



TERMINAL PORTUÁRIO DE ALCÂNTARA (TPA)- S. LUÍS, BRASIL SIMULAÇÕES DE MANOBRABILIDADE

João Prego; Paulo Salvador
Membros da Ordem dos Engenheiros (PT) e do CREA (BR)
joao.prego@graoparamultimodal.com, paulo.salvador@graoparamultimodal.com

Resumo

O Terminal de Uso Privado (TUP) de Alcântara e a respetiva ferrovia de 520 km, encontram-se em fase de implementação, pela GPM- Grão-Pará Multimodal, ao abrigo de contratos de autorização assinados com o Ministério da Infraestrutura do Brasil, e têm como objetivo adicionar capacidade aos portos da Baía de São Marcos, no Maranhão, dada a procura crescente por soluções logísticas integradas porto - ferrovia, no chamado “arco norte” do Brasil.

Para obtenção das autorizações acima referidas, a GPM teve que levar a cabo simulações de manobrabilidade e análises de risco do terminal portuário, que foram aprovadas pela Capitania dos Portos do Maranhão, como representante da Autoridade Marítima.

As simulações de manobrabilidade permitiram antever eventuais dificuldades para realização das manobras das embarcações que utilizarão o terminal e propor melhorias à geometria do canal de acesso e da bacia de evolução, de modo a minimizar os riscos das manobras.

Para essas simulações foram necessárias informações sobre as principais embarcações que utilizarão o porto (graneleiro de 400.000 DWT e porta- contentores de 14.000 TEU), o layout portuário e as condições ambientais, em especial hidro-dinâmicas, para representar da forma mais realista possível as condições de navegação que serão encontradas durante as manobras de aproximação e partida do terminal.

Introdução

O presente documento técnico visa essencialmente apresentar as seguintes informações:

- Resumo dos resultados das simulações “real time”, descrevendo as manobras realizadas;
- Análise de riscos e respetivas medidas de controle.

As simulações de manobrabilidade são essenciais para antever eventuais dificuldades na realização das manobras das embarcações que utilizarão o terminal portuário e propor melhorias na geometria do canal de acesso e da bacia de evolução, de modo a minimizar os riscos dessas manobras. Para a realização de tais simulações foram necessárias informações sobre as embarcações, o layout portuário e as condições ambientais, para representar da forma mais realista possível as condições de navegação que serão encontradas durante as manobras de aproximação e partida do terminal portuário.

Para o efeito, a GPM contratou empresas internacionais altamente credenciadas que já apoiam a GPM desde a fase de projeto conceitual do terminal portuário e que possuem a experiência e a capacidade técnica para a realização das simulações pretendidas.

A entidade que realizou as simulações é uma dos institutos internacionais mais conceituados nesta área, e reconhecido pelo grande rigor das suas simulações, tendo já executado diversos trabalhos para projetos no Brasil.

A empresa especialista em hidráulica marítima, contratada pela GPM, possui um modelo hidrodinâmico da Baía de São Marcos, validado em vários trabalhos efetuados na região, e utilizado no desenvolvimento do projeto conceitual do Terminal Portuário de Alcântara (TPA), tendo esse modelo fornecido os dados necessários para a realização das simulações “real time”.



O TPA será construído na Ilha do Cajual, na margem esquerda da baía de São Marcos, do lado oposto ao Porto de Itaqui e ao Terminal Marítimo da Ponta da Madeira, situados na margem direita da baía, na periferia de São Luís (MA), conforme apresentado na figura seguinte.

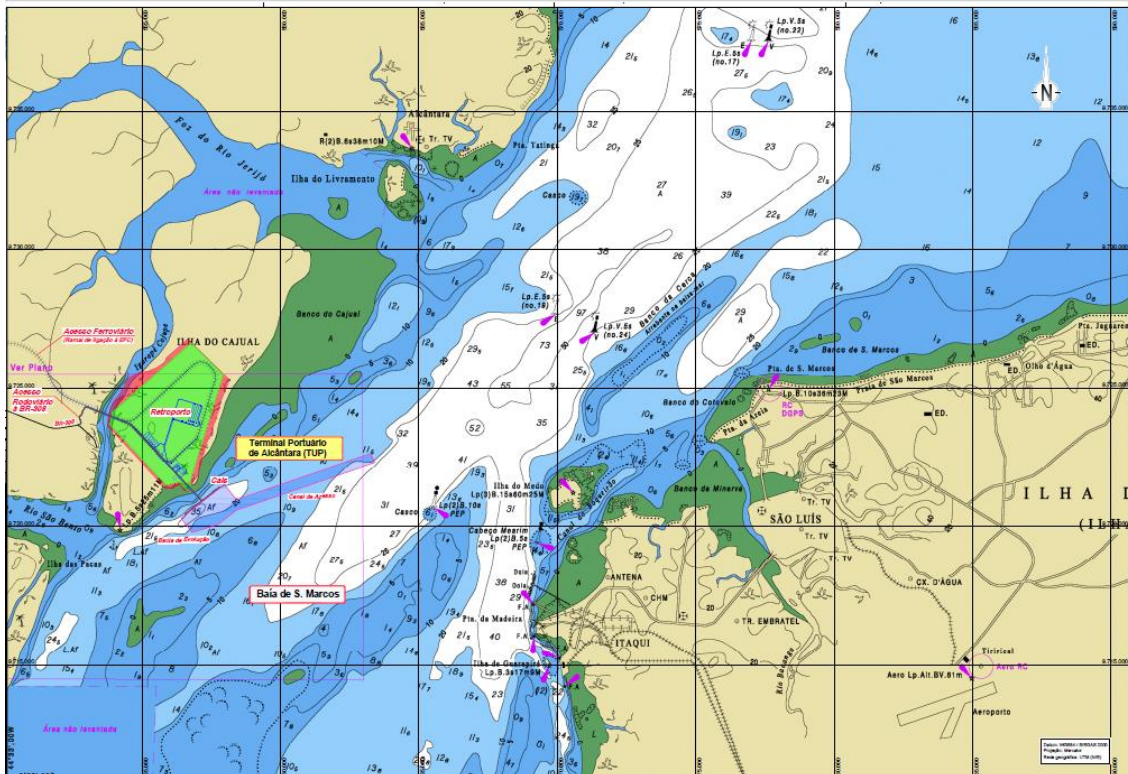


Figura 1- Implantação do TPA na carta náutica da baía de São Marcos

Simulações “real time”

Indicam-se abaixo os navios utilizados na simulação “real time”, bem como as principais características do TPA.

Caraterísticas dos Navios-Tipo

- i) Graneleiro de 400 000 DWT, tipo Valemax
- ii) Porta-Contentores de 14 000 TEU

Caraterísticas Ambientais e Geográficas do local da obra

Para gerar os dados com as condições hidrodinâmicas da área do TPA, necessários para a realização das simulações de manobrabilidade, foi utilizado o modelo hidrodinâmico da Baía de São Marcos atrás referido. As condições hidrodinâmicas foram geradas considerando as geometrias da bacia de evolução e do canal de acesso ao terminal, que tiveram em conta as orientações recebidas da equipa de práticos que participou nas simulações, que tiveram como objetivo aumentar a segurança das manobras e minimizar as condições de sedimentação ao longo do canal.

O projeto do TPA prevê a construção de um pier destacado, com quatro berços de atracação na primeira fase de operação, ligado à costa por meio de uma ponte com 600 m de extensão. A bacia de evolução está ligada a um canal de acesso duplo, com uma largura de 360 m em cada sentido, visando atender as exigências de segurança para as manobras das embarcações.

O canal de acesso ao terminal, com aproximadamente 5,2 km de comprimento e 720 metros de



largura, tem uma direção sudoeste-nordeste, de modo a estar orientado com as correntes predominantes.

O projeto do TPA prevê a operação com navios minereiros, da classe Valemax, com calado máximo de 23 metros e com navios porta-contentores, com calado máximo de 17 metros. Quando carregados, esses navios deverão navegar através de um canal de 360 metros de largura que, em virtude das restrições de calado, será dragado para garantir uma profundidade de 25 m em baixa-mar.

Conforme sugerido pelos práticos, prevê-se que nas chegadas dos Valemax em condições de lastro, seja utilizado um canal de navegação, também com 360 metros de largura, com profundidade mínima de 14 metros, que não necessitará de dragagem de aprofundamento, dado que os navios, nessas condições, calam apenas 12 metros.

Apresenta-se na figura seguinte uma imagem do simulador durante a realização de uma das manobras realizadas.



Figura 2- Vista do simulador durante uma das manobras

Logo no início das simulações os práticos, sugeriram também um aumento da bacia de evolução na zona de transição para o canal, alteração esta que foi logo introduzida no simulador, de modo que as manobras já foram realizadas com a geometria que se apresenta na planta seguinte. Prevê-se testar as manobras simultâneas nos canais de entrada e de saída do terminal, numa nova simulação que se realizará para obtenção da licença de operação do terminal.

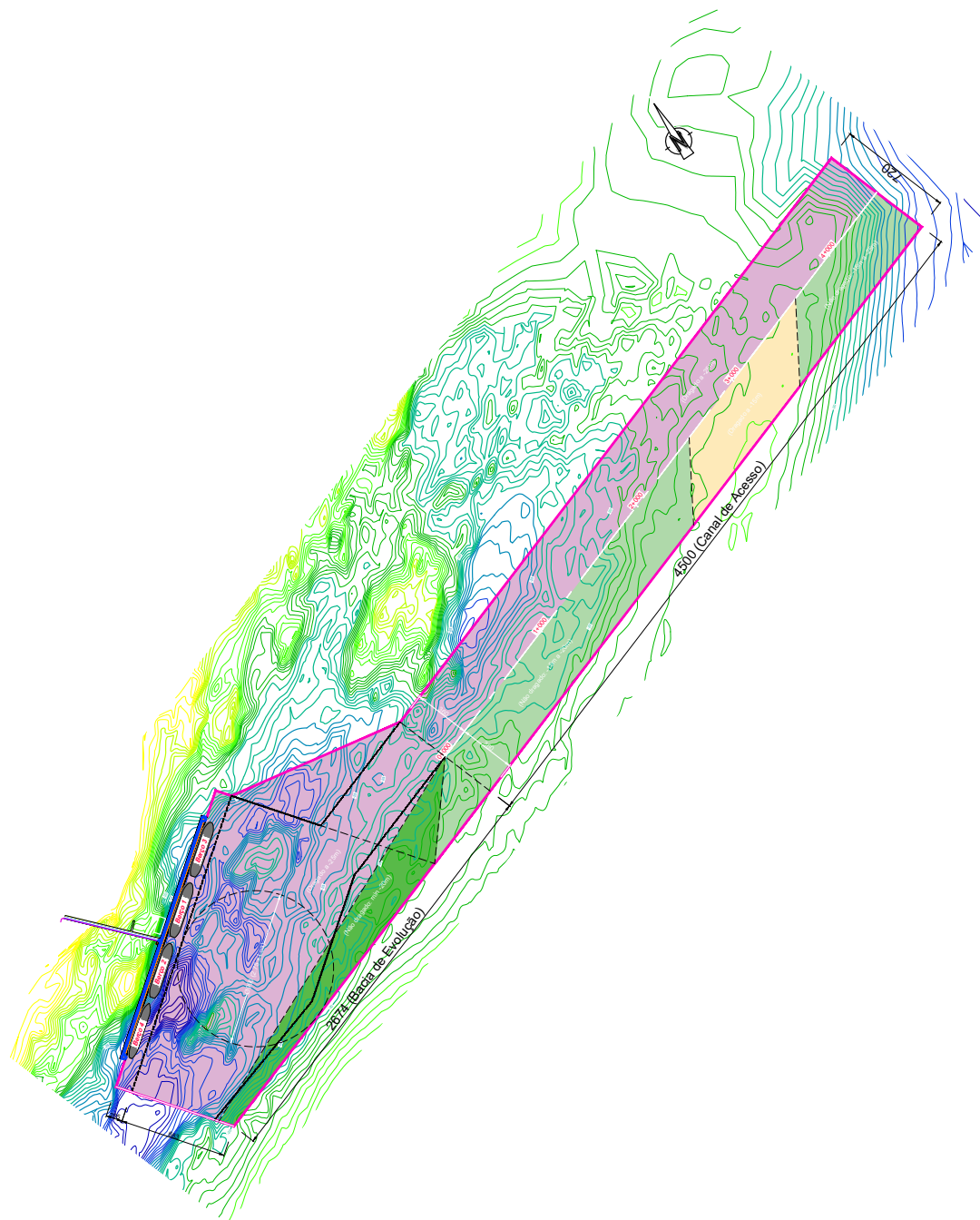


Figura 3. Bacia de Evolução aumentada e Canal de Acesso duplicado

Ao navegar pelo canal de acesso as embarcações estarão sujeitas a correntes de maré que podem alcançar 2 m/s (cerca de 4 nós) em algumas áreas do canal, dificultando as manobras e proporcionando riscos à operação, em especial ao longo do canal dragado. Por isso, as manobras de aproximação e partida do terminal devem ser realizadas preferencialmente em janelas operacionais associadas a períodos de correntes menos intensas.

Os campos hidrodinâmicos obtidos do modelo têm como finalidade representar as condições de correntes durante as simulações de manobrabilidade e, assim, auxiliar na determinação das



janelas para a operação segura das embarcações. Durante as simulações de manobra as condições de correntes foram combinadas com as condições de ondas e ventos atuantes na região para representar as condições meteo-oceanográficas esperadas durante as operações.

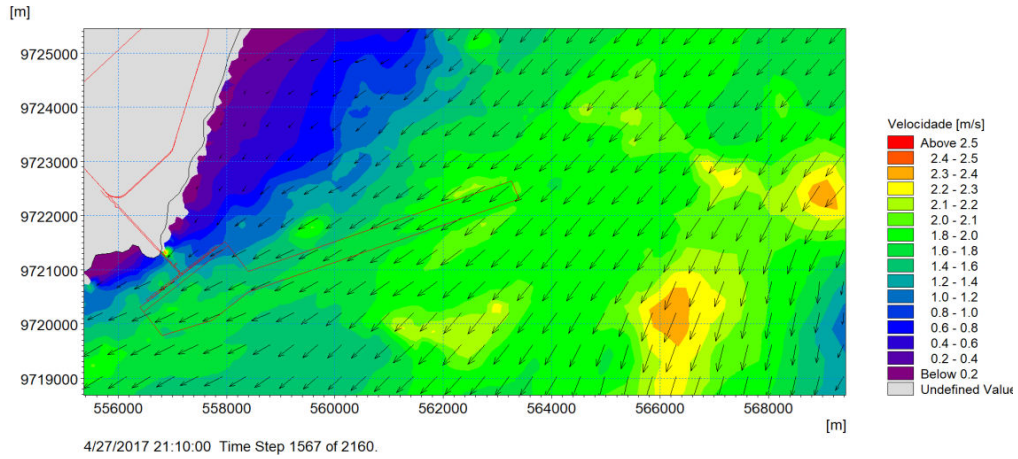


Figura 4. Campos de corrente para uma condição de enchente de sizígia

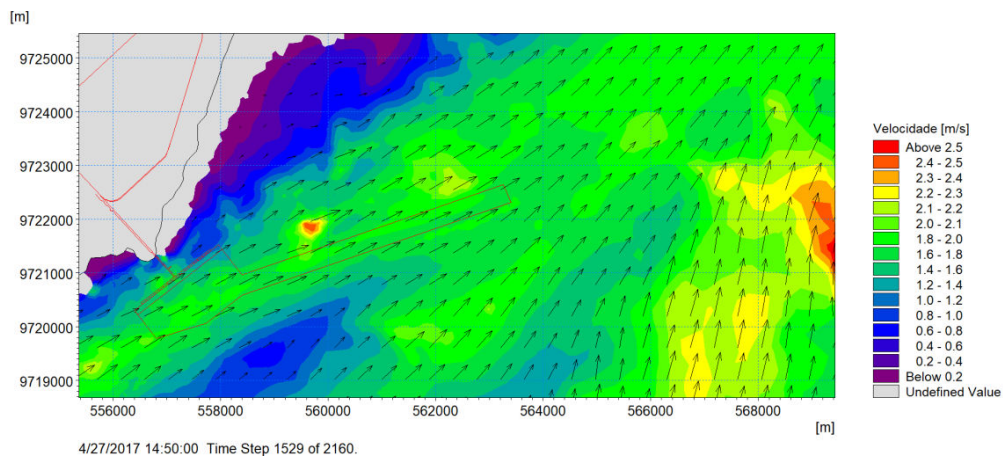


Figura 5. Campos de corrente para uma condição de vazante de sizígia

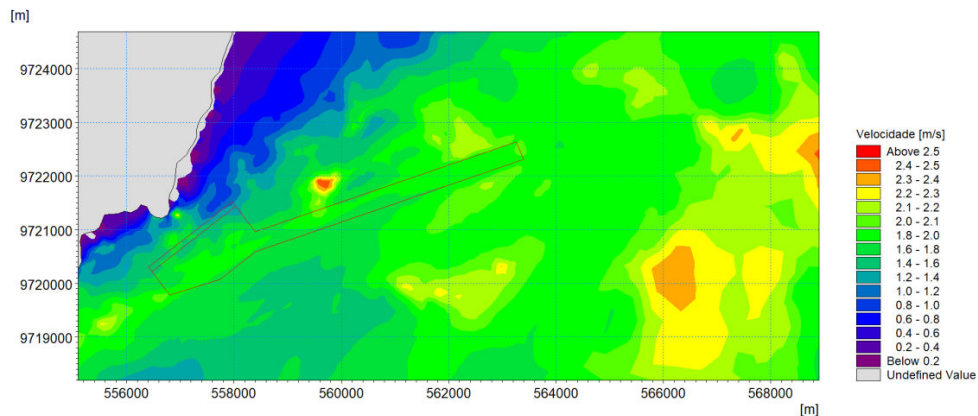


Figura 6. Intensidades máximas das correntes

Operações dos navios realizadas nas simulações

As manobras realizadas durante os cinco dias que duraram as simulações, tiveram um foco maior nas operações com os Valemax, dado serem principalmente estes navios graneleiros de grande porte que demandarão o novo terminal portuário. Os navios porta-contentores são mais ágeis que os Valemax, pelo que precisaram de menos manobras de simulação para serem testados.

a) Simulações de Manobras efetuadas

Nas duas figuras abaixo apresentam-se as trajetórias de todas as manobras realizadas durante as simulações, tanto dos Valemax, como dos porta-contentores.



Figura 7. Trajetórias de todas as manobras do VALEMAX

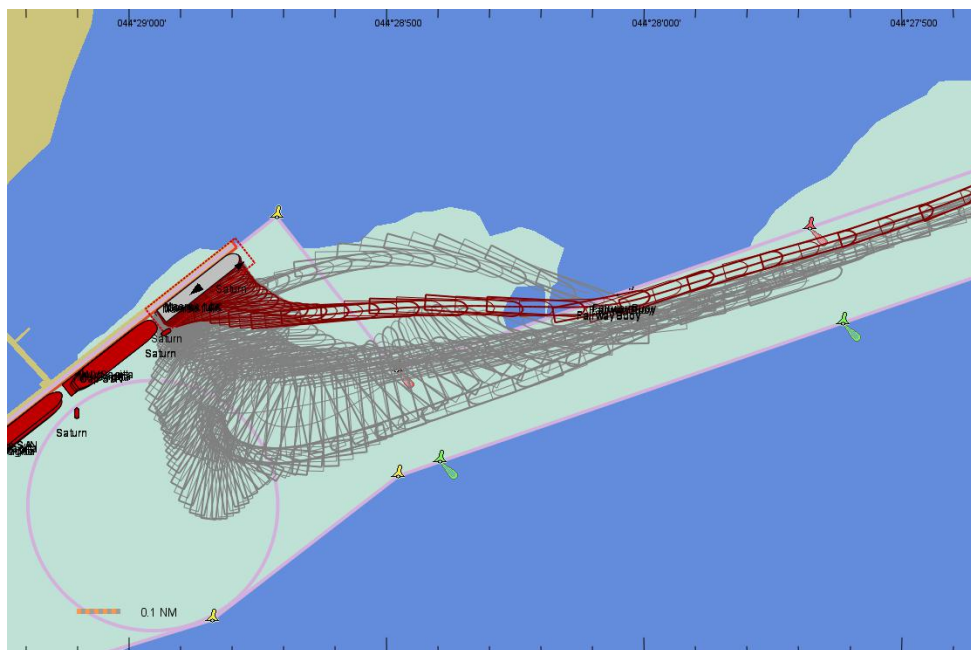


Figura 8. Trajetórias de todas as manobras do Porta-Contentores



b) Tempos das manobras vs. Níveis das marés e Velocidades das correntes

Nos gráficos abaixo representam-se os níveis das marés (WL-Water Level), as velocidades das correntes (CS-Current Speed), bem como as manobras realizadas.

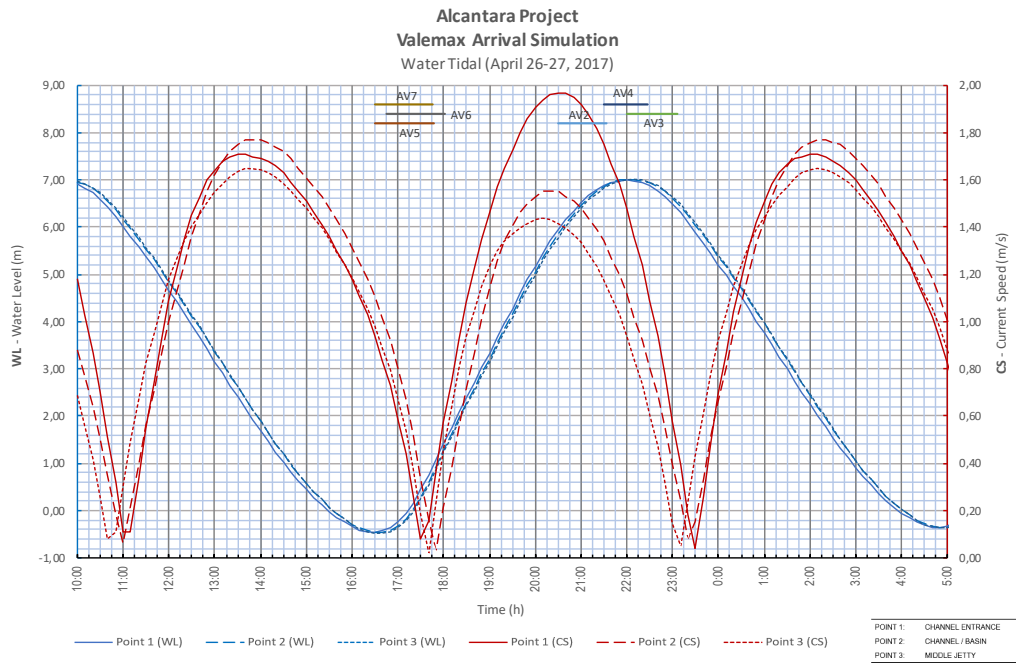


Figura 9. Níveis das marés (WL) e velocidades das correntes (CS) na Chegada do VALEMAX (Manobras AV)

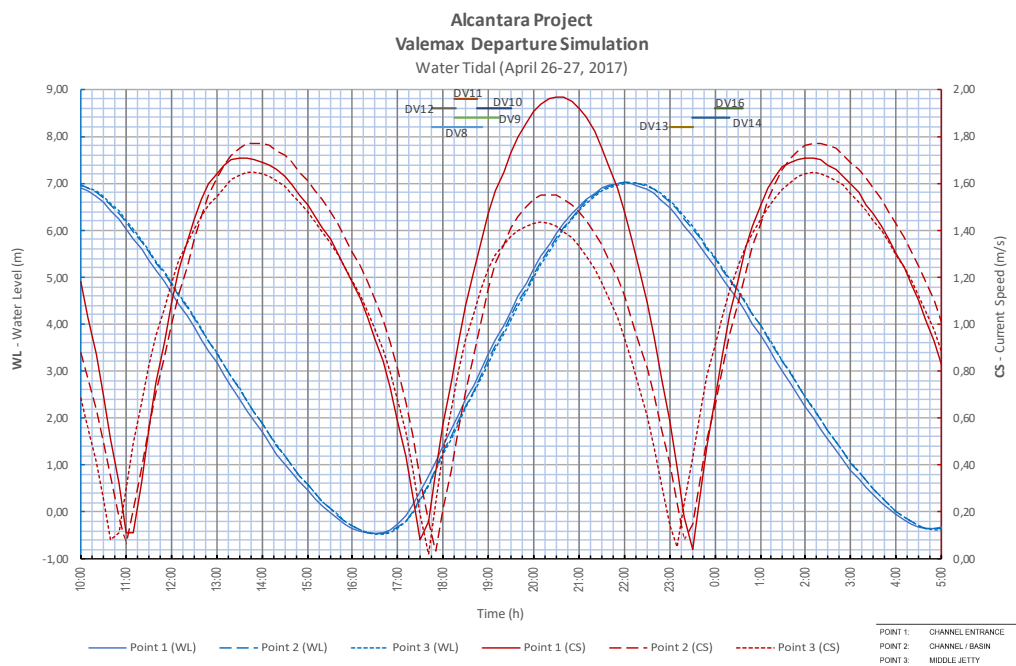


Figura 10. Níveis das marés e velocidades das correntes na Partida do VALEMAX (Manobras DV)

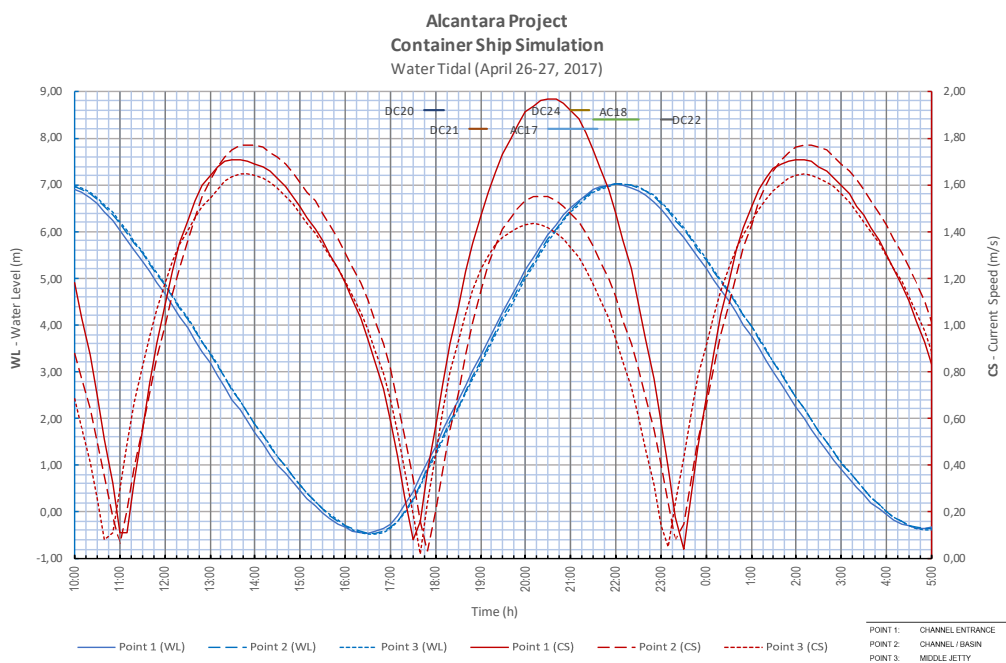


Figura 11. Níveis das marés e velocidades das correntes na Chegada e Partida do Porta-Contentores (Manobras AC e DC)

Manobrabilidade dos Navios-Tipo nas condições ambientais prevalecentes e nas situações-limite

Foram escolhidos tempos para simulação que representassem, tanto manobras dentro das janelas de maré consideradas seguras, como manobras em situações-limite de segurança.

Conclui-se que as manobras se deverão realizar dentro das seguintes janelas de maré:

- Chegadas:
 - Velocidade ótima até 0,5 m/s (1 nó), tanto na vazante como na enchente
 - Velocidade limite até 1,0 m/s (2 nós), tanto na vazante como na enchente
- Partidas:
 - Velocidade ótima até 0,35 m/s (0,7 nós), só na corrente de enchente
 - Velocidade limite até 0,75 m/s (1,5 nós), só na corrente de enchente

Utilizando os gráficos acima apresentados conseguem-se determinar os tempos ótimos e os tempos limites das quatro janelas de maré diárias em que as manobras se deverão realizar.

Emprego dos Rebocadores

Os rebocadores considerados nas simulações foram os que abaixo se indicam, tendo-se utilizado quatro rebocadores nas manobras com o Valemax, e dois rebocadores nas manobras com os porta-contentores, dado que estes possuem “Thrusters” (propulsores), tanto na proa como na popa.



Figura 12- Rebocador de 70 Ton BP

Análise de Riscos e respetivas medidas de controle

Apresentam-se nas duas tabelas seguintes as análises de risco e respetivas medidas de controle referentes às Chegadas e às Partidas.

As tabelas estão organizadas nas seguintes colunas:

- Hazard (*Risco*)
- Scenario Consequence (*Consequência*)
- Effective Control Measures in Place (*Medidas de Controle disponíveis*)
- Risk Ranking (*Classificação do Risco*)
 - C: Consequence (*Consequência*)
 - L: Likelihood (*Probabilidade*)
 - C x L = Risk (*Risco*)

1 - 4	Green	Acceptable
5 - 8	Yellow	May proceed
9 - 12	Amber	Stop
15 - 25	Red	Intolerable

- Additional Control Measures Required (*Medidas de Controle Adicionais necessárias*)
- Residual Risk Ranking (*Classificação de Risco residual*)
- New hazard created (*Novo risco criado*)
- Notes (*Notas*)

Da análise de risco realizada para as Chegadas identificaram-se os seguintes riscos e respetivas classificações, conforme tabela 1 abaixo:

- Orientação do Canal
 - Classif.> 2_Verde
- Espaço para manobrar o navio na Bacia de Evolução
 - Classif.> 4_Verde
- Espaço para manobrar o navio no Canal
 - Classif.> 4_Verde



- Má visibilidade na Bacia de Evolução (devida a chuva intensa (20 min) /período noturno)
 - Classif.> 2_ Verde
- Má visibilidade no Canal (devida a chuva intensa (20 min) /período noturno)
 - Classif.> 4_ Verde
- Perda de Controle do Navio na Bacia de Evolução
 - Classif.> 2_ Verde
- Perda de Controle do Navio no Canal
 - Classif.> 4_ Verde
- Competência da Pilotagem
 - Classif.> 1_ Verde

Da análise de risco realizada para as Partidas identificaram-se os seguintes riscos e respetivas classificações, conforme tabela 2 abaixo:

- Espaço para manobrar o navio na Bacia de Evolução
 - Classif.> 6_ Amarelo
- Espaço para manobrar o navio no Canal
 - Classif.> 4_ Verde
- Má visibilidade na Bacia de Evolução (devida a chuva intensa (20 min) /período noturno)
 - Classif.> 4_ Verde
- Má visibilidade no Canal (devida a chuva intensa (20 min) /período noturno)
 - Classif.> 4_ Verde
- Perda de Controle do Navio na Bacia de Evolução
 - Classif.> 8_ Amarelo
- Perda de Controle do Navio no Canal
 - Classif.> 8_ Amarelo
- Competência da Pilotagem
 - Classif.> 1_ Verde

Resulta desta análise que todos os riscos identificados possuem medidas de controle que permitirão uma operação segura do porto, dado que nas Chegadas todos os riscos estão na banda Verde, e nas Partidas quatro riscos estão na banda Verde e três estão na banda Amarela.



Tabela 1- Análise de Risco das Chegadas

RISK ASSESSMENT

Activity: Arrival Ballast: Channel & Turning Basin

Reference:

Risk assessment team:		1.	2.			3.			C: Consequence		
RA Matrix used: Proposal 5 x 5		4.	5.			6.			L: Likelihood		
HAZARD	SCENARIO CONSEQUENCE	Effective Control Measures in Place	Risk Ranking			Additional Control Measures Required	Residual Risk Rank			New hazard created (y/n)	Notes
Describe all the hazards identified for each task	If the hazard releases		C	L	CxL =Risk		C	L	CxL =Risk		
Alignment of the channel	Run aground	Selecting the appropriate window in terms of the tidal currents.	2	1	2	Including a leading line	2	1	2	None	An improved layout will be tested at a later stage of the project (doubling the channel)
Space for manouv. the ship in the TB	Run aground - Allision	4 Tugs available and anchors ready	2	2	4	2 Pilots (oper. PPU - sailing ship)	2	2	4	None	There is enough space in the basin to have control of the ship when at very low speed or stopped.
Space for manouv. the ship in the CH	Run aground	4 Tugs available and anchors ready	2	2	4	2 Pilots: 1 operating PPU 1 sailing the ship	2	2	4	None	There is enough space to have control of the ship whether inside and outside of the channel, using 4 tugs and ship's anchors.
Poor visibility (due to heavy rain (20 min) /night time TB	Run aground - Allision	Use of PPU. Anchors in stand-by, 4 tugs available.	2	1	2	Using a PPU device and 2 Pilots	2	1	2	None	Electronic navigational equipment on the bridge will provide enough accurate information as to allow safe operations while inside the TB.
Poor visibility (due to heavy rain (20 min) /night time CH	Run aground	Special attention to proper radar calibration, ECDIS configuration and Lookout	2	2	4	Synchronizing buoy lights on the channel	2	2	4	None	Electronic navigational equipment on the bridge will provide enough accurate information as to sail safely along the channel, and outside the channel (close to its limits)
Losing control of the vessel TB	Run aground - Allision	4 Tugs available and anchors ready	2	1	2	SOP's e.g. establishing minimum number of tugs in the channel	2	1	2	None	All means for maintaining control over the ship in order to prevent adverse consequences, by using 4 tugs and anchors.
Losing control of the vessel CH	Run aground	4 Tugs available and anchors ready	2	2	4	SOP's e.g. establishing minimum number of tugs in the channel	2	2	4	None	There is enough space to have control of the ship whether inside and outside of the channel, using 4 tugs and ship's anchors.
Competence of the pilotage	Run aground	Experienced gained operating with one similar ship in a similar environment	1	1	1	Dedicated training for pilots on maneuvering Terminal's ships at the new terminal.	1	1	1	None	Pilots are in need of a dedicated training on how to maneuver the two types of ships operating at the to-be terminal.



Tabela 2- Análise de Risco das Partidas

RISK ASSESSMENT

Activity: Departure Loaded: Channel & Turning Basin

Reference:

Risk assessment team:		1.	2.	3.	C: Consequence						
RA Matrix used: Proposal 5 x 5		4.	5.	6.	L: Likelihood						
HAZARD	SCENARIO CONSEQUENCE	Effective Control Measures in Place	Risk Ranking			Additional Control Measures Required	Residual Risk Rank			New hazard created (y/n)	Notes
Describe all the hazards identified for each task	If the hazard releases		C	L	CxL =Risk		C	L	CxL =Risk		
Space for manouv. the ship in the TB	Run aground Allision - moored ships	4 Tugs available and anchors ready	3	2	6	2 Pilots (oper. PPU - sailing ship)	3	2	6	None	There is enough space in the basin to have control of the ship when at very low speed or stopped.
Space for manouv. the ship in the CH	Run aground	4 Tugs available and anchors ready	4	1	4	Using an Escort Tug for steering and fwd tug for towing.	4	1	4	None	The escort tug can change the steering of the ship in order to minimize or neutralize adverse consequences.
Poor visibility (due to heavy rain (20 min) /night time TB	Run aground - Allision	Use of PPU. Anchors in stand-by, 4 tugs available.	2	2	4	Using a PPU device and 2 Pilots	2	2	4	None	Manoeuver will stop and anchor drop until weather conditions improve.
Poor visibility (due to heavy rain (20 min) /night time CH	Run aground	Special attention to proper radar calibration, ECDIS configuration and Lookout	2	2	4	Synchronizing buoy lights Using a PPU device and 2 Pilots	2	2	4	None	Speed of the vessel will be reduced and extra lookout on the bridge
Losing control of the vessel in the TB	Run aground - Allision	4 Tugs available and anchors ready	4	2	8	None	4	2	8	None	Though the ship may have gained very low speed, can still cause important damage to either port installations or moored ships
Losing control of the vessel in the CH	Run aground	4 Tugs available and anchors ready	4	2	8	Using an Escort Tug for steering and fwd tug for towing.	4	2	8	None	Well-trained Tug Master on an escort tug will be able to control the steering of the ship using indirect towing strategy.
Competence of the pilotage	Run aground	Experienced gained operating with one similar ship in a similar environment	1	1	1	Dedicated training for pilots on maneuvering Terminal's ships at the new terminal.	1	1	1	None	Pilots are in need of a dedicated training on how to maneuver the two types of ships operating at the to-be terminal.

Conclusões

Como resultado das Simulações efetuadas pode-se concluir o seguinte:

- O Terminal Portuário de Alcântara é viável do ponto de vista da Segurança da Navegação e do Ordenamento do Espaço Aquaviário;
- O projeto deve prosseguir para as fases seguintes com base no layout revisto da bacia de evolução e do canal de acesso, acima apresentado, em que a bacia é aumentada e surge um segundo canal não dragado para as entradas, conforme proposto pelos práticos.