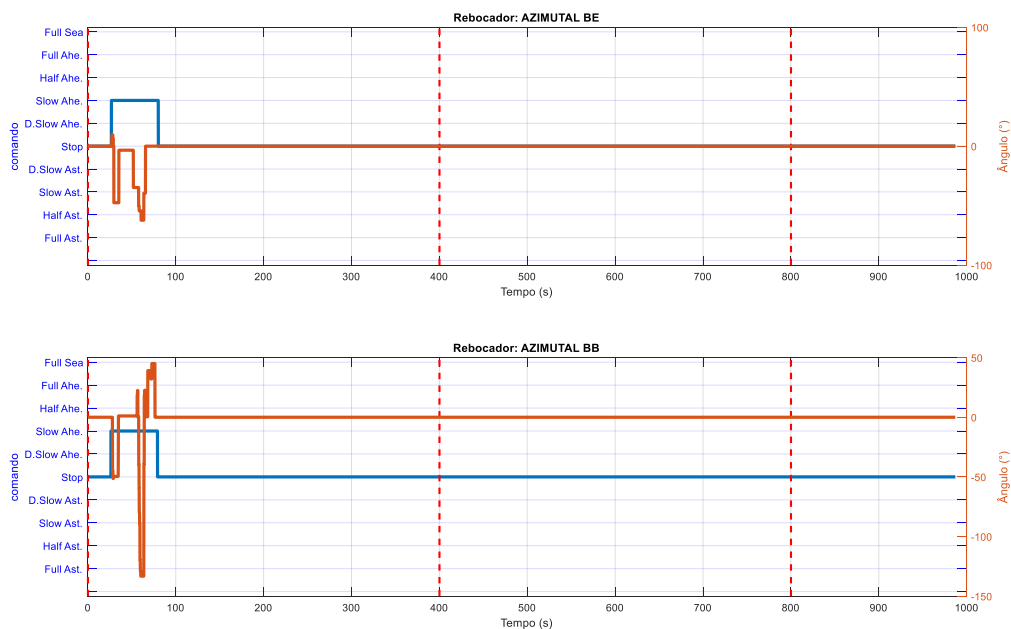
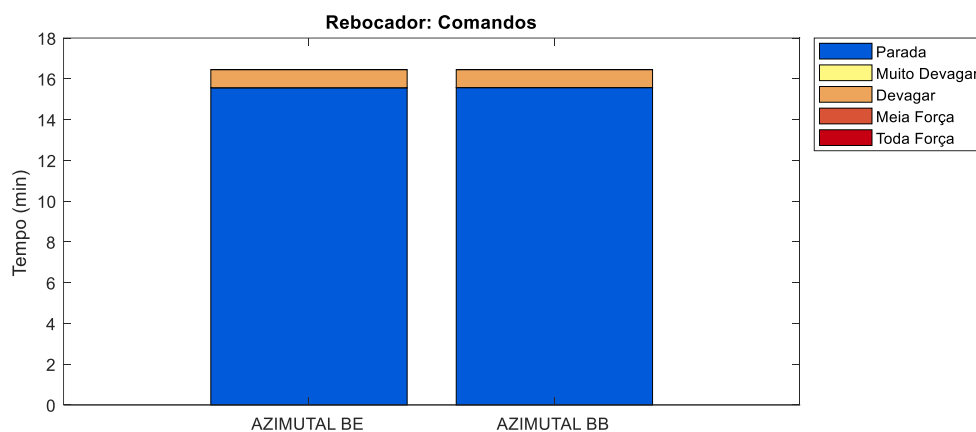


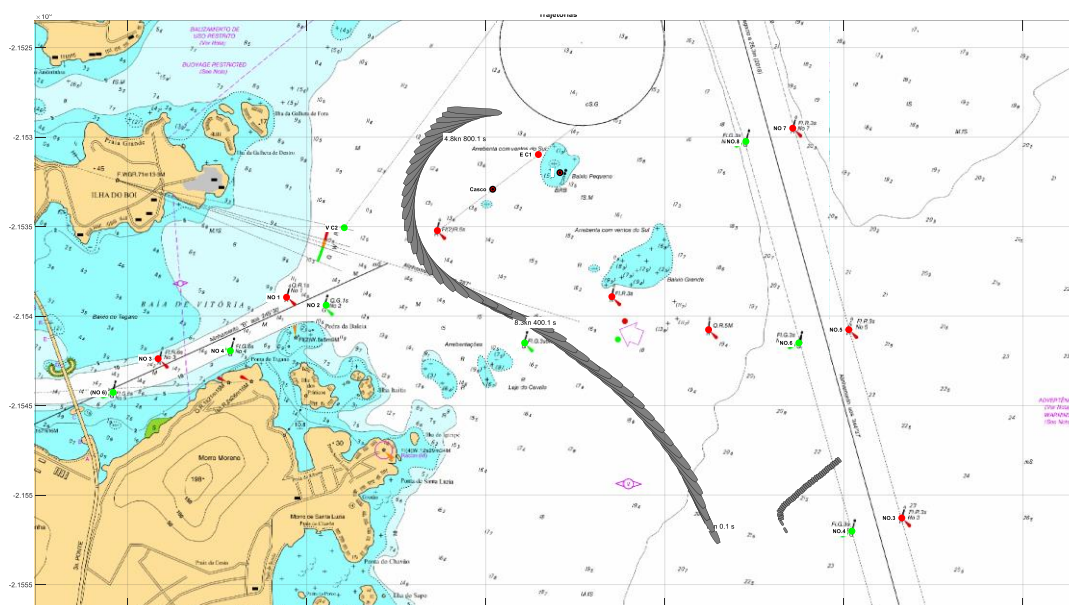
Gráfico de barras (Rebocador):



5.19 Manobra 17

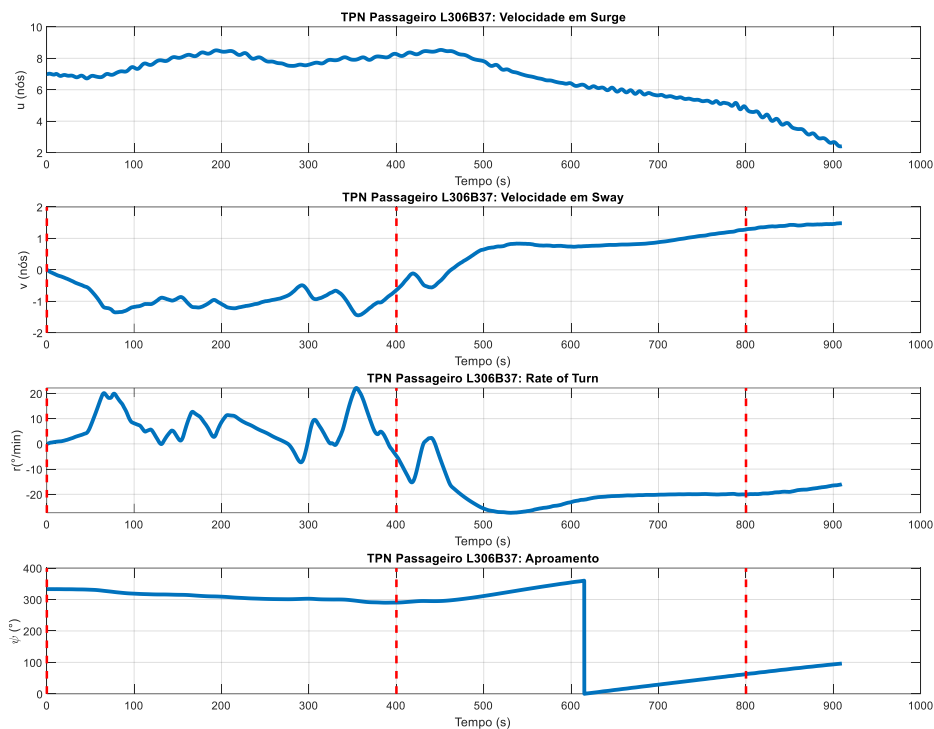
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb5_OE_VSSW_CV
Manobra: A. Navegação no canal na chegada A	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: SSW - 21kn	Onda: SE - 2.0m - 14s
Rebocadores: -	Falhas: Blackout

Trajetória da embarcação

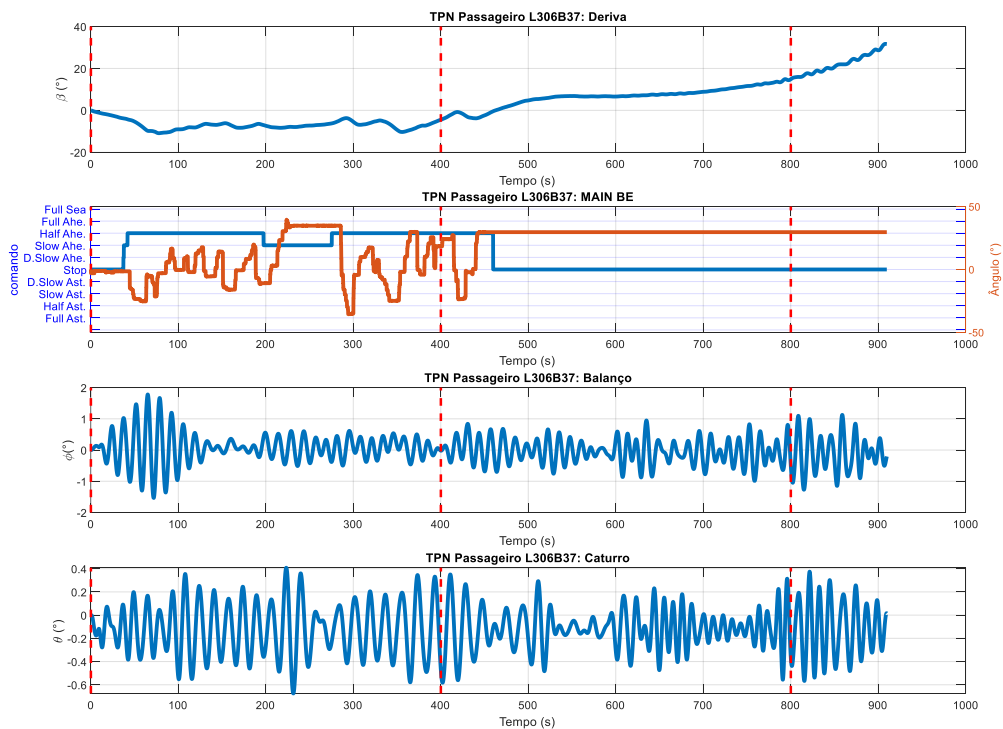


No **Caso 17** [sem rebocadores], navio governava por rumos pelo trecho entre curvas com 8.5nós, meia força adiante, na proa 296° e iniciando guinada para montar a boia lateral encarnada, quando foi gerado **blackout no navio** com leme travado 30°BE; como estava com leme travado para BE e montando a boia lateral encarnada, optou por continuar guinando deixando ferros prontos para largar. Com 5.3nós e proa na área do fundeadouro, largou ferro de BE com 2 quarteis; com 2.4nós e ferro tensionando com 57T, encerrou manobra antes de chegar no fundeadouro. Observou-se que no trecho entre curvas, navio já se encontrava com proa mais para perto da boia encarnada [ao contrário do **Caso 11** em que a proa estava mais afastada da encarnada] e leme travado já na direção de guinada; esses fatores permitiram ao navio executar a guinada em emergência sem mexer em controle algum [estava com *blackout*] e aproximar do fundeadouro aguardando reduzir velocidade para largar ferro. Apesar de conclusão exitosa dessa emergência, ainda restou dúvida se navio teria condições de evitar algum acidente de navegação sem o auxílio de rebocadores.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

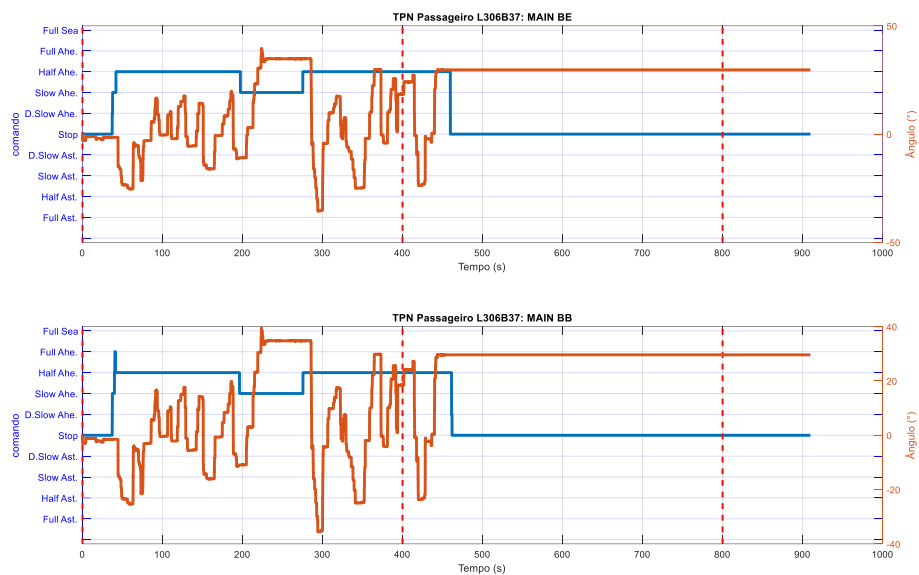
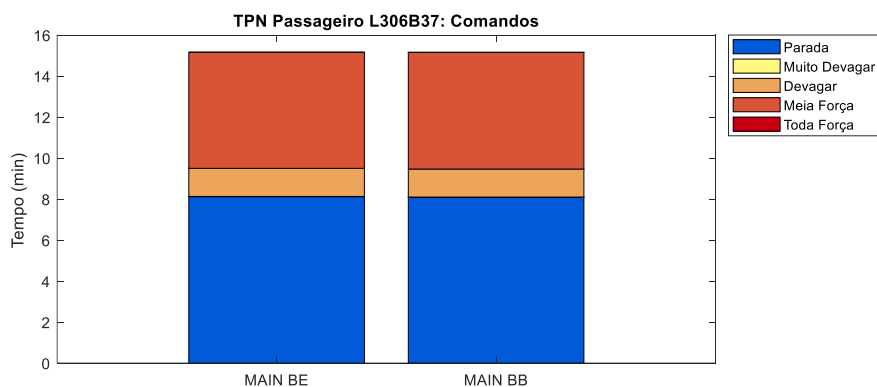
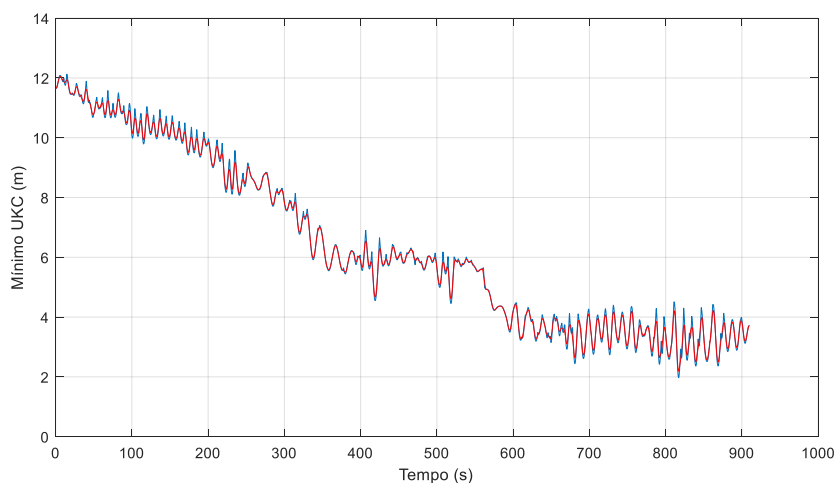


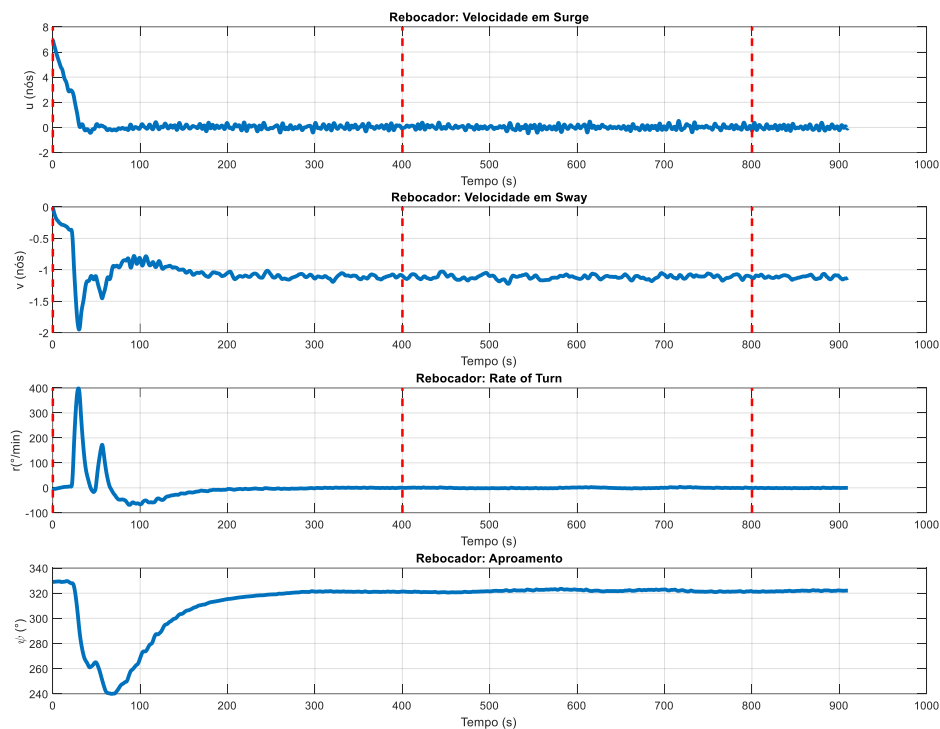
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



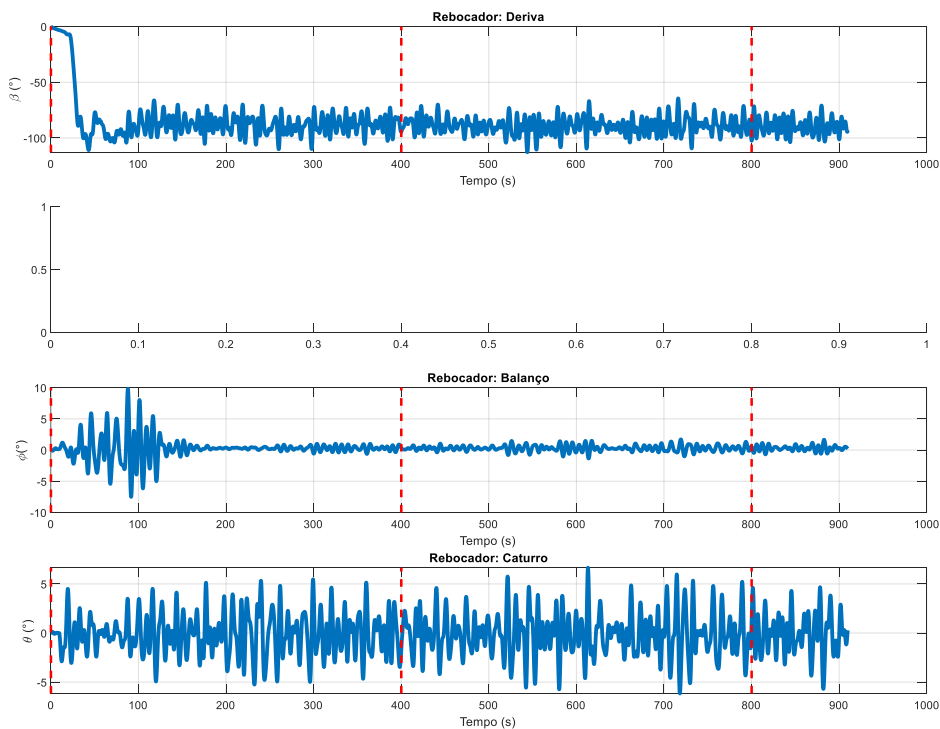
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



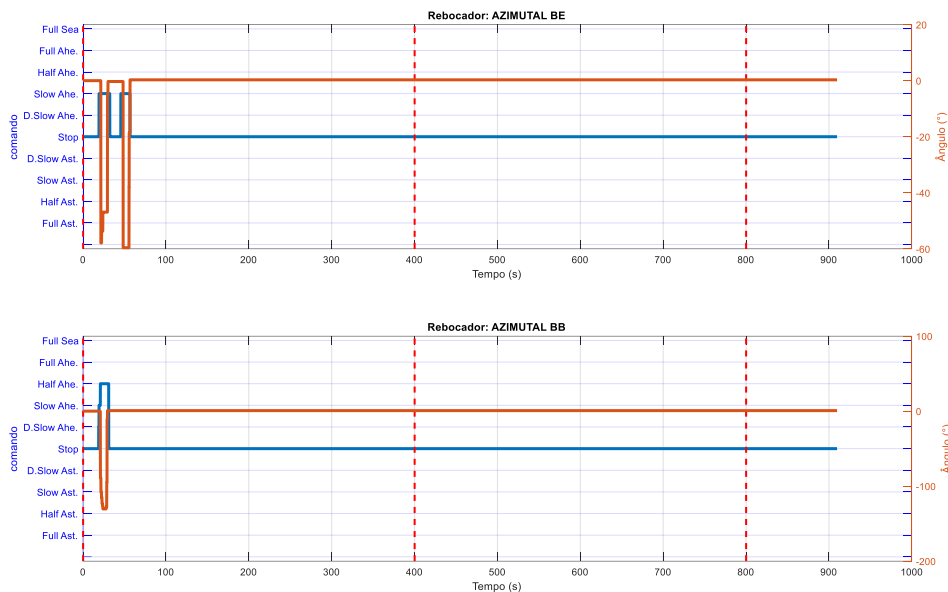
Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):

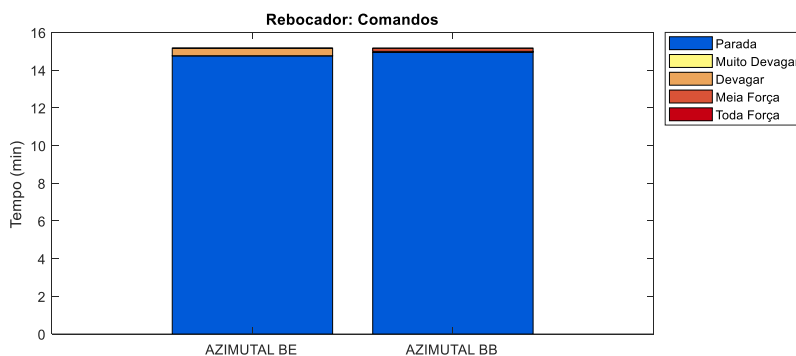


Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

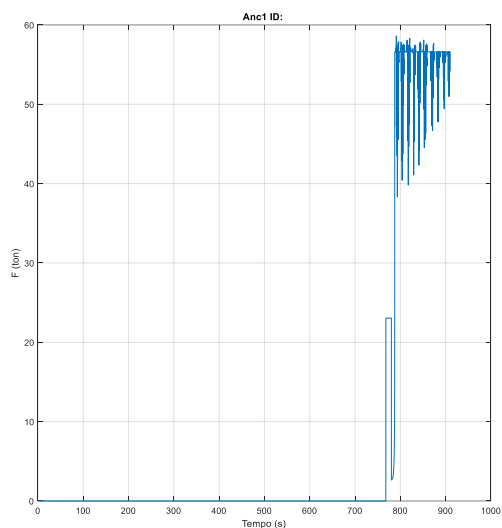


Gráfico

de barras (Rebocador):



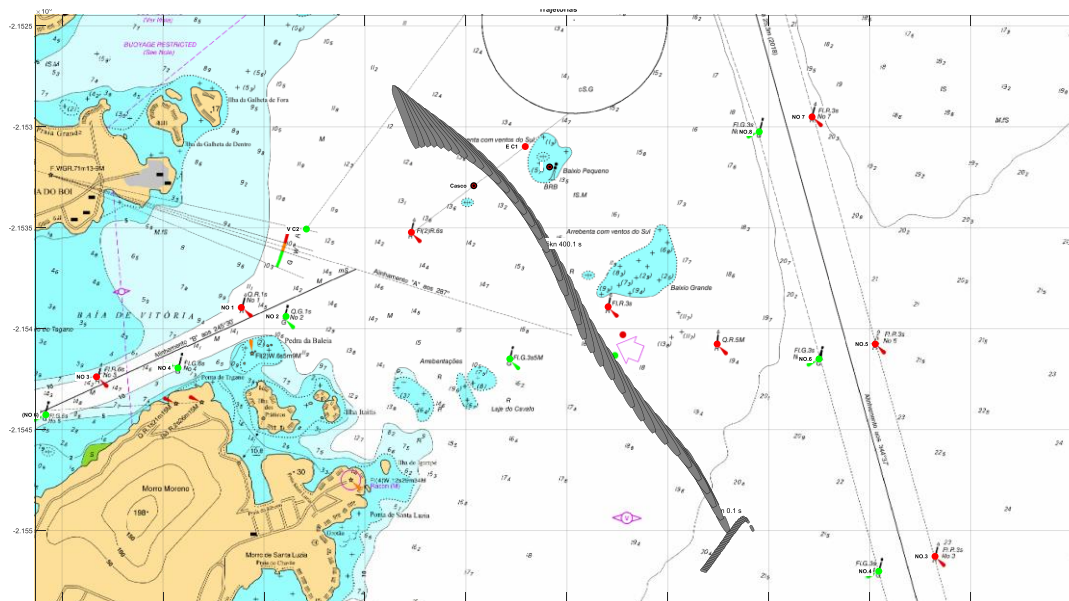
Força nos cabos e defensas:



5.20 Manobra 18

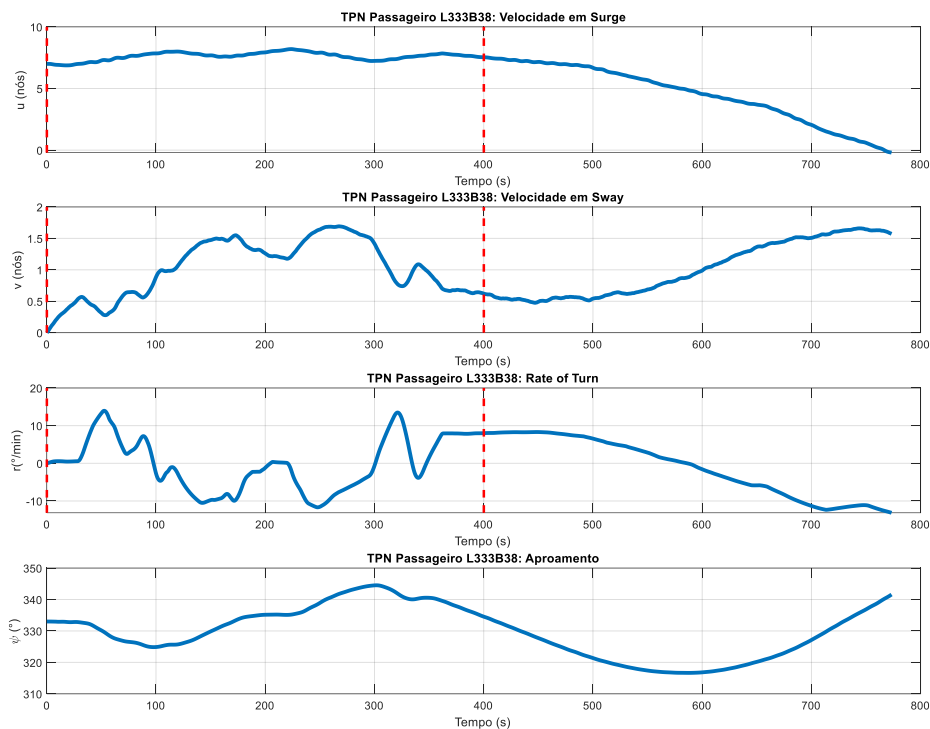
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Blackout

Trajetória da embarcação

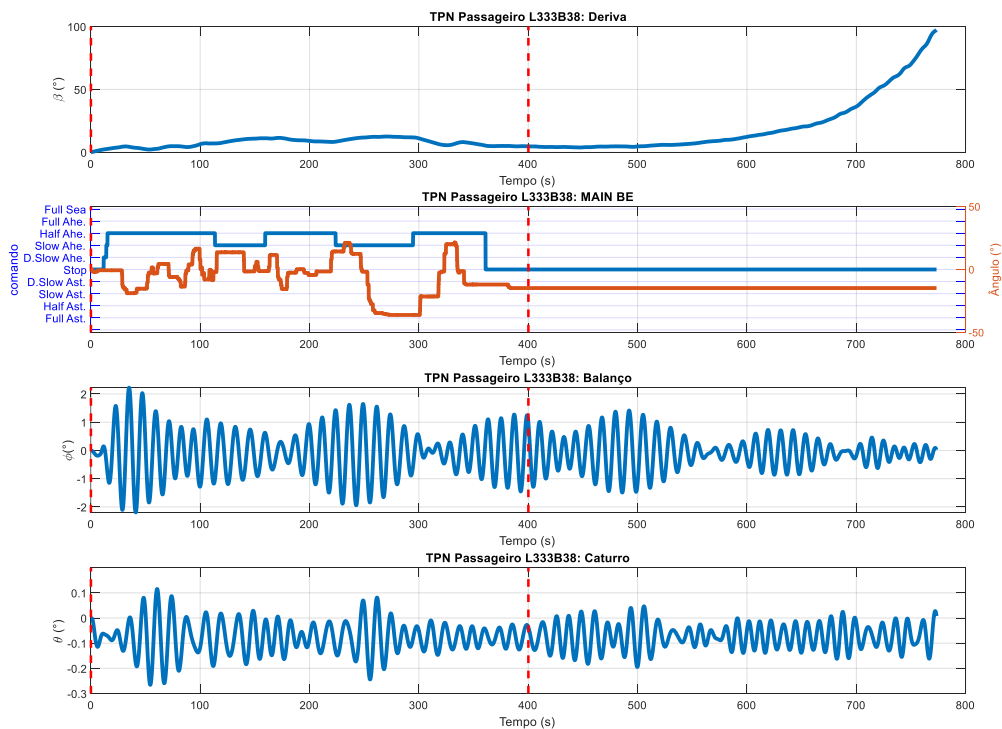


Repetiu-se a falha no navio com **BLACKOUT** (ficando sem propulsão; sem energia; lemes travados **15°BB**), gerado no momento que navio *Passageiro L333B38* navegava a meio caminho do canal com 7.8nós, meia força adiante, mais por BE do canal, mas dessa vez sem apoio de rebocadores (**Caso 18**). Após conseguir sair do canal com 7nós, começou largando 2 quarteis de amarra nos ferros de BE e BB para reduzir velocidade; à medida que ia reduzindo seguimento AV, foi “pagando” mais quarteis até chegar a 10 quarteis nos dois ferros. Foi o suficiente para parar navio no limite de segurança a Oeste [apenas a proa passou desse limite, sem encalhar; menor *ukc* observado foi de 3.3m]. Apesar da finalização da manobra com sucesso, **recomenda-se** realizar as manobras iniciais com apoio de rebocadores [*ramp up* a ser estabelecido].

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

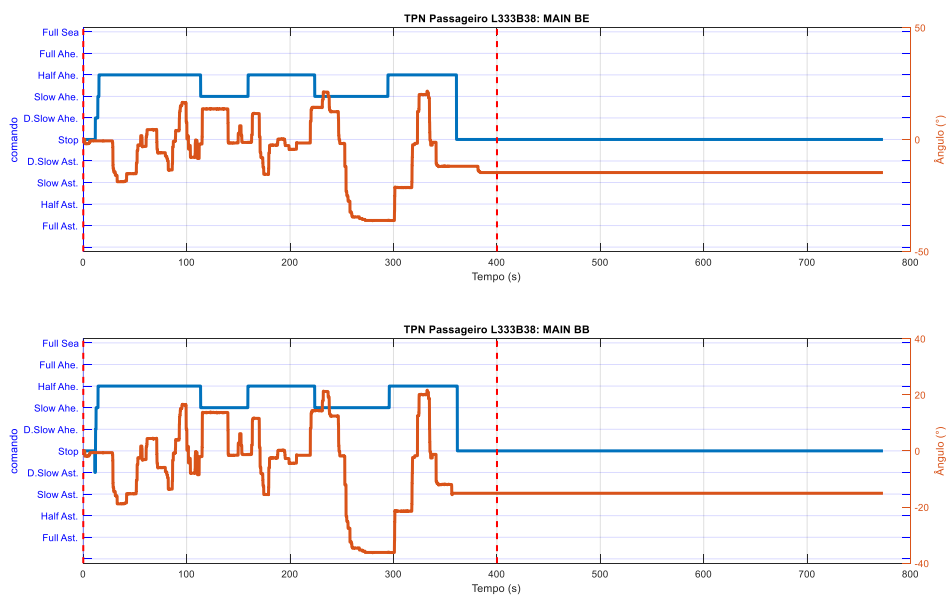
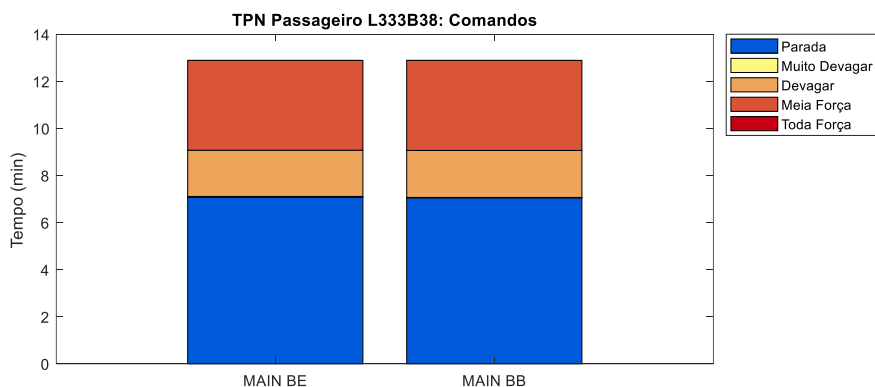
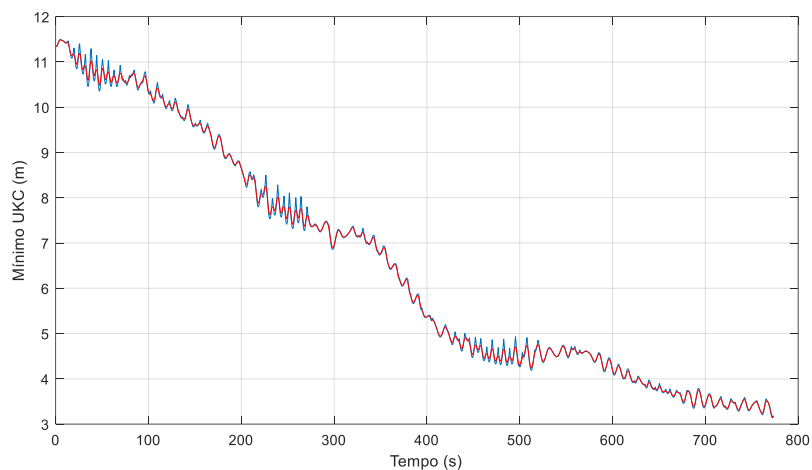


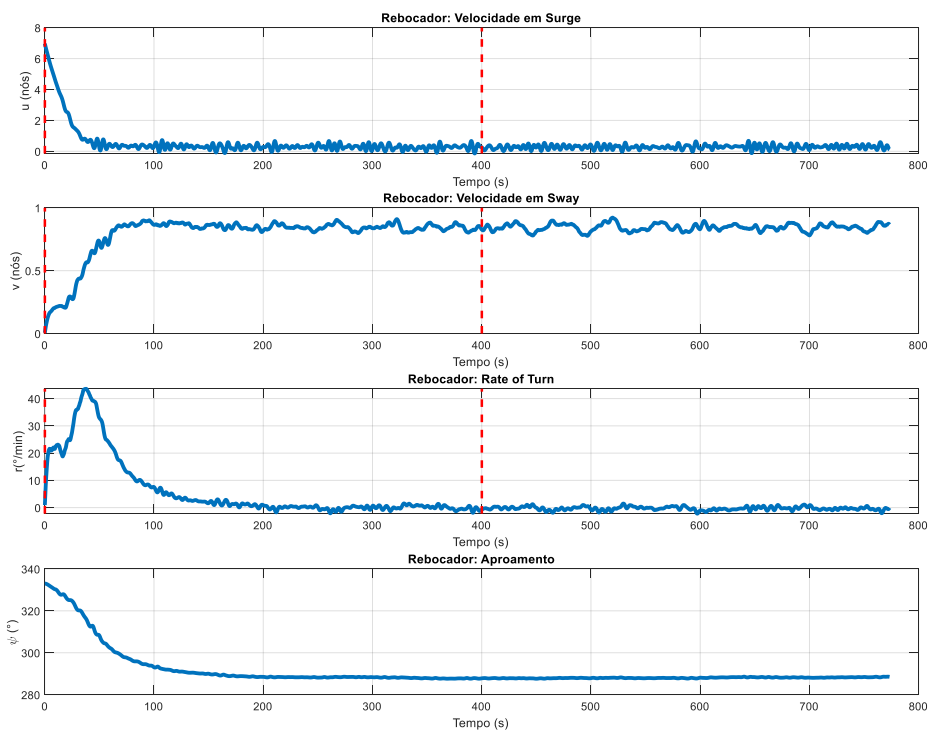
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



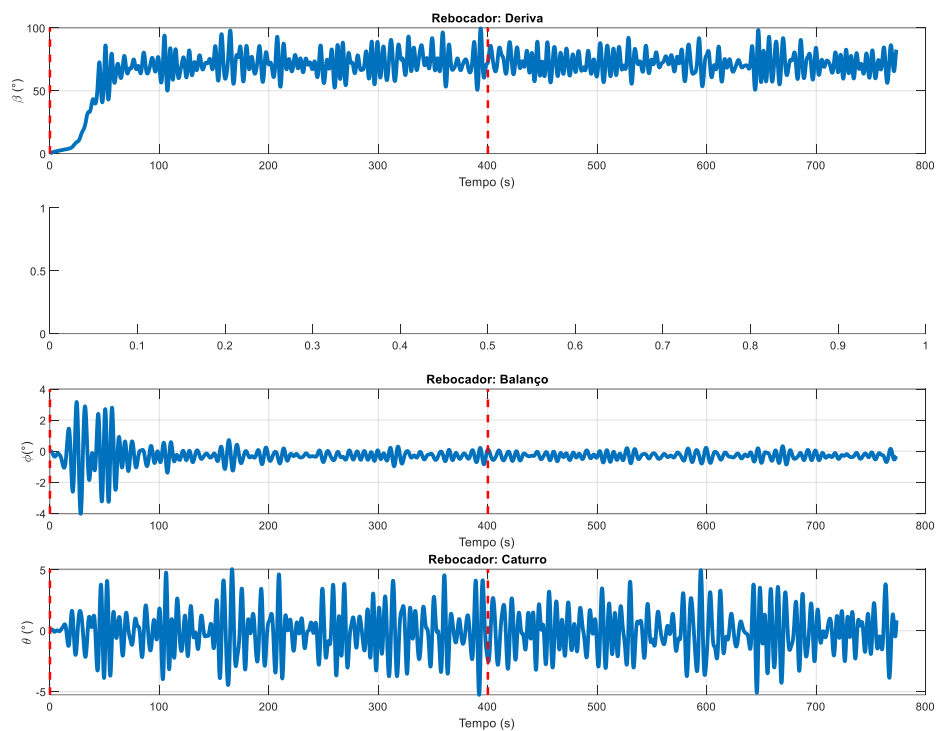
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



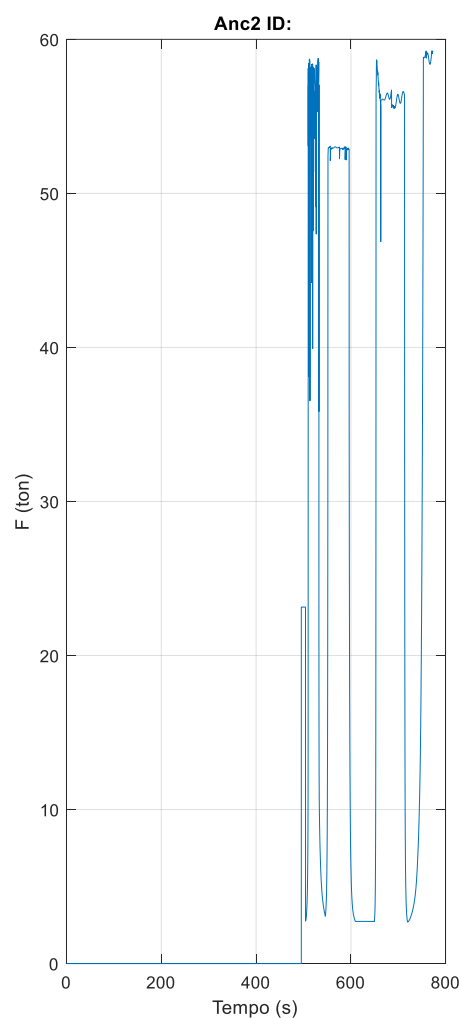
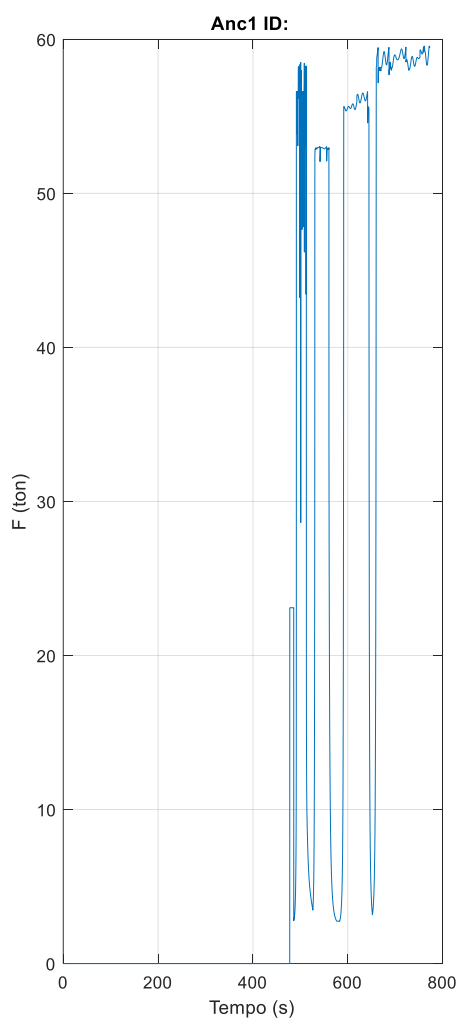
Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



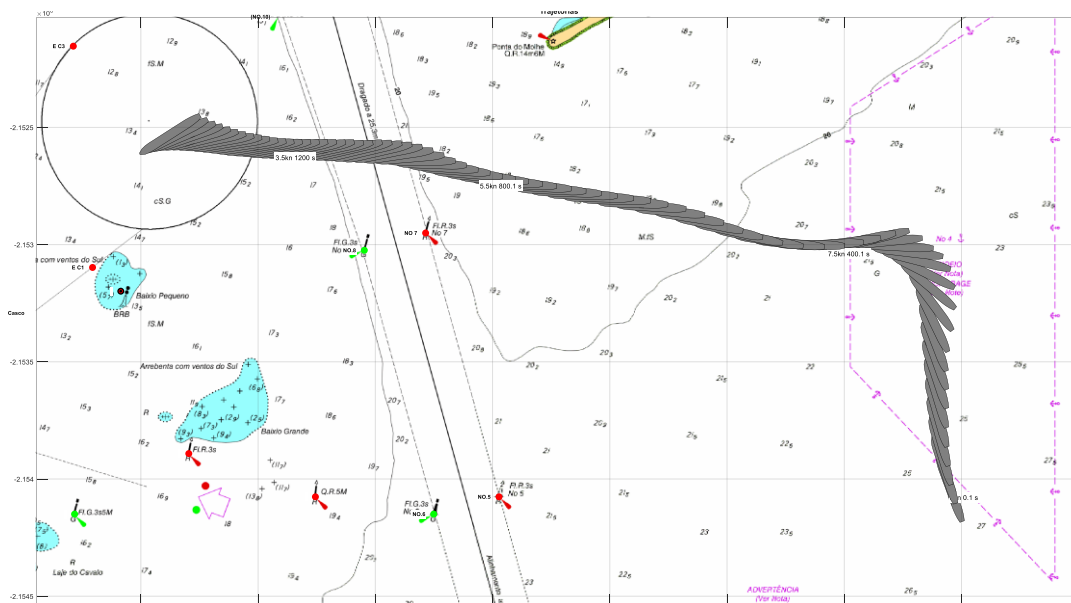
Força nos cabos e defensas:



5.21 Manobra 19

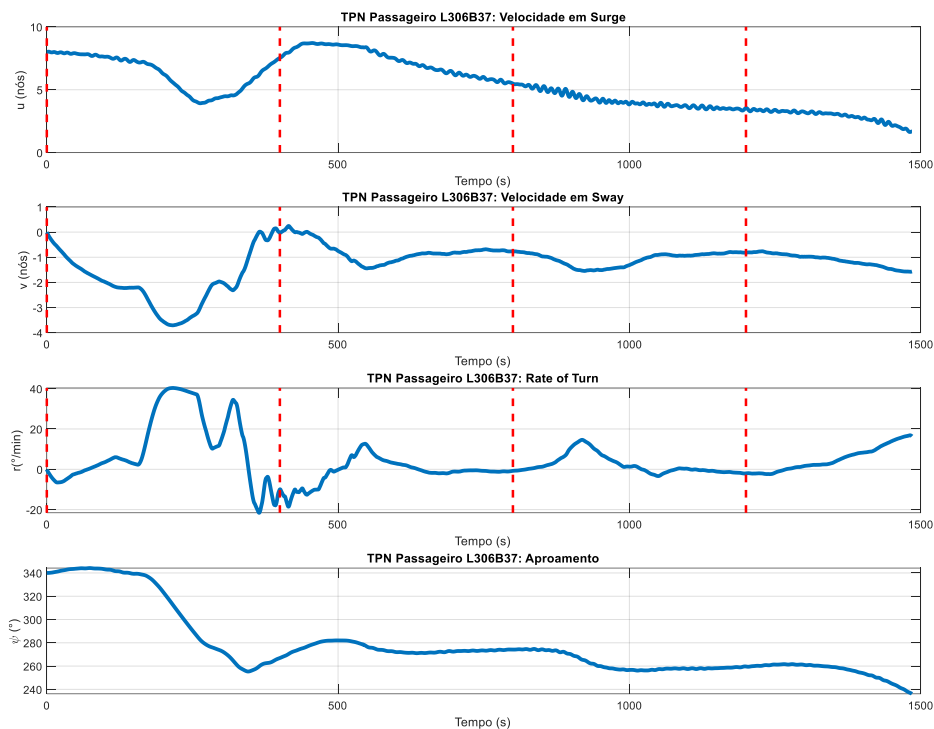
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb3_OSE_VS_CV
Manobra: A. Navegação no canal C na chegada	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: S - 21kn	Onda: SE - 1.5m - 12s
Rebocadores: -	Falhas:

Trajeto da embarcação

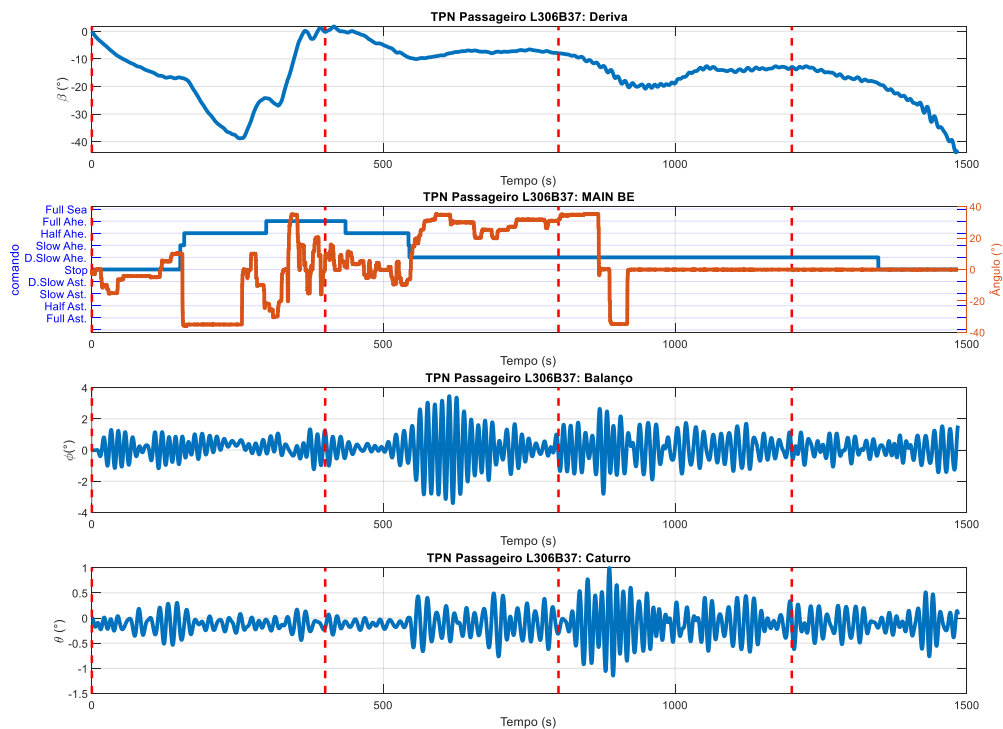


Como primeira manobra do *Passageiro L306B37* sem apoio de rebocadores, procedeu com 8 nós e máquina parada pelo fundeadouro#4 por fora do molhe de Praia Mole no Cenário Amb3_OSE_VS_CV [corrente vazante 0.3nó; vento S 21nós; onda SE 1.5m12s]. Com 7nós, máquina meia força adiante e leme todo BB guinou 90° para cruzar canal da Vale, deixando boias E#7/V#8 por BB. Cruzou canal da Vale com 4nós, muito devagar adiante, controlando proa do navio com *stern thruster* todo BB e *bow thruster* todo BE, mantendo navio *Passageiro L306B37* aproado à área do fundeadouro. A entrada para o fundeadouro através dessa trajetória foi avaliada como de risco menor e mais fácil de ser executada (**Caso 19**). [sem falha]

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

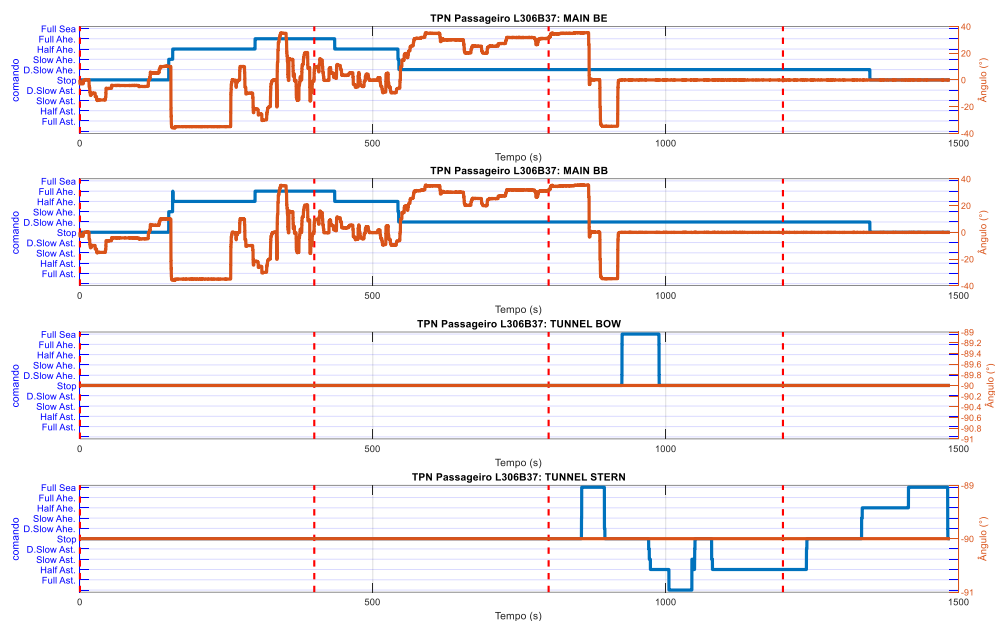
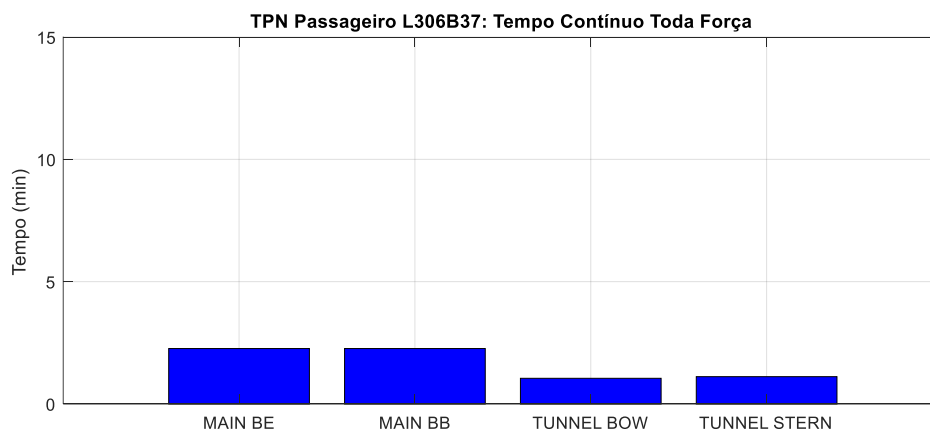
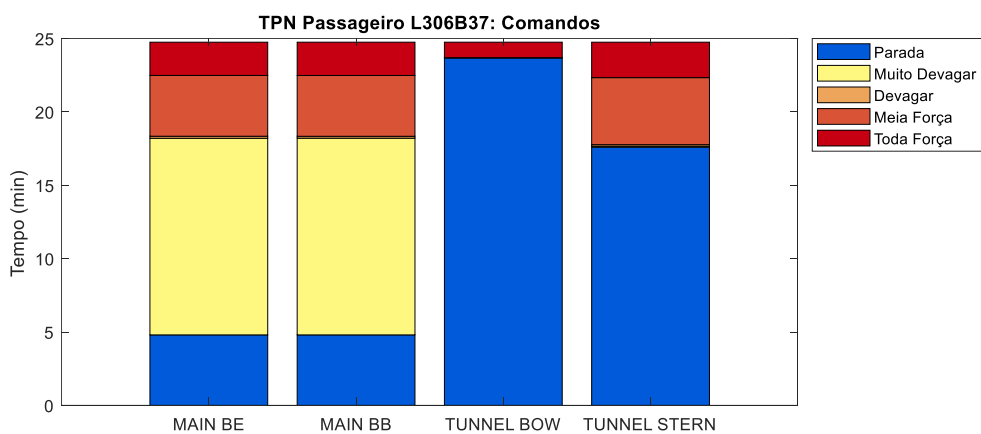
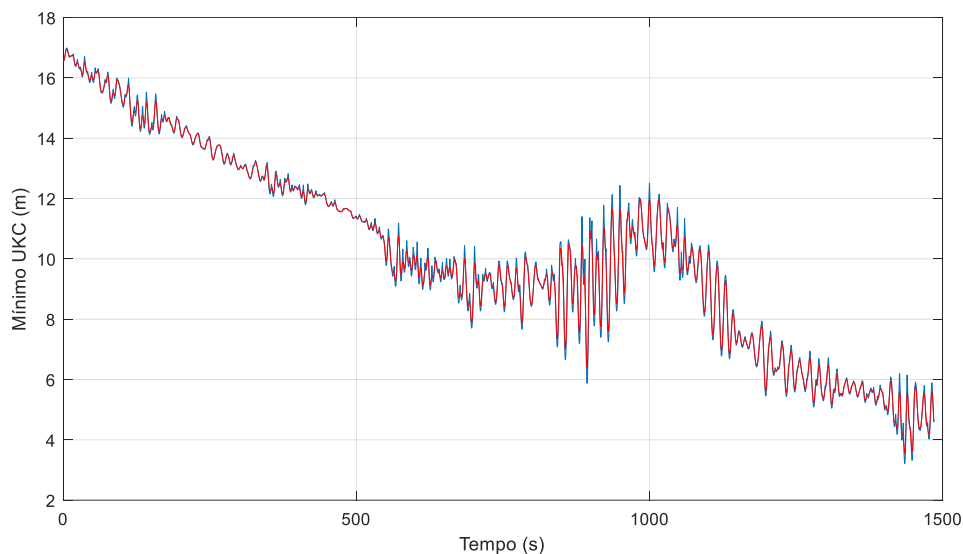


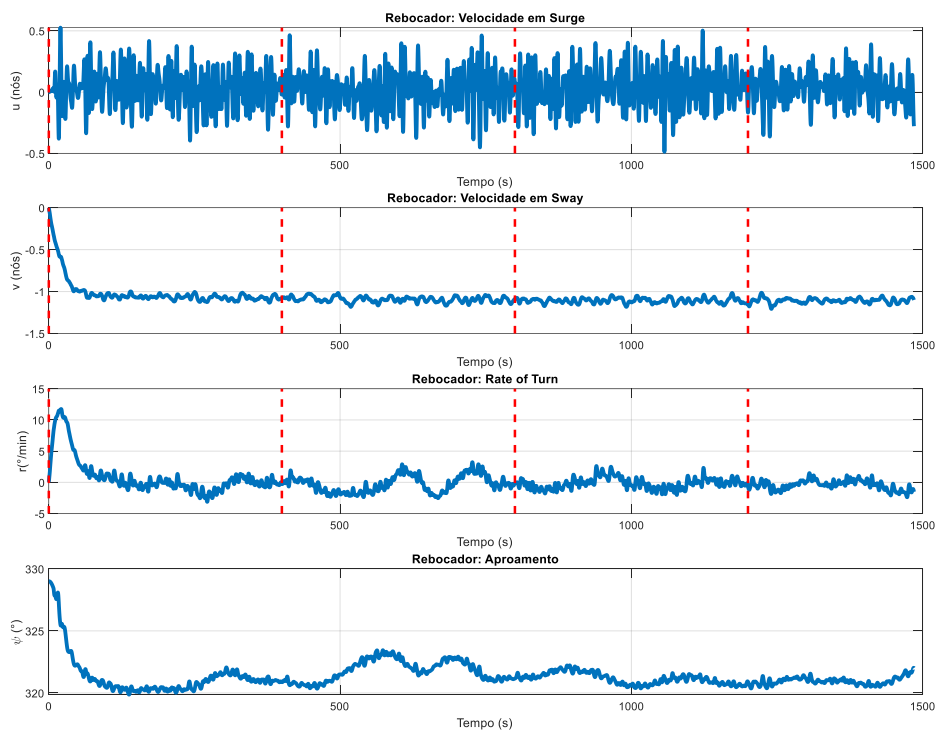
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



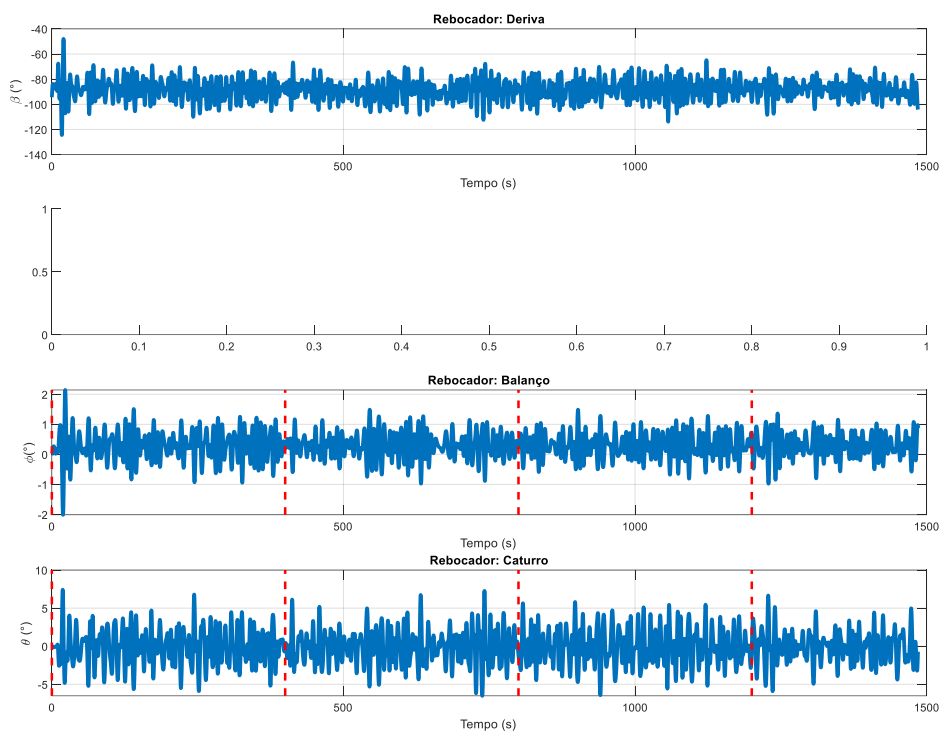
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



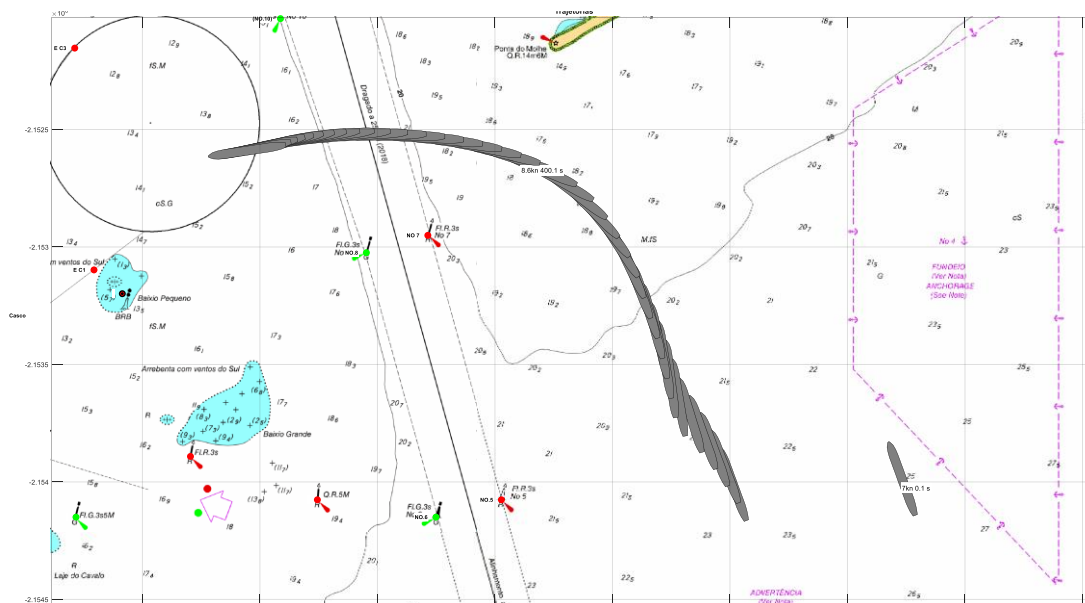
Dados da manobra (Rebocador):



5.22 Manobra 20

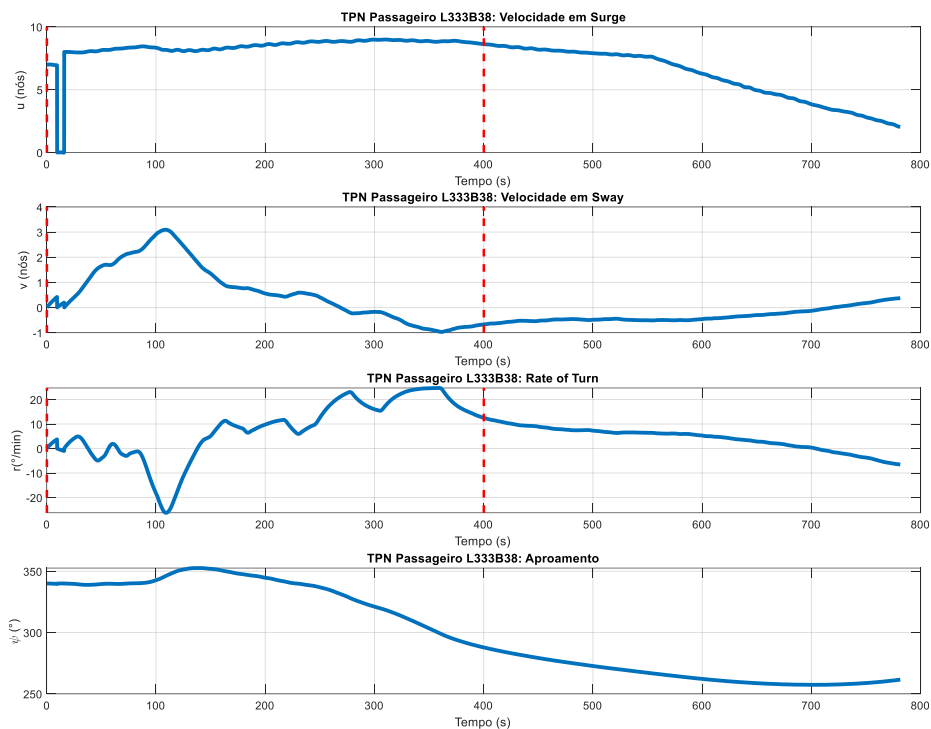
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada Vale	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Blackout

Trajetoória da embarcação

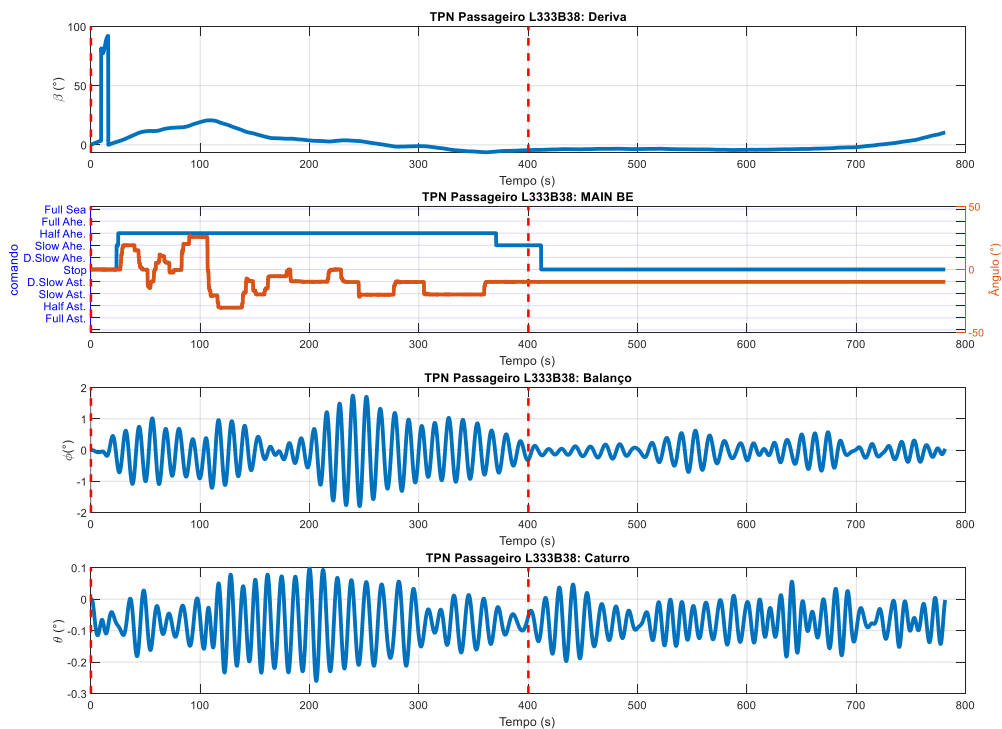


No momento que navio *Passageiro L333B38* chegava para cruzar o canal da Vale com 8.5nós, devagar adiante e na proa 284°, foi gerado **BLACKOUT NO NAVIO (sem propulsores; sem energia; lemes travados 10°BB)**. Observou-se que, ao cruzar o canal da Vale com 7.7nós só no seguimento AV, navio largou ferros de BE e BB com 2 quarteis cada exatamente no meio do canal; **recomenda-se** evitar largar ferros no canal, sempre que possível (**Caso 20**).

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

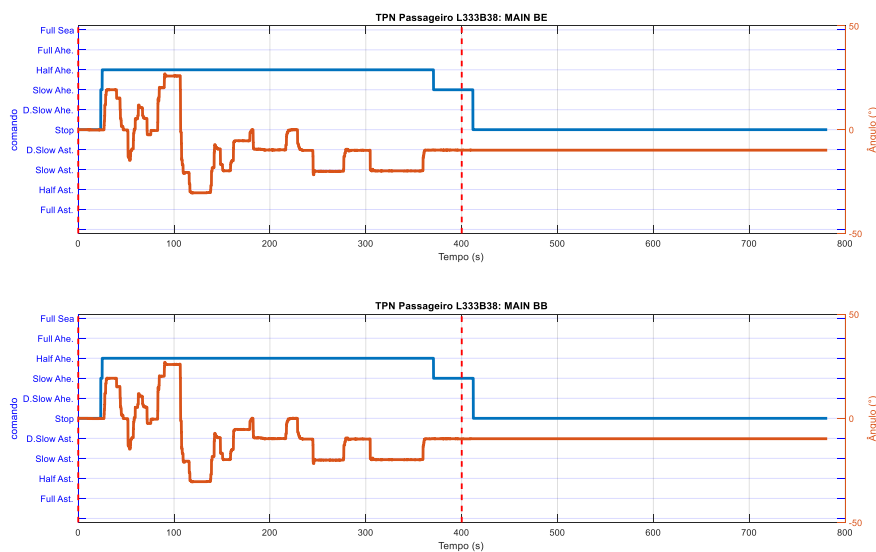
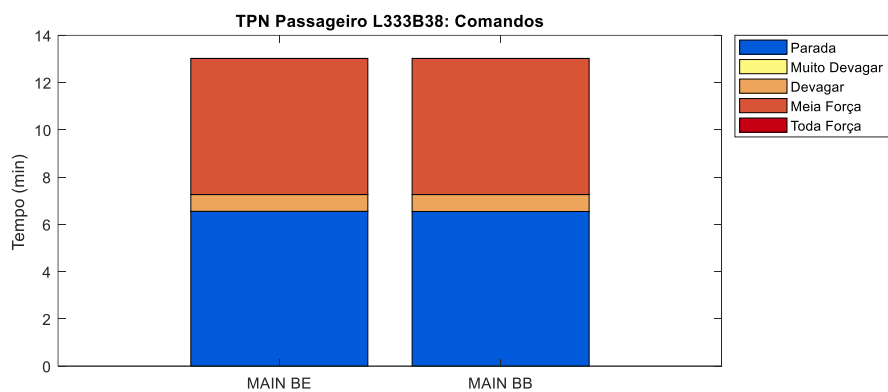
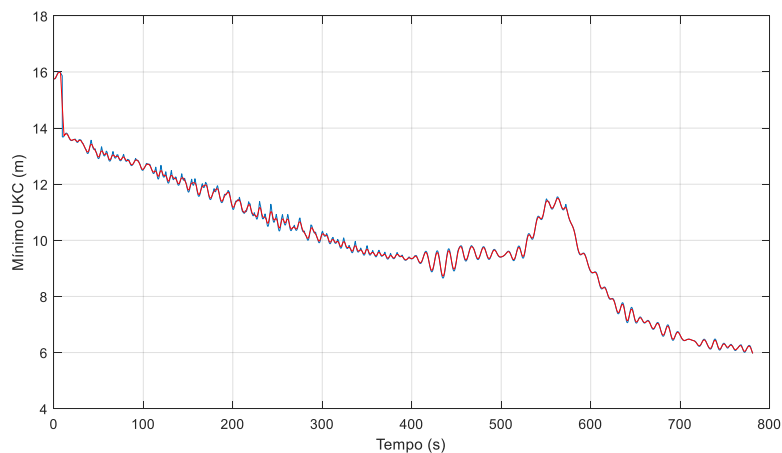


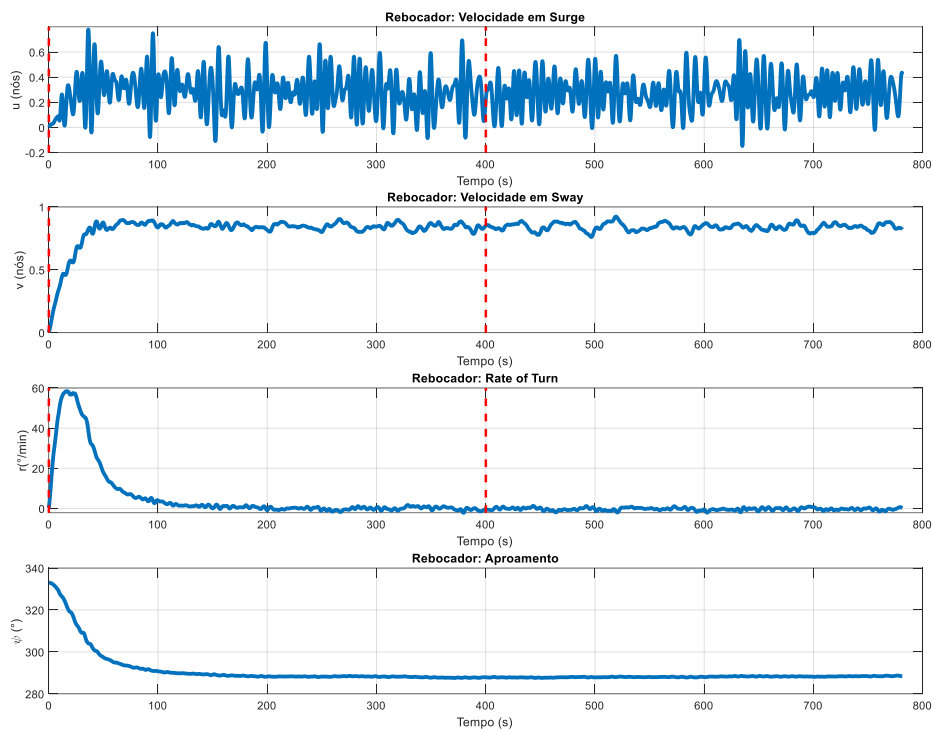
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



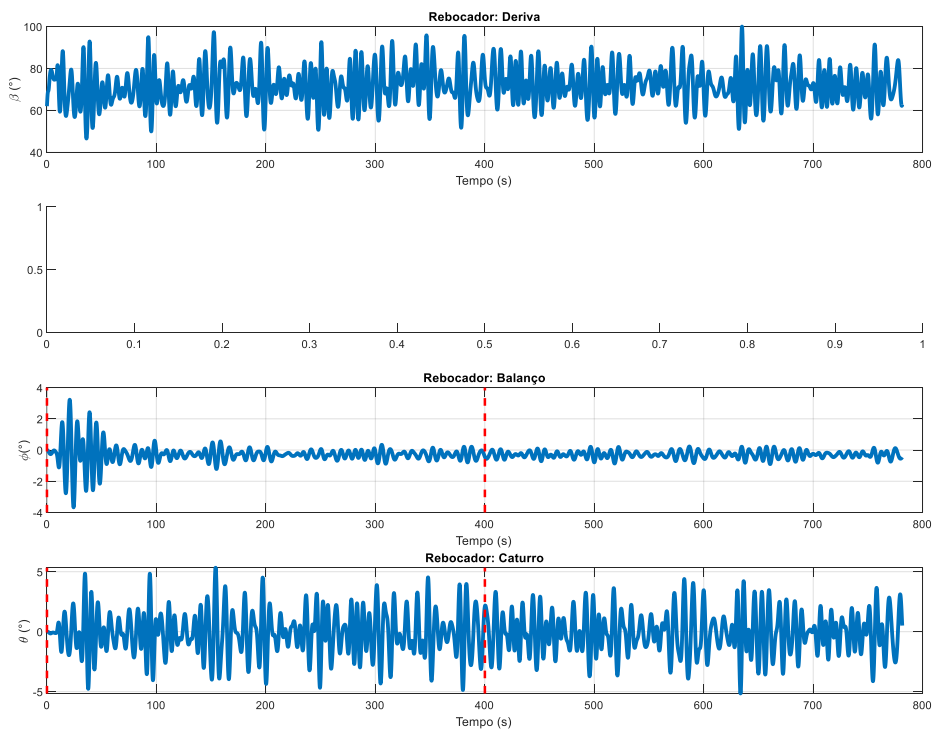
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



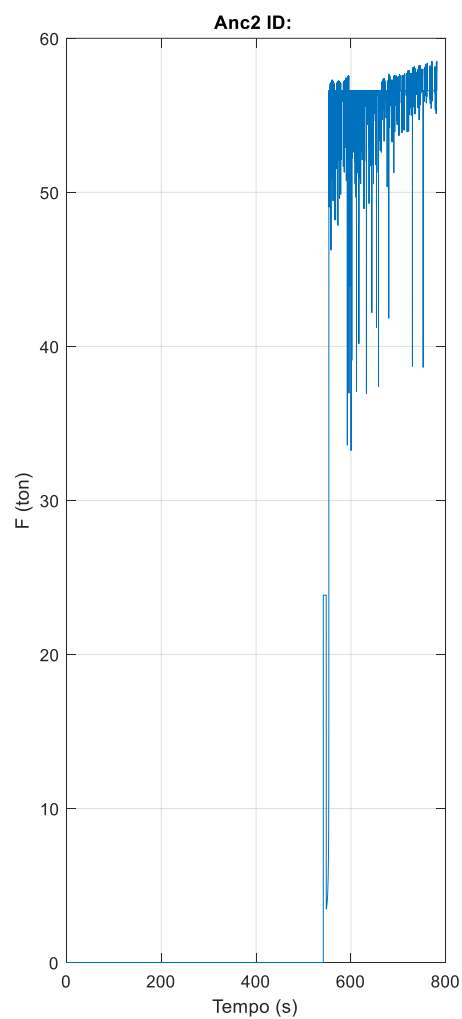
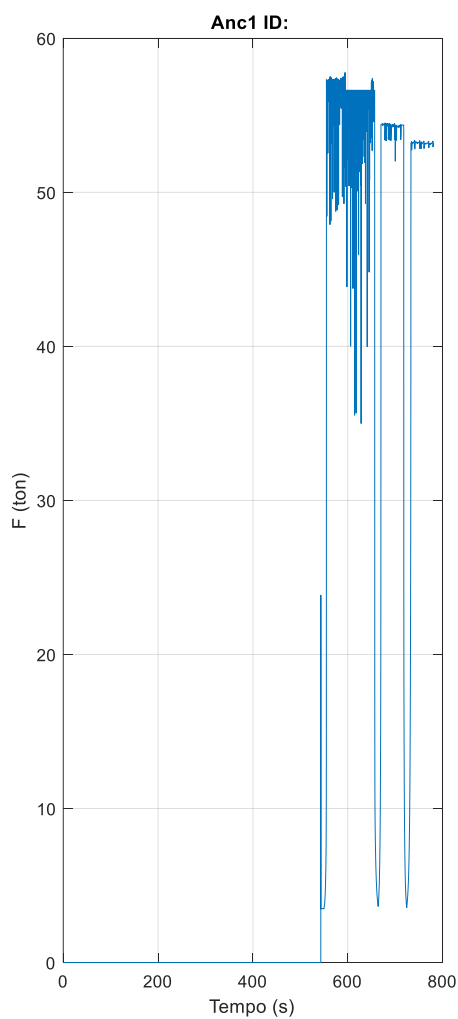
Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



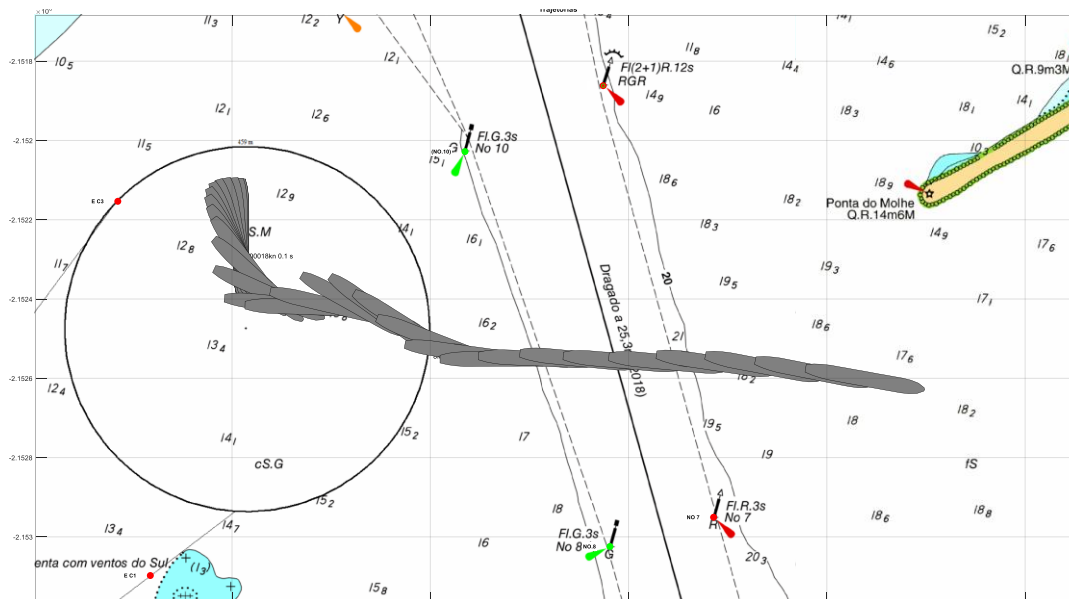
Força nos cabos e defensas:



5.23 Manobra 21

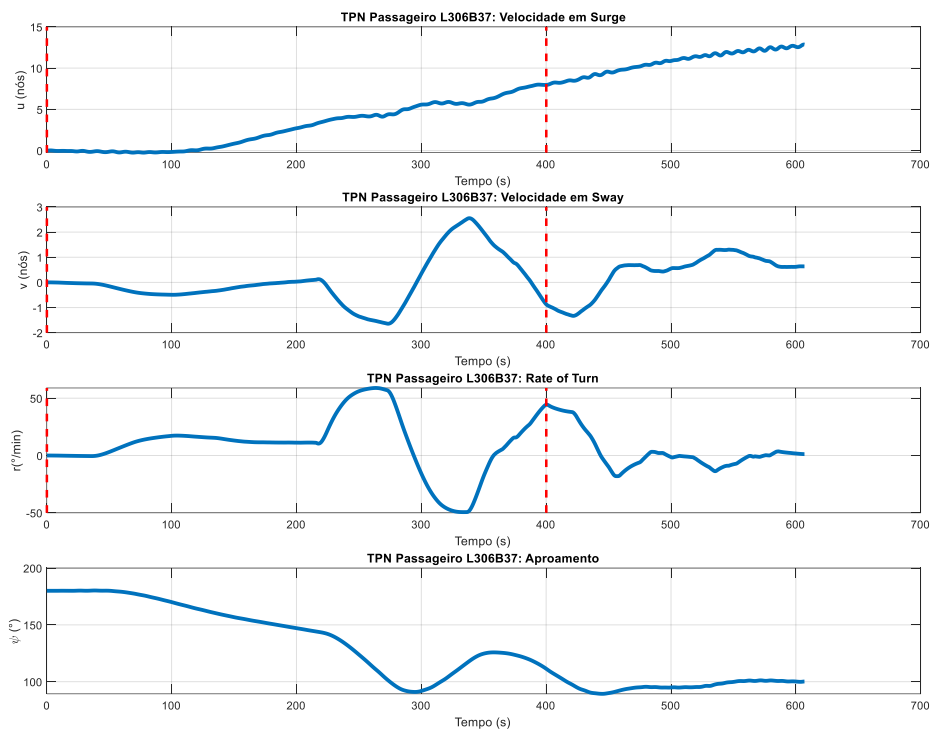
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb3_OSE_VS_CV
Manobra: E. Navegação no canal C na saída	Corrente: Vaz - 0.3kn
Vento: S - 21kn	Onda: SE - 1.5m - 12s
Rebocadores: -	Falhas:

Trajetoória da embarcação

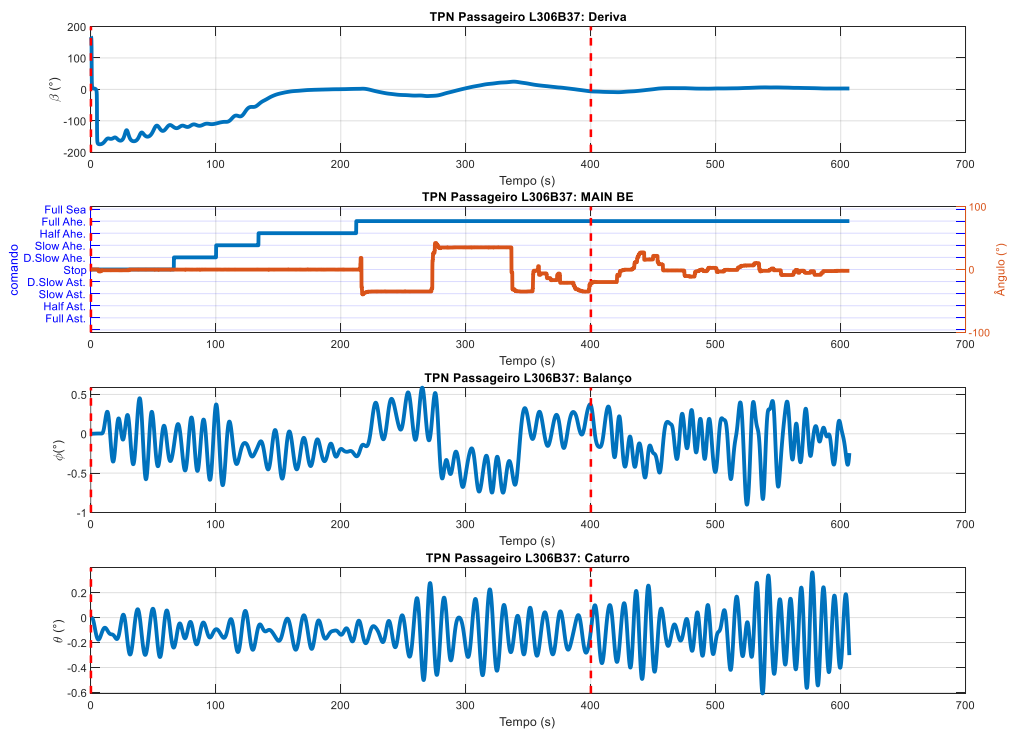


Já a saída do fundeadouro no Cenário Amb3_OSE_VS_CV [corrente vazante 0.3nó; vento S 21nós; onda SE 1.5m12s], realizada pelo navio *Passageiro L306B37* sem apoio de rebocadores, foi executada com apoio de *thrusters* ajudando no giro por BB buscando melhor proa para cruzar o canal da Vale. Saiu do fundeadouro com toda força adiante, cruzando canal da Vale com 10.8nós, proa 095° e estabilizado, deixando boias E#7/V#8 por BE, sem dificuldade de controle. A manobra de saída cruzando canal da Vale foi avaliada como viável e segura (**Caso 21**). [sem falha]

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

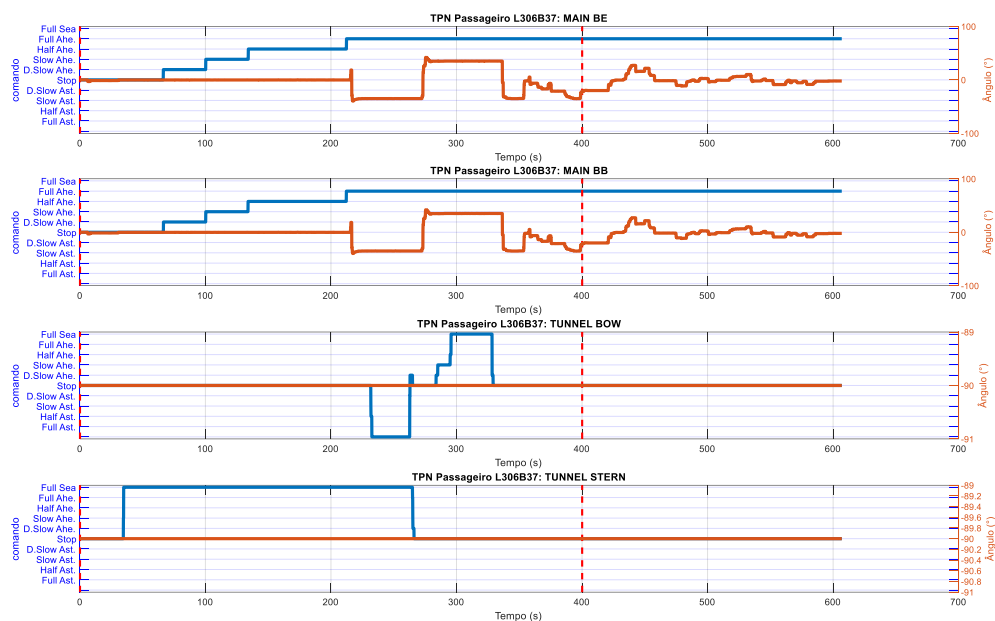
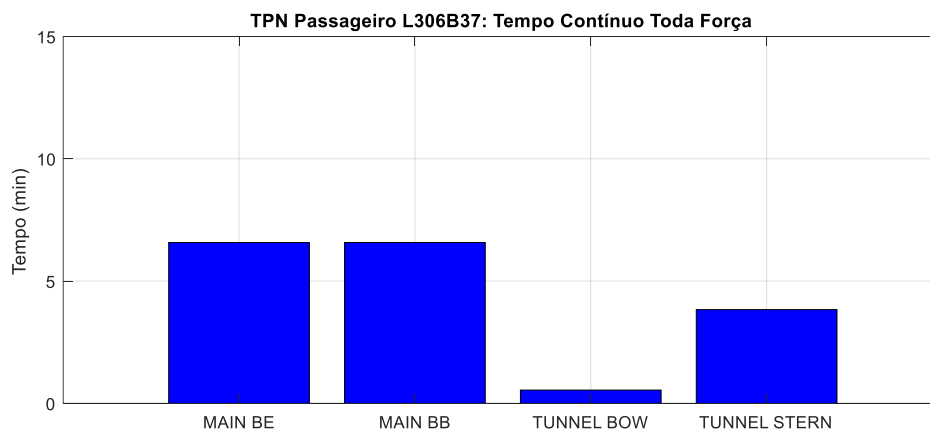
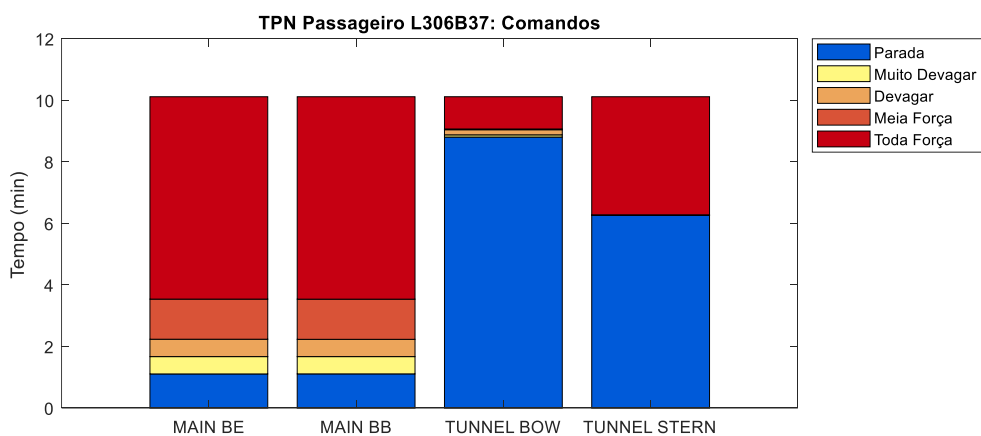
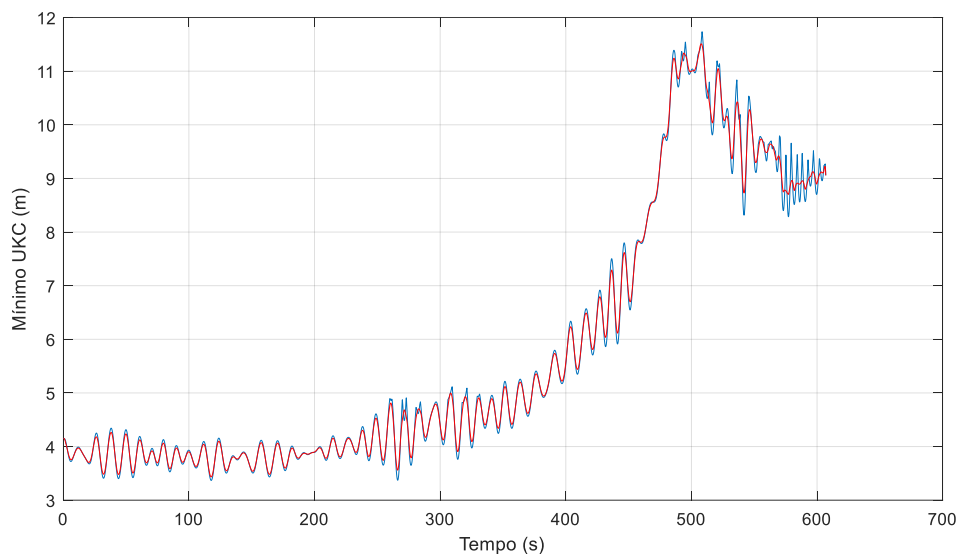


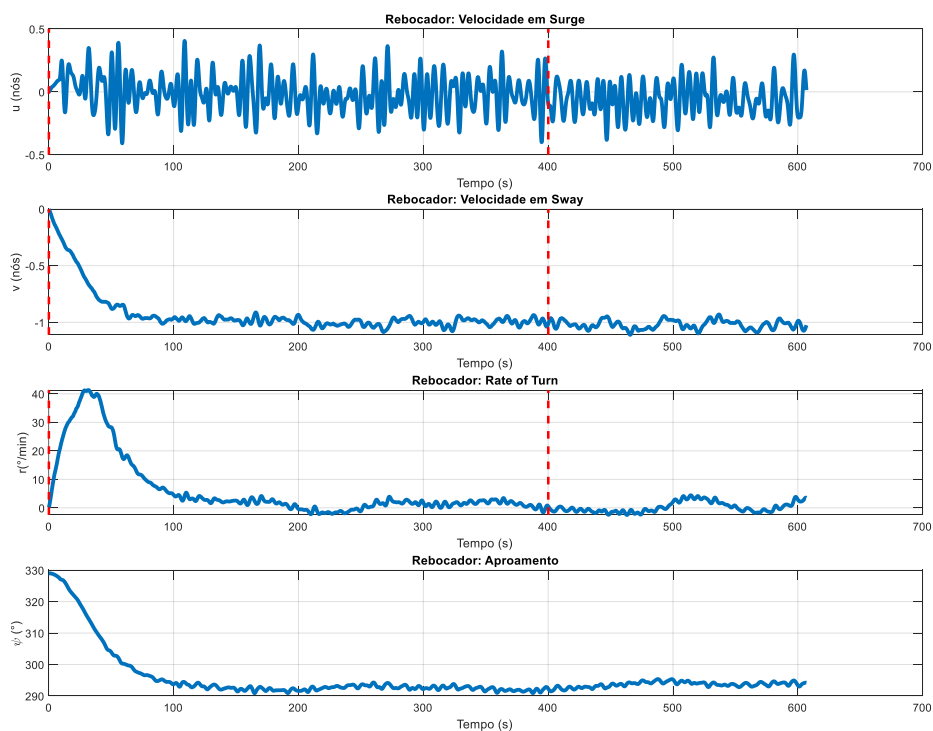
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



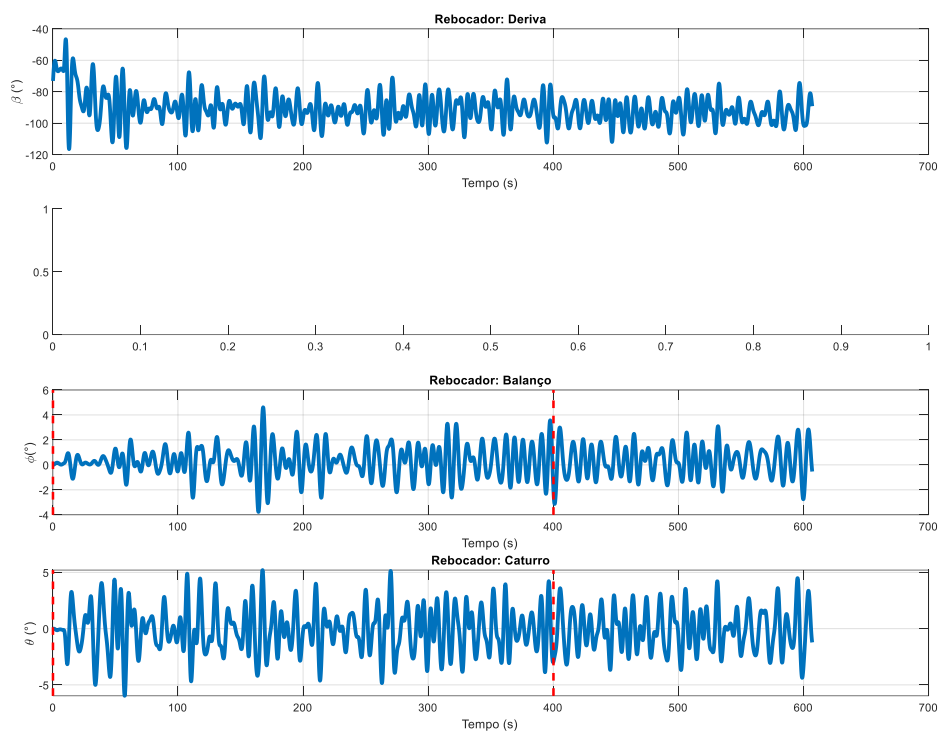
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



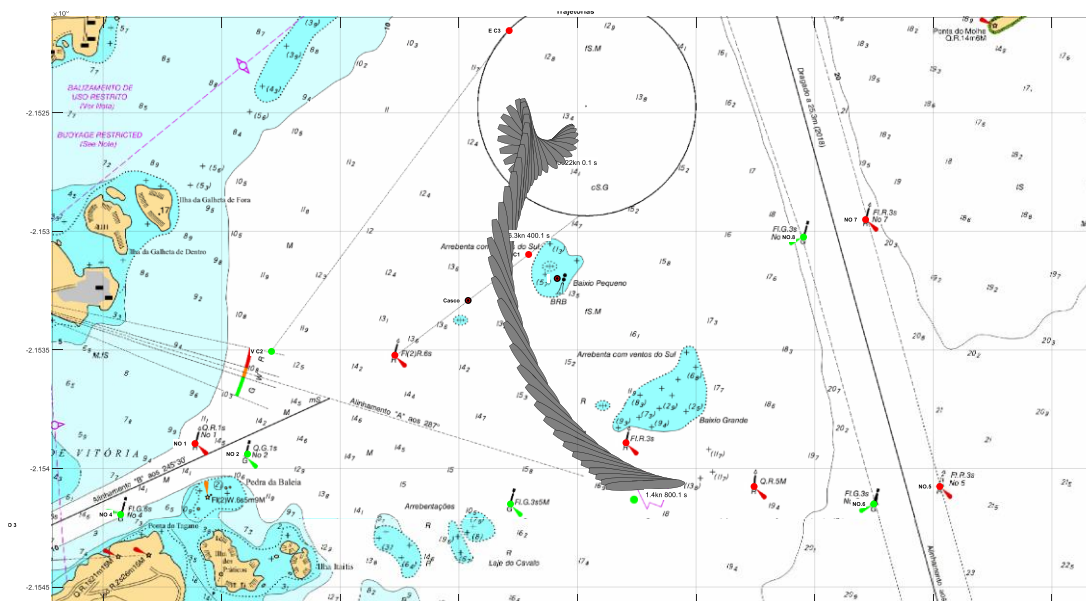
Dados da manobra (Rebocador):



5.24 Manobra 22

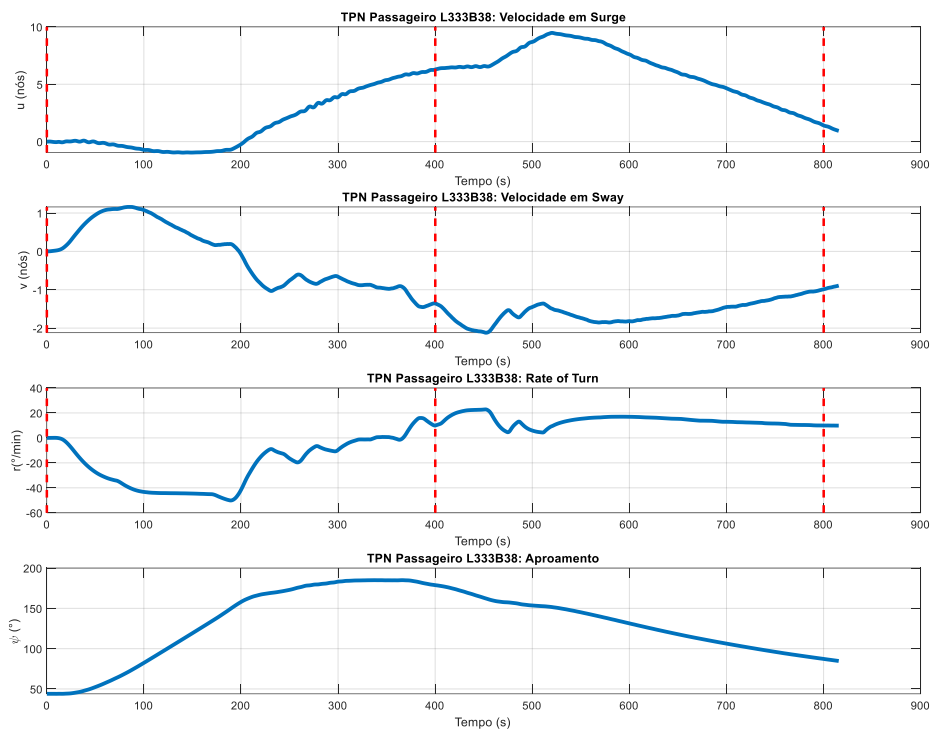
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: E. Navegação no canal na saída B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Blackout

Trajatória da embarcação

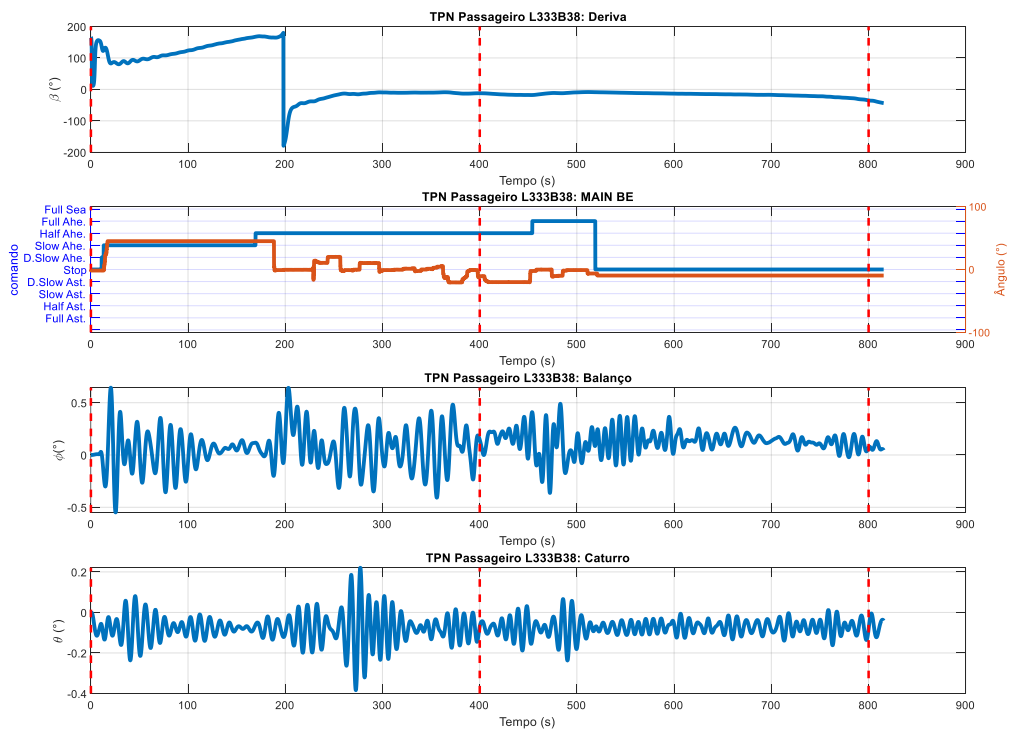


Na manobra de saída do fundeadouro e passagem pelo canal “Bravo” com falha, foi gerado **BLACKOUT NO NAVIO** (ficando sem propulsão; sem energia; lemes travados 10°BB) no momento que navio *Passageiro L333B38* navegava no início do canal com 9.5nós, toda força adiante, a meio entre casco soçobrado e Baixo Pequeno (**Caso 22**). Com 9nós no meio da pernada do canal, largou ferros de BE e BB com 2 quarteis cada; à medida que procedia no canal reduzindo seguimento, foi “pagando” mais quarteis até chegar a 8 quarteis em cada ferro, já fora do canal e afastado de áreas rasas. Foi possível controlar navio nessa manobra apenas com uso de ferros; os rebocadores não estavam disponíveis para essa manobra.

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

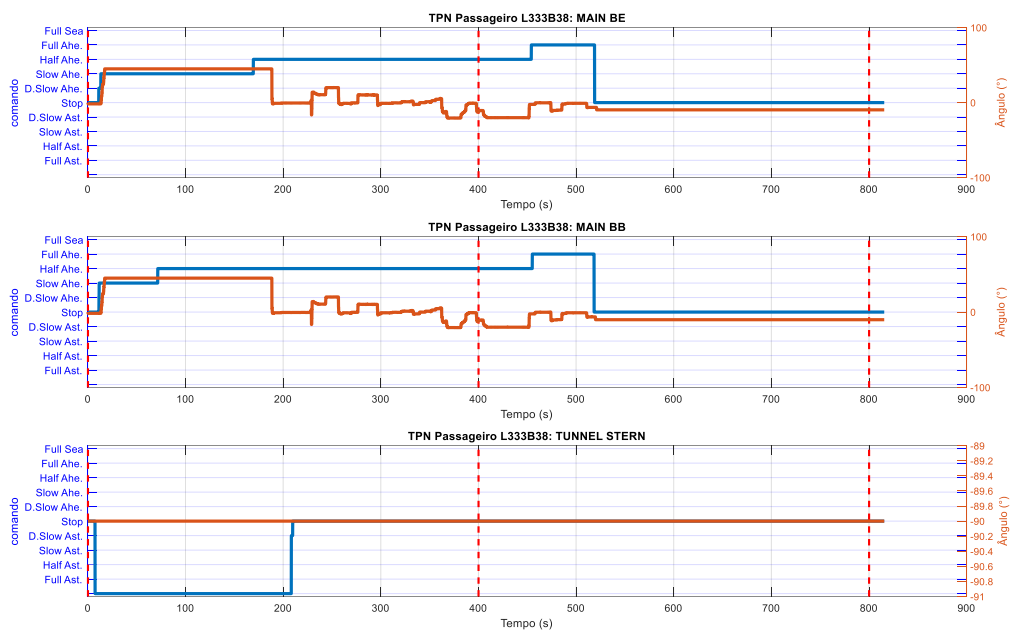
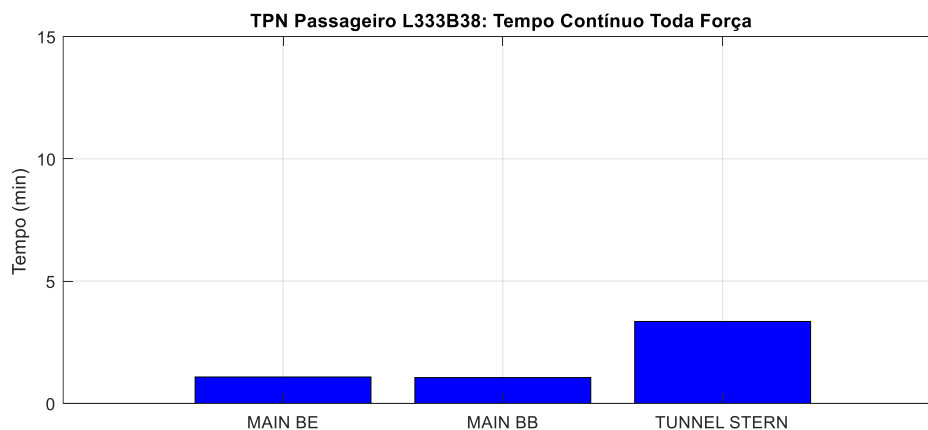
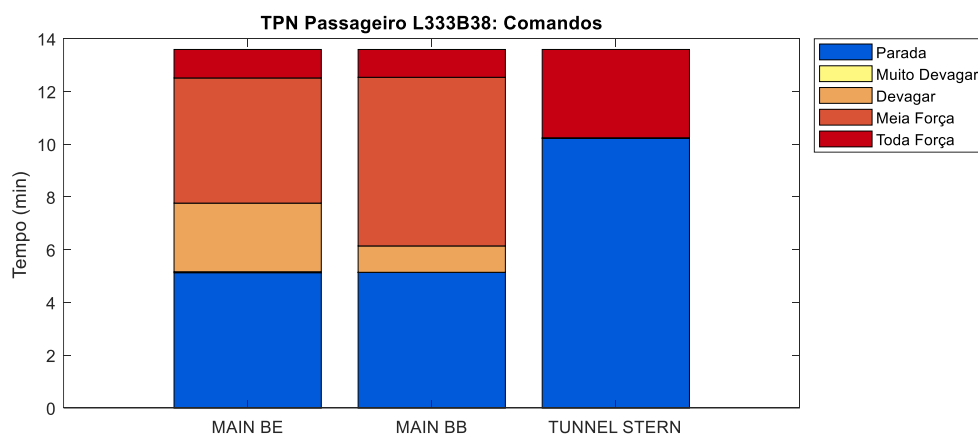
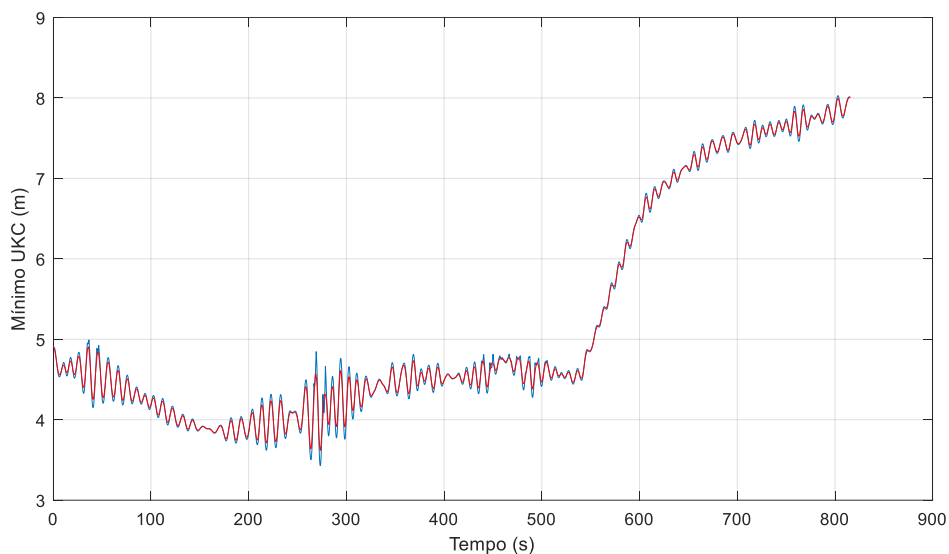


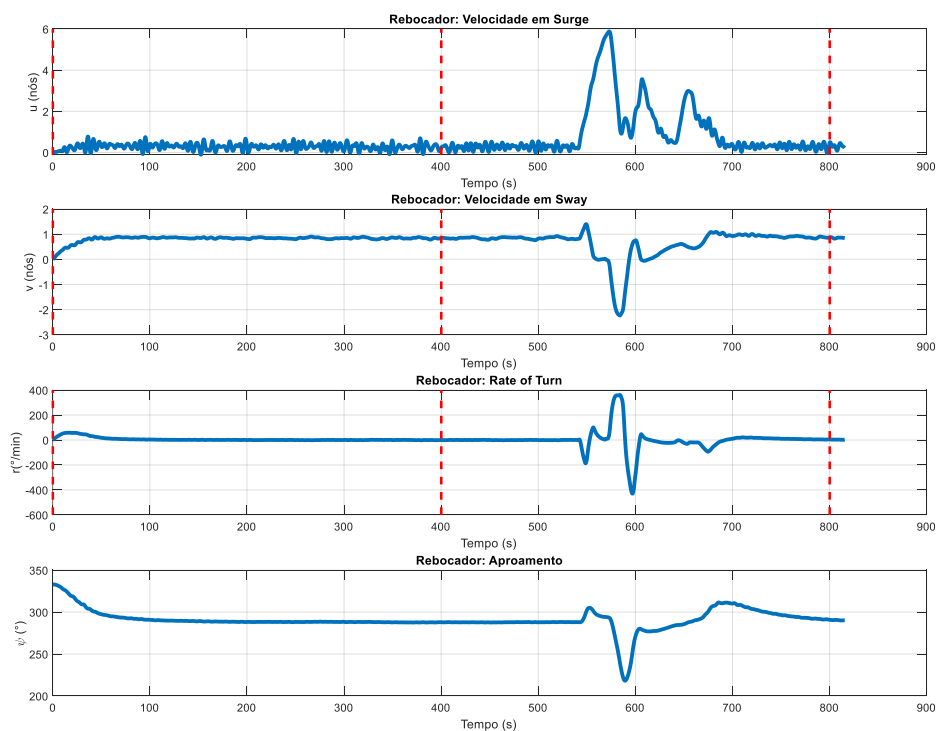
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



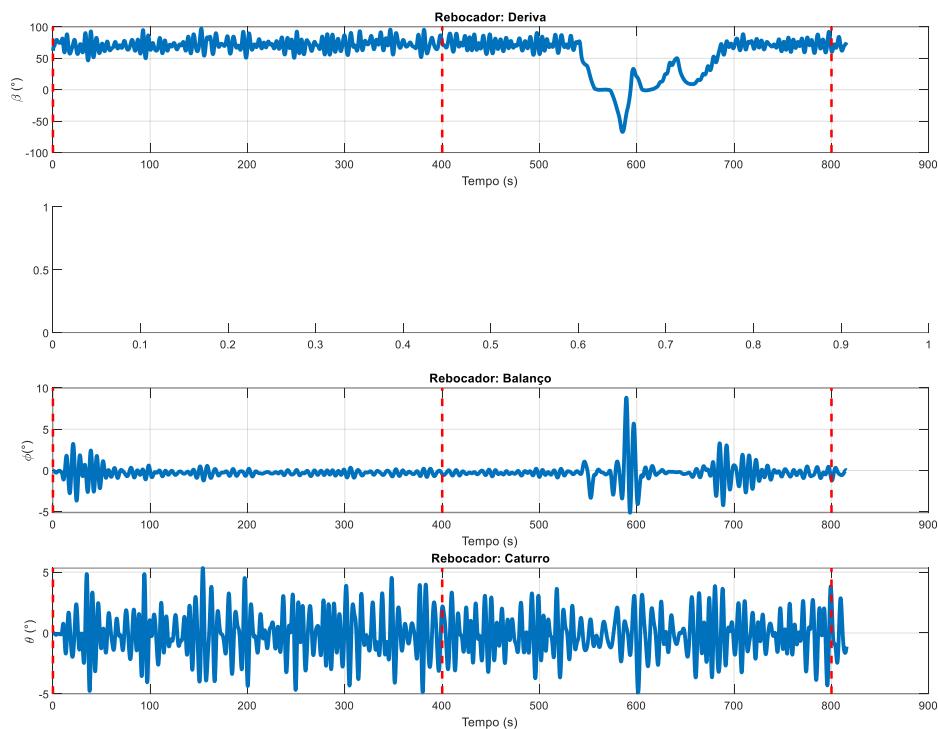
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

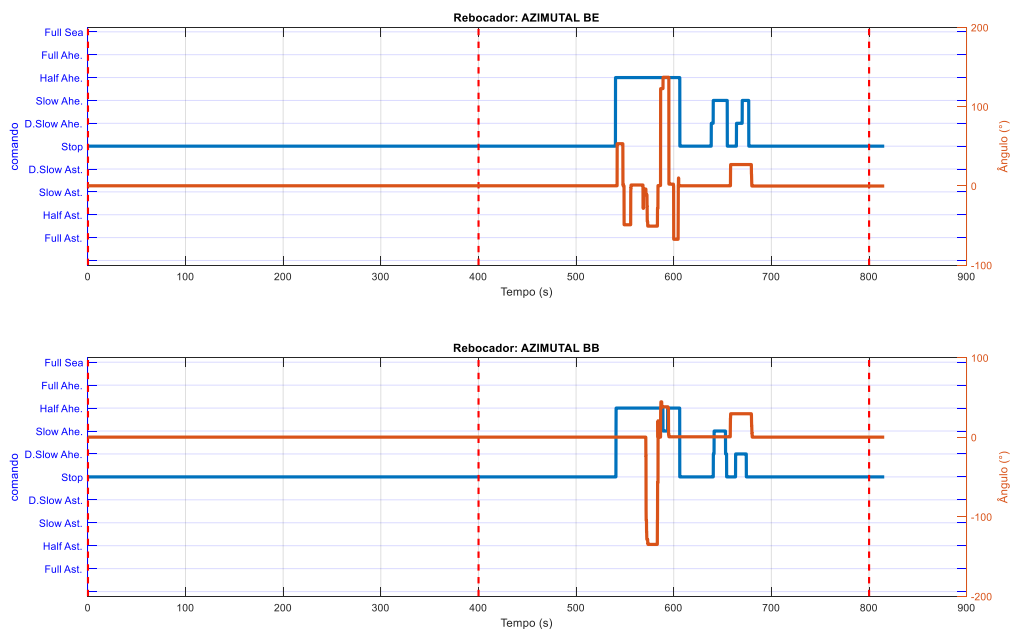
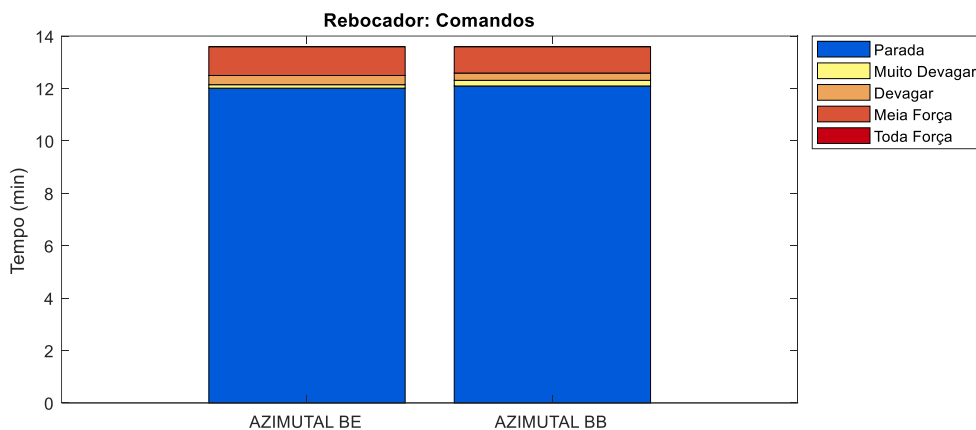
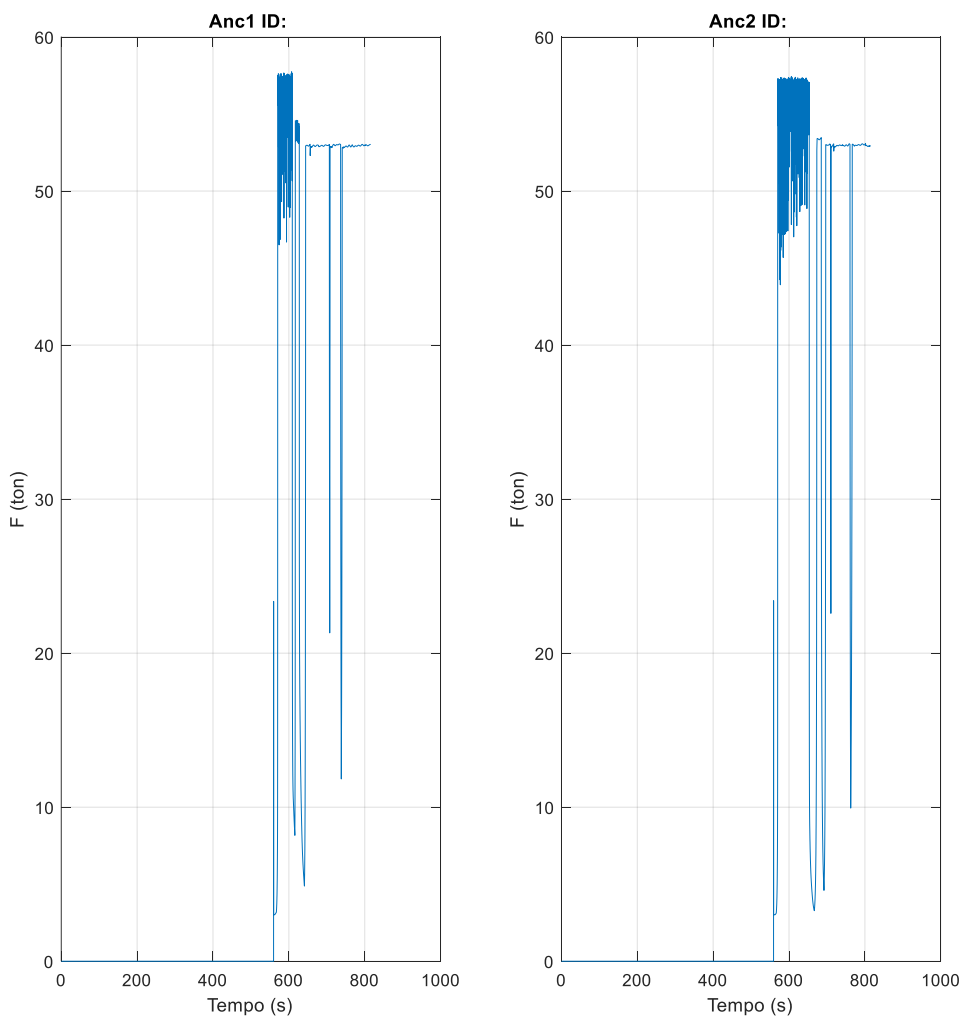


Gráfico de barras (Rebocador):



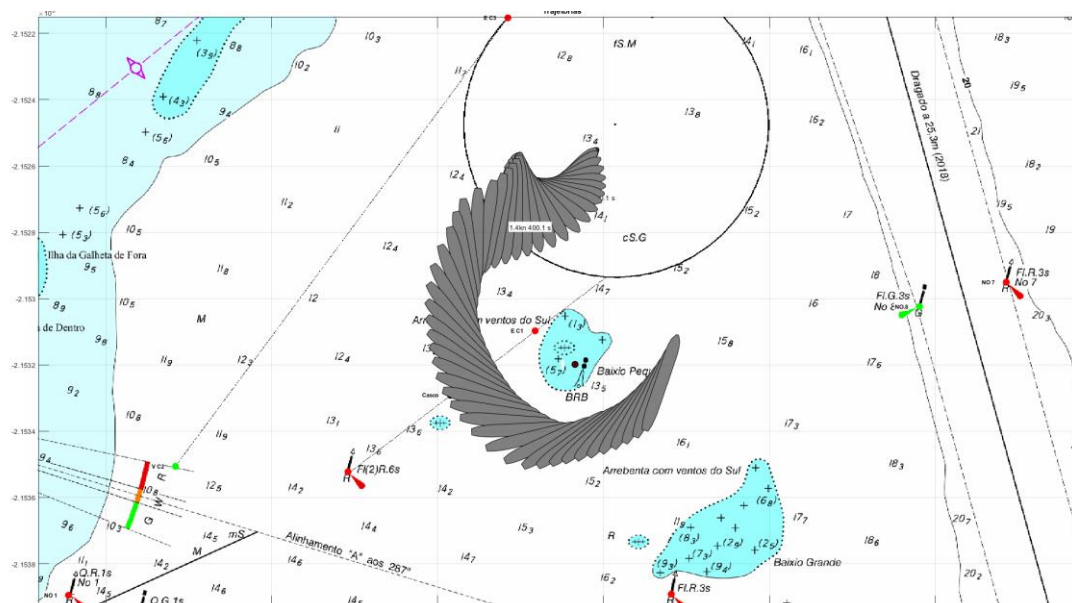
Força nos cabos e defensas:



5.25 Manobra 23

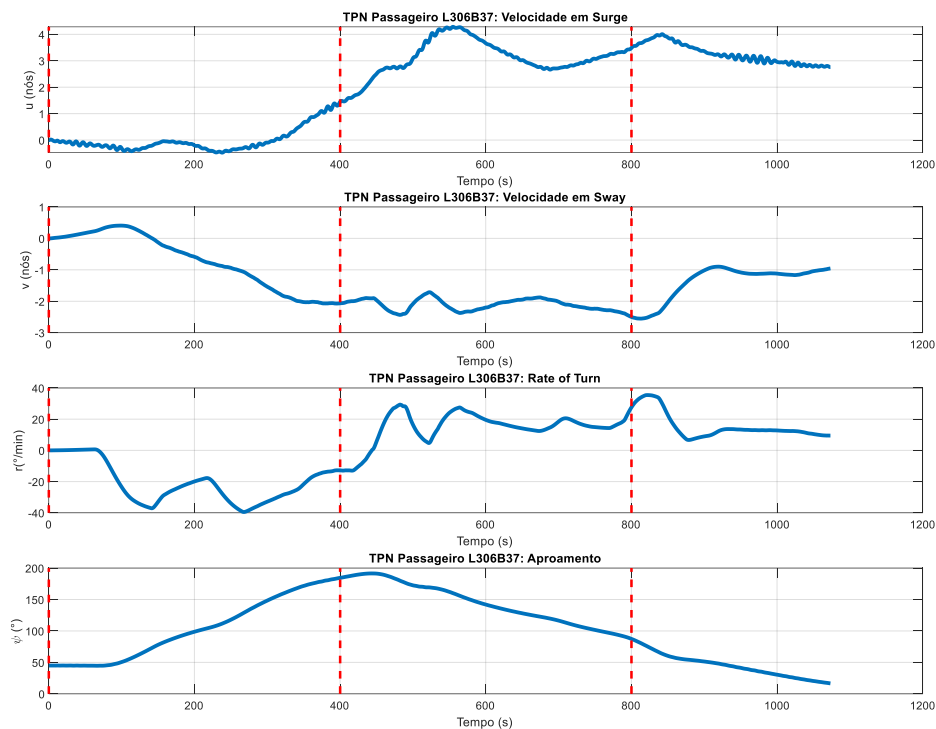
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: E. Navegação no canal na saída B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Falha total do sistema de governo

Trajatória da embarcação

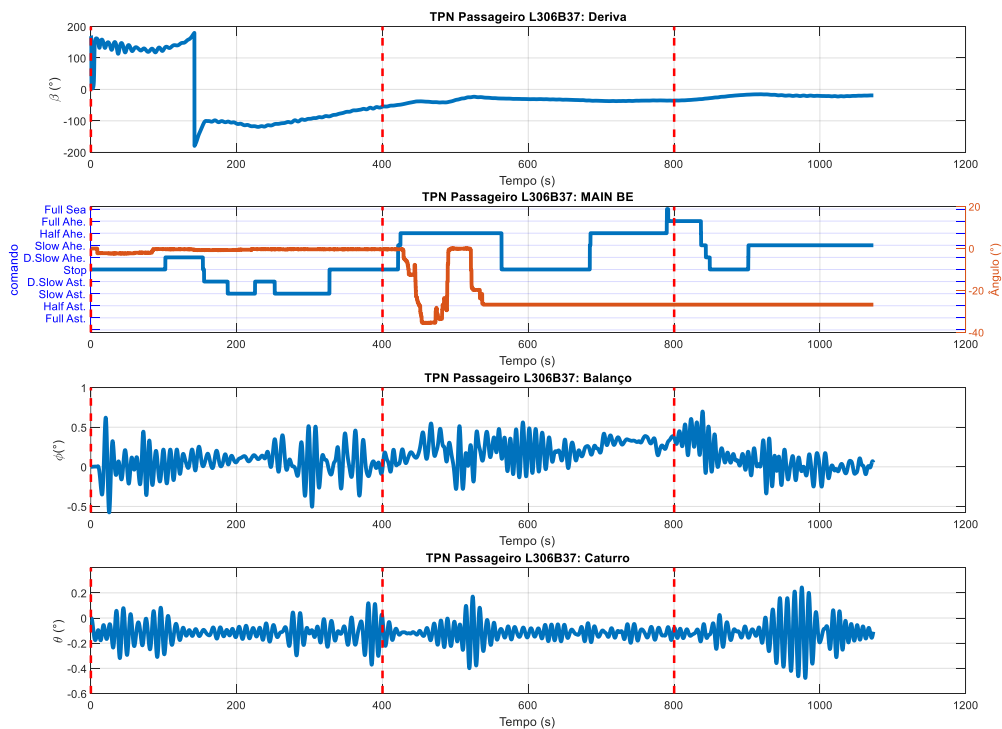


Já no **Caso 23** [saída do fundeadouro para demandar o canal “Bravo”] sem apoio de rebocadores, quando *Passageiro L306B37* chegava guinando na entrada do canal com 4.2nós, meia força adiante [proa parada e popa caindo com 4nós para BE] e todo leme a BB, foi gerada **FALHA TOTAL DO SISTEMA DE GOVERNO (lemes travados 27°BB)**; parando máquinas, ainda tentou quebrar guinada com uso de *thrusters* AV e AR a toda potência [popa do navio acabou passando por cima da boia do casco soçobrado, sem tocar fundo; menor *ukc* observado foi 4.5m]. Com forte tendência de proa para BB, optou por controlar navio passando entre baixios [Baixio Pequeno e Baixio Grande] com “palhetadas” de máquinas e uso tempestivo e intensivo de *thrusters*; foi possível manter distâncias seguras desses baixios e colocar proa de volta ao fundeadouro. Na realidade, normalmente, os lemes já teriam sido trazidos a meio pelo sistema de recuperação em emergência do navio e não teria passado, mesmo que em segurança, entre baixios.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

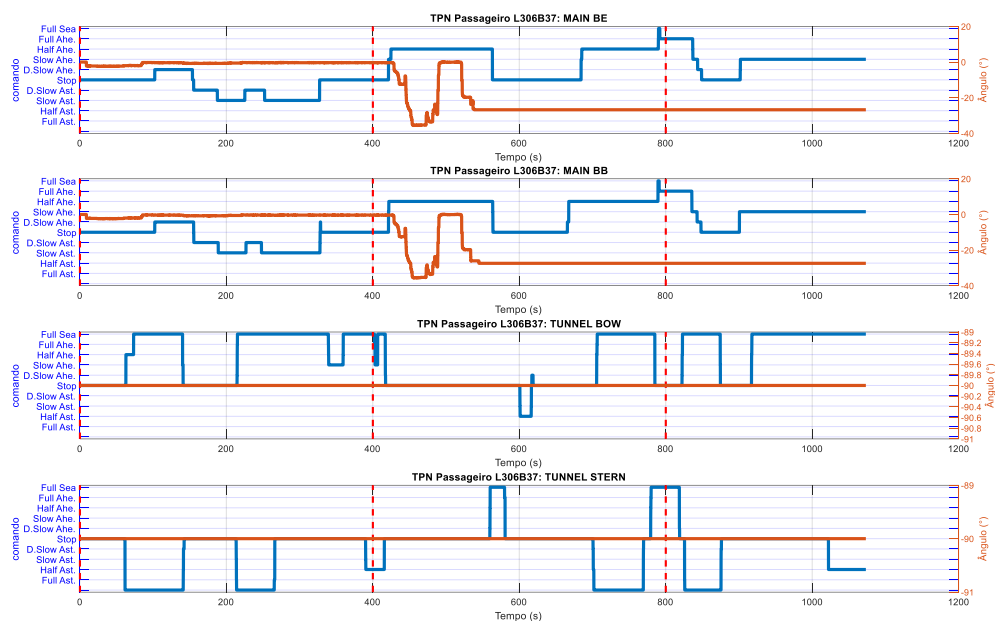
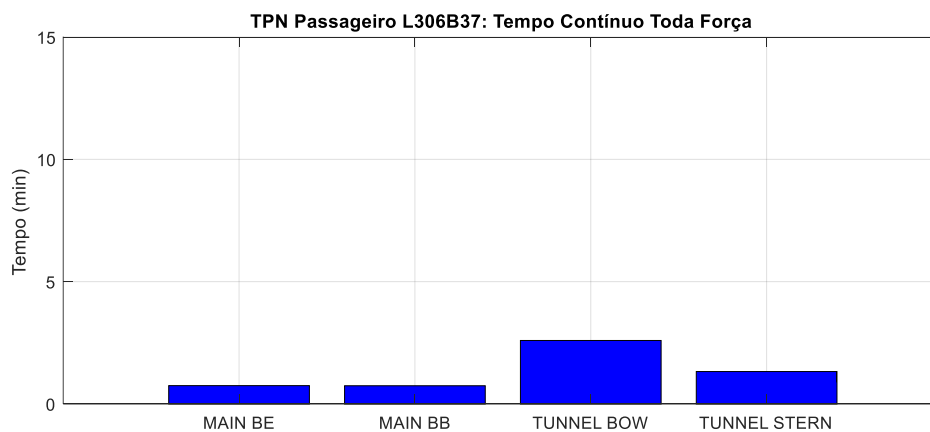
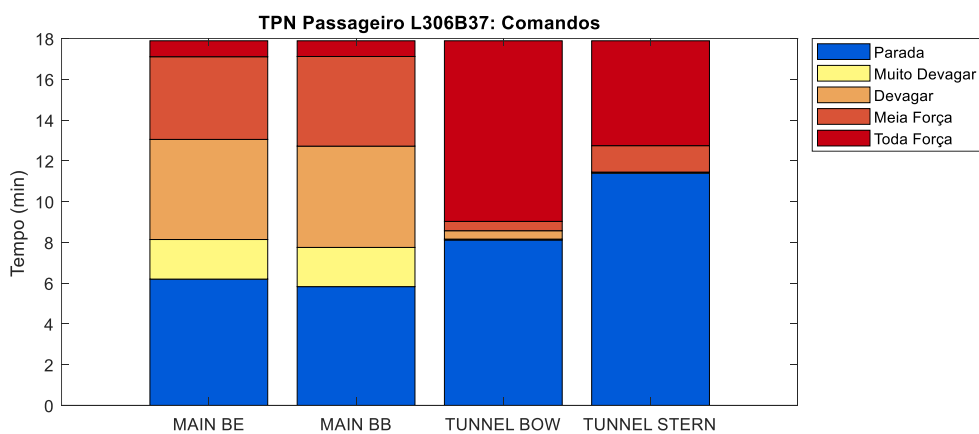
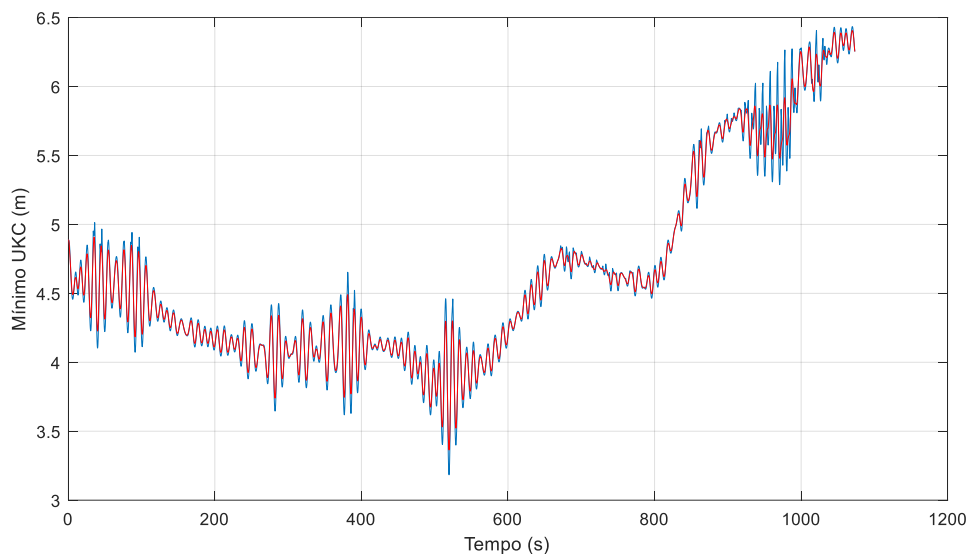


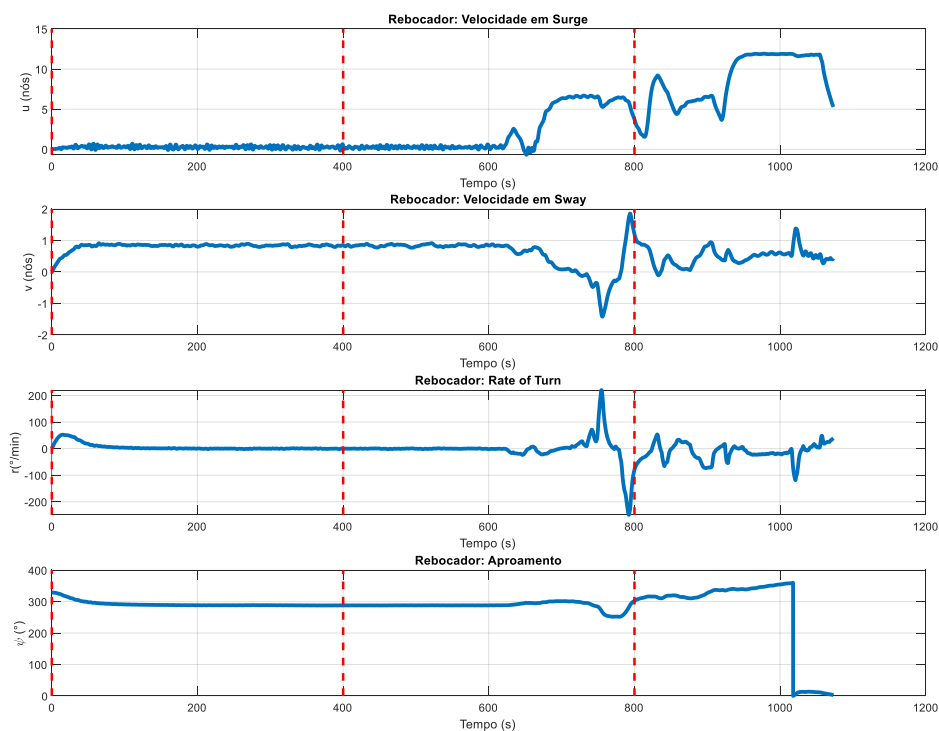
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



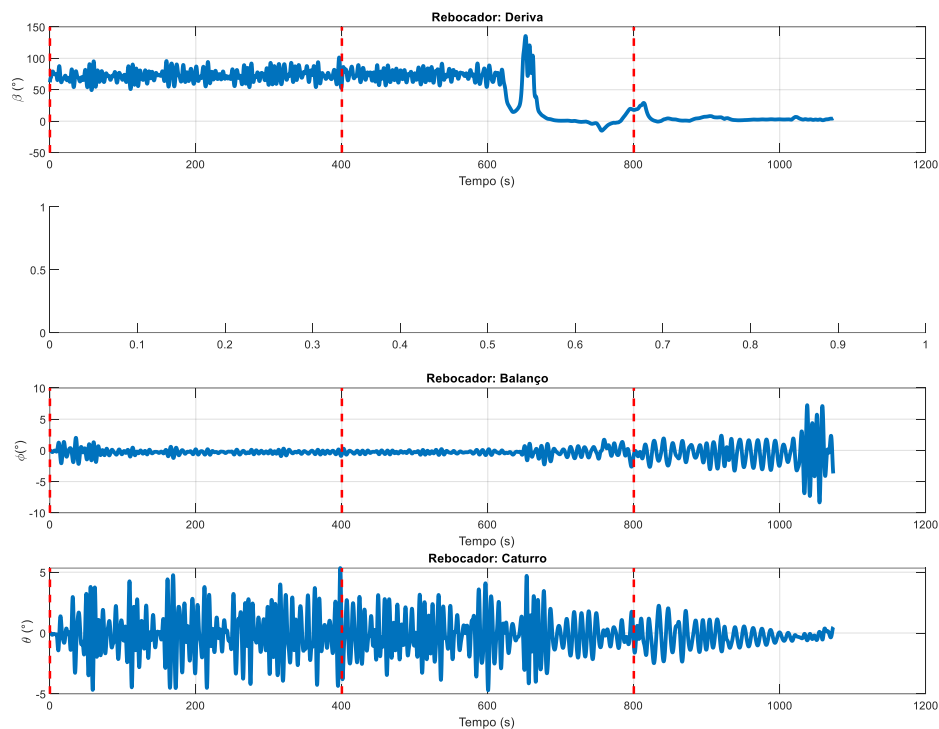
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



Comandos de máquina (Rebocador) e thruster:

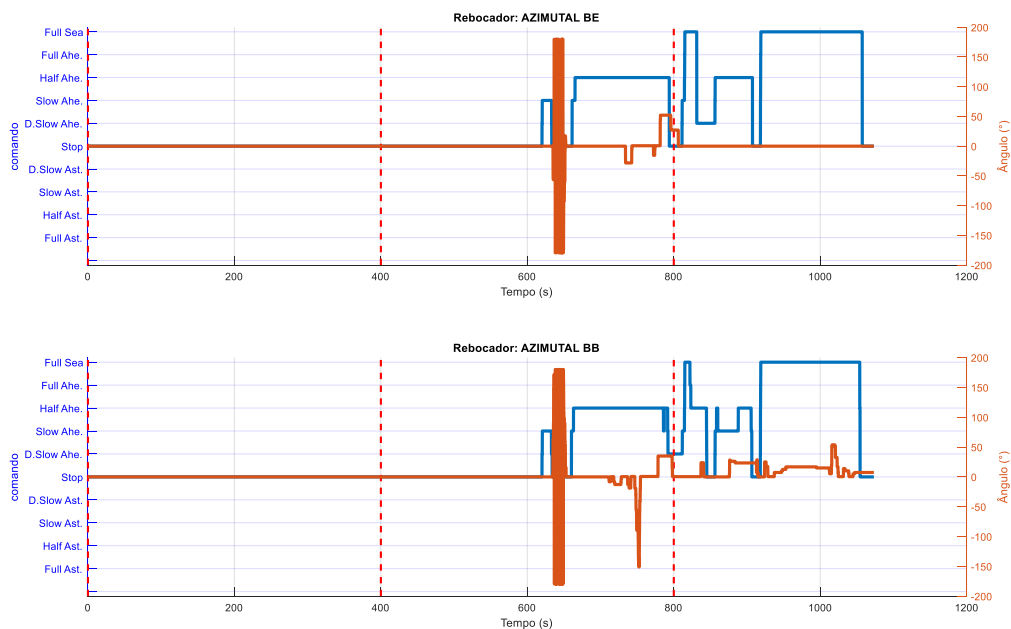
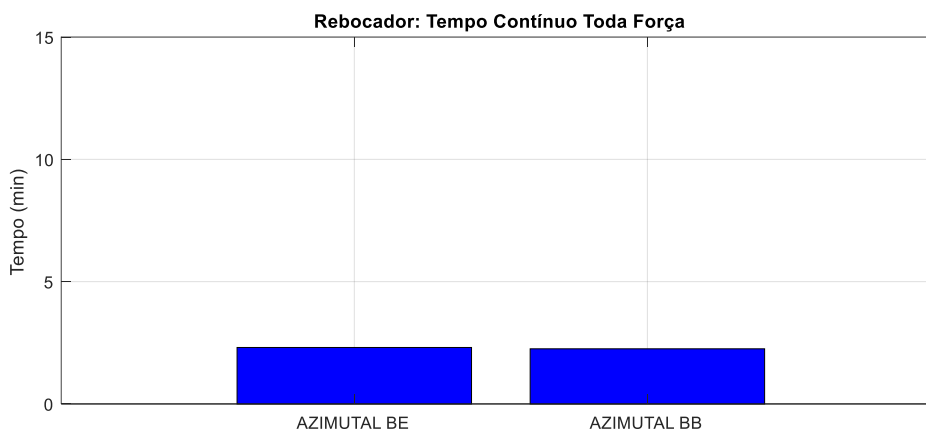
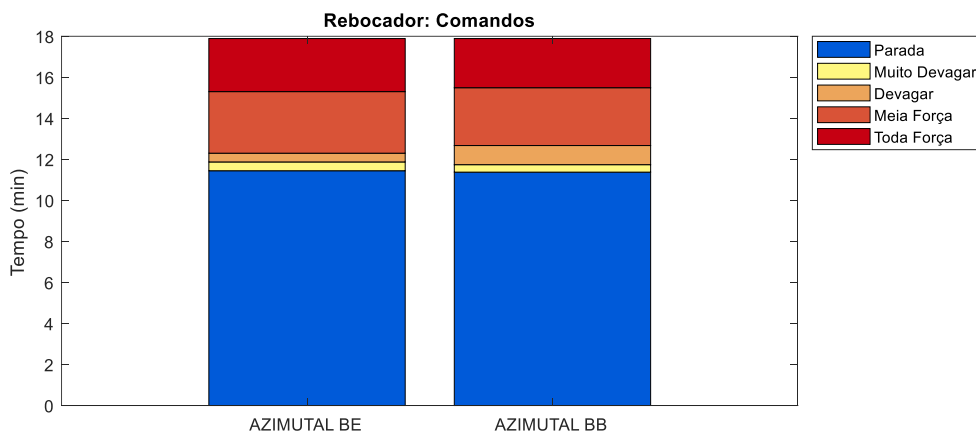


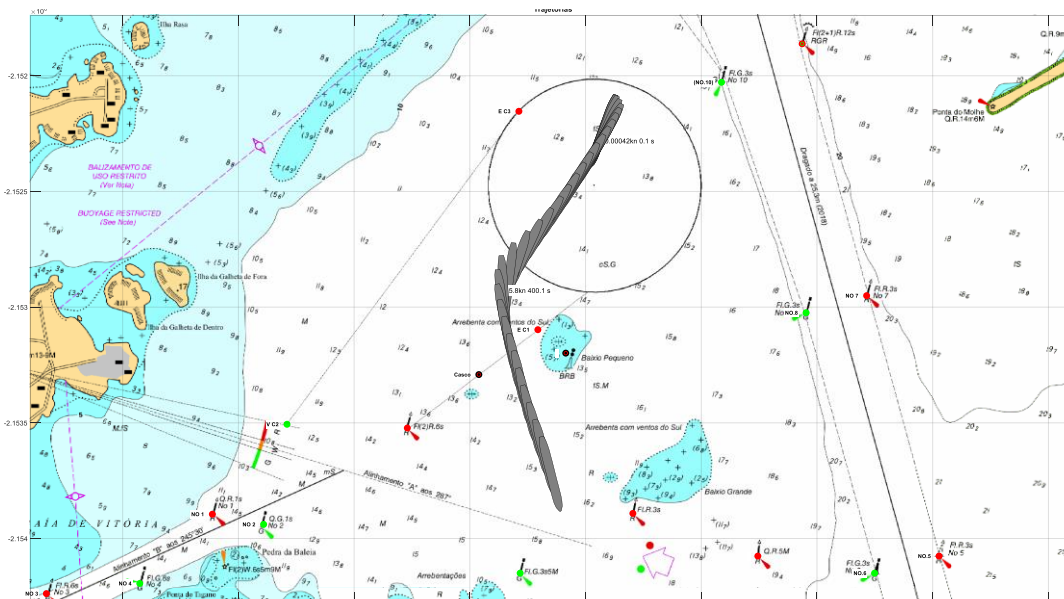
Gráfico de barras (Rebocador):



5.26 Manobra 24

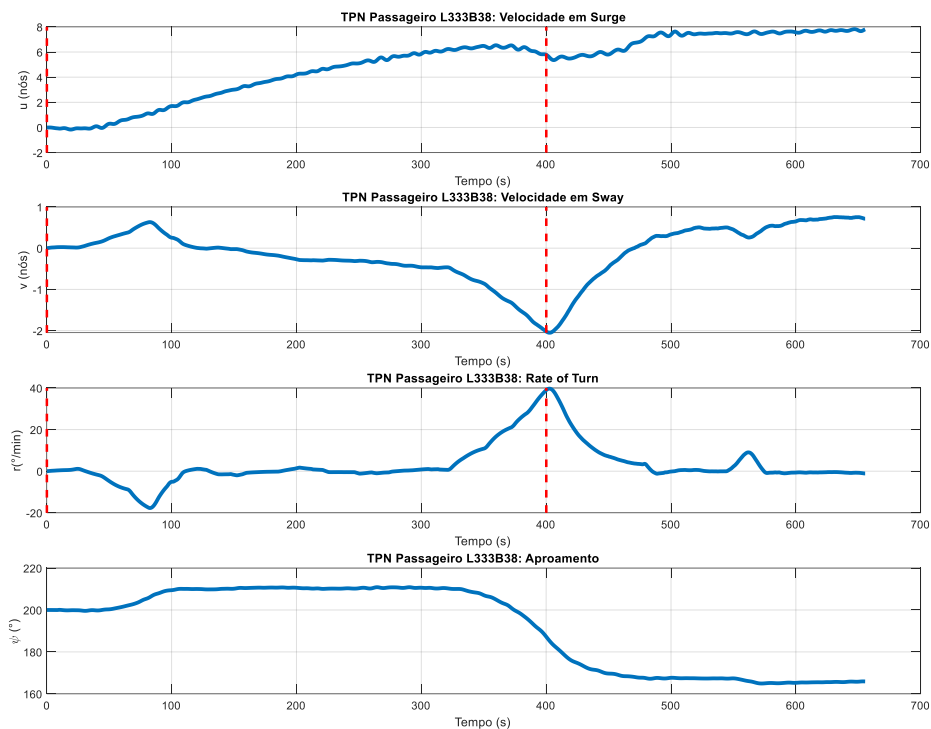
Navio: Passageiro_L333B38	Cenário: Amb6_OE_VSSW_CE
Manobra: E. Navegação no canal na saída B	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: SSW - 21kn -> 27kn	Onda: SE - 2.0m - 14s
Rebocadores: -	Falhas: Condições adversas de vento

Trajatória da embarcação

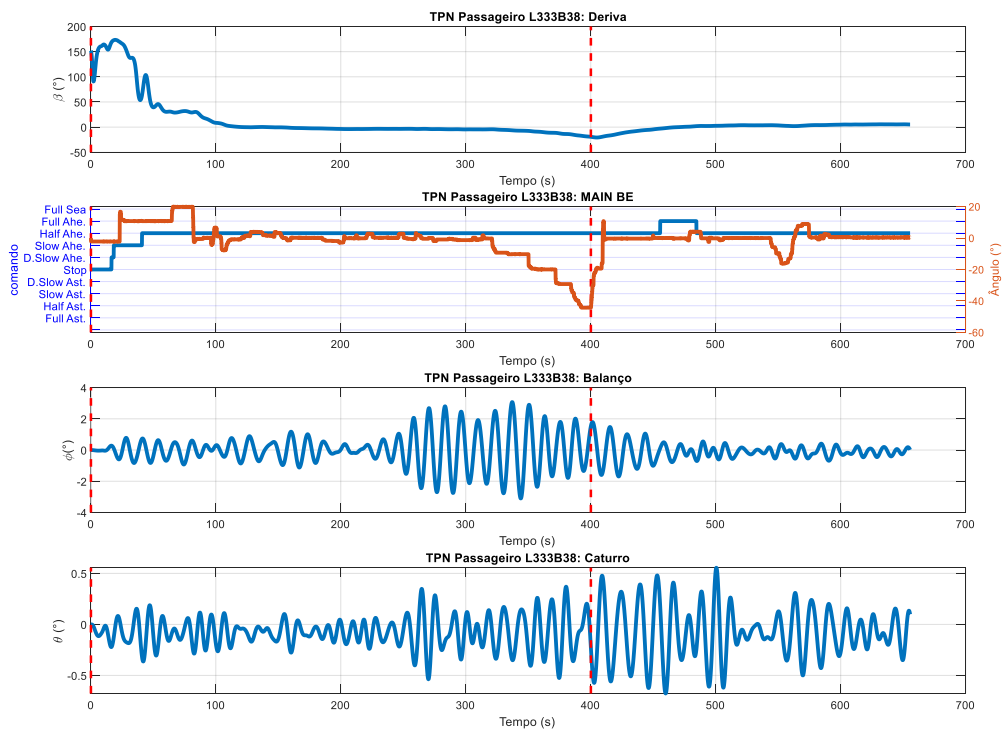


Ainda na **manobra de saída** passando pelo canal “Bravo”, sem apoio de rebocadores, navio *Passageiro L333B38* iniciou sob **CONDIÇÕES ADVERSAS DE VENTO** (vento SSW 27nós com pico de 32nós) no Cenário Amb6_OE_VSSW_CE [corrente enchente 0.3nó; vento SSW 21->27nós; onda SE 2m14s]. Com aumento rápido do regime de máquina no fundeadouro, procedendo com velocidade elevada, foi possível executar a passagem pelo canal “Bravo” sob controle e sem grande dificuldade (**Caso 24**).

Cinemática (TPN Passageiro L333B38):



Dados da manobra (TPN Passageiro L333B38):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L333B38) e thruster:

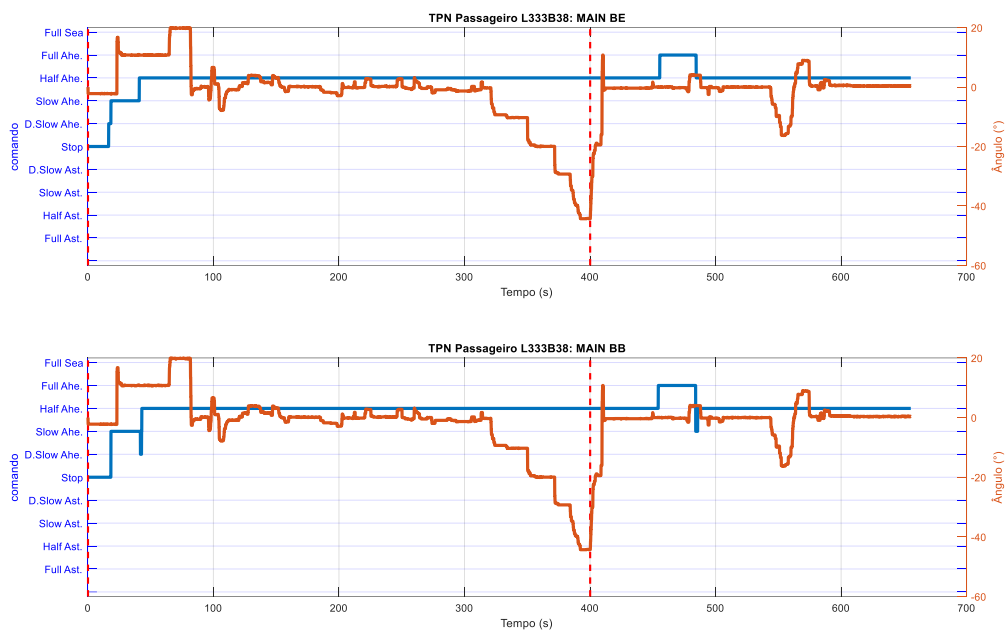
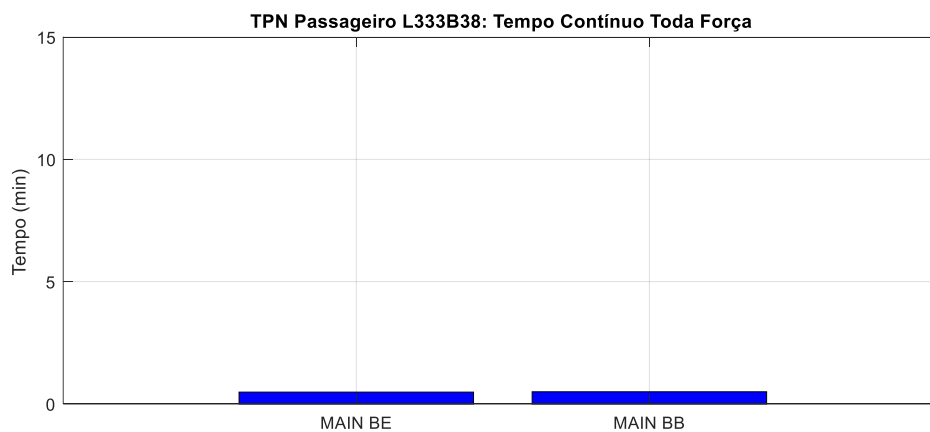
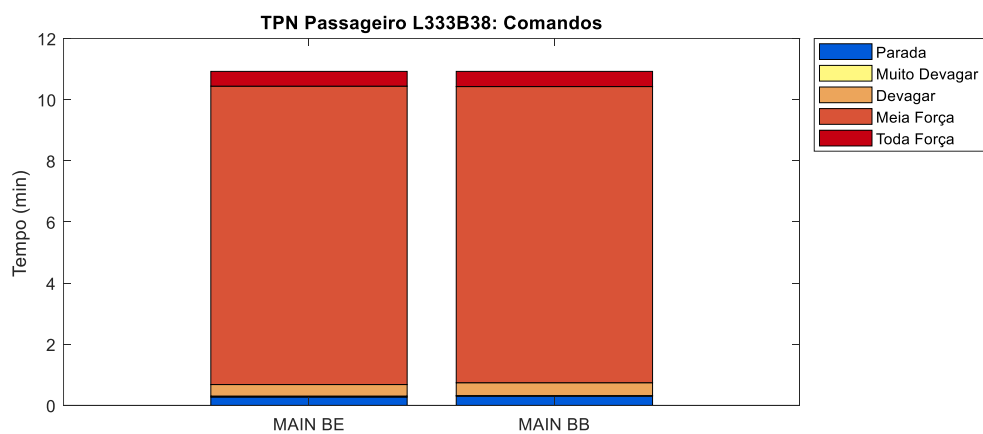
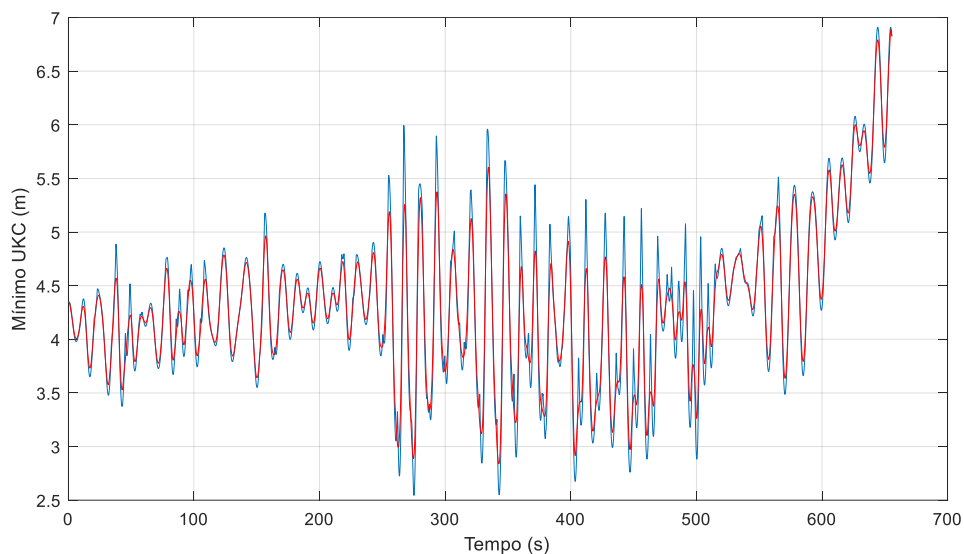


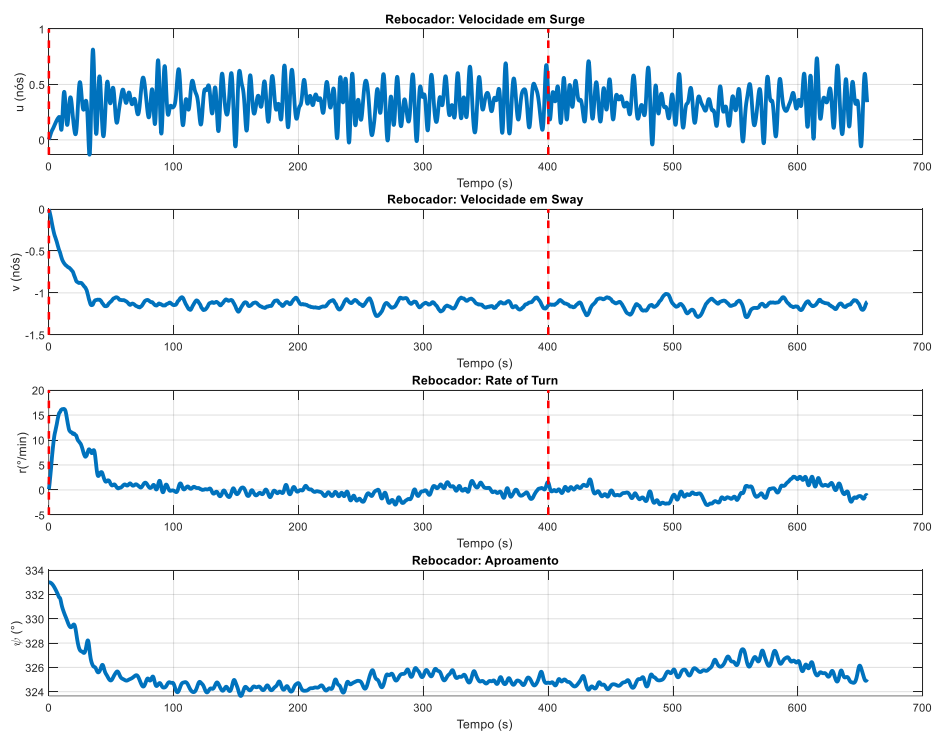
Gráfico de barras (TPN Passageiro L333B38):



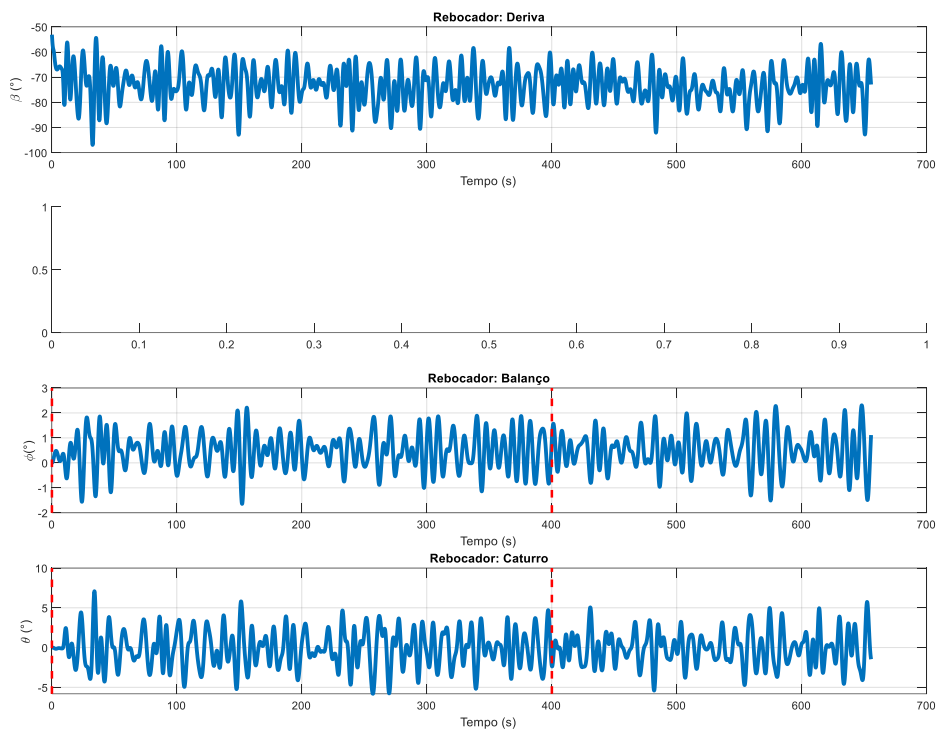
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L333B38):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



5.27 Manobra 25

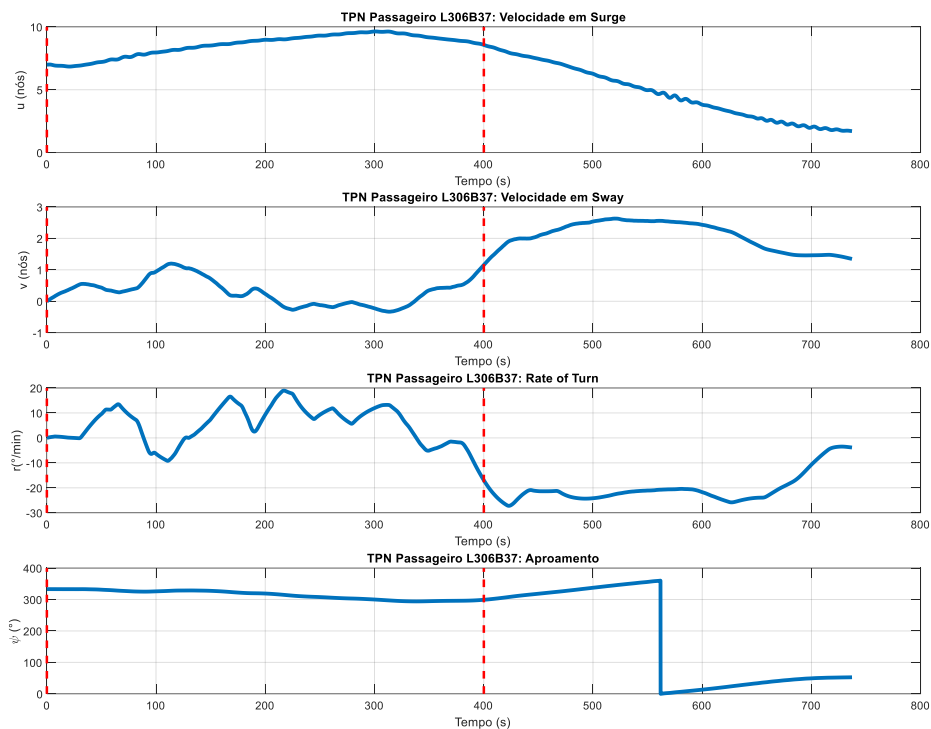
Navio: Passageiro_L306B37	Cenário: Amb2_OE_VNE_CE
Manobra: A. Navegação no canal na chegada A	Corrente: Ench - 0.3kn
Vento: NE - 21kn	Onda: E - 1.0m - 9s
Rebocadores: -	Falhas: Falha total do sistema de propulsão

Trajetoória da embarcação

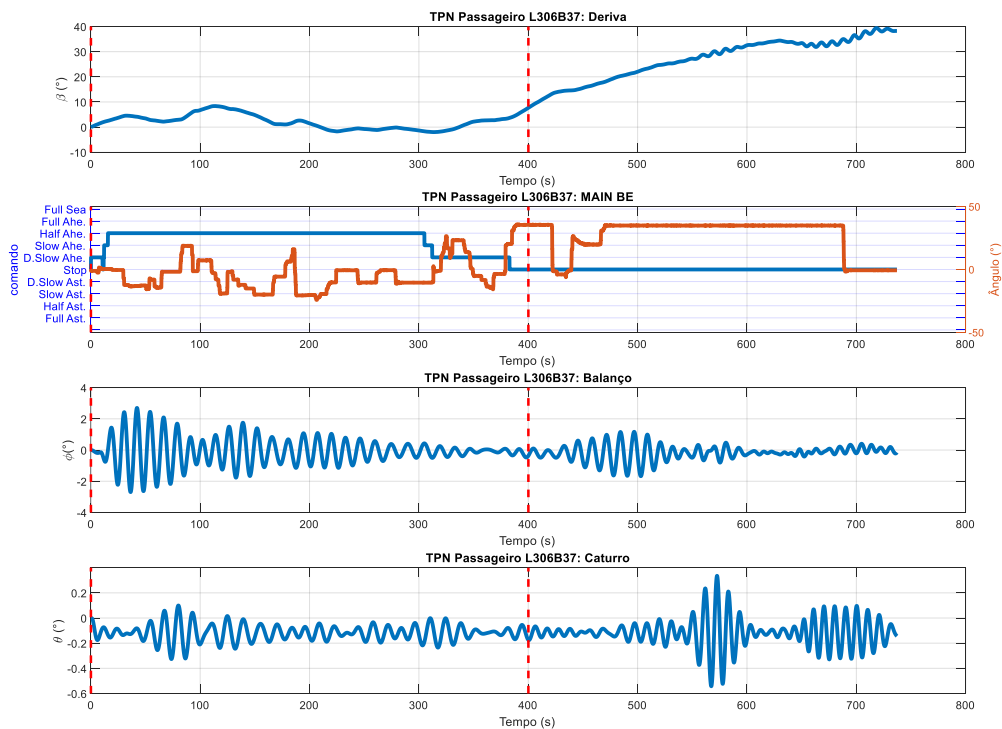


A **FALHA TOTAL DO SISTEMA DE PROPULSÃO** (ficando sem propulsores), no Cenário Amb2_OE_VNE_CE [corrente enchente 0.3nó; vento NE 21nós; onda E 1m9s] e sem apoio de rebocadores, foi gerada no momento que *Passageiro L306B37* governava por ângulos de leme pelo trecho entre curvas com 8.8nós, muito devagar adiante, na proa 296° e iniciando guinada com todo leme BE para montar a boia lateral encarnada (**Caso 25**). Aproveitando seguimento AV, deu todo leme a BE para montar boia lateral encarnada com apoio de *stern thruster* todo para BB e *bow thruster* todo para BE; com uso de leme e apoio tempestivo desses *thrusters*, controlou navio que abateu passando do limite de segurança, mas ainda com folga abaixo da quilha [menor *ukc* observado foi 2.8m]. Apesar de concluir sem acidente de navegação, navio poderia ter largado ferros para segurar antes de ultrapassar o limite de segurança da área de manobra. Observou-se que contribuiu para o sucesso, navio já estar aproado próximo à boia encarnada [proa 296°], ajudando a proceder para a área do fundeadouro.

Cinemática (TPN Passageiro L306B37):



Dados da manobra (TPN Passageiro L306B37):



Comandos de máquina (TPN Passageiro L306B37) e thruster:

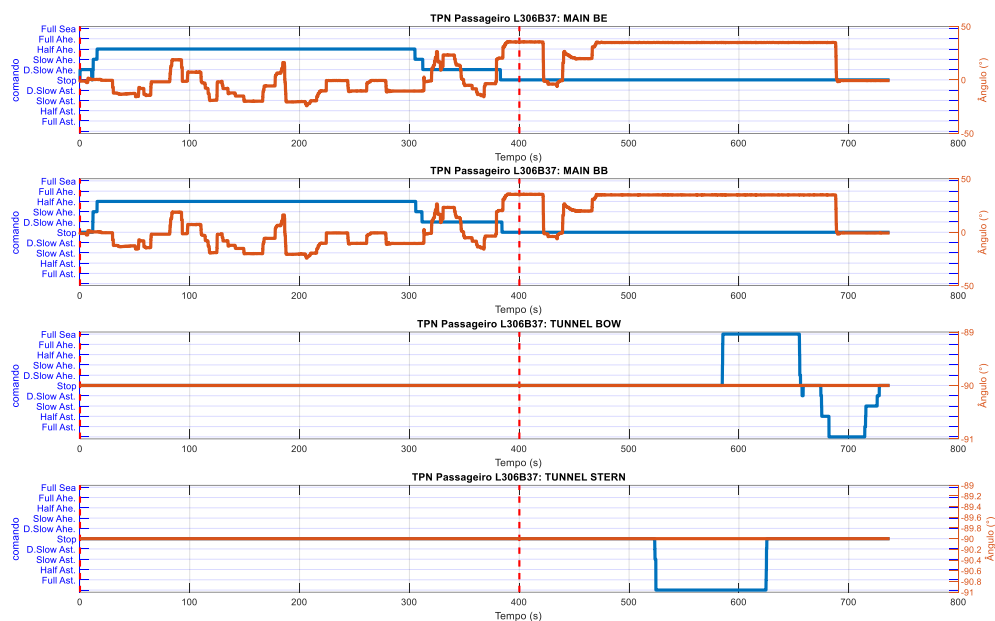
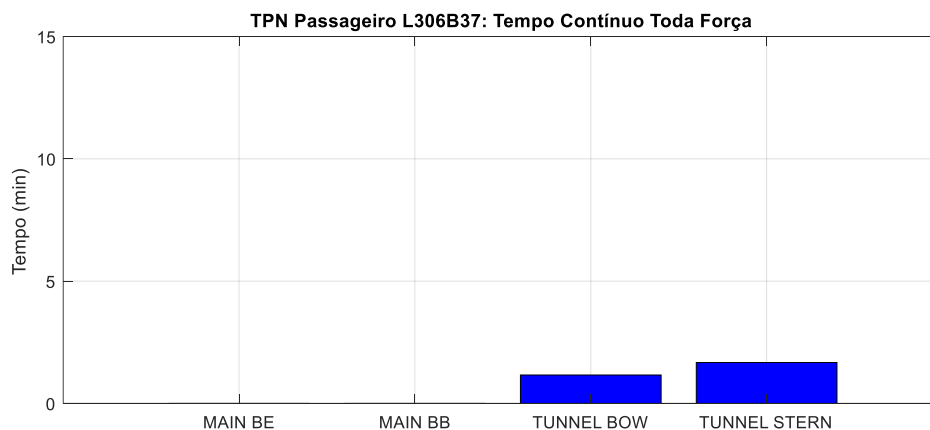
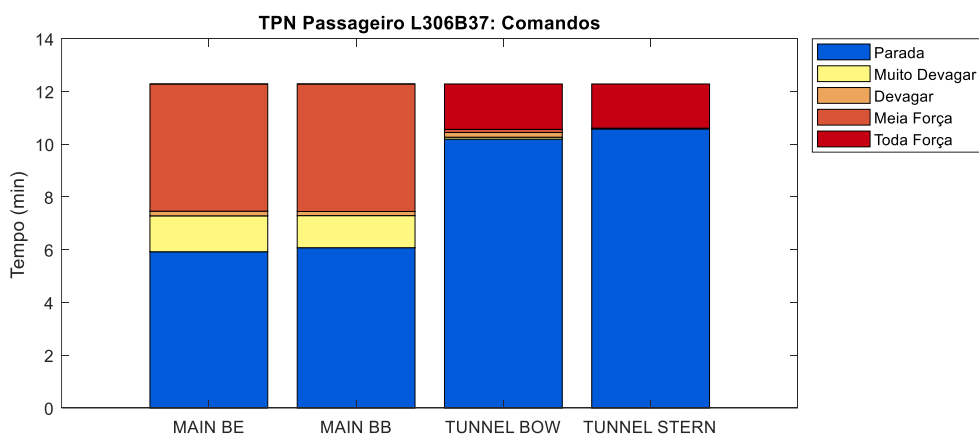
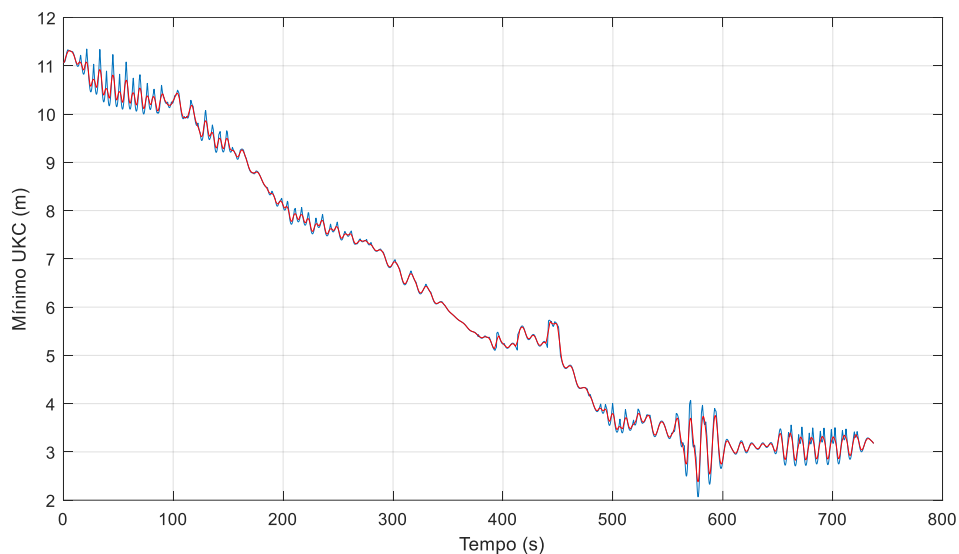


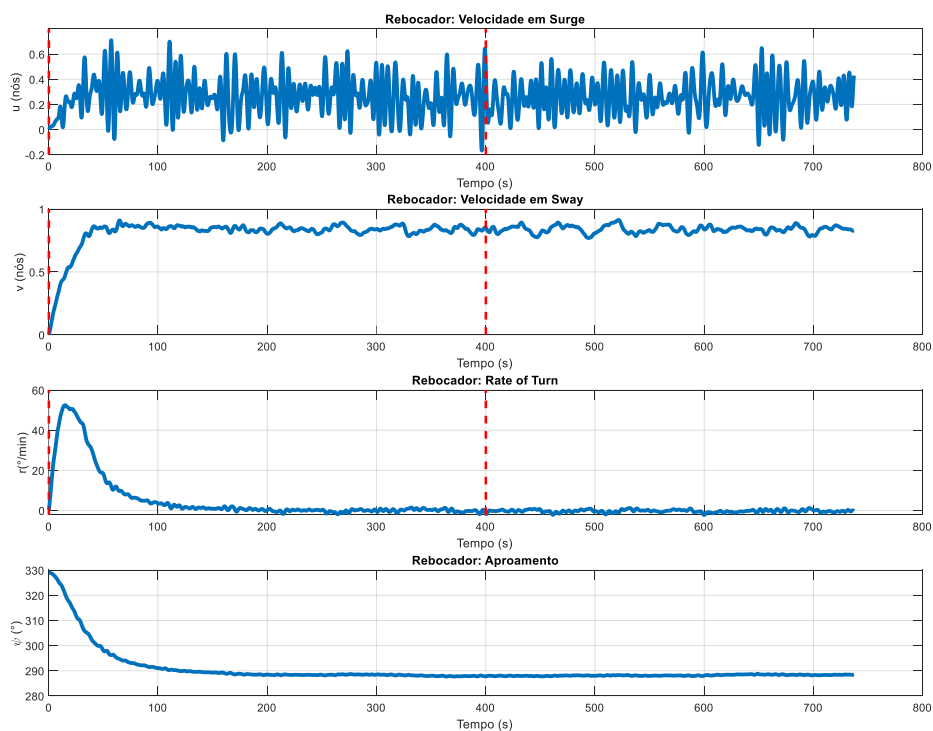
Gráfico de barras (TPN Passageiro L306B37):



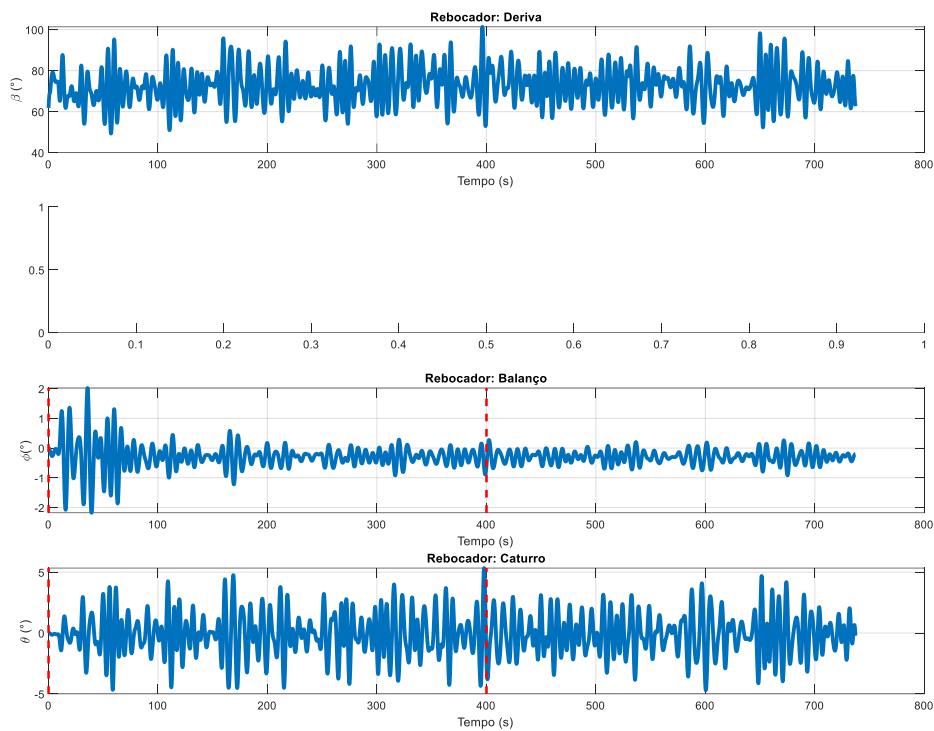
Folga sob a quilha (TPN Passageiro L306B37):



Cinemática (Rebocador):



Dados da manobra (Rebocador):



6 Análise da Simulação - Critérios de segurança analisados

Cada manobra foi avaliada segundo diversos critérios que envolvem a folga sob a quilha e distância aos limites da área de manobra e navios atracados/fundeados.

6.1 Distância em relação aos limites da área de manobra

Verifica-se a distância do navio em relação ao limite da área de manobra seguindo o critério (B é a boca do navio em manobra):

- **Aceitável** se $D > 1.0B$
- **Atenção** se $0.5B < D \leq 1.0B$
- **Crítico** se $D \leq 0.5B$

As distâncias avaliadas para o Canal A são indicadas abaixo. Elas referem-se ao limite da área de manobra, de 11,2m.

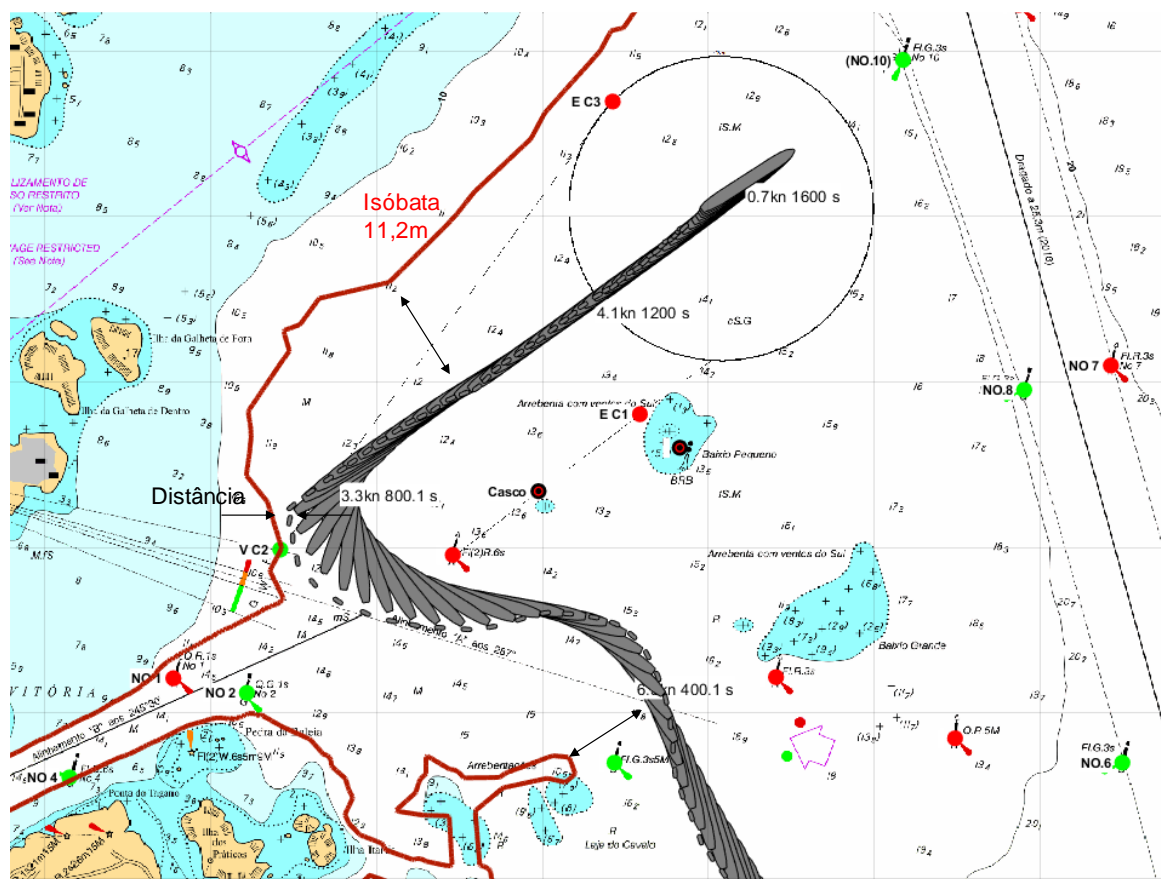


Figura 35 – Critério de distância de segurança em relação aos limites da área de manobra – Canal A

As distâncias avaliadas para o Canal B são indicadas na Figura 36. Elas referem-se ao limite da área de manobra, de 11,2m (ao Norte e Oeste) e mais criticamente, às boias que limitam o Casco Soçobrado e o Baixo Pequeno, na passagem pelo canal propriamente dito.

As distâncias avaliadas para o Canal C são indicadas na Figura 37. Elas referem-se à distância a ponta do Molhe (de Praia Mole) e da Boia E#7 do Canal de Tubarão.

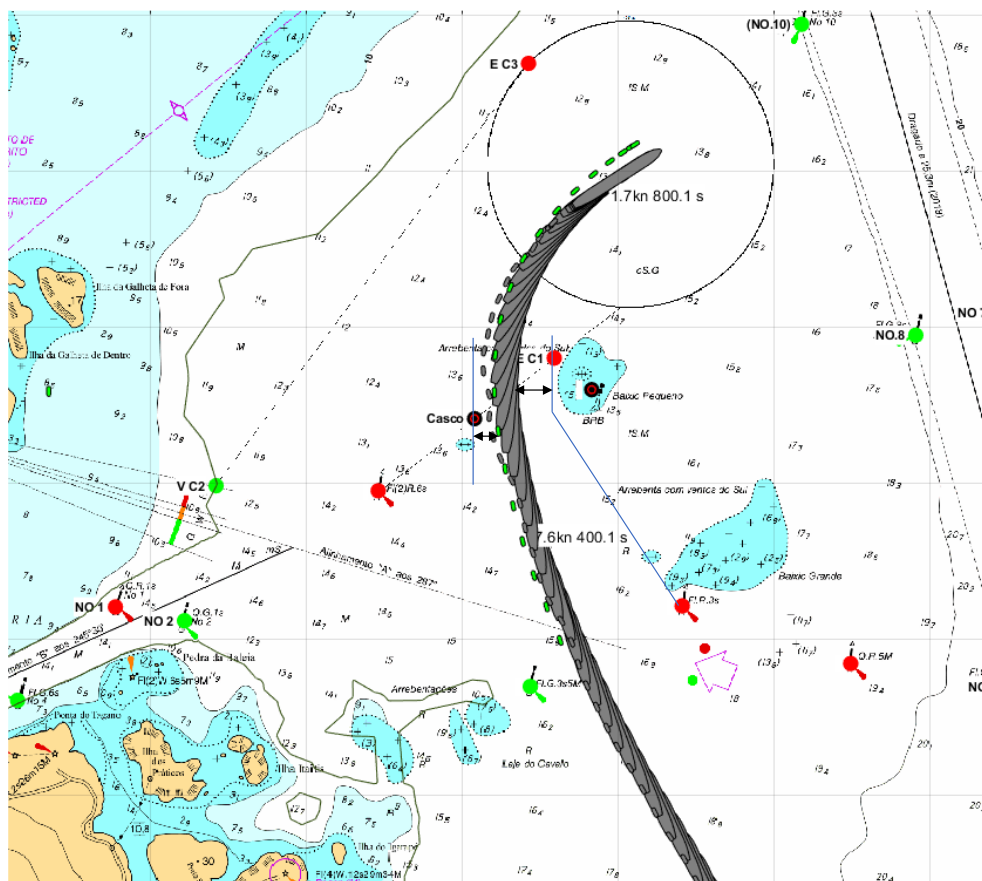


Figura 36 – Critério de distância de segurança em relação aos limites da área de manobra – Canal B

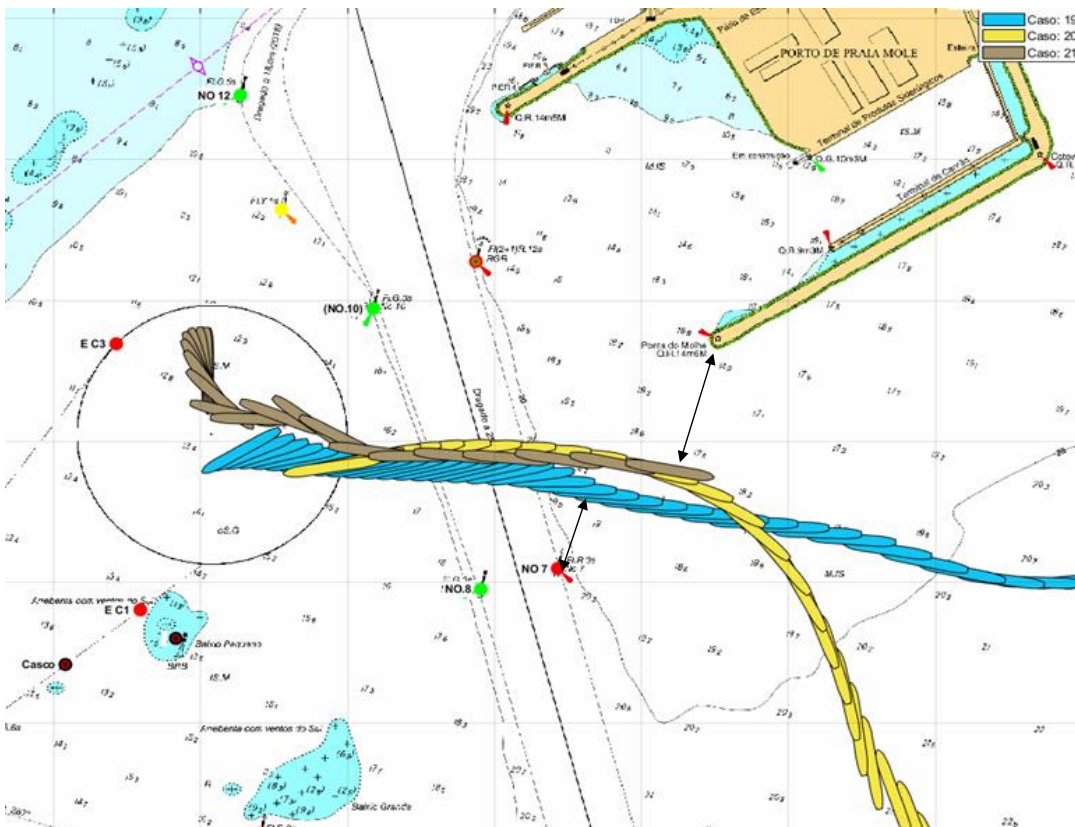


Figura 37 – Critério de distância de segurança em relação aos limites da área de manobra – Canal C

6.2 Folga sob a quilha mínima

Verifica-se a folga sob a quilha mínima ao longo da manobra com a seguinte gradação de risco:

- UKC mínimo maiores de 0.5m são considerados **aceitáveis** (verde).
- UKC menores 0.5m são consideradas **críticos** (vermelho).

UKC >= 0.5m	Aceitável
UKC <0.5m	Crítico

6.3 Resultados

Os resultados dos critérios técnicos são mostrados na Tabela 4 para todas as manobras.

Tabela 4 – Resultados da avaliação dos critérios técnicos

Ca	Navio	Manobra	Corrent	Vento	Onda	Tugs	Falhas	UKC	Dist
1	Passageiro_L306B37	Entrada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	3.7	54
2	Passageiro_L333B38	Entrada A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	2.5	42
3	Passageiro_L306B37	Entrada A	Vaz 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s	2 x 60T (sem uso)	1.9	28
4	Passageiro_L333B38	Entrada B + Saída B	Ench 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s	2 x 60T (sem uso)	3.1	45
5	Passageiro_L333B38	Saída A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	3.3	43
6	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	3.4	45
7	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	3.8	37
8	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T	1.8	0
9	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	SSW 27kn	SE 2.0m	14s	2 x 60T (sem uso)	(*)	0
10	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	3.7	51
11	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Vaz 0.3kn	SSW 21kn	SE 2.0m	14s	2 x 60T	3.9	17
12	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada A	Ench 0.3kn	SSW 27kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	2.8	176
13	Passageiro_L306B37	B. Aproximação, giro e fundeio B	Vaz 0.3kn	SSW 27kn	SE 2.0m	14s	2 x 60T (sem uso)	2.3	51
14	Passageiro_L333B38	B. Aproximação, giro e fundeio A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	2 x 60T (sem uso)	2.7	67
15	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	4.1	23
16	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	3.9	8
17	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Vaz 0.3kn	SSW 21kn	SE 2.0m	14s	-	2.2	244
18	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	3.2	13
19	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada C	Vaz 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s	-	3.5	>100
20	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada C	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	6.0	>100
21	Passageiro_L306B37	E. Navegação no canal na saída C	Vaz 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m	12s	-	3.4	>100
22	Passageiro_L333B38	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	3.6	62
23	Passageiro_L306B37	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	3.4	0
24	Passageiro_L333B38	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	SSW 21kn	SE 2.0m	14s	-	2.8	75
25	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m	9s	-	2.4	120

(*) navio passou sobre casco soçobrado, como não há real informação sobre a profundidade neste local, assume-se pior cenário de colisão com fundo

7 Conclusões

7.1 Considerações Gerais

O propósito principal da simulação foi avaliar as manobras de entradas e saídas de navios-tipos com **passagens por canais previamente definidos** para acessar área de fundeadoiro reservada para navios de Cruzeiros na entrada do **Porto de Vitória ES**, bem como os impactos causados nesses navios-tipos e rebocadores de apoio pelas forças ambientais. Foram realizadas manobras com possíveis falhas para avaliação do comportamento de navios-tipos em situação de emergência. As manobras foram realizadas no período diurno e com total visibilidade.

O estudo contemplou a verificação das condições de manobrabilidade e controlabilidade de navios-tipos, bem como os impactos causados nos navios e rebocadores de apoio pelas forças ambientais. Os navios selecionados para simulação foram:

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

Em relação à batimetria local, foram consideradas as profundidades constantes da carta náutica **DHN-1401 [Portos de Vitória e Tubarão]** e dados fornecidos pelo cliente. O balizamento náutico estabelecido e testado para a simulação incluiu boias adicionais [temporárias] e reposicionamento de outras boias.

Em relação aos agentes ambientais, foram configurados seguintes cenários que permitiram verificar as condições de manobrabilidade e controlabilidade dos navios-tipos: correntes de meia maré de enchente e vazante – chegando a 0.3nó na área de fundeio; ventos N, NE, S e SSW de 21nós; ondas E 1m9s; SE 1.5m12s e SE 2m 14s.

Em relação aos equipamentos de auxílio à navegação, a informação fornecida pelos indicadores *doppler* de velocidade foi determinante no controle efetivo do navio pelos práticos e também a disponibilidade do equipamento *PPU*, que contribuiu para aumentar o grau de segurança nas manobras executadas, especialmente no giro e nas áreas de maior impacto das forças ambientais.

Os **rebocadores** utilizados foram do tipo azimutal de **60TBP**, tendo sido empregados no arranjo 2x60T [proa BB; popa centro]; foram pouco utilizados na grande maioria das manobras realizadas, por opção do comandante. Em algumas manobras com falha, o seu emprego mostrou-se determinante para aumentar grau de segurança.

7.2 Manobras utilizando o Canal A

A Tabela 5 mostra um resumo das manobras pelo Canal A, e a Figura 38 apresenta as manobras sobrepostas.

Análises e Conclusões:

- A **passagem pelo canal A sem falha** foi possível de ser realizada com meios próprios, mantendo-se a distâncias classificadas como “Atenção” de boias e limites navegáveis (**Casos 2, 3 e 5**). Nessas manobras, os **rebocadores não foram acionados**, eles apenas acompanharam.
- Este Canal tem como característica possuir **curvas mais fechadas**, demandando máquina praticamente constante [em torno de meia força adiante], uso intensivo de lemes e apoio determinante dos *thrusters* AV e AR.
- Na área do fundeadouro, observou-se que o navio possível de ser parado a meio comprimento de navio utilizando-se os meios próprios (propulsores).
- Ou seja, a **entrada e saída pelo Canal A rotineira** sem falha de qualquer sistema de controle do navio poderia ser feita de forma **satisfatória e segura**.
- Assumiram-se, **de forma preliminar**, 4 boias adicionais para demarcar este acesso A. A posição efetiva das boias deverá ser alvo de um estudo de sinalização náutico e aprovação da Marinha (CHM). Observou-se também que, se fosse possível reposicionar a boia lateral encarnada existente mais para NE, depois de um levantamento hidrográfico, a manobra de guinada na curva de saída seria menos fechada, mitigando caimento para o limite de segurança a Oeste e melhoraria a segurança como um todo.
- Foram realizadas manobras de passagem pelo canal A com eventos de falhas para dar subsídios às Análises de Risco (**Casos 11, 12, 14, 17 e 25**). De forma geral, com exceção de um caso, foi possível controlar o evento de perigo, levando à embarcação a uma posição segura com uso dos meios disponíveis. Em apenas um caso foi utilizado rebocador, mas este (Blackout) foi repetido sem uso de rebocador, com bom resultado.

Tabela 5 – Resumo dos critérios técnicos: Manobras utilizando o Canal A

Ca	Navio	Manobra	Corrent	Vento	Onda	Tugs	Falhas	UKC	Dist
2	Passageiro_L333B38	Entrada A	Ench 0.3kn NE	21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)		2.5	42
3	Passageiro_L306B37	Entrada A	Vaz 0.3kn S	21kn	SE 1.5m 12s	2 x 60T (sem uso)		1.9	28
5	Passageiro_L333B38	Saída A	Ench 0.3kn NE	21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)		3.3	43
11	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Vaz 0.3kn SSW	21kn	SE 2.0m 14s	2 x 60T	Blackout	3.9	17
12	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada A	Ench 0.3kn SSW	27kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)	Condições adversas de vento	2.8	176
14	Passageiro_L333B38	B. Aproximação, giro e fundeio A	Ench 0.3kn NE	21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)	Erro humano	2.7	67
17	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Vaz 0.3kn SSW	21kn	SE 2.0m 14s	-	Blackout	2.2	244
25	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada A	Ench 0.3kn NE	21kn	E 1.0m 9s	-	Falha total de propulsão	2.4	120

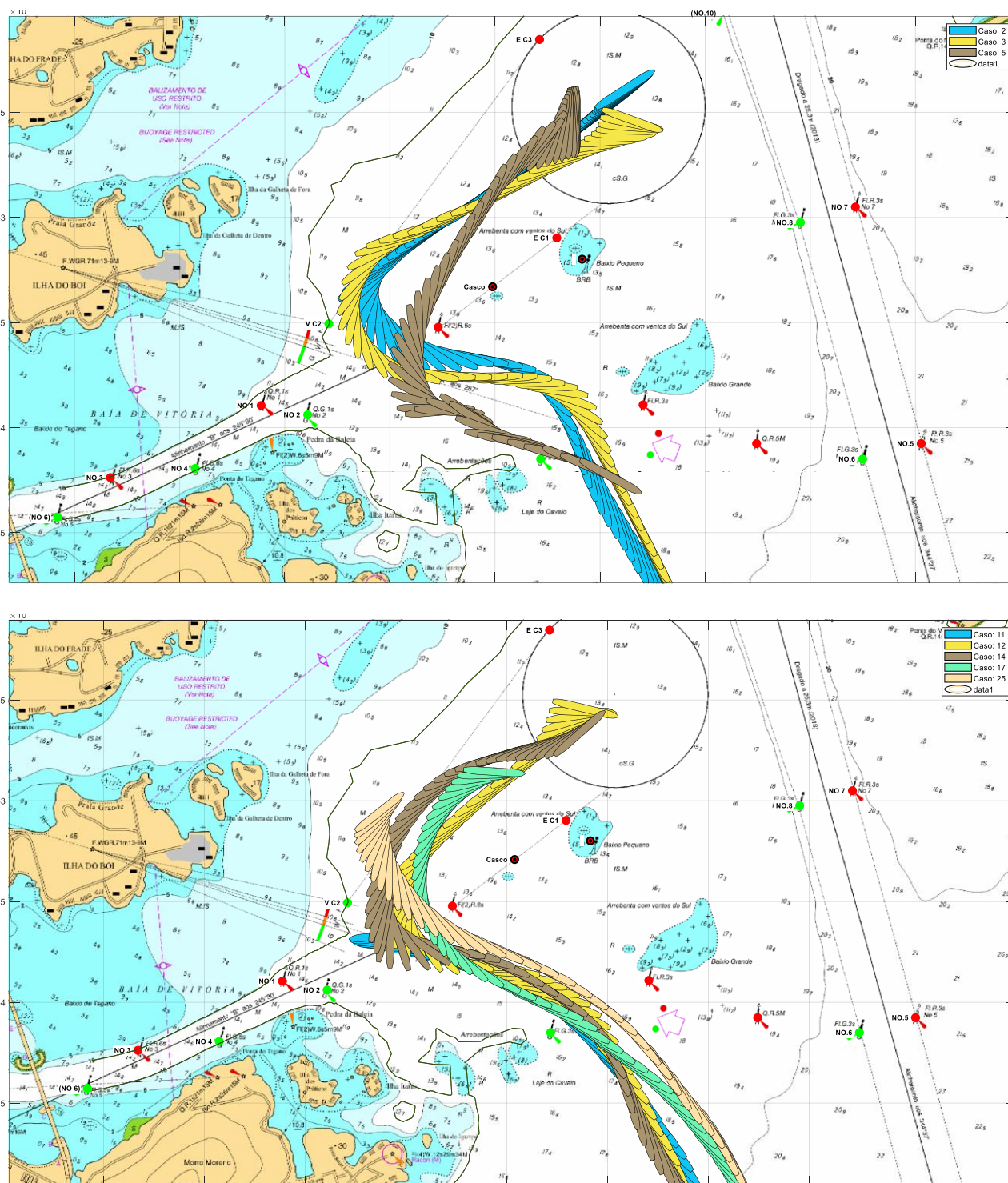


Figura 38 – Manobras utilizando o Canal A: (acima) Sem falhas ou eventos de perigo; (abaixo) Com falhas ou eventos de perigo

7.3 Manobras utilizando o Canal B

A Tabela 6 mostra um resumo das manobras pelo Canal B, e a Figura 39 apresenta as manobras sobrepostas.

Análises e Conclusões:

- Apesar da necessidade de passar a meio entre perigos próximos [casco soçobrado e baixio em cada bordo] e aparentemente menos favorável que a passagem pelo canal A, nas primeiras passagens pelo canal B (**Casos 1 e 4**) já se pode constatar ser **alternativa mais indicada** por ter que manobrar menos [menos manobras de compensação] e parar no fundeadouro com velocidade adequada.
- As manobras de passagem, entrando ou saindo, puderam ser realizadas de forma satisfatória e segura, mantendo-se sempre a distâncias seguras de boias e baixios. Os **rebocadores não foram acionados**, apenas acompanharam em stand by.
- Para melhorar a segurança dessa passagem pelo B, poderia remover o casco soçobrado ou melhor posicionar um sinal náutico definindo setor seguro.
- Assumem-se, **de forma preliminar**, 3 boias adicionais para demarcar este acesso B. A posição efetiva das boias deverá ser alvo de um estudo de sinalização náutico e aprovação da Marinha (CHM).
- Foram realizadas 12 manobras de passagem pelo canal B com eventos de falhas para dar subsídios às Análises de Risco. De forma geral foi possível controlar o evento de perigo, levando à embarcação a uma posição segura com uso dos meios disponíveis, mesmo que ultrapassando os limites da área de manobra.
- Em apenas um caso houve passagem sobre o casco soçobrado e possível encalhe (Caso 9); mas neste caso, as condições ambientais [vento em especial] estavam acima do tolerável para entrada do navio de passageiros com muita área velica (manobra iniciou com vento de 27nós); na realidade, o comandante não teria nem iniciado a manobra nesta situação, por estar acima dos limites permitidos. Assim, **recomenda-se** monitorar as condições ambientais com antecedência para melhor tomada de decisão (que neste caso, seria abortar a parada no porto devido às condições desfavoráveis).

Tabela 6 – Resumo dos critérios técnicos: Manobras utilizando o Canal B

Ca.	Navio	Manobra	Corrent	Vento	Onda	Tugs	Falhas	UKC	Dist
1	Passageiro_L306B37	Entrada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)		3.7	54
4	Passageiro_L333B38	Entrada B + Saída B	Ench 0.3kn	S 21kn	SE 1.5m 12s	2 x 60T (sem uso)		3.1	45
6	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)	Falha parcial do sistema de prop	3.4	45
7	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)	Falha parcial do sistema de gove	3.8	37
8	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T	Blackout	1.8	0
9	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	SSW 27kn	SE 2.0m 14s	2 x 60T (sem uso)	Condições adversas de vento	(*)	0
10	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	2 x 60T (sem uso)	Erro humano durante a execução	3.7	51
13	Passageiro_L306B37	B. Aproximação, giro e fundeio B	Vaz 0.3kn	SSW 27kn	SE 2.0m 14s	2 x 60T (sem uso)	Condições adversas de vento	2.3	51
15	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	-	Falha total do sistema de propu	4.1	23
16	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Vaz 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	-	Falha total do sistema de governo	3.9	8
18	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	-	Blackout	3.2	13
22	Passageiro_L333B38	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	-	Blackout	3.6	62
23	Passageiro_L306B37	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	NE 21kn	E 1.0m 9s	-	Falha total do sistema de governo	3.4	0
24	Passageiro_L333B38	E. Navegação no canal na saída B	Ench 0.3kn	SSW 21kn -> SE	2.0m 14s	-	Condições adversas de vento	2.8	75

(*) navio passou sobre casco soçobrado, como não há real informação sobre a profundidade neste local, assume-se pior cenário de colisão com fundo

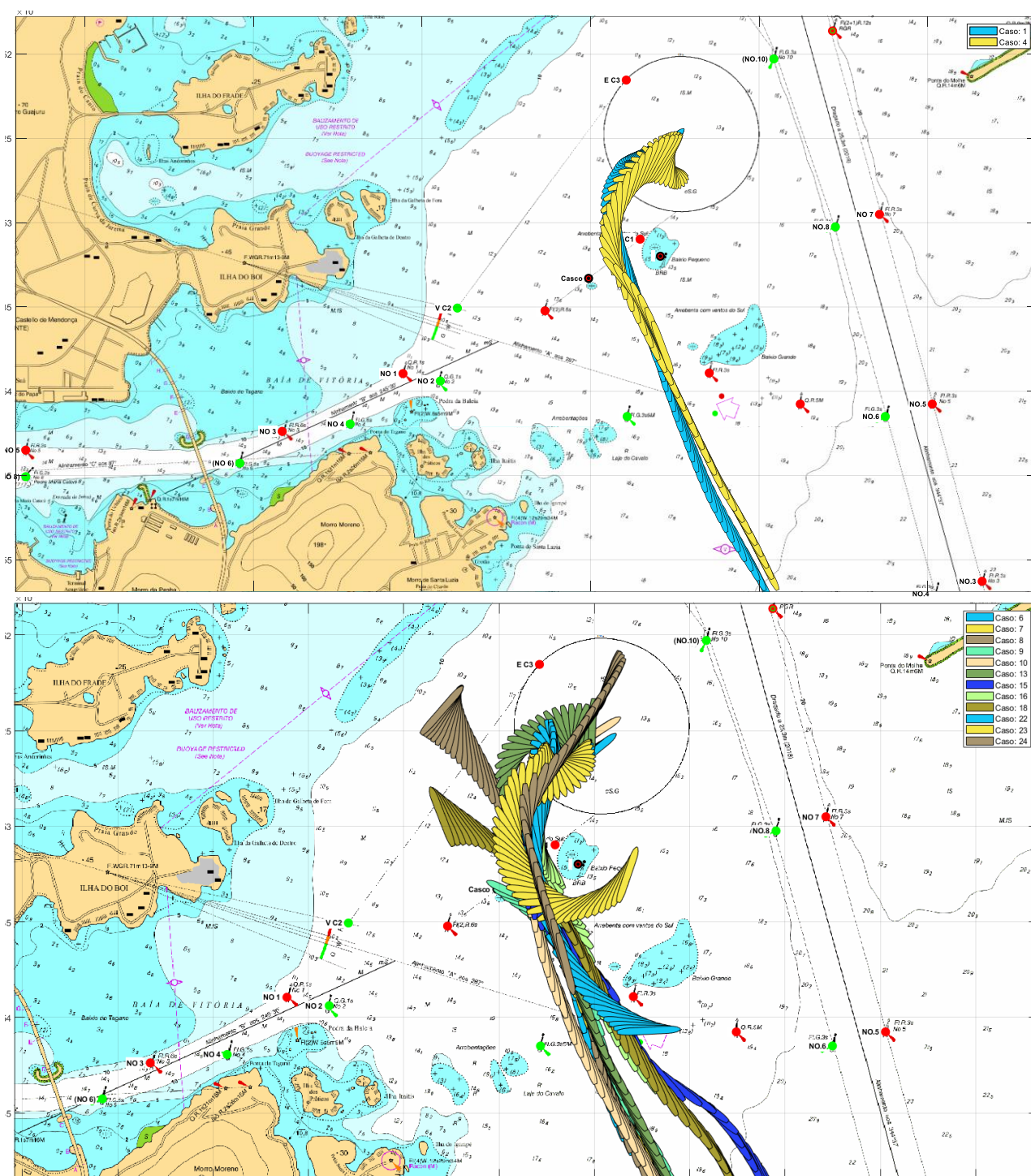


Figura 39 – Manobras utilizando o Canal B: (acima) Sem falhas ou eventos de perigo; (abaixo) Com falhas ou eventos de perigo

7.4 Manobras utilizando o Canal C

A Tabela 7 mostra um resumo das manobras pelo Canal C, e a Figura 40 apresenta as manobras sobrepostas.

Análises e Conclusões:

- As manobras de entrada e saída do fundeadouro realizadas cruzando canal da Vale, mesmo que poucas, bem demonstraram que poderiam ser realizadas sem apoio de rebocadores.
- Eventual emergência ao longo dessa trajetória *Passageiro L306B37* ainda teria muita água nas proximidades para ir reduzindo velocidade e largar ferros.

Tabela 7 – Resumo dos critérios técnicos: Manobras utilizando o Canal C

Ca.	Navio	Manobra	Corrent	Vento	Onda	Tugs	Falhas	UKC
19	Passageiro_L306B37	A. Navegação no canal na chegada C	Vaz 0.3kn S	21kn SE	1.5m 12s	-		3.5
20	Passageiro_L333B38	A. Navegação no canal na chegada C	Ench 0.3kn NE	21kn E	1.0m 9s	-	Blackout	6.0
21	Passageiro_L306B37	E. Navegação no canal na saída C	Vaz 0.3kn S	21kn SE	1.5m 12s	-		3.4

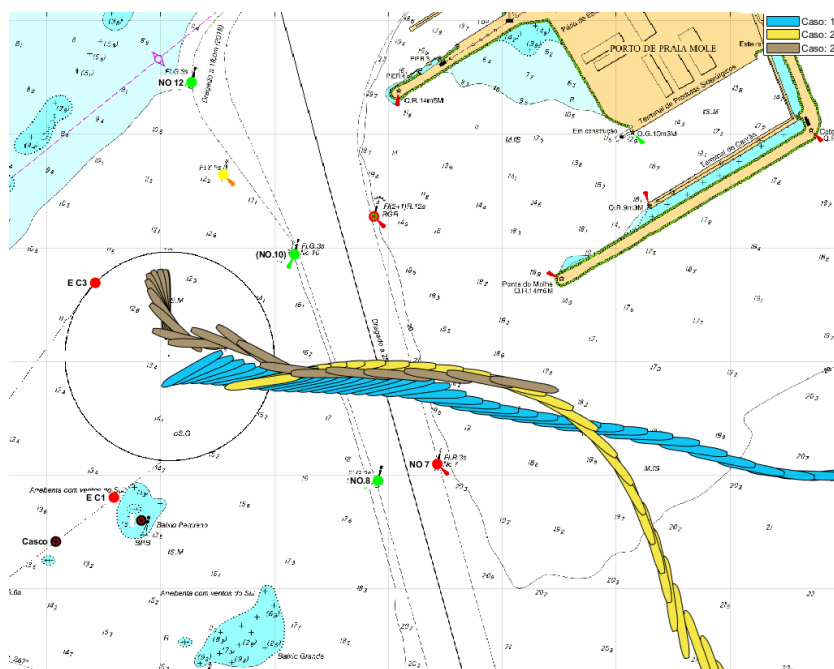


Figura 40 – Manobras utilizando o Canal C

7.5 Conclusões Finais

De uma maneira geral, manobras de entrada e saída de navios-tipo de Cruzeiro com LOA de 306m a 333m, para acessar área de fundeadouro reservada para navios de Cruzeiros na entrada do **Porto de Vitória ES**, indicaram a viabilidade nas condições abaixo:

- Navios de Cruzeiro com $LOA \leq 333m$; $Calado \leq 8,5m$
- Ventos $V \leq 21nós$
- Ondas $H_s \leq 2m$
- Área de fundeio com Profundidade Mínima de 11,2m (Raio 537m; Centro Lat/Lon: 20° 18' 14.4474" S, 40° 15' 27.6954" W)
- 3 possíveis canais de acesso (Figura 41)

- Canal A
 - Canal demanda mais guinadas acentuadas, é uma alternativa (não preferencial)
- Canal B
 - Canal mais direto, única guinada. Preferencial.
 - Limite de vento 21nós
- Canal C
 - Canal mais direto, sem guinadas bruscas, mas cruza canal de Tubarão.

Recomendações:

- Por segurança, apesar de realizada a maioria das manobras sem acidente de navegação, **recomenda-se** dispor de pelo menos um **rebocador em stand by** como popa centro para eventual necessidade em emergência ou até no auxílio de manobra nas manobras iniciais [*ramp up*]. Esse cuidado poderia ser novamente reavaliado após esta fase de *ramp up*.
- Realizar batimetria e estudo de fundo na região de manobra com rigor suficiente para classificar a área de fundeio (ver capítulo 2.3);
- Prover sinalização náutica adequada para o canal de aproximação e região de fundeio (balizamento e alinhamento).

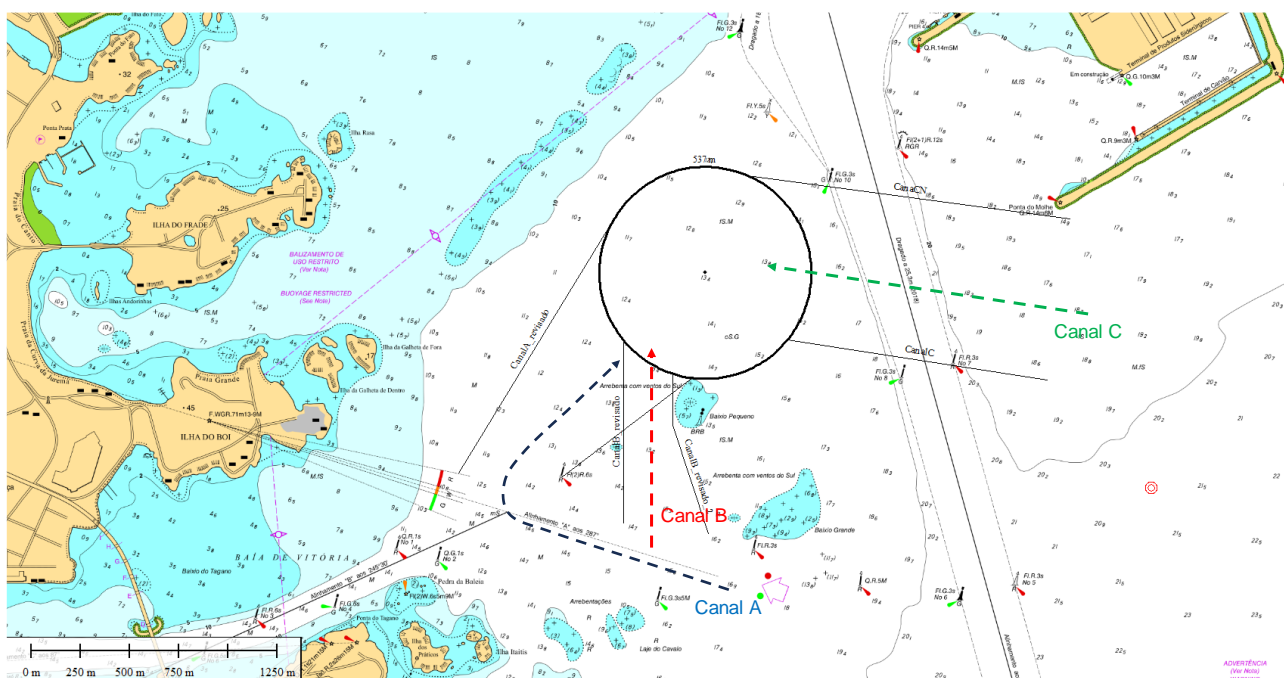


Figura 41 – Canais de Acesso Avaliados

8 Referências Gerais

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

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

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

IMCA, Specification for DP Capability Plots, The International Marine Contractors Association IMCA M140 Rev I Junho, 2000.

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

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

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



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 30/04/2024 10:36:22 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por DILSON HENRIQUE DIAS (ANALISTA DO EXECUTIVO - GEINFRA - SETUR - GOVES)
Valor Legal: CÓPIA SIMPLES | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2024-4PXWX6>