

---

# *Avaliação das Condições de Navegabilidade do Canal de Acesso ao Porto do Rio Grande Após as Obras de Modernização*

---

## *Relatório de Simulação - Fase 2*

Elementos considerados na Fase 2: Configuração da batimetria do canal de entrada na área próxima à extremidade dos molhes e bacia de

*Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elisa Helena Fernandes*

*Prof. Dr. Glauber Acunha Gonçalves*

**MAIO DE 2013**

## SUMÁRIO EXECUTIVO

A Oceânica foi contratada pela FURG para, cooperativamente, realizar análises de manobra na região do Porto do Rio Grande por meio de simulações em tempo real (*“real time”*), com condições ambientais definidas conjuntamente com o cliente.

O intuito das simulações foi a avaliação de um canal de acesso de projeto que permita o acesso seguro de navios maiores e de maior calado. Além disso, foram estudadas manobras de giro para a avaliação de uma bacia de evolução ao norte do terminal de contêineres.

Baseando-se no resultados da uma fase anterior denominada neste relatório como FASE 1, foram realizadas simulações diurnas, noturnas e em nevoeiro. Tais novas simulações foram denominadas como FASE 2.

A jornada de simulações para o presente estudo, à maneira de outras jornadas empreendidas pela Oceânica, foi feita em caráter colegiado, contando com a participação dos agentes envolvidos com o cotidiano das operações no ambiente real:

- Capitania dos Portos de Rio Grande;
- Práticos de Rio Grande;
- Autoridade Civil – funcionários da SUPRG;
- Academia – professores da FURG;
- Equipe da Oceânica;
- Instrutor independente contratado junto ao Instituto Marin, da Holanda.

Utilizaram-se, para os estudos, dois modelos de navios, sendo um porta-contêiner com comprimento de 334m e um graneleiro com 229m, ambos com calado de 14,4m.

Após o término dos trabalhos, que contou não apenas com quatro dias de exercícios no simulador, mas também com a avaliação objetiva das análises das manobras realizadas, chegou-se às seguintes conclusões:

### **Canal de entrada**

De modo geral, as manobras de entrada e saída no Porto do Rio Grande são caracterizadas por dificuldade em se cruzar a região próxima ao fim dos molhes por conta das correntes transversais. Com isso, os práticos possuem como hábito a utilização intensa de máquina, chegando a passar de 15 nós para vencerem tais correntes. Porém, ao passarem pela entrada do molhe, as correntes transversais cessam e é necessária uma rápida correção de trajetória para evitar que a embarcação vá de encontro às pedras.

As simulações foram realizadas com o arranjo de canal e batimetria proposto no capítulo baseado nos resultados da primeira fase de simulações realizada em Agosto de 2012 (Fase 1).

Após as simulações, foram identificados os pontos críticos no arranjo da entrada do canal e propostas as modificações descritas no capítulo e mostradas na figura 2, mantendo a batimetria proposta inicialmente (figura 1).

### **Manobras de Giro**

Estavam previstas simulações de manobras de giro com uma bacia de evolução em frente ao TECON utilizando o navio porta-contêiner. Entretanto, uma discussão logo no início da semana de simulações sugeriu que essa bacia tivesse seu local alterado para o norte desse terminal. Essa situação foi acordada entre todas as partes e confirmada em ata. Ao final das simulações a bacia de evolução foi refinada chegando ao arranjo descrito no capítulo e ilustrado na figura 3.

### **Comentários Finais**

De modo geral, acredita-se que os arranjos de dragagem sugeridos sejam suficientes para a realização das manobras, mantendo-as em um patamar aceitável de segurança. Entretanto, devido a complexidade das manobras, principalmente por conta dos fatores ambientais, é de extrema importância que, tanto para os casos de entrada e saída do canal quanto para os casos de giro, as manobras com navios maiores sejam

realizadas de maneira gradual, dando oportunidade para os práticos se adaptarem às novas condições e sentirem os efeitos acentuados das forças ambientais nas embarcações. As manobras de giro são realizadas em local exposto as correntes do canal sendo importante começá-las com navios menores para se ter total consciência da capacidade dos rebocadores e seus riscos. É recomendado o uso de 4 rebocadores de 60 TBP.

Para as manobras de entrada e saída do canal, essa cautela deve ser tomada principalmente nas manobras com correnteza de enchente.

Sobre a profundidade ao longo do canal, ficou claro que 16m é o mínimo para a realização da navegação com o calado pretendido. Dessa maneira, os práticos deverão se adaptar ao novo padrão de manobra, tentando reduzir ao máximo a velocidade do navio para também reduzir o efeito *squat*, mantendo ainda o controle sobre o mesmo. Essa navegação no canal em baixa velocidade com as condições ambientais simuladas se mostrou possível, mas um caso em que o navio não possua boas ferramentas de manobra (leme, propulsor, instrumentos, etc.), esteja carregado (grande calado) ou possua grande área vélica como os porta-contêiners pode tornar a manobra não confortável por conta de ventos de través e altas correntes nesse espaço restrito.

Outro ponto que fica evidente é o de que as manobras levarão mais tempo para serem realizadas, o que pode ter consequências para a logística do porto. Caso sejam necessárias velocidades maiores, as profundidades deverão ser aumentadas para o mesmo calado de navio, recomendando-se um adicional mínimo de 0,5m. Ainda assim, é recomendado que o canal seja ocupado por um único navio nessas áreas mais críticas caso a embarcação esteja com esse calado limite, não havendo, portanto, cruzamentos nessas áreas.

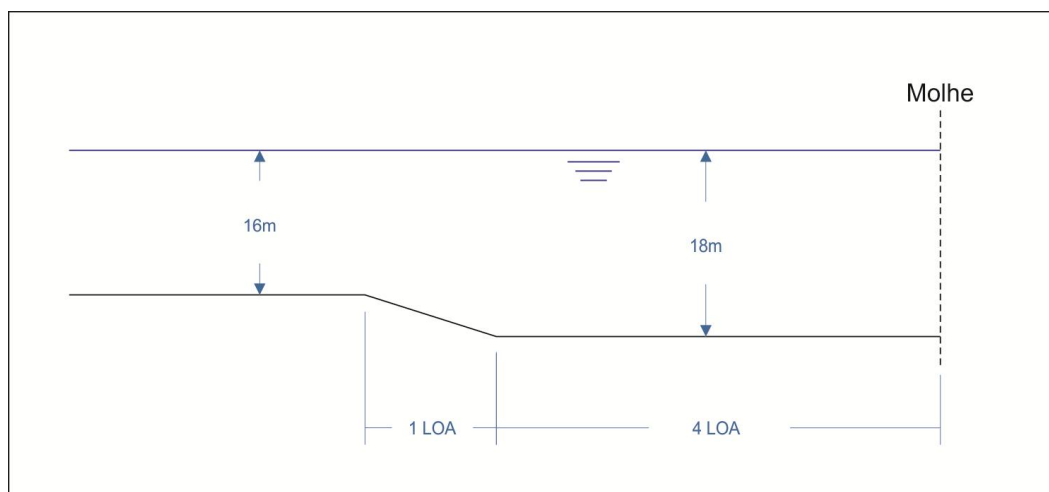


Figura 1: Dragagem sugerida para a entrada do canal - Imagem em corte do canal

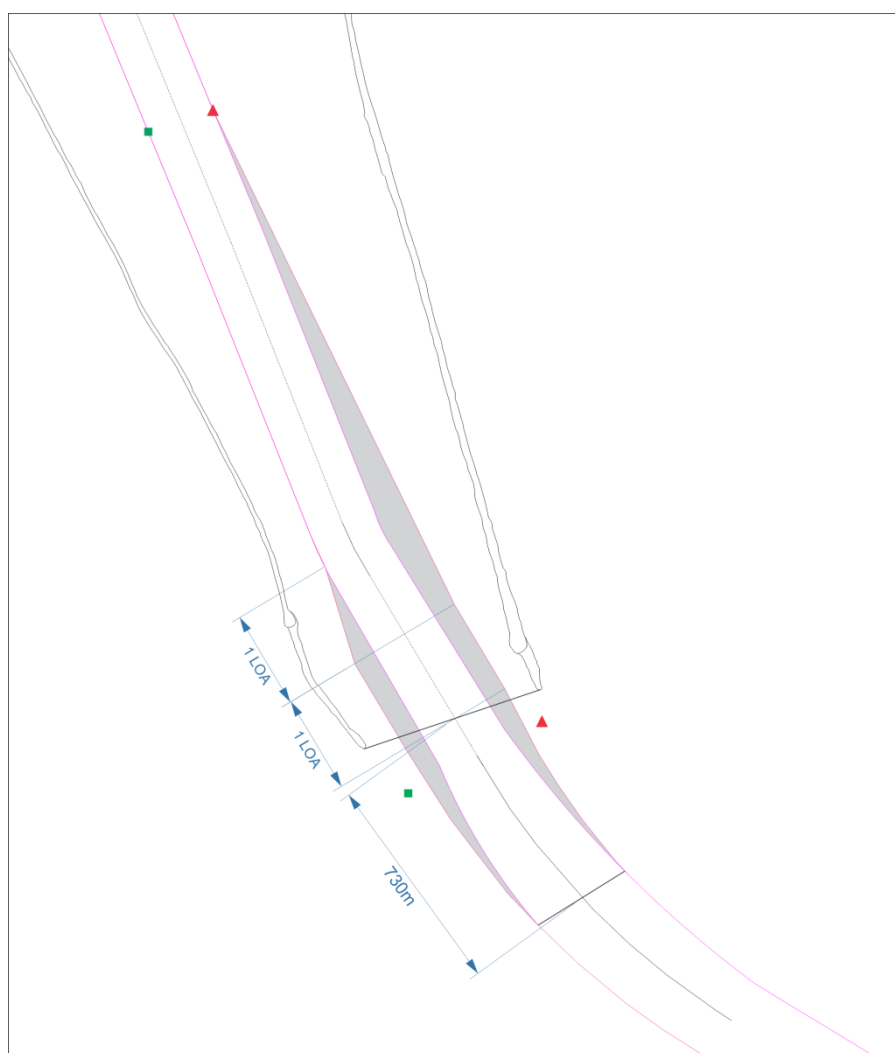


Figura 2: Dragagem sugerida para a entrada do canal – Vista de topo

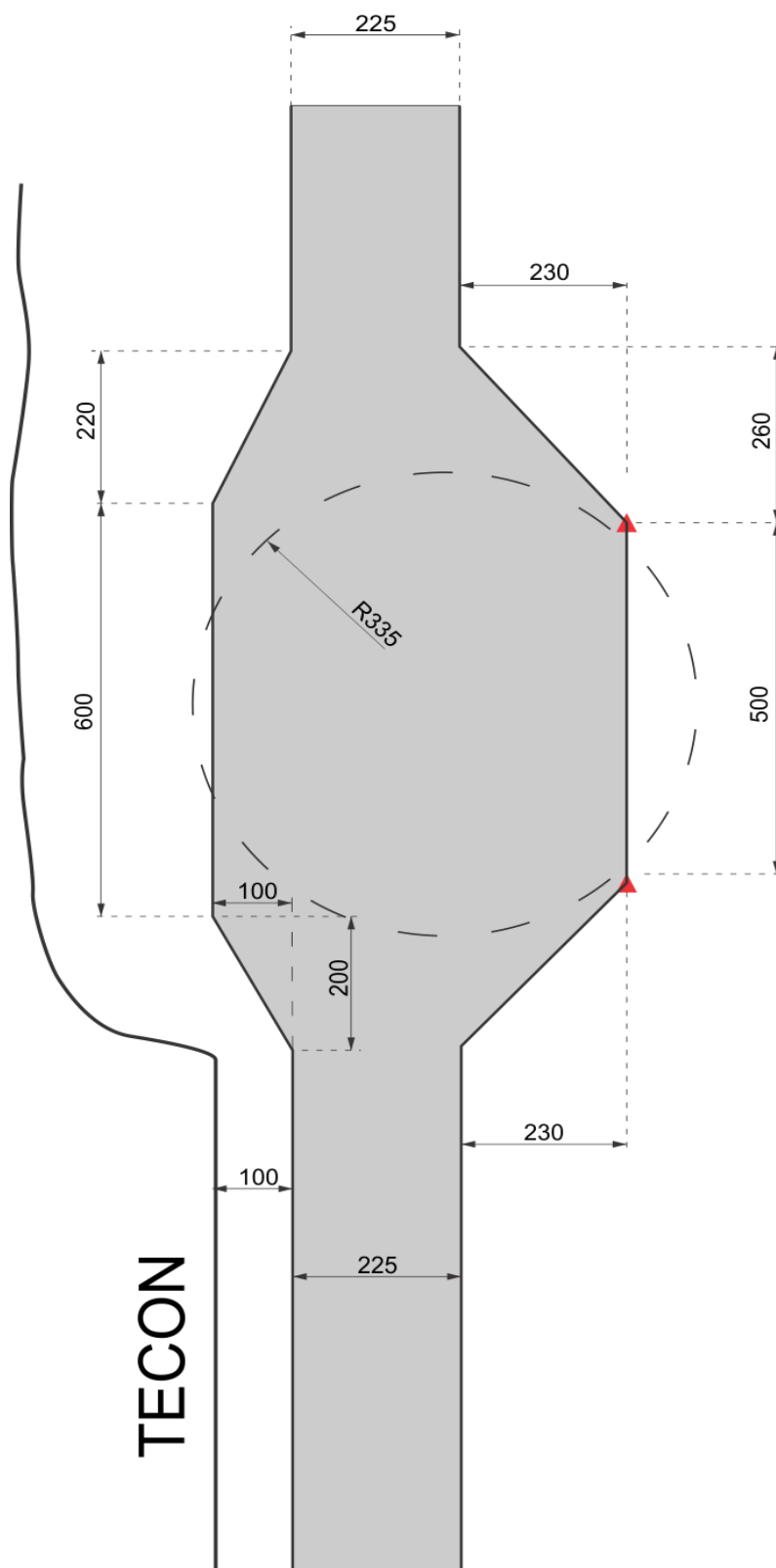


Figura 3: Configuração sugerida da bacia de evolução

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Documentos de Referência</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Sistemas de Coordenadas</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Infraestrutura de Simulação</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Região</b>	<b>16</b>
5.1	Batimetria da região	17
5.1.1	Batimetria de projeto no canal de acesso e bacia de evolução	18
5.2	Balizamento	20
<b>6</b>	<b>Condições Ambientais</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Navios</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>Critérios</b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>Descrição da simulação</b>	<b>29</b>
<b>10</b>	<b>Resultados e conclusões</b>	<b>31</b>
10.1	Manobras de entrada e saída	35
10.2	Manobras de giro	39
10.3	Conclusão e recomendações gerais	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Dragagem sugerida para a entrada do canal</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2: Dragagem sugerida para a entrada do canal – Vista de topo</b>	<b>5</b>
<b>Figura 3: Configuração sugerida da bacia de evolução</b>	<b>6</b>
<b>Figura 4: Orientação geográfica</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5: Sistema de coordenadas do navio</b>	<b>12</b>
<b>Figura 6: Simulador NAUTILUS</b>	<b>13</b>
<b>Figura 7: Região modelada</b>	<b>16</b>
<b>Figura 8: Batimetria de base</b>	<b>17</b>
<b>Figura 9: Dragagem simulada para a entrada do canal</b>	<b>18</b>
<b>Figura 10: Dragagem simulada para a largura da entrada do canal</b>	<b>19</b>
<b>Figura 11: Contorno da nova bacia de evolução</b>	<b>20</b>
<b>Figura 12: Balizamento da entrada do canal</b>	<b>21</b>
<b>Figura 13: Fluxo de correnteza – Operacional Enchente</b>	<b>23</b>
<b>Figura 14: Fluxo de correnteza – Operacional Vazante</b>	<b>23</b>
<b>Figura 15: Fluxo de correnteza – Crítica Enchente</b>	<b>24</b>
<b>Figura 16: Fluxo de correnteza – Crítica Vazante</b>	<b>24</b>
<b>Figura 17: Navio Aliança Itapoá</b>	<b>25</b>
<b>Figura 18: Navio Ornak</b>	<b>25</b>
<b>Figura 19: Porta Contêiner - Saída</b>	<b>32</b>
<b>Figura 20: Porta Contêiner - Chegada</b>	<b>32</b>
<b>Figura 21: Graneleiro - Saída</b>	<b>33</b>
<b>Figura 22: Graneleiro - Chegada</b>	<b>33</b>
<b>Figura 23: Porta Contêiner – Giro saída</b>	<b>34</b>
<b>Figura 24: Porta Contêiner – Giro Chegada</b>	<b>34</b>
<b>Figura 25: Dragagem sugerida para a entrada do canal – Vista de topo</b>	<b>36</b>
<b>Figura 26: Afundamento devido a banda</b>	<b>37</b>
<b>Figura 27: Dragagem simulada para a entrada do canal</b>	<b>39</b>
<b>Figura 28: Bacia de evolução sugerida no começo das simulações</b>	<b>40</b>
<b>Figura 29: Bacia de evolução com “chanfros”</b>	<b>41</b>
<b>Figura 30: Configuração final da bacia de evolução sugerida</b>	<b>42</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Condições Ambientais</b>	<b>22</b>
<b>Tabela 2: Simulações realizadas para o canal</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3: Simulações realizadas para o giro</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 4: Avaliação objetiva das manobras de entrada no canal</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 5: Avaliação objetiva das manobras de giro na bacia de evolução</b>	<b>31</b>

## 1 Documentos de Referência

---

[1] Superintendência do Porto do Rio Grande – SUPGR, Informação nº03/12DD, 07 de Maio de 2012.

[2] AT-127-11-003, São Paulo, 1º de maio de 2013

## 2 Introdução

---

A Oceânica foi contratada pela FURG para realizar análises de manobra na região do Porto do Rio Grande por meio de simulações em tempo real (“real time”), com condições ambientais definidas conjuntamente com o cliente.

O intuito das simulações foi a avaliação de um canal de acesso de projeto que permita o acesso seguro de navios maiores e de maior calado. Além disso, foram estudadas manobras de giro para a avaliação de uma bacia de evolução ao norte do terminal de contêineres.

Baseando-se no resultados da uma fase anterior, foram realizadas simulações diurnas, noturnas e em nevoeiro.

Este relatório apresenta as análises das manobras realizadas entre os dias 29 de abril e 2 de maio de 2013 no Núcleo de Simulação Portuária e Oceânica – NAUTILUS, localizado no escritório da OCEANICA em São Paulo.

A jornada de simulações para o presente estudo, à maneira de outras jornadas empreendidas pela Oceânica, foi feita em caráter colegiado, contando com a participação dos agentes envolvidos com o cotidiano das operações no ambiente real:

- Capitania dos Portos de Rio Grande;
- Práticos de Rio Grande;
- Autoridade Civil – funcionários da SUPRG;
- Academia – professores da FURG;
- Equipe da Oceânica;
- Instrutor independente contratado junto ao Instituto Marin, da Holanda.

Utilizaram-se, para os estudos, dois modelos de navios, sendo um porta-contêiner com comprimento de 334m e um graneleiro com 229m, ambos com calado de 14,4m.

### 3 Sistemas de Coordenadas

A orientação do terminal em relação à rosa dos ventos é mostrada na Figura 4, com o sistema de coordenadas UTM.

A Figura 5 exibe o sistema de coordenadas do navio.

Para as condições ambientais, foi utilizada a definição de direção de incidência (vem de) para ondas e vento, e direção de propagação (vai para) para correnteza.

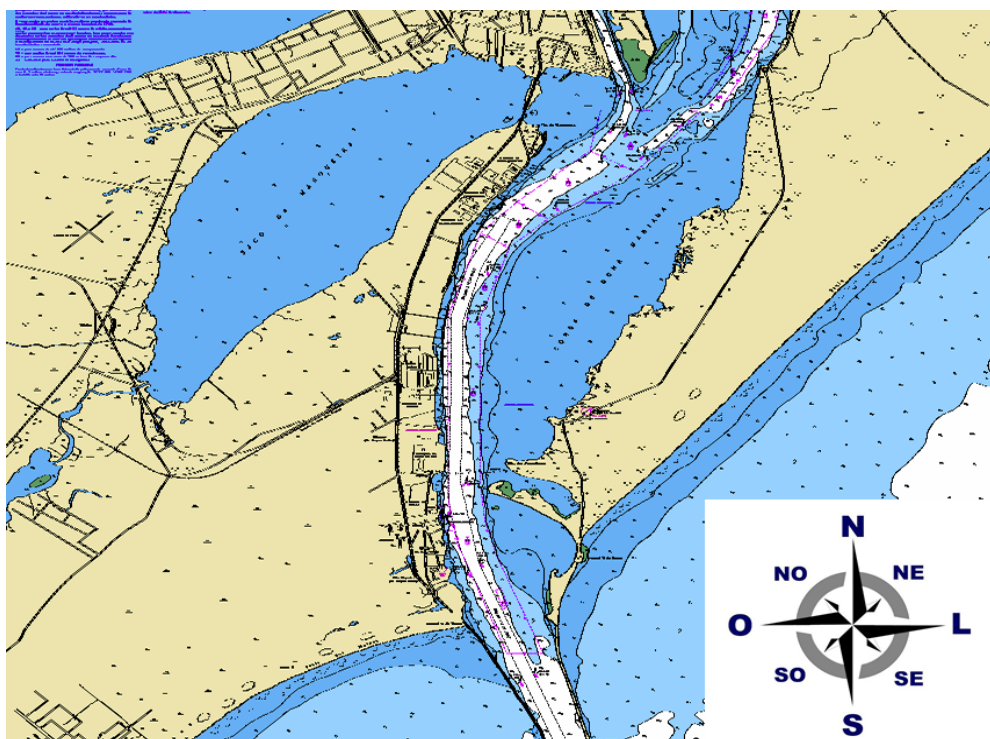


Figura 4: Orientação geográfica

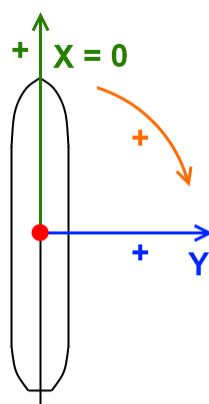


Figura 5: Sistema de coordenadas do navio

## 4 Infraestrutura de Simulação

Para as simulações em tempo real, a OCEÂNICA utiliza o simulador de manobras NAUTILUS, desenvolvido pela OCEÂNICA em parceria com o MARIN (Maritime Research Institute Netherlands), ambos com grande experiência no comportamento hidrodinâmico de embarcações em portos, canais e terminais. A ferramenta se baseia no software Mermaid 500, aprovado pela DNV e utilizado no mundo todo para pesquisa e desenvolvimento de portos e terminais, além de capacitação e treinamento de pilotos, operações offshore, entre outras.



**Figura 6: Simulador NAUTILUS**

Os modelos matemáticos de manobra utilizados nas simulações são validados com ensaios hidrodinâmicos em tanques de provas, também considerando os seis graus de liberdade (6 DOF) e uma resposta realista às condições ambientais (vento, ondas e correntezas) e às interações hidrodinâmicas complexas como bancos de sucção e efeito de *squat*.

De forma geral, as análises são capazes de reproduzir o seguinte:

- O navio de projeto;
- Manobras em baixa velocidade;
- Efeitos de águas rasas e as mudanças na manobrabilidade resultantes;
- Encalhe;
- Interação navio - margens;
- Interação navio - navio;
- Efeito de colisão;
- Hélices de passo fixo e de passo variável;
- Rebocadores;
- Ventos, ondas e correntezas;
- Efeitos de *thrusters* ou outros dispositivos de manobra.

Além da importância da modelagem matemática precisa para a manobra, uma configuração de ponte adequada aumenta o realismo das manobras simuladas. A configuração de ponte pode ser dividida entre o console do passadiço e os visuais. O console é composto de duplo telégrafo, alavanca dupla de propulsores laterais e controle do leme, além dos instrumentos no console e *overhead*. As imagens projetadas foram implementadas com software visual especial utilizado na indústria de jogos de computador para aumentar o realismo das simulações, e para este projeto é composto por oito telas que geram 290° de visualização.

O simulador NAUTILUS é indicado para treinamento e pesquisas complexas, como:

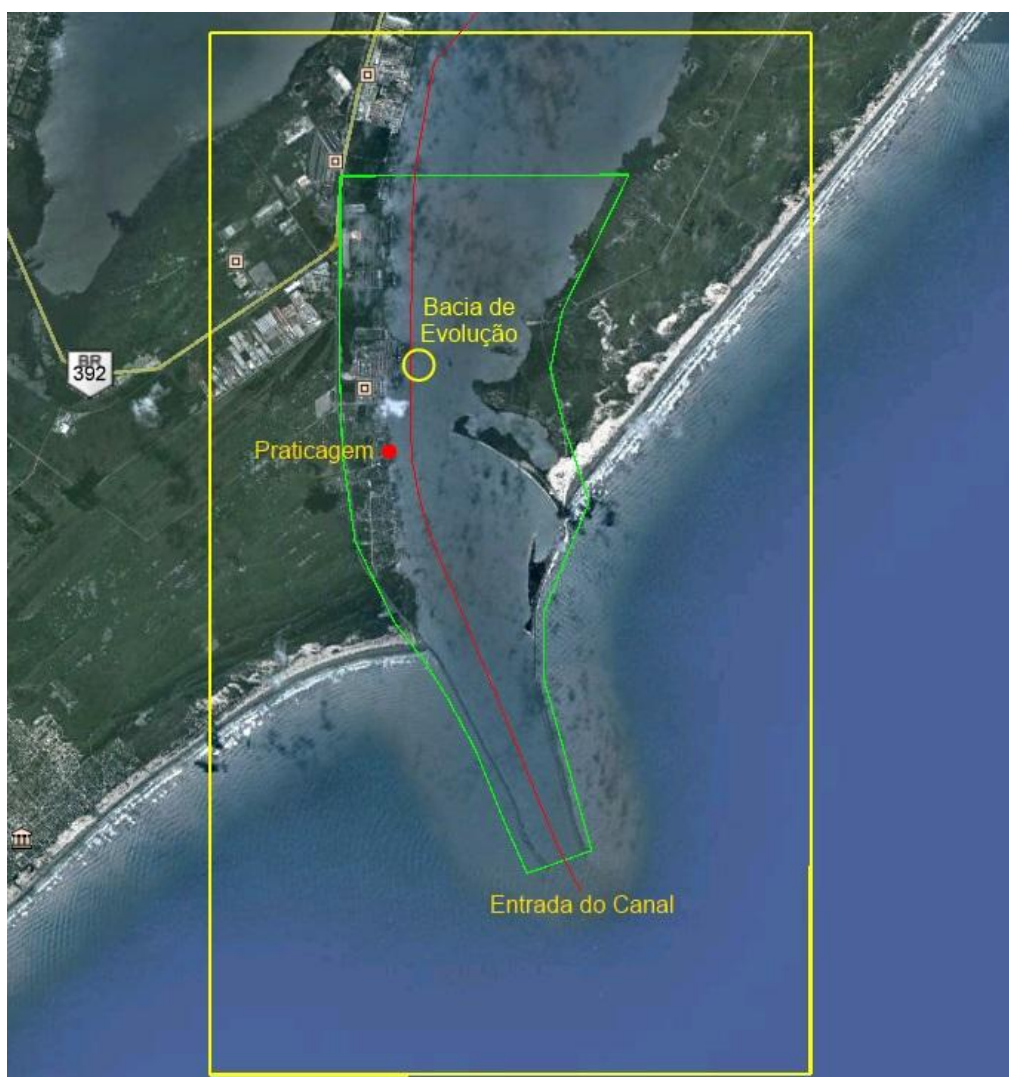
- Operações marítimas complexas, como descarregamento e escolta de FPSO;
- Manuseio e instalação de âncora e reboque marítimo;
- Desenvolvimento de portos e terminais;
- Conhecimento das capacidades e limitações de um projeto de navio;
- Compreender os efeitos de interação, como banco de sucção, *squat*, etc.

Como resultado, os seguintes fatores de desempenho são fornecidos:

- Desvio de trajetória;
- Variações de velocidade;
- Variações de aproamento;
- Atividade de rebocadores, inclusive forças de reboque;
- Ângulo de leme;
- Rotação dos propulsores;
- Forças atuando no navio;
- Distância do fundo (UKC).

## 5 Região

Os dados da região modelada incluem a região do canal de acesso ao Porto do Rio Grande (região amarela), com a região do terminal de contêineres e trecho do canal dragado (Figura 7). A região delimitada em verde incluiu a modelagem dos principais



pontos de referência para a navegação, como sinalização e algumas construções.

**Figura 7: Região modelada**

Os limites da simulação foram primeiramente definidos como o início do novo canal dragado (vindo de alto mar), até a região em frente ao TECON, já dentro do canal (linha vermelha). Essa região foi posteriormente estendida para um pouco ao norte do



TECON para compreender também a nova bacia de evolução proposta como será apresentado em outros capítulos.

## 5.1 Batimetria da região

Para a base da batimetria da região foram utilizados dados fornecidos pela FURG conforme Figura 12, com base em dados digitalizados de cartas náuticas e dados atuais fornecidos pela empresa Jan de Nul que realizou a última dragagem. Baseado nesses dados foram realizadas as alterações apresentadas no item .

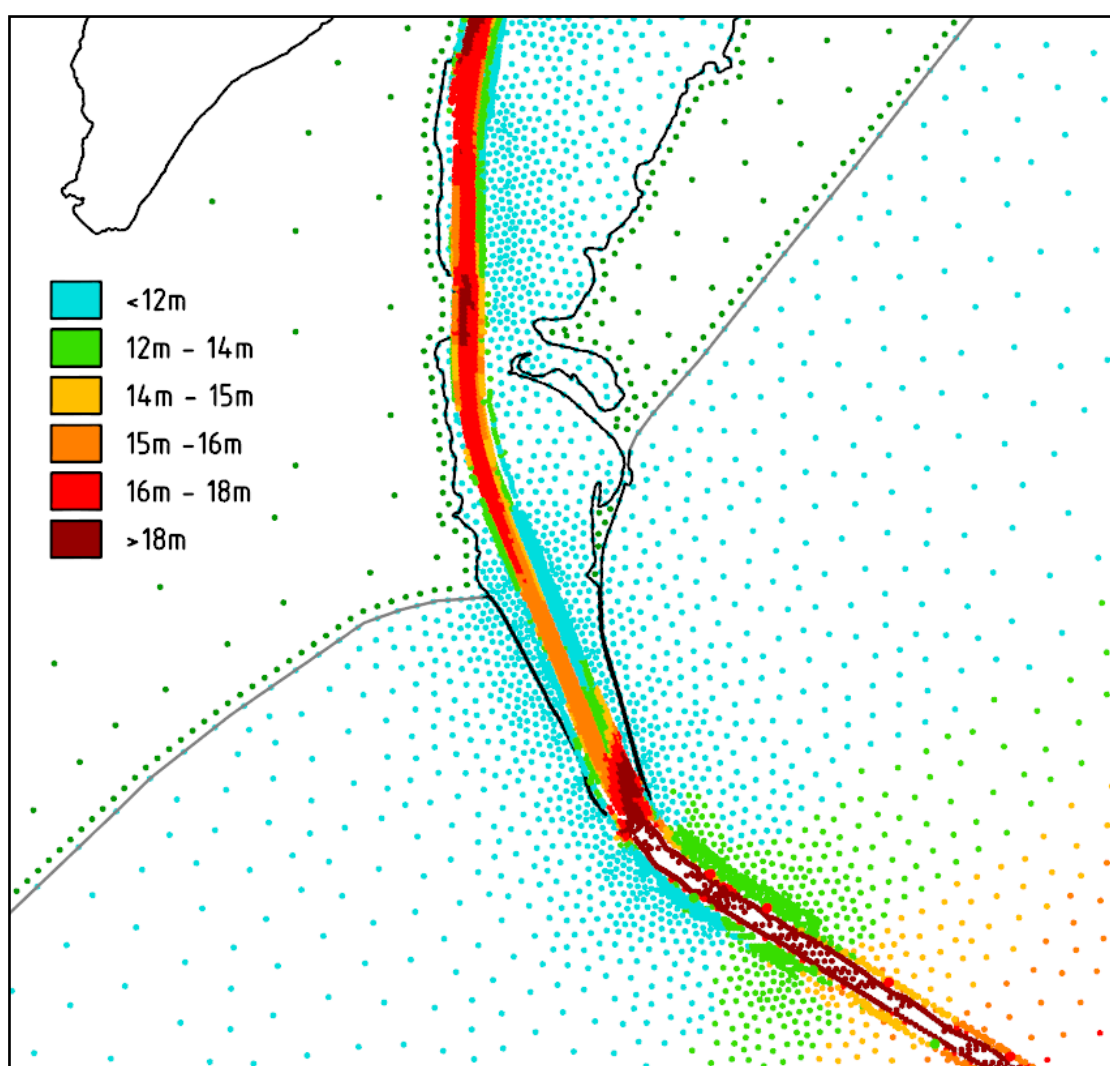


Figura 8: Batimetria de base

### 5.1.1 Batimetria de projeto no canal de acesso e bacia de evolução

Como resultado da primeira fase do projeto, sugeriu-se uma dragagem no canal de acesso na região da entrada do molhe para reduzir as restrições operacionais das manobras tanto de entrada quanto de saída. Sendo assim, essa nova dragagem foi simulada nesta fase por meio de uma profundidade de 18m que se estende da entrada do molhe até 4 comprimentos de navio (1336m) para dentro, sendo seguida por uma rampa de um comprimento de navio (334m). A partir dessa rampa, as profundidades que forem menores que 16m serão niveladas justamente nesse valor. Já para as profundidades que forem maiores que 16m seus valores serão mantidos, simulando, assim, uma dragagem em 16m. Esta situação está demonstrada na Figura 9.

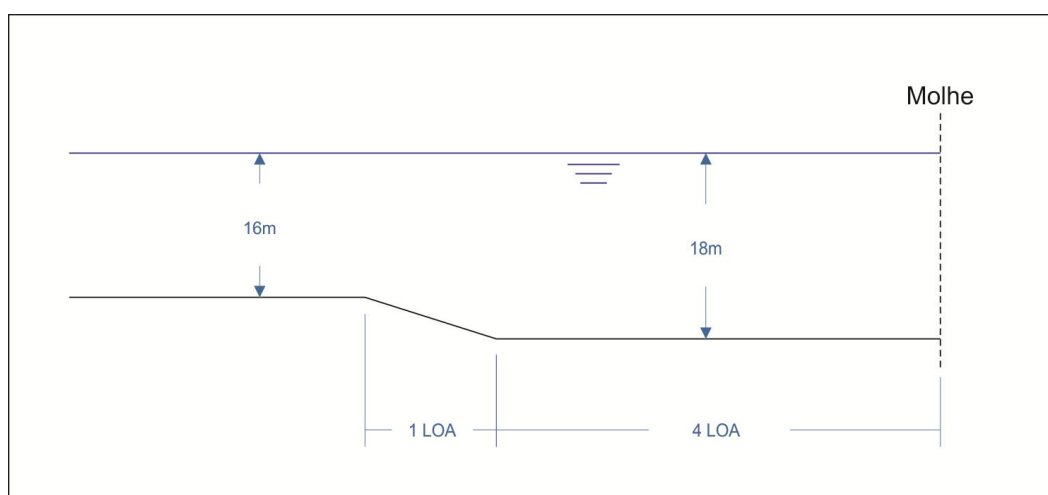
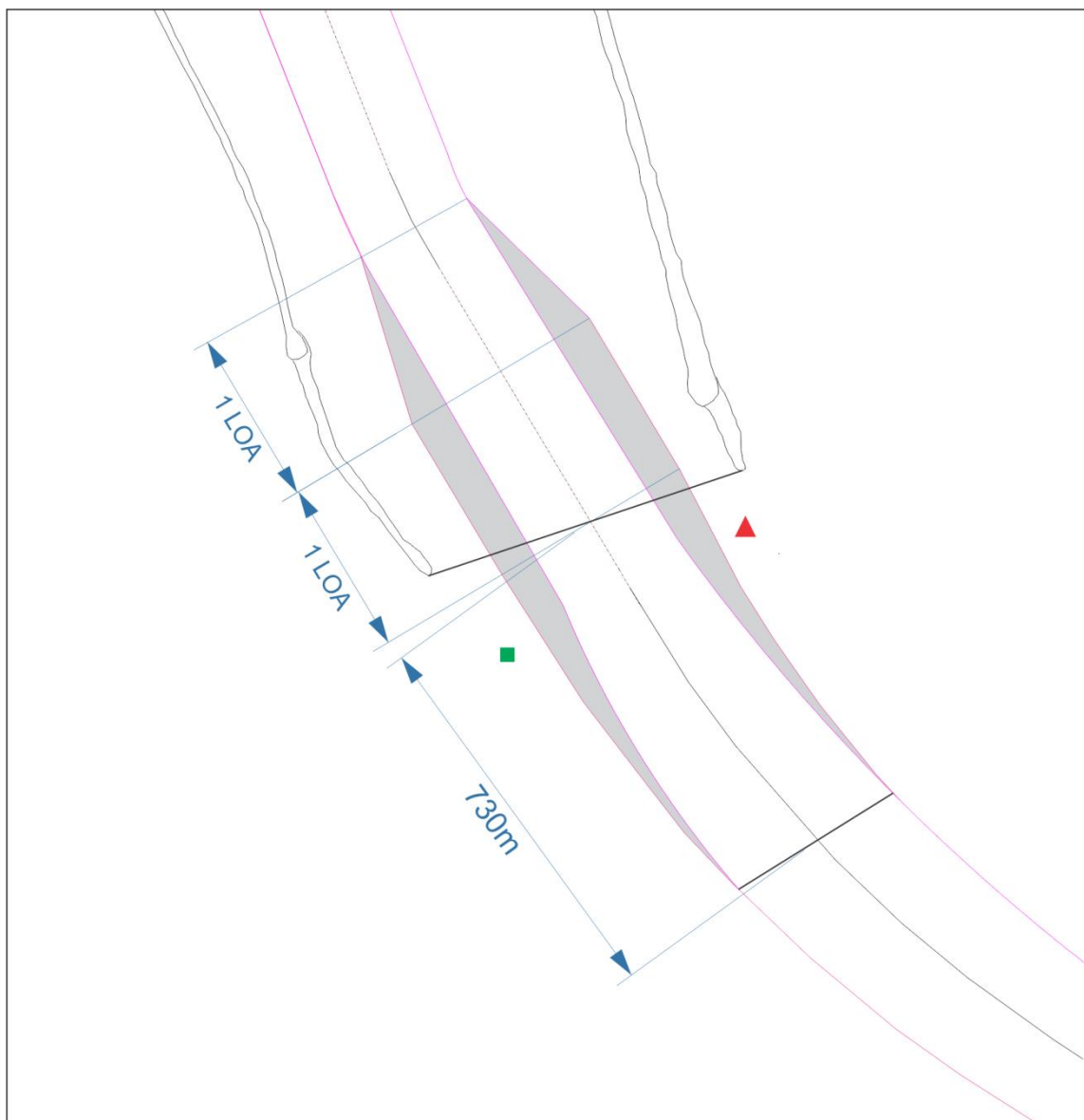


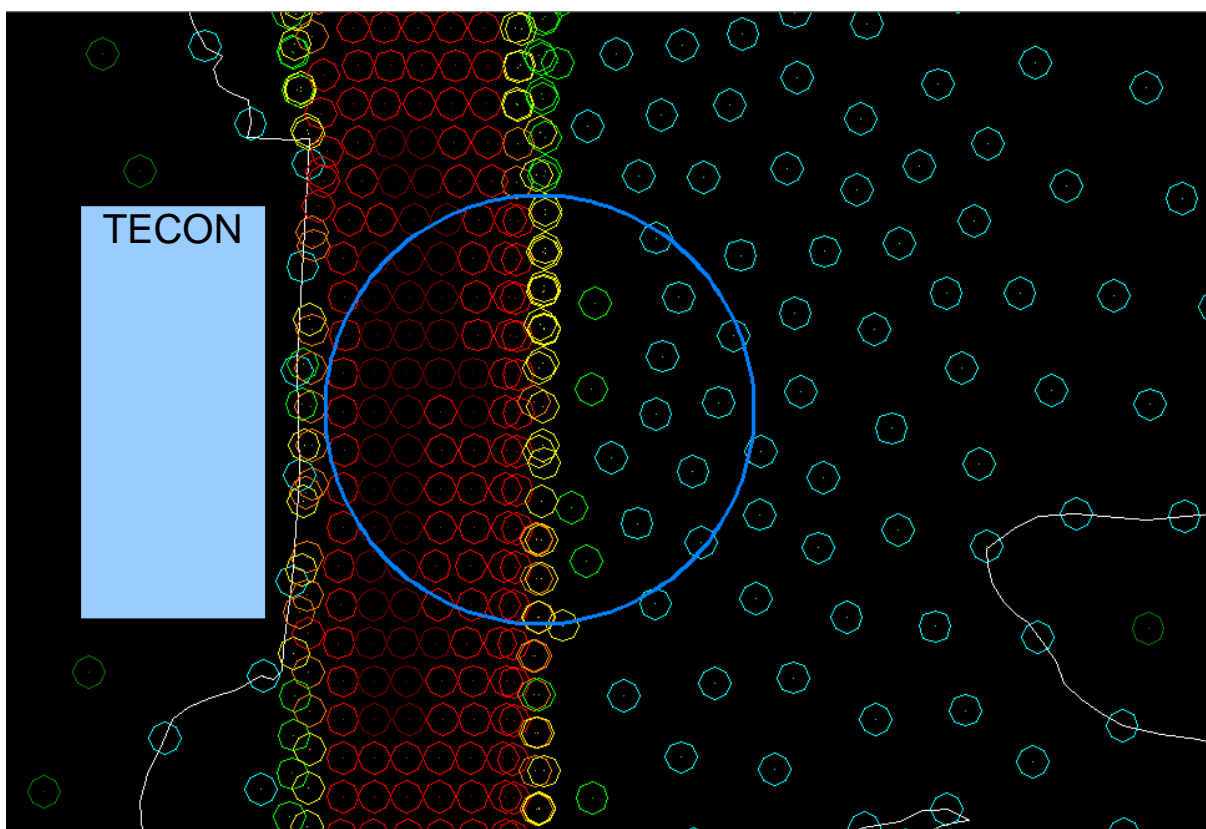
Figura 9: Dragagem simulada para a entrada do canal - Imagem em corte do canal

Além disso, houve outra mudança na batimetria do canal de acesso próximo aos molhes referindo-se agora a largura, como mostra a Figura 10. Nessa nova configuração, a largura da parte de fora dos molhes é mantida desde 730m antes da entrada do molhe até um comprimento de navio (334m) para dentro, para então diminuir para a largura atual na distância de mais um comprimento de navio.



**Figura 10: Dragagem simulada para a largura da entrada do canal - Imagem de topo**

Já para as manobras de giro, a região utilizada primeiramente para evolução foi em frente ao TECON. Dessa maneira, foi modelada uma bacia de evolução de 2 vezes o comprimento da embarcação com profundidade de 16m. O contorno dessa bacia de evolução pode ser observado na Figura 11. Entretanto, no início da semana de simulação, a posição dessa bacia de evolução foi alterada, sendo posicionada mais ao norte do TECON.



**Figura 11: Contorno da nova bacia de evolução**

Além disso, após a realização das manobras, o tamanho e o contorno dessa bacia de evolução foram melhor analisados, tirando-se conclusões sobre as distâncias necessárias para essa manobra de giro. Essas novas configurações apresentam-se detalhadas no capítulo dos resultados e conclusões.

## 5.2 Balizamento

O balizamento da entrada do canal foi incluído de acordo com o projeto descrito na referência [1] enviado pela SUPRG (Figura 12). Para o balizamento da região desde dentro do quebra-mar até a estação da praticagem foi adotado o mesmo que consta na carta náutica 2112.

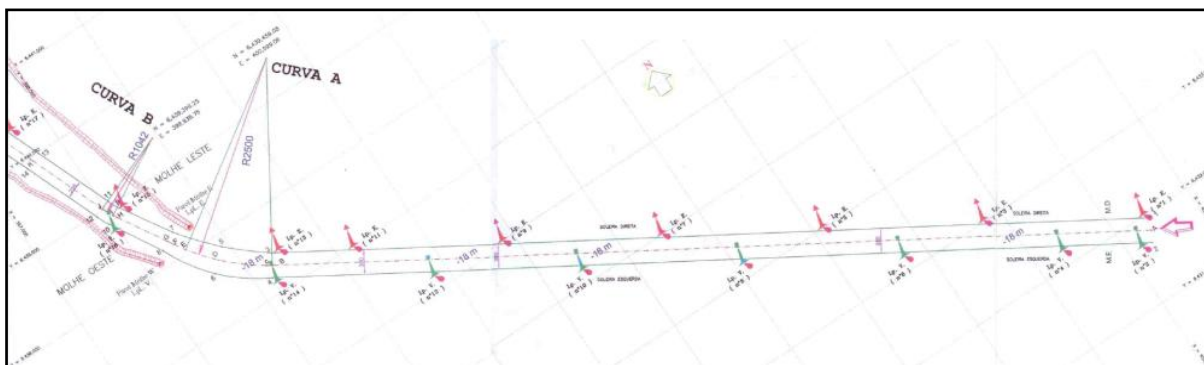


Figura 12: Balizamento da entrada do canal

## 6 Condições Ambientais

As combinações ambientais (vento, onda e correnteza) utilizadas foram as mesmas da fase anterior. Essas condições foram definidas como “críticas” e “operacionais” na enchente e vazante do canal, sendo apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Condições Ambientais**

Condição		Vento		Onda		Corrente	
		Velocidade (nós)	Direção (vem de)	Hs (m)	Direção (vem de)	Magnitude (nós)	Direção (vai para)
Operacional	Enchente	20.0	SE	1.0	SSE	3.0	N
Operacional	Vazante	20.0	NE	1.0	ENE	3.0	S
Crítica	Enchente	40.0	S	1.5	SSE	5.0	N
Crítica	Vazante	40.0	NE	1.5	ENE	5.0	S

OBS.: Valores medidos na boca da barra

Para as condições de neblina, foram utilizadas as condições operacionais com o vento reduzido pela metade e visibilidade de 900m.

Os perfis de ventos foram considerados constantes, homogêneos e invariáveis com o espaço e tempo.

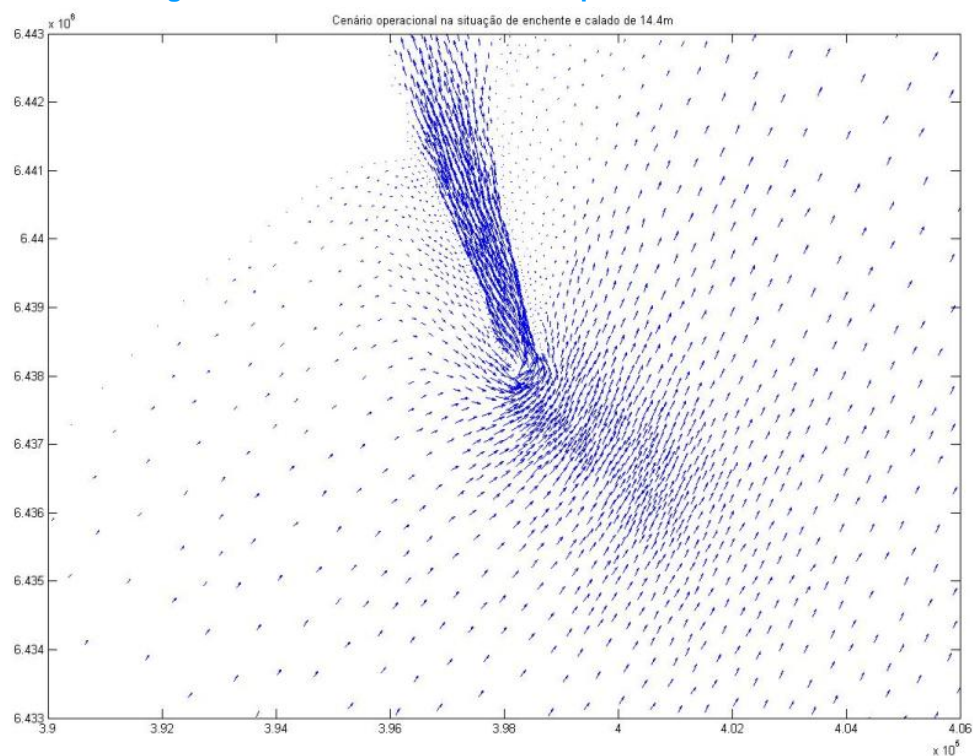
### Fluxo de Correnteza

Em todos os fluxos de correnteza utilizados no estudo, foram considerados os efeitos de variação de velocidade de correnteza para diferentes profundidades, na mesma coordenada geográfica.

As figuras 13 a 16 exibem os fluxos de correnteza resultantes utilizados em cada condição ambiental analisada.

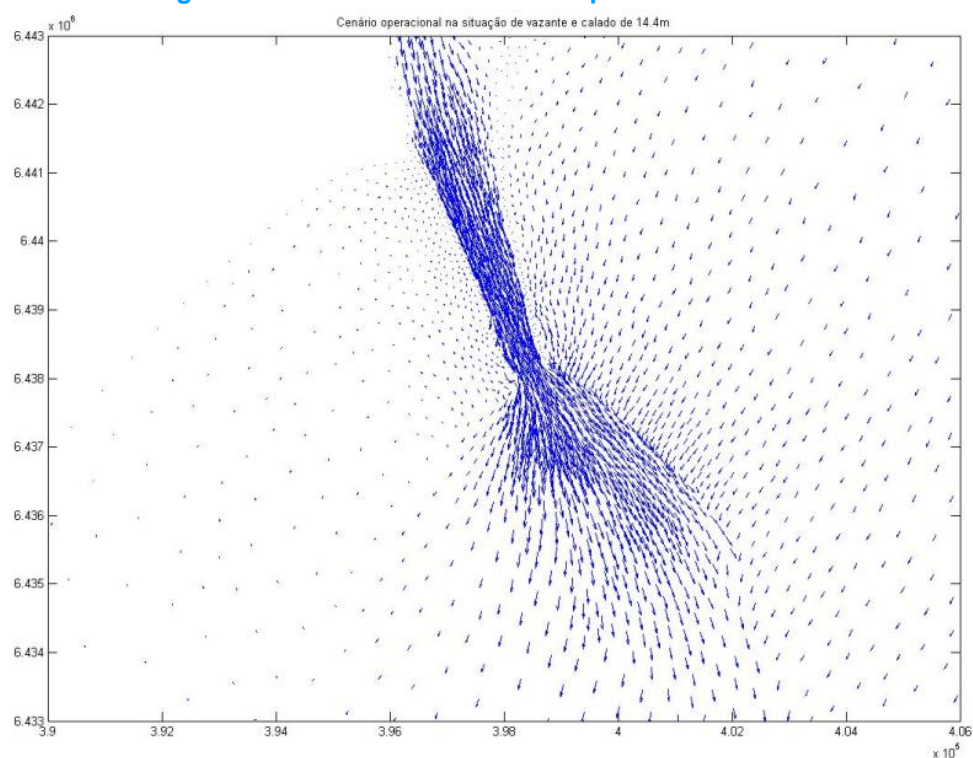
## Operacional Enchente para calado de 14,4m

**Figura 13: Fluxo de correnteza – Operacional Enchente**



## Operacional Vazante para calado de 14,4m

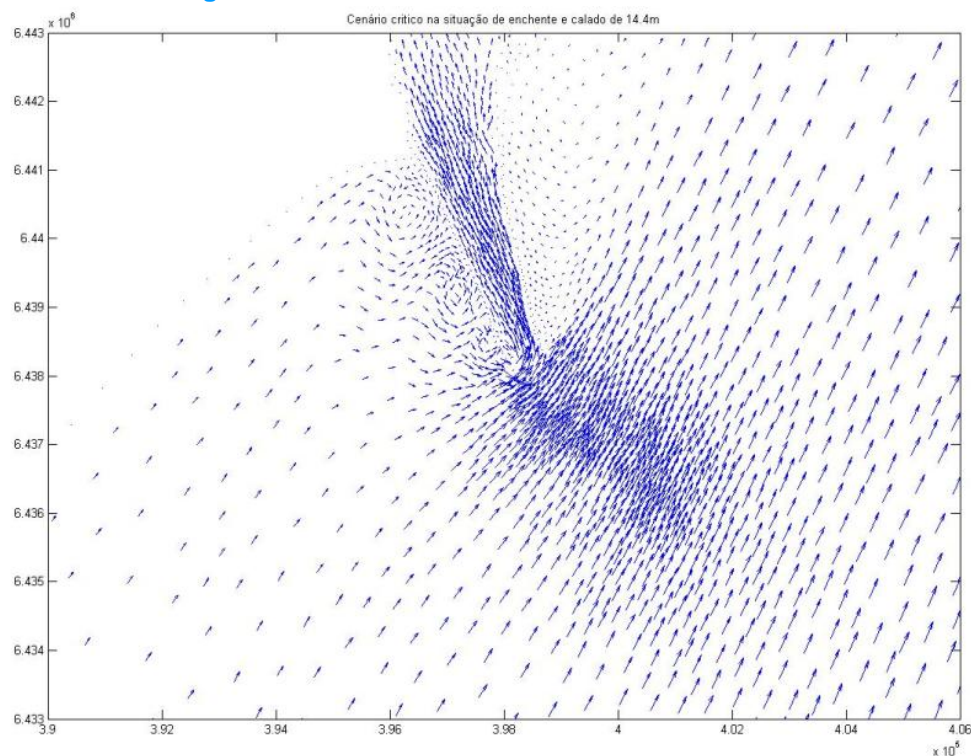
**Figura 14: Fluxo de correnteza – Operacional Vazante**





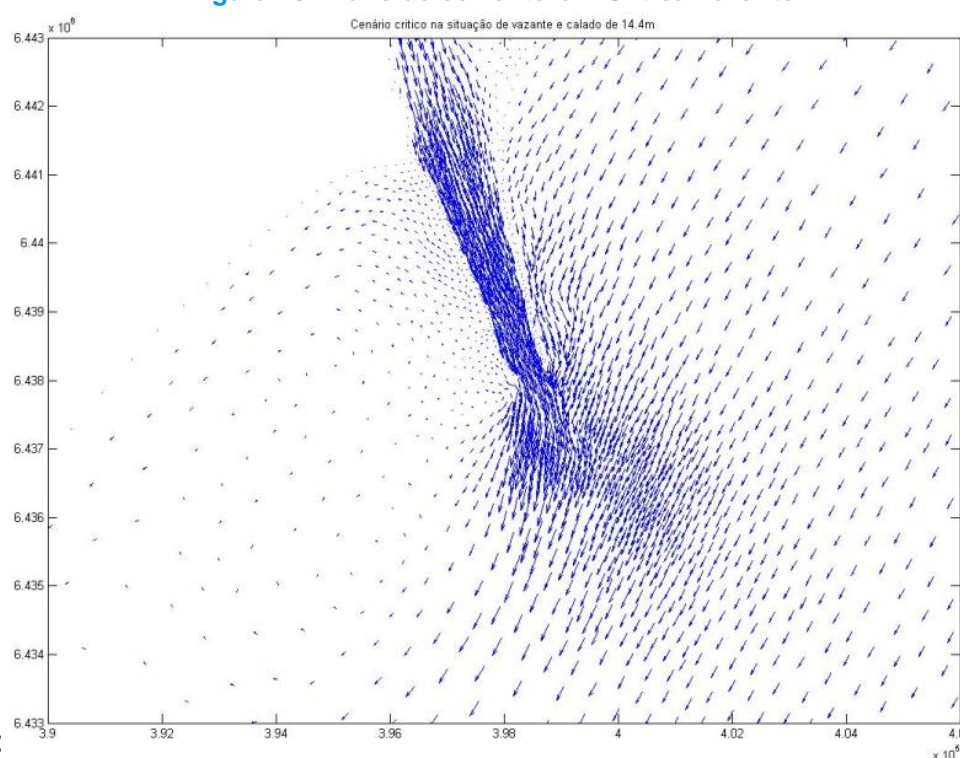
### Crítica Enchente para calado de 14,4m

Figura 15: Fluxo de correnteza – Crítica Enchente



### Crítica Vazante para calado de 14,4m

Figura 16: Fluxo de correnteza – Crítica Vazante





## 7 Navios

Foram definidas as seguintes embarcações a serem simuladas:

- Aliança Itapoá (antigo Cosco Vietnan), porta-contêiner, comprimento de 334m, boca de 42,87m, calado de 14,4m (carregado).

Figura 17: Navio Aliança Itapoá



- Ornak, graneleiro, comprimento de 229m, boca de 32,25m, calado de 14,4m



(carregado).

Figura 18: Navio Ornak

## 8 Critérios

Nessa seção são discutidos os critérios utilizados na avaliação objetiva da simulação. Considerando que muitas vezes as simulações são avaliadas por critérios subjetivos, através da percepção de segurança dos práticos durante as manobras, neste relatório a análise é focada em três elementos:

- O espaço utilizado, em particular a mínima distância para obstáculos fixos;
- A capacidade de controle do navio.
- Distância do fundo (*under keel clearance* - UKC)

Os critérios utilizados nesses estudos possibilitam não só a avaliação da manobra, mas também uma boa comparação entre as rodadas.

A avaliação final da rodada, para classificar uma rodada entre segura ou não, é baseada tanto na análise objetiva quanto nos comentários feitos pelos práticos e pelo instrutor.

### **Espaço/largura utilizado**

As normas da PIANC prescrevem uma distância mínima para canais e objetos fixos. Esse mínimo é dado em função da boca do navio (B) e varia entre 0,3B e 1,3B. Os pilotos tendem a se manter a barlavento nos canais e portos, para que em caso de emergência o navio esteja afastado do banco de areia ou cais mais próximo. Com isso em mente, as normas da PIANC são traduzidas nas seguintes distâncias mínimas para navios navegando no canal sem contornos rígidos ou perigosos:

- > 12 nós: 0,7B
- 8 - 12 nós: 0,5B
- 5 - 8 nós: 0,3B

As normas acima são válidas para navios manobrando por conta de sua própria potência. Se a embarcação está sob controle, distâncias menores podem ser aceitáveis para serem julgadas pelo navegador.

A avaliação objetiva para este critério foi definida como:

**Aceitável:** Distâncias maiores do que as descritas na PIANC.

**Atenção:** Distâncias entre as descritas na PIANC e o limite do canal. Nesta faixa as forças de sucção para os bancos de areia aumentam o risco da manobra.

**Crítica:** Quando o navio ultrapassou os limites definidos do canal.

### **Capacidade de controle**

Para conseguir uma boa análise da capacidade de controle de uma manobra, o uso dos dispositivos de manobra (propulsores, rebocadores, etc.) são avaliados. O objetivo é de quantificar a reserva de manobra. Essa reserva é a margem entre a potência de manobra disponível e a utilizada, e pode ser necessária para lidar com eventos inesperados e situações de emergência.

### ***Uso dos propulsores***

Durante a manobra, meia máquina à vante ou à ré é permitida (44 RPM para o porta-contêiner e 60 RPM para o graneleiro).

Assim, o uso do motor é avaliado da maneira a seguir:

**Aceitável:** Quando o uso do motor não excedeu meia máquina à vante ou à ré durante a manobra.

**Atenção:** Quando o uso do motor excedeu meia máquina, mas não excedeu a velocidade de manobra (*Harbour full*) (59 RPM para o porta-contêiner e 71 RPM para o graneleiro) à vante ou à ré, durante a manobra.

**Crítica:** Quando o uso do motor excedeu a velocidade de manobra (*Harbour full*) à vante ou à ré, durante a manobra.

### ***Uso do Leme***

O uso do leme é avaliado da maneira a seguir:

**Aceitável:** quando o ângulo do leme não ultrapassa 20°.

**Atenção:** quando o ângulo do leme fica acima de 20°.

**Crítica:** quando o ângulo do leme fica acima de 20° combinado com motor excedendo a velocidade de manobra (*Harbour full*).

### **Distância do fundo (UKC)**

O critério de distância do fundo seguiu as seguintes avaliações:

**Aceitável:** Quando o UKC for maior ou igual a 1m.

**Atenção:** Quando o UKC estiver entre 0m e 1m.

**Crítica:** Quando o UKC for igual a 0m, ou seja, tocar no fundo.

### **Rebocadores**

Além dos critérios anteriores, para as manobras de giro também foi feita uma avaliação sobre o uso dos rebocadores. Desse modo, a avaliação seguiu o seguinte critério:

**Aceitável:** Quando a força de tração utilizada ficou abaixo de 50% da disponível durante a rodada inteira.

**Atenção:** Quando a força de tração dos rebocadores excedeu 50% da disponível, mas ficou abaixo de 80%.

**Crítica:** Quando a força de tração utilizada pelos rebocadores excedeu 80% da disponível por um longo período, diferenciando-se de um pico momentâneo.

## 9 Descrição da simulação

As simulações de manobra ocorreram na sede da OCEÂNICA, entre os dias 29 de abril e 2 de maio de 2013, tendo a participação, por parte da OCEÂNICA, de Daniel Cueva, Mauricio Troncoso, Arthur de Almeida e do instrutor independente Jan Krijt.

A SUPRG/FURG convidou a Capitania dos Portos de Rio Grande (CPRG) e a PRATICAGEM de Rio Grande para realizar as manobras no simulador. Além disso, a semana contou com a participação de representantes da Secretaria de Portos.

Participaram:

- Pela FURG – Elisa Fernandes, Débora Cuchiara, Gláuber Gonçalves;
- Pela SUPRG – Dirceu Lopes, César Wojciechowski, Mário Dutra e Celso Luis Pedreira;
- Pela Praticagem – Áureo Filho e Débora Gadêlha;
- Pela Capitania dos Portos – Ana Karina Umezu;
- Pela SEP – César Jorge de Freitas e Carlos Echeverria.

No início das simulações, cada prático executou uma manobra para reconhecimento da ferramenta de simulação, do cenário e do comportamento da embarcação. Essas manobras não foram consideradas na análise.

As condições críticas de enchente foram canceladas em decorrência dos resultados da primeira fase pois foram consideradas inviáveis, porém as de vazante não apresentaram a mesma dificuldade, e foram realizadas.

No dia 2 de maio de 2013, os participantes, declarando estarem satisfeitos com as manobras realizadas, deram por encerradas as simulações.

A Tabela 2 exhibe as manobras realizadas e analisadas para o canal e a Tabela 3 as manobras de giro. É válido comentar que nessas tabelas estão apresentados apenas os diferentes casos, sendo que houve repetições dos principais desses exercícios. Para as

entradas e saídas foram realizadas mais 6 repetições e para as manobras de giro mais 9.

**Tabela 2: Simulações realizadas para o canal**

#	Navio	Condição	Operação	Condições ambientais		
				Direção	Condição	Período
1	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Crítica	Dia
2	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Dia
3	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Dia
4	Graneleiro	Carregado	Chegada	Vazante	Crítica	Dia
5	Graneleiro	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Dia
6	Graneleiro	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Dia
7	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Crítica	Dia
8	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Dia
9	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Dia
10	Graneleiro	Carregado	Saída	Vazante	Crítica	Dia
11	Graneleiro	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Dia
12	Graneleiro	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Dia
13	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Noite
14	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Noite
15	Graneleiro	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Noite
16	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Neblina
17	Graneleiro	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Neblina
18	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Neblina

#	Navio	Condição	Operação	Condições ambientais		
				Direção	Condição	Período
1	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Dia
2	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Dia
3	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Dia
4	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Dia

**Tabela 3: Simulações realizadas para o giro**

## 10 Resultados e conclusões

Os dados das manobras foram tratados gerando as trajetórias e gráficos apresentados em dois arquivos separados, o “Anexo 1 – Saídas das manobras no canal” e o “Anexo 2 – Saídas das manobras de giro”. Com esses resultados, foram aplicados os critérios discutidos no capítulo para se ter uma análise objetiva. Essas análises estão apresentadas na Tabela 4 e na Tabela 5, e as imagens com os contornos das manobras nas figuras 19 a 24. Em seguida, são feitos os comentários e as conclusões a cerca dessas simulações.

**Tabela 4: Avaliação objetiva das manobras de entrada no canal**

#	Navio	Condição	Operação	Condições ambientais			Avaliação Objetiva – Critérios			
				Direção	Condição	Período	Espaço	Prop.	Leme	UKC
1	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Crítica	Dia	AT	AT	AC	AC
2	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Dia	AT	AT	AT	AT
3	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Dia	AC	AT	AT	AC
4	Graneleiro	Carregado	Chegada	Vazante	Crítica	Dia	AC	AT	AT	AC
5	Graneleiro	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Dia	AC	AT	AT	AC
6	Graneleiro	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Dia	AC	AT	AC	AC
7	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Crítica	Dia	AC	AT	AT	AC
8	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Dia	AT	AT	AT	AC
9	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Dia	AC	AT	AC	AC
10	Graneleiro	Carregado	Saída	Vazante	Crítica	Dia	AC	AT	AT	AT
11	Graneleiro	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Dia	CR	AT	AT	AT
12	Graneleiro	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Dia	AC	AT	AC	AT
13	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Noite	CR	AT	AT	CR
14	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Noite	AC	AT	AT	AT
15	Graneleiro	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Noite	AC	AT	AC	AT
16	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Neblina	AC	AT	AC	AT
17	Graneleiro	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Neblina	AC	AT	AC	AC
18	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Neblina	AC	AT	AT	AC

AC – ACEITÁVEL AT – ATENÇÃO CR – CRÍTICO

**Tabela 5: Avaliação objetiva das manobras de giro na bacia de evolução**

#	Navio	Condição	Operação	Condições ambientais			Avaliação Objetiva – Critérios				
				Direção	Condição	Período	Espaço	Prop.	Leme	UKC	Reboc.
1	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Enchente	Operacional	Dia	AT	AT	AT	AC	AT
2	Porta-contêiner	Carregado	Chegada	Vazante	Operacional	Dia	AT	AC	AT	AC	AT
3	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Enchente	Operacional	Dia	AT	AC	AT	AC	AT
4	Porta-contêiner	Carregado	Saída	Vazante	Operacional	Dia	AC	AC	AT	AC	AT

AC – ACEITÁVEL AT – ATENÇÃO CR – CRÍTICO

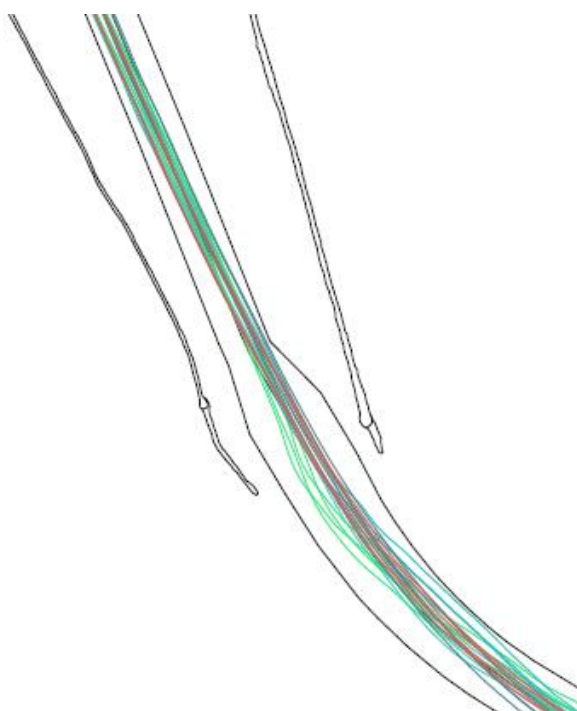
De início, é válido comentar que na manobra de número 7 o navio saiu do canal bem após os molhes, mas nesse caso a avaliação foi feita até antes disso, pois nesse ponto os práticos já não estavam mais concentrados na manobra e ela não foi parada.

Já para a manobra 11 que também saiu do canal, a avaliação é de que ela poderia ter sido feita melhor com treinamento e repetição, como mostram os resultados da manobra 15 que corresponde as mesmas condições, porém a noite. Manobra tal que



foi feita posteriormente.

O mesmo é válido para a manobra de número 13, feita a noite, em que o navio encalhou na parte de dentro do molhe.

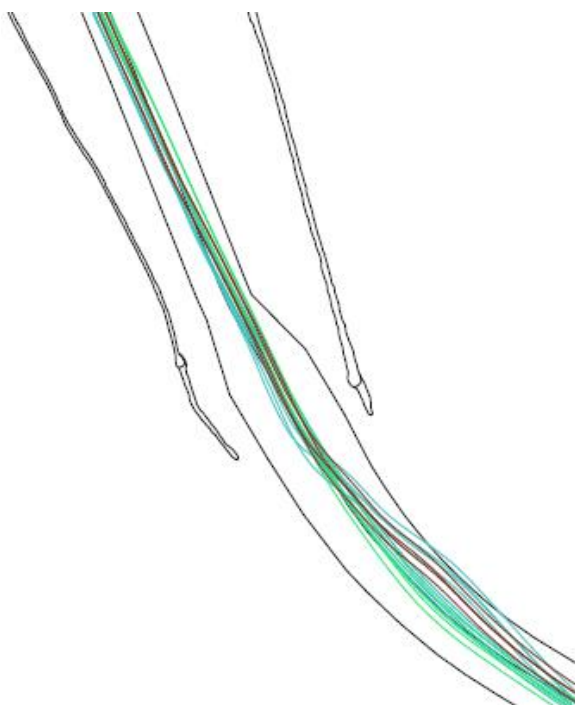


**Figura 19: Porta Contêiner - Saída**

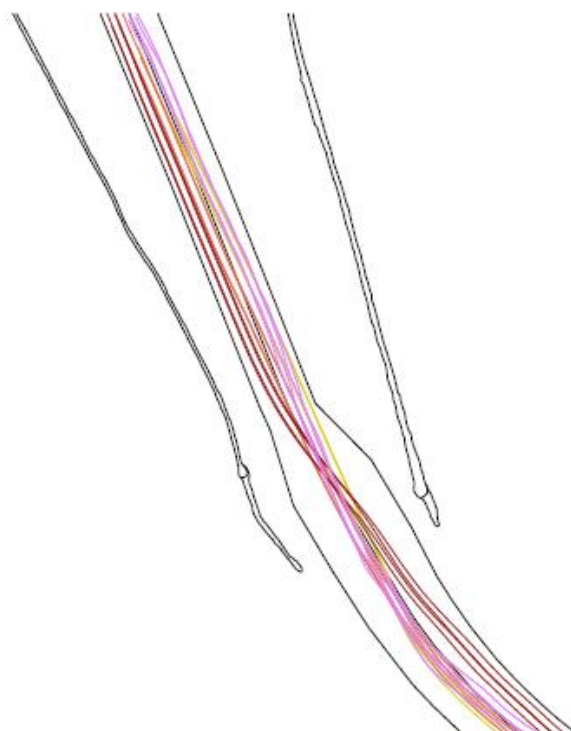


**Figura 20: Porta Contêiner - Chegada**





**Figura 21: Graneleiro - Saída**



**Figura 22: Graneleiro - Chegada**

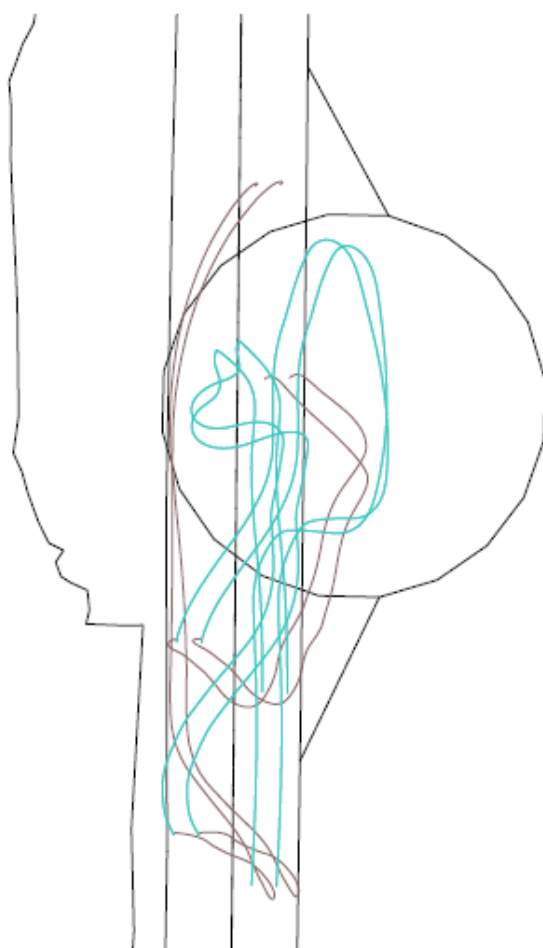


Figura 23: Porta Contêiner – Giro saída

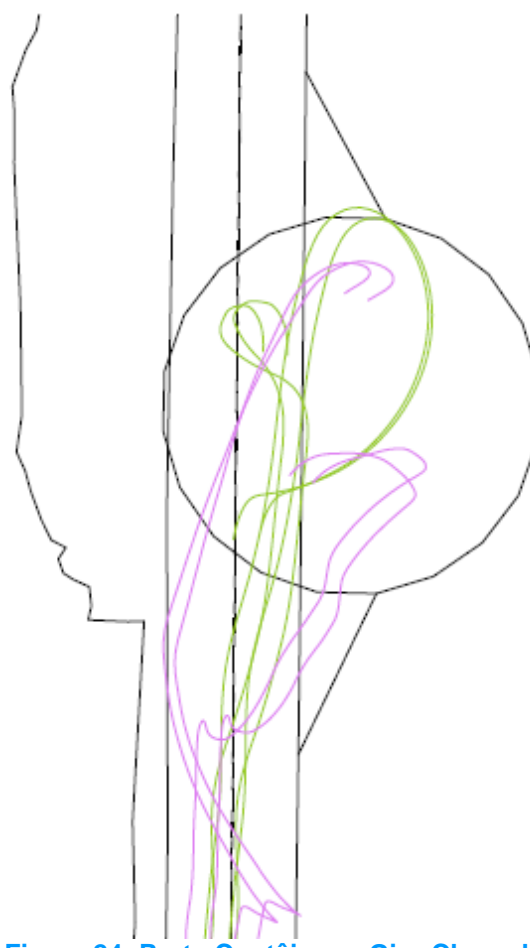


Figura 24: Porta Contêiner – Giro Chegada

## COMENTÁRIOS GERAIS

De modo geral, as manobras de entrada e saída no Porto do Rio Grande são caracterizadas por dificuldade em se cruzar a região próxima ao fim dos molhes por conta das correntes transversais. Com isso, os práticos possuem como hábito a utilização intensa de máquina, chegando a passar de 15 nós para vencerem tais correntes. Porém, ao passarem pela entrada do molhe, as correntes transversais cessam e é necessária uma rápida correção de trajetória para evitar que a embarcação vá de encontro às pedras.

Assim, quanto maior o navio, maior é a área exposta e maiores as forças resultantes dessas correntes, fazendo com que as principais restrições encontradas nas análises realizadas sejam em relação as distâncias, tanto para o fundo devido ao efeito *squat* quanto para os limites do canal devido a mudança repentina na direção da corrente.

Outro quesito importante nas análises foi o efeito de *squat*. Por conta das altas velocidades, a relevância desse efeito é grande e reflete nos valores de distância para o fundo.

Na sequência, serão apresentados comentários sobre as manobras para então se apresentar as conclusões sobre os arranjos propostos.

## **10.1 Manobras de entrada e saída**

### **Espaço**

Sobre o critério de espaço nas manobras no canal, é possível perceber que na grande maioria dos casos o navio se manteve a uma distância dos limites do canal maior que a exigida pela norma. Além disso, acredita-se que, nos casos em que essas distâncias não foram alcançadas, melhores resultados podem ser obtidos com treinamento e prática.

E válido comentar que o canal atualmente se afunila antes da entrada do molhe, e que o arranjo simulado, mesmo com a ampliação proposta no Capítulo, foi modificado de acordo com os resultados das simulações. Assim, o arranjo final proposto é apresentado na Figura 25. Nesse novo arranjo, a largura da parte de fora do canal (730m antes da boca da barra) se mantém até um comprimento de navio (334m) após a passagem do começo do molhe. Após isso, o lado oeste é afilado para o valor atual em uma distancia de um comprimento de navio, enquanto o lado leste do canal é afilado em uma distancia maior, até o primeiro par de boias na região dentro do molhe. Com isso, a transição é mais suave, fazendo com que o práctico tenha mais espaço para antever a corrente, facilitando bastante as manobras.

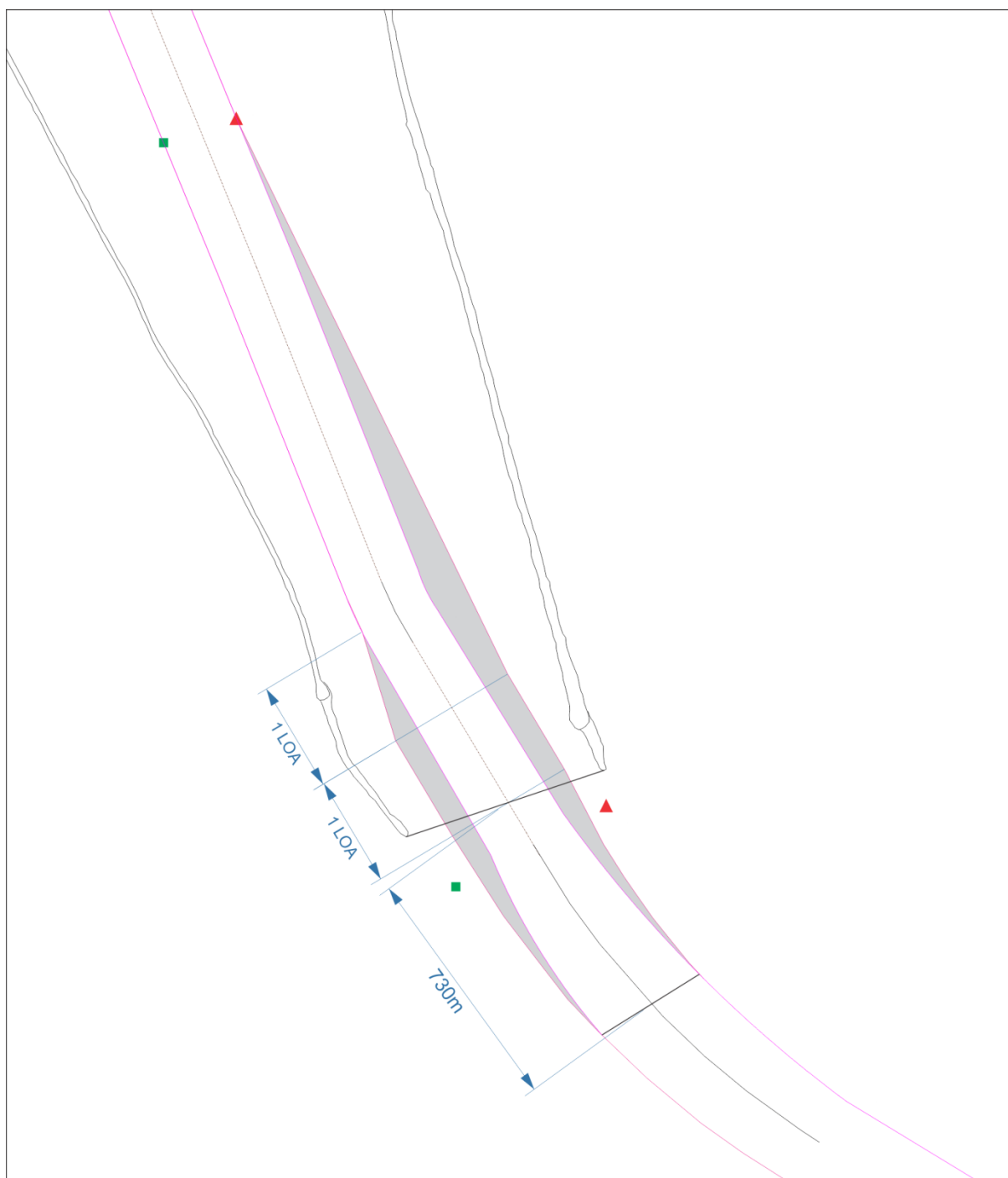


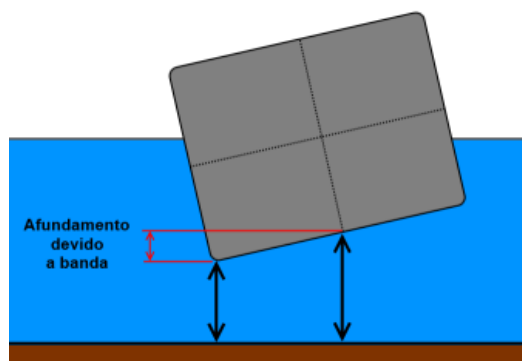
Figura 25: Dragagem sugerida para a entrada do canal – Vista de topo

## Controle

Sobre os critérios de controle do navio, como era de se esperar a utilização do propulsor foi alta por conta das correntes transversais, porém a utilização do leme diminuiu com o aumento da largura do canal. Essas análises refletem a configuração do canal e o modo como os práticos navegam por conta disso, não havendo variações entre esses resultados e o que se verifica atualmente nas manobras do porto.

Além disso, um menor uso do leme também resulta em menor banda (inclinação lateral - Figura 26) da embarcação, reduzindo o afundamento lateral resultante desse efeito, o qual contribuí com a restrição de profundidade no canal.

**Figura 26: Afundamento devido a banda**



## UKC – Under Keel Clearance

Sobre a distância para o fundo, foi possível perceber que a nova configuração de dragagem permite que o práctico diminua a velocidade do navio após a entrada do molhe e a passagem das correntes transversais, antes de chegar na parte mais rasa, fazendo com que se mantenha sob controle o valor de UKC (*Under Keel Clearance*). Para o caso das saídas, a nova configuração permite que os práticos mantenham uma velocidade menor e depois acelerem quando atingirem a região com profundidades maiores.

As normas recomendam que o projeto de um canal seja feito para um UKC de no mínimo 10% do calado da embarcação de projeto, o que é o caso, já que as profundidades mínimas eram de 16m no canal e os navios tinham 14,4m de calado. Além disso, é recomendado que na manobra o UKC não fique abaixo de 1m. Pela

Tabela 4 é possível perceber que a maioria dos casos manteve um valor acima de 1m para esse quesito.

Nesse ponto, duas observações são importantes. A primeira se refere a experiência nas manobras. Nesse caso, as manobras que ficaram em atenção tiveram valores mínimos acima de 0,8m e acredita-se que o treinamento e a experiência dos práticos irá ajudar a manter esse valor mais alto na medida em que eles consigam reduzir mais as velocidades na parte de dentro do molhe. Essa questão também é verificada pelo fato de o UKC ter sido mantido mais alto nas simulações realizadas mais para o fim da semana, quando os práticos já estavam mais familiarizados com as manobras. Nesse caso também, foi verificado que, mesmo com velocidades mais baixas, os práticos conseguiam manter o navio sob controle.

Outra observação importante é de que a maioria dos casos em que o UKC ficou abaixo de 1m se deu justamente no começo das simulações de saída. Nessas simulações o navio já começava com uma velocidade alta (8 nós sobre o solo) e, assim que as forças começavam a agir sobre o navio, ocorria um afundamento devido ao *squat*, gerando pequenas distâncias abaixo da quilha. É possível perceber que, depois desse primeiro momento, os práticos conseguiam controlar melhor o navio e as distâncias para o fundo aumentavam ainda na região com a profundidade de 16m. Esse é um fato normal que deve ser considerado, uma vez que nas simulações os práticos começam a navegar já com a manobra em andamento.

Após todas essas considerações, é mantida a sugestão de dragagem que propõe que o valor de 18m seja estendido por mais 4 comprimentos de navio para dentro do molhe (total de 1336m) e depois a profundidade abaixe para 16m por meio de uma rampa ao longo de mais um comprimento de navio (334m). Essa configuração é apresentada na Figura 27.

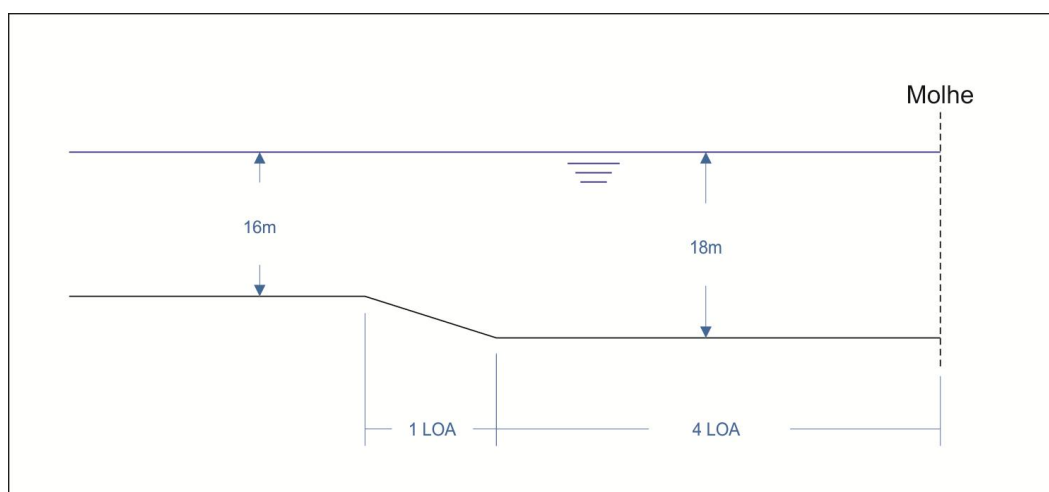
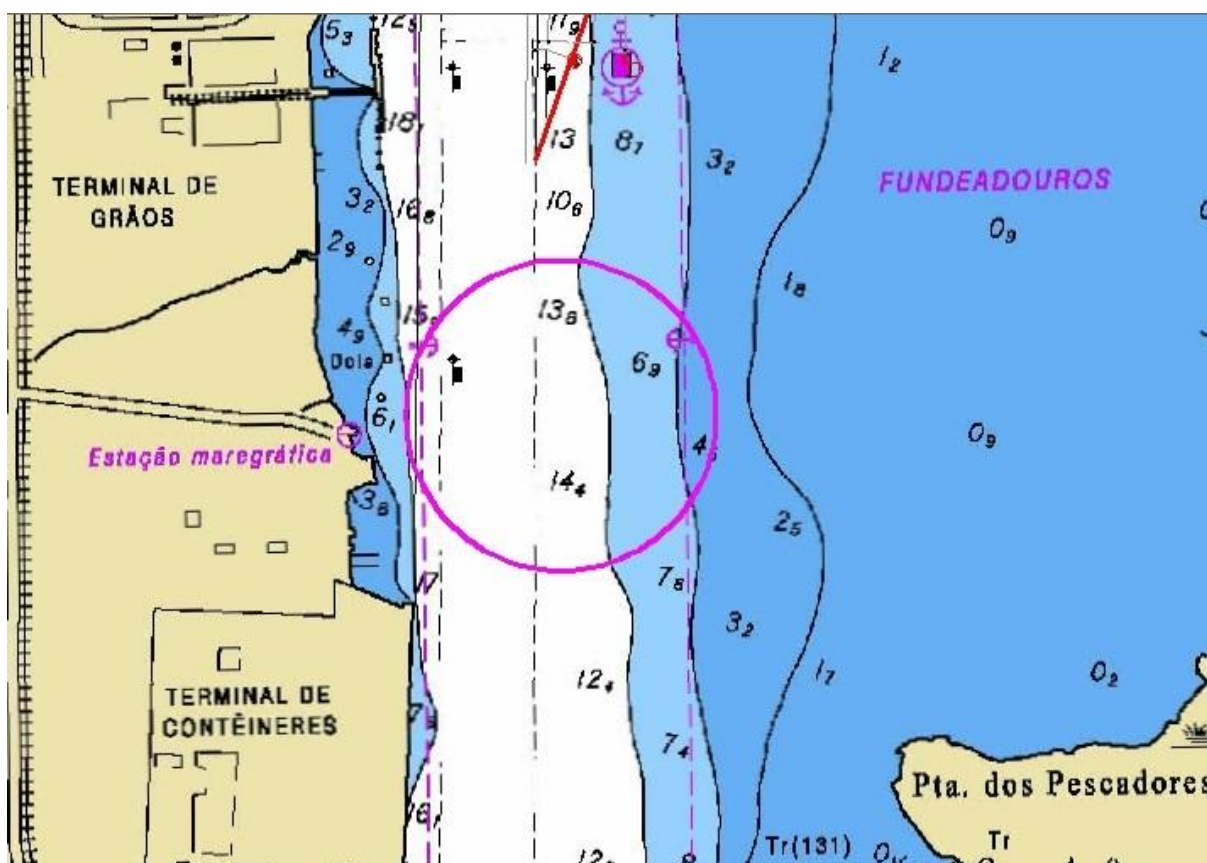


Figura 27: Dragagem simulada para a entrada do canal - Imagem em corte do canal

## 10.2 Manobras de giro

### Espaço

Como apresentado no capítulo de premissas, a primeira sugestão era de que a bacia de evolução fosse dragada em frente ao TECON. Entretanto, uma discussão logo no início da semana de simulações sugeriu que essa bacia tivesse seu local alterado para o norte desse terminal. Essa situação foi acordada entre as partes e confirmada em ata (referência [2]), sendo apresentada na Figura 28.

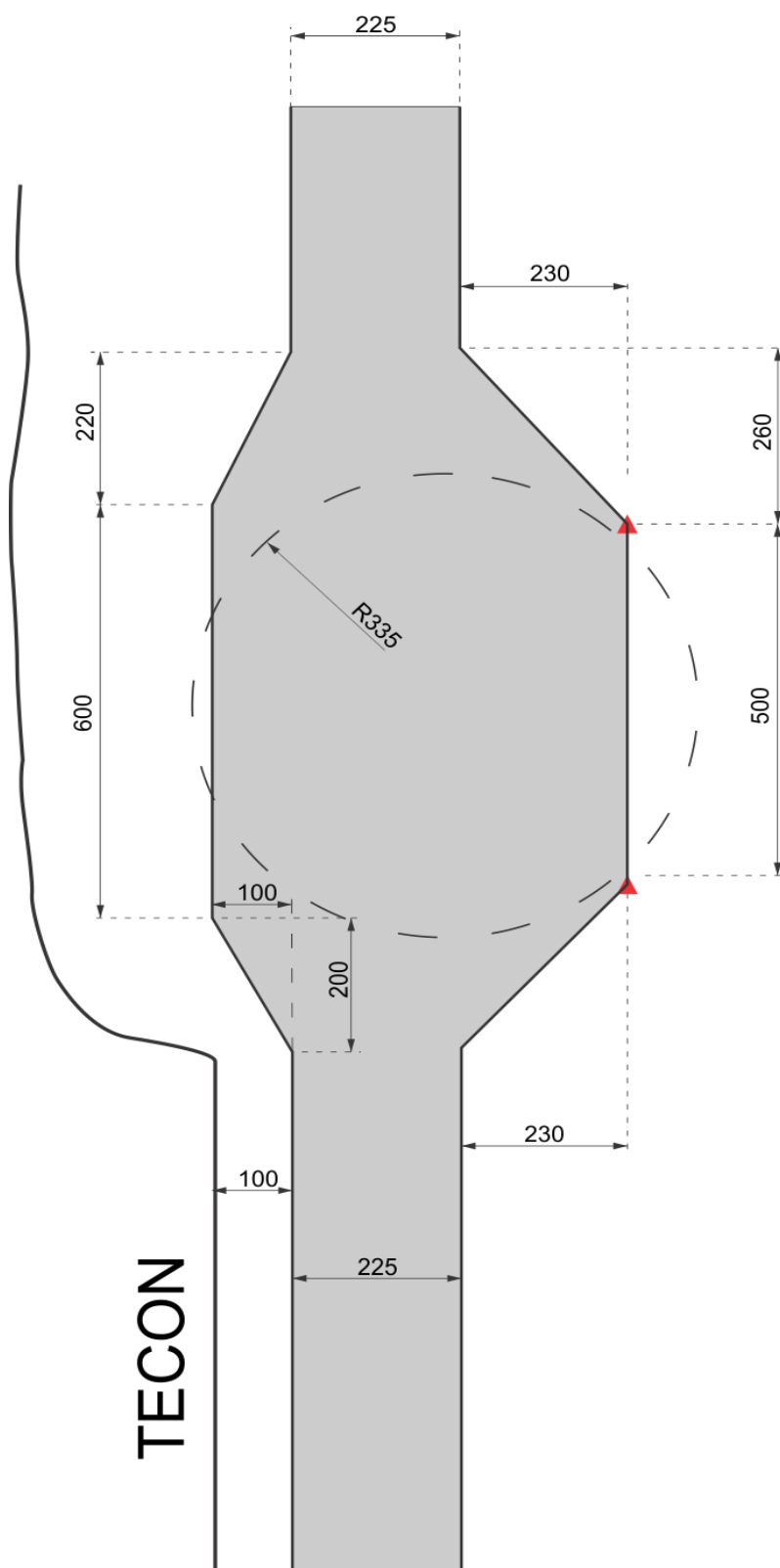


**Figura 28: Bacia de evolução sugerida no começo das simulações**

Além disso, durante as simulações, ficou claro que seria necessária a utilização de “chanfros” no encontro da bacia de evolução com o canal para que o navio tivesse mais espaço para começar e terminar os giros. Essa situação é apresentada na Figura 29.







**Figura 30: Configuração final da bacia de evolução sugerida**

Nessa nova configuração, a sugestão é de que o canal seja dragado para mais longe do terminal de contêineres (100m), para que haja espaço com segurança para passagem

com navios atracados no local. Além disso, pelo mesmo motivo, foi sugerido que a bacia de evolução seja feita um pouco mais ao norte, como mostra a figura.

A bacia de evolução com formato circular (diâmetro de 2 comprimentos de navio) passou para um formato mais trapezoidal, possibilitando que os navios consigam girar e derivar junto com a corrente, que nesse caso é na direção do canal. Desse modo, também não haveria necessidade de dragagem da área a leste das boias demonstradas na figura em vermelho.

Outra sugestão é a de que o limite oeste dessa área esteja alinhado com os berços do TECON por facilidades práticas na hora da manobra, por conta de referência.

### **Controle**

Como era de se esperar por se tratar de uma manobra de giro, houve bastante utilização de leme. Já o propulsor não foi utilizado de modo excessivo e se manteve em níveis aceitáveis na maioria dos casos. Com isso, para esse quesito não houve nenhuma diferença para outras manobras convencionais de giro.

### **UKC**

Para o quesito de distância para o fundo, todas as manobras apresentaram avaliações aceitáveis, também por consequência das baixas velocidades de manobra.

### **Rebocadores**

Sobre os rebocadores, a conclusão foi de que o número utilizado foi suficiente para girar o navio, sendo 3 de 60 TBP. Entretanto, esse número não garante a segurança da manobra, uma vez que eles foram utilizados em potência elevada por longos períodos. Com isso, uma possível falha nesses rebocadores ou na amarração deles com o navio pode tornar a situação perigosa. Portanto, é recomendado que sejam utilizados 4 rebocadores de 60 TBP de modo a se ter ainda uma margem de segurança.

## **10.3 Conclusão e recomendações gerais**

De modo geral, acredita-se que os arranjos de dragagem sugeridos sejam suficientes para a realização das manobras, mantendo-as em um patamar aceitável de segurança. Entretanto, devido a complexidade das manobras, principalmente por conta dos

fatores ambientais, é de extrema importância que, tanto para os casos de entrada e saída do canal quanto para os casos de giro, as manobras com navios maiores sejam realizadas de maneira gradual, dando oportunidade para os práticos se adaptarem às novas condições e sentirem os efeitos acentuados das forças ambientais nas embarcações. O mesmo é válido para a questão do uso dos rebocadores nas manobras de giro, sendo importante começar essas manobras com navios menores, uma vez que elas são realizadas em local exposto as correntes e é relevante se ter total consciência da capacidade desses rebocadores e seus riscos.

Para as manobras de entrada e saída do canal, essa cautela deve ser tomada principalmente nas manobras com correnteza de enchente.

Sobre a profundidade ao longo do canal, ficou claro que 16m é o mínimo para a realização da navegação com o calado pretendido. Dessa maneira, os práticos deverão se adaptar ao novo padrão de manobra, tentando reduzir ao máximo a velocidade do navio para reduzir o efeito *squat*, mantendo ainda o controle sobre o mesmo. Essa navegação no canal em baixa velocidade com as condições ambientais simuladas se mostrou possível, mas um caso em que o navio não possua boas ferramentas de manobra (leme, propulsor, instrumentos, etc.), esteja carregado (grande calado) ou possua grande área velica como os porta-contêiners pode tornar a manobra não confortável por conta de ventos de través e altas correntes nesse espaço restrito.

Outro ponto que fica evidente é o de que as manobras levarão mais tempo para serem realizadas, o que pode ter consequências para a logística do porto. Caso sejam necessárias velocidades maiores, as profundidades deverão ser aumentadas para o mesmo calado de navio, recomendando-se no mínimo mais 0,5m de profundidade. Ainda assim, é recomendado que o canal seja ocupado por um único navio nessas áreas mais críticas caso a embarcação esteja com esse calado limite, não havendo, portanto, cruzamentos nessas áreas.

Além disso, com a mudança na batimetria da região, as correntes deverão sofrer modificações, recomendando-se, portanto, que sejam feitos novos estudos de fluxo para a condição futura com o objetivo de se obter um conhecimento mais preciso sobre as correspondentes direções e magnitudes desses campos.

Por fim, uma última sugestão é sobre a utilização de PPU's (*Portable Pilot Units*). No caso de operações com navios de grande porte em espaços confinados é importante que se tenha o máximo de consciência sobre o que está ocorrendo na manobra, fazendo com que esses aparelhos sejam bastante úteis e sua utilização recomendada para aumento da segurança dessa navegação. Essa utilização auxilia os pilotos e fará com que a embarcação esteja mais sob controle, diminuindo os riscos por conta dos espaços restritos e melhorando a questão da velocidade na navegação, o que diminui também os riscos devido ao efeito do *squat* nas áreas rasas.

