

ORDEM DE SERVIÇO Nº 023, DE 26 DE OUTUBRO DE 2020.

Estabelece o Calado Máximo das Embarcações do Porto Organizado do Rio Grande e as Velocidades Máximas de Navegação nos seus Canais.

O **DIRETOR SUPERINTENDENTE DA SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DO RIO GRANDE – SUPRG**, no uso de suas atribuições legais conferidas pelo artigo 3º, da Lei Estadual nº 10.722, de 18 de janeiro de 1996, alterada pela Lei Estadual nº 10.833, de 11 de novembro de 1996, bem como o previsto no artigo 17, §1º, inciso VI, da Lei Federal nº 12.815, de 05 de junho de 2013; e,

- **CONSIDERANDO** que cabe a SUPRG a administração do Porto Organizado do Rio Grande enquanto Autoridade Portuária, fazer cumprir as leis, os regulamentos e os contratos de concessão de área;

- **CONSIDERANDO** que compete à Autoridade Portuária, sob coordenação da Autoridade Marítima, estabelecer e divulgar o calado máximo de operação dos navios, em função dos levantamentos hidrográficos Categoria A (Alfa) validados pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM);

- **CONSIDERANDO** que a SUPRG atuou na Fiscalização da Obra de Dragagem de Manutenção, 24 horas diárias, conforme previsto no Plano Conceitual de Dragagem de Manutenção;

- **CONSIDERANDO** que o Plano Conceitual de Dragagem de Manutenção foi elaborado em atendimento a Licença de Operação (LO) nº 03/1997 (3º renovação), no contexto da Resolução CONAMA nº 454/2012;

- **CONSIDERANDO** que o Plano Conceitual de Dragagem de Manutenção foi apresentado, analisado e aprovado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;

- **CONSIDERANDO** que a Obra de Dragagem de Manutenção foi realizada com recursos da União (Programa de Aceleração do Crescimento – PAC), inicialmente por intermédio da Secretaria Nacional de Portos da Presidência da República – SEP/PR, através do Regime Diferenciado de Contratações Eletrônico SEP/PR nº 06/2014, Processo nº 00045.003030/2014-65, Contrato nº 24/2015, no contexto do PNDII (Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária II);

- **CONSIDERANDO** o Termo de Sub-rogação nº 001/2019, assinado em 19/06/2019 e publicado no Diário Oficial da União nº 118, de 21 de junho de 2019, Seção 3, página 88, que transferiu todos os direitos, obrigações, prerrogativas e garantias dos Contratos, relativos a obras e serviços em dragagem e obras de infraestrutura em portos organizados ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT;

- **CONSIDERANDO** o Ofício nº 156/2020, da Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul, e o

Relatório Técnico – RT nº 01/2020: Cálculo do Calado Máximo Recomendado do Canal de Acesso ao Porto do Rio Grande;

- **CONSIDERANDO** a Nota Técnica – NT nº 05/2020, da Diretoria de Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança da SUPRG (DQSMS/SUPRG);

- **CONSIDERANDO** o aproveitamento dos dados pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) dos levantamentos hidrográficos realizados, após a Obra de Dragagem de Manutenção do Porto do Rio Grande/RS, conforme OFÍCIO Nº 80669/2020/CGOB/DAQ/DNIT SEDE, de 10 de julho de 2020, com a identificação dos trechos (Figura 1) e principais dimensões abaixo discriminadas na Tabela 1:

| | Canal Externo | Canal Interno | Canal Porto Novo |
|--------------------------|---------------|---------------|------------------|
| Largura | 300 metros | 230 metros | 210 metros |
| Profundidade de Projeto | 18,0 metros | 16,0 metros | 10,5 metros |
| Profundidade de Dragagem | 18,5 metros | 16,5 metros | 11,0 metros |

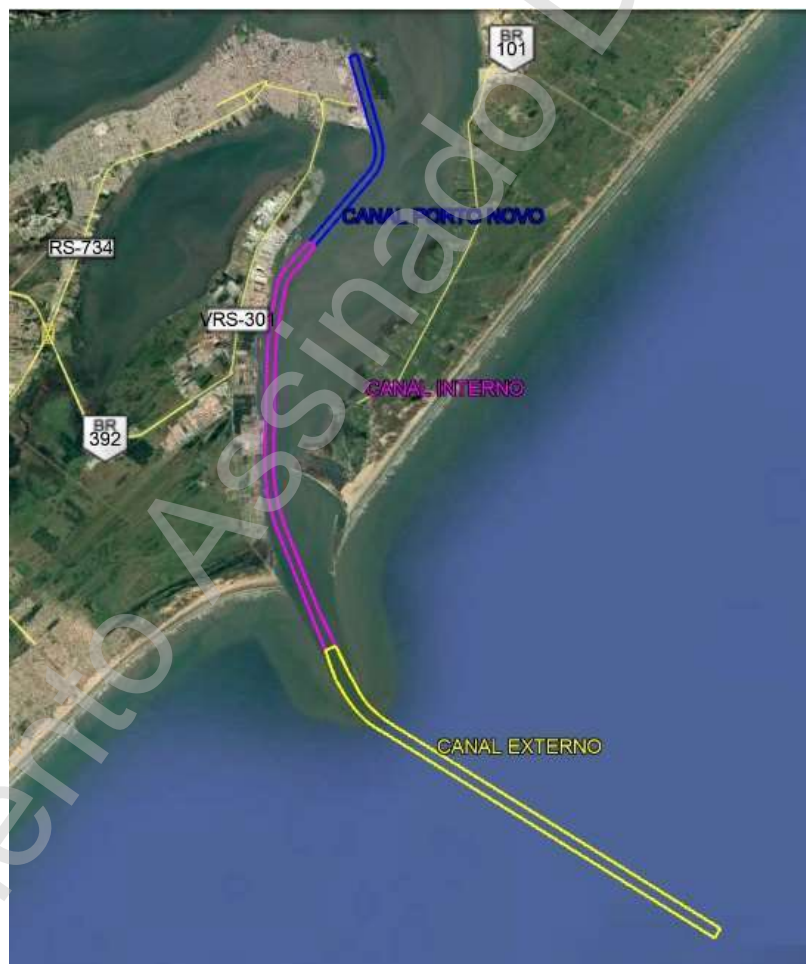


Figura 1 – Identificação dos Trechos dos canais do Porto Organizado do Rio Grande.

- **CONSIDERANDO** o histórico de observações realizadas pelos Práticos da Barra do Rio Grande, referente às velocidades ideais de pilotagem das embarcações, visando melhorar a segurança da navegação;

- **CONSIDERANDO** a maré ascendente a partir de 63,5 cm, medido na régua padrão da Diretoria de Hidrografia e Navegação, situada no Posto da Praticagem da Barra;

- **CONSIDERANDO** como referência a densidade da água doce de 1.000 ppm;

RESOLVE:

1. Fixar o calado máximo nos Canais de Acesso ao Porto do Rio Grande (Figura 2), como abaixo estabelecido:

- **O Canal de Acesso ao Porto do Rio Grande** – Seção de canal entre a reta definida pelos pontos A: (397.728,06; 6.439.329,35) e B: (398.004,77; 6.439.447,49) e a outra reta definida pelos pontos C: (397.187,49; 6.450.323,06) e D: (397.360,71; 6.450.218,39), com coordenadas em UTM, denominado **Canal Interno**, terá um **calado máximo de 15,00m**, equivalente a **49,20 pés**.

- **O Canal de Acesso ao Porto Novo** – Seção de canal entre a reta definida pelas Coordenadas em UTM entre os pontos C: (397.187,49; 6.450.323,06) e D: (397.360,71; 6.450.218,39) e o Armazém A8 do Porto Novo, denominado **Canal Porto Novo**, terá um **calado máximo de 9,45m**, equivalente a **31,00 pés**.



Figura 2 – Identificação dos Limites dos Canais

2. Determinar as velocidades máximas permitidas nos Canais do Porto do Rio Grande, conforme abaixo estabelecido:

| Velocidade em nós | Local |
|--------------------------|--|
| 12,00 | Entre as boias nº 7 e nº 9 do Canal de Acesso ao Porto do Rio Grande. |
| 10,00 | Entre as boias nº 9 e o par de boias nº 3 e nº 4, localizadas no Canal de Acesso ao Porto Novo, ou passagem para a área de fundeio Golf. |
| 5,00 | Entre o Armazém A8 do Porto Novo e o par de boias nº 3 e nº 4 localizadas no Canal de Acesso ao Porto Novo. |
| 5,00 | Canal de Acesso ao Porto Velho. |

3. Revogar a ORDEM DE SERVIÇO Nº 009, de 10 de outubro de 2018.

Paulo Fernando Curi Estima
Diretor Superintendente

Anexos:

- I – RELATÓRIO TÉCNICO – RT-01/2020, do Ofício nº 156/2020, da CAPITANIA DOS PORTOS DO RIO GRANDE DO SUL – MARINHA DO BRASIL
- II – LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº 03/1997 – 3º RENOVAÇÃO
- III – NOTA TÉCNICA Nº 05/2020

ANEXO I

Anexo, do Ofício nº 156/2020, da CPRS.

MARINHA DO BRASIL
CAPITANIA DOS PORTOS DO RIO GRANDE DO SUL

RELATÓRIO TÉCNICO



RT-01/2020

**CÁLCULO DO CALADO MÁXIMO RECOMENDADO
CANAL DE ACESSO AO PORTO DO RIO GRANDE**

Rio Grande, RS

RESUMO

O objetivo deste trabalho é coordenar, como Agente da Autoridade Marítima, as ações para estabelecimento de um novo valor para o calado máximo recomendado para o canal interno de acesso ao Porto do município do Rio Grande, localizado no Estado do Rio Grande do Sul, especificamente ao trecho compreendido entre o Terminal de Contêineres (TECON) e o Terminal de Petroquímicos – trecho conhecido como Superporto, considerando as características dos navios-tipo para o qual foi projetado, definidas pela Autoridade Portuária.

A necessidade de novo cálculo para o valor do calado máximo deve-se ao fato da ocorrência de nova atividade de dragagem de manutenção no canal de acesso, realizada no período de 29 de outubro de 2018 a 26 de janeiro de 2020, pelo Consórcio Jan de Nul/Dragabrás, após celebração do Contrato SEP/PR nº 24/2015 com a União. O Consórcio subcontratou a empresa UMI SAN – Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda., para realizar o Levantamento Hidrográfico (LH) Categoria “A”, pós-dragagem, a fim de subsidiar a atualização da carta náutica e a proposta de alteração dos parâmetros operacionais do Porto e TUP.

A dragagem por resultado, para adequar a infraestrutura aquaviária do canal de acesso ao Porto de Rio Grande, encontra-se contemplada no PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e faz parte do PND II (Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária II), implantado pela SEP/PR (Secretaria de Portos da Presidência da República) e instituído pela Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013.

Todos os LH realizados pela empresa UMI SAN foram previamente autorizados pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), conforme item 0203 das NORMAM-25/DHN (Mod.1, 2ª Rev.). O presente relatório refere-se somente aos LH concedidos por meio das Autorizações nº 313/19 e 317/19.

Após realização das atividades de dragagem e batimetria, os Relatórios Finais dos LH e dados coletados (brutos e processados) foram submetidos à análise do CHM, obedecendo ao item 0209 das NORMAM-25/DHN (Mod.1, 2ª Rev.), tendo como resultado final sua validação e aproveitamento para atualização de documentos náuticos, conforme consta no Ofício nº 80669/2020/CGOB/DAQ/DNIT SEDE, de 10 de julho de 2020, do DNIT.

Portanto, baseado no *PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels*, e nas *NORTEC-50/DPC (Mod. 1)*, o presente relatório destaca os critérios adotados e demonstra os cálculos matemáticos aplicados para se chegar ao valor ora recomendado para calado máximo, utilizando os dados batimétricos validados pelo CHM.

LISTA DE FIGURAS¹

| | |
|---|----|
| Figura 1: Canal de acesso ao Porto do Rio Grande..... | 1 |
| Figura 2: Trechos dos LH das AUT nº 313/19 (esq.) e 317/19 (dir.)..... | 2 |
| Figura 3: Geometria e dimensões do canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande..... | 3 |
| Figura 4: Largura mínima W de canal de duas vias, com talude inclinado..... | 4 |
| Figura 5: Largura mínima W de canal de uma via, com talude inclinado..... | 4 |
| Figura 6: PB do CHM (esq.) e da UMI SAN (dir.), AUT nº 313..... | 6 |
| Figura 7: Menor profundidade encontrada, PB CHM (esq.) e PB UMI SAN (dir.), AUT 313.... | 7 |
| Figura 8: PB do CHM (esq.) e da UMI SAN (dir.), AUT nº 317..... | 7 |
| Figura 9: Menor profundidade encontrada, PB CHM (esq.) e PB UMI SAN (dir.), AUT 317.... | 7 |
| Figura 10: PB do CHM (esq.) e da UMI SAN (dir.), AUT nº 317. Menores profundidades acima do talude..... | 8 |
| Figura 11: Menores profundidades no patamar superior do talude, PB CHM (esq.) e PB UMI SAN (dir.), AUT 317..... | 8 |
| Figura 12: Função Huuska/Guliev K1 vs. S..... | 11 |
| Figura 13: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev..... | 12 |
| Figura 14: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC..... | 13 |
| Figura 15: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner..... | 14 |
| Figura 16: Função Huuska/Guliev K1 vs. S..... | 15 |
| Figura 17: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev..... | 15 |
| Figura 18: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC..... | 17 |
| Figura 19: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro..... | 17 |
| Figura 20: No detalhe, profundidade de 16,05 m, AUT nº 313/19..... | 19 |
| Figura 21: No detalhe, profundidade de 16,33 m, AUT nº 313/19..... | 20 |

¹ As figuras utilizadas neste relatório foram cedidas pelos Portos RS e pelo CHM.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|---|
| Tabela 1: Limites UTM das áreas dos LH, no Datum WGS 84 (22° S)..... | 2 |
| Tabela 2: Características dos navios-tipo de projeto do canal de acesso ao Porto do Rio Grande. | 3 |
| Tabela 3: Diferença entre definições e métodos para cálculo do calado máximo..... | 5 |
| Tabela 4: Elementos característicos da seção transversal de um canal trapezoidal..... | 9 |
| Tabela 5: Valores para a FAQLIq..... | 9 |

Documento Assinado Digitalmente

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| AM | Autoridade Marítima |
| AP | Autoridade Portuária |
| AUT | Autorização do Centro de Hidrografia da Marinha para Levantamento Hidrográfico |
| CHM | Centro de Hidrografia da Marinha |
| CMG | Capitão de Mar e Guerra |
| CPRS | Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul |
| CTDA | Comissão Técnica de Diretrizes de Acesso |
| DHN | Diretoria de Hidrografia e Navegação |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| DPC | Diretoria de Portos e Costas |
| LH | Levantamento Hidrográfico |
| NORTEC | Normas Técnicas Orientadoras para as Capitánias |
| NR | Nível de Redução |
| PB | Planta Batimétrica |
| PIANC | <i>Permanent International Association of Navigation Congresses</i> , conhecida também por <i>World Association for Waterborne Transport Infrastructure</i> |
| PND I | Programa Nacional de Dragagem I |
| PND II | Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária II |
| ROM 3.1 | <i>Recomendaciones para Obras Maritimas</i> |
| RS | Rio Grande do Sul |
| RT | Relatório Técnico |
| SEP/PR | Secretaria de Portos da Presidência da República |
| TECON | Terminal de Contêineres |
| TUP | Terminais de Uso Privado |
| V ALTE | Vice-Almirante |
| WGS | <i>World Geodetic System</i> |

LISTA DE SÍMBOLOS

| SÍMBOLO | UN | SIGNIFICADO |
|-------------|---------------------|---|
| A_e | (m ²) | equivalent wetted cross-sectional area of channel with extrapolated slopes to the water surface |
| A_d | (m) | Tolerância para alteração no fundo entre dragagens |
| B | (m) | ship's beam, breadth moulded |
| C_B | (-) | ship's block coefficient $\Delta/(\rho_{sw} g L_{pp} BT) = \Delta_w/(\rho_{sw} L_{pp} BT) = \nabla/L_{pp} BT$ |
| C_{mr} | (m) | Calado máximo recomendado |
| DWT | (t) | Deadweight Tonnage. Maximum load plus fuel, lubricating oil, water, stores, crew and supplies. This parameter is often used to define 'weight' carriers |
| d_i | (m) | Folga em função do TRIM |
| FAQ_{Liq} | (m) | Folga devido ao tipo de fundo |
| F_{nb} | (-) | Depth Froude Number based on undisturbed depth: $V/(gh)^{1/2}$ |
| g | (m/s ²) | gravitational acceleration |
| GT | (-) | Gross Tonnage. Although expressed as a 'tonnage', this is actually a complex measure of the overall internal volume of the ship's enclosed spaces according to the IMO's (International Maritime Organisation) 1969 International Convention on Tonnage Measurement of Ships. There are no units associated with GT as it is a nondimensional quantity. This parameter is often used to define 'volume' carriers. |
| h | (m) | water depth |
| h_r | (m) | height of dredged underwater trench from bottom |
| K_f | (-) | Huska/Gulev correction factor for determining S_f when calculating bow squat |
| K_s | (-) | Huska/Gulev correction factor for channel width when calculating vessel squat |
| L_{oa} | (m) | ship's length overall |
| L_{pp} | (m) | ship's length between perpendiculars |
| n | (-) | bank slope of a channel (n = horizontal run/vertical rise) |
| S_{max} | (m) | maximum squat of a vessel |
| S_f | (-) | Huska/Gulev dimensionless corrected blockage factor for bow squat |
| T | (m) | ship's draught, general |
| T_s | (m) | Tolerância para sondagem |
| V_s | (m/s) | ship speed (relative to the water) in metric units |
| W | (m) | channel width, measured at bottom. |
| W_{top} | (m) | width at the top of the channel. |
| Z_{max} | (m) | maximum vertical ship motions due to normal ship motions in waves |
| Δ | (N ou kN) | ship's weight displacement in seawater |
| Δ_m | (kg ou t) | ship's mass displacement |
| ρ_{sw} | (t/m ³) | Density of seawater |
| ∇ | (m ³) | ship volume displacement |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|---|----|
| I | INFORMAÇÕES GERAIS..... | 1 |
| 1.1 | SITUAÇÃO..... | 1 |
| 1.2 | ÁREA PARA ESTABELECIMENTO DO CALADO MÁXIMO E OBJETIVOS..... | 1 |
| 1.3 | CARACTERÍSTICAS DOS NAVIOS-TIPO DE PROJETO..... | 3 |
| 1.4 | GEOMETRIA E DIMENSÕES DO CANAL INTERNO DE ACESSO..... | 3 |
| 1.5 | AUTORIDADES LOCAIS..... | 4 |
| 2 | METODOLOGIAS EMPREGADAS..... | 5 |
| 3 | RESULTADOS ALCANÇADOS..... | 6 |
| 3.1 | DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DO CANAL..... | 6 |
| 3.1.1 | Determinação de h | 6 |
| 3.1.2 | Determinação de h_T | 8 |
| 3.1.3 | Cálculo de W_{Top} | 9 |
| 3.2 | DETERMINAÇÃO DE $Z_{máx}$ | 9 |
| 3.3 | DETERMINAÇÃO DE FAQ_{Liq} | 9 |
| 3.4 | DETERMINAÇÃO DE A_d | 10 |
| 3.5 | DETERMINAÇÃO DE T_s | 10 |
| 3.6 | CÁLCULO DO $S_{máx}$ E DO c_{MR} | 10 |
| 3.6.1 | Navio Porta-Contêiner..... | 10 |
| 3.6.1.1 | Pelo Método PIANC..... | 10 |
| 3.6.1.2 | Pelo Método NORTEC..... | 12 |
| 3.6.1.3 | Calculadora de calado da DPC..... | 13 |
| 3.6.2 | Navio Graneleiro..... | 14 |
| 3.6.2.1 | Pelo Método PIANC..... | 14 |
| 3.6.2.2 | Pelo Método NORTEC..... | 16 |
| 3.6.2.3 | Calculadora de calado da DPC..... | 16 |
| 4 | CONCLUSÕES..... | 17 |
| 4.1 | SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS NA ÁREA..... | 18 |
| 4.1.1 | Prestadores de serviços e informações..... | 18 |
| 4.2 | OBSERVAÇÕES TÉCNICAS E ASSUNTOS DE INTERESSE DA CTDA..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 5 ANEXOS..... | 20 |
| 5.1 DOCUMENTOS ENTREGUES ANTECIPADAMENTE..... | 20 |
| 5.2 DOCUMENTOS ENTREGUES JUNTAMENTE COM O RELATÓRIO TÉCNICO.... | 20 |
| A) Extrato da Tabela C1, do PIANC Report No. 121-2014, <i>Typical ship dimensions from ROM 3.1</i> | 20 |
| B) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 10$ nós e $h = 16,05$ m..... | 20 |
| C) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 12$ nós e $h = 16,05$ m..... | 20 |
| D) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 8$ nós e $h = 16,33$ m;..... | 20 |
| E) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 10$ nós e $h = 16,33$ m..... | 20 |
| F) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 12$ nós e $h = 16,33$ m..... | 20 |
| 5.3 RESTITUIÇÃO DE DOCUMENTOS RECEBIDOS..... | 20 |
| 5.4 DOCUMENTOS OBTIDOS EM OUTRAS FONTES..... | 20 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 20 |

Documento Assinado Digitalmente

1 INFORMAÇÕES GERAIS

1.1 SITUAÇÃO

Após término das atividades de dragagem no canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande, RS, pelo Consórcio Jan de Nul/Dragabrás, em 26 de janeiro de 2020, e recente validação dos dados batimétricos multifeixe (julho de 2020), encaminhados pela empresa UMI SAN ao CHM, torna-se mister readequar um novo valor de calado máximo, obedecendo às características dos navios-tipo de projeto, definidas pela autarquia Portos RS (AP).

Assim, com a finalidade de coordenar as ações subsequentes à dragagem, a CPRS elaborou o presente relatório, descrevendo as metodologias e sugerindo os cálculos para que a AP possa estabelecer, após criteriosa análise, novo calado máximo no trecho de interesse.

Ressalta-se que, com o término das obras do PND II, não houve modificação das características dos navios-tipo em relação ao PND I, segundo o próprio Consórcio. Porém, o Porto Organizado terá um ganho operacional expressivo na capacidade de transporte de carga para estes mesmos navios.

1.2 ÁREA PARA ESTABELECIMENTO DO CALADO MÁXIMO E OBJETIVOS

Área do Porto Organizado (Superporto) compreendida pelos LH da UMI SAN concedidos por meio das AUT nº 313/19 e 317/19, abrangendo uma área de aproximadamente 4,68 km², conforme figuras 1 e 2.

Figura 1: Canal de acesso ao Porto do Rio Grande.



Fonte: Relatórios Técnicos de LH UMI SAN RT 244/19 e 259/19.

Figura 2: Trechos dos LH das AUT nº 313/19 (esq.) e 317/19 (dir.).



Fonte: Relatórios Técnicos de LH UMI SAN RT 244/19 e 259/19.

As AUT nº 313/19 e 317/19 são limitadas pelas coordenadas da Tabela 1.

Tabela 1: Limites UTM das áreas dos LH, no Datum WGS 84 (22° S).

| AUT nº 313 | | AUT nº 317 | |
|-------------|--------------|------------|------------|
| LESTE | NORTE | LESTE | NORTE |
| 397523,4400 | 6441198,8200 | 395818,69 | 6445167,87 |
| 396750,9100 | 6443180,5400 | 396642,65 | 6445139,46 |
| 396616,5500 | 6443835,5200 | 396727,88 | 6445537,23 |
| 396581,8800 | 6445125,0200 | 396898,36 | 6446077,06 |
| 395743,2500 | 6445145,4700 | 396642,65 | 6446531,66 |
| 395839,5800 | 6443477,3900 | 396585,82 | 6447156,73 |
| 396205,4900 | 6442215,6100 | 396869,94 | 6449060,35 |
| 396773,2900 | 6440928,6000 | 397637,07 | 6450026,36 |
| 397523,4400 | 6441198,8200 | 396926,77 | 6450509,37 |
| - | - | 396216,46 | 6449514,94 |
| - | - | 395761,87 | 6447014,67 |
| - | - | 395818,69 | 6445167,87 |

Fonte: Relatórios Técnicos de LH UMI SAN RT 244/19 e 259/19.

Os objetivos deste Relatório Técnico são:

- coordenar o estabelecimento de novo calado máximo para acesso ao Porto do Rio Grande, RS, nos trechos de interesse acima citados, por meio da aplicação de metodologia e cálculos recomendados pela DPC;
- sugerir à AP novo valor para estabelecimento do calado máximo recomendado;
- contribuir para a orientação, coordenação e controle das atividades relativas à Marinha

Mercante e Organizações correlatas no que se refere à segurança da navegação, à salvaguarda da vida humana no mar e à prevenção da poluição hídrica; e

d) contribuir para o aprimoramento operacional do Porto Organizado e para o desenvolvimento da Atividade Mercantil na região Sul do País.

1.3 CARACTERÍSTICAS DOS NAVIOS-TIPO DE PROJETO

O Projeto Executivo do Contrato SEP/PR nº 24/2015 apresenta os navios-tipo, conforme as características descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Características dos navios-tipo de projeto do canal de acesso ao Porto do Rio Grande.

| Navio | L_{oa} (m) | L_{pp} (m) | B (m) | T (m) | C_b (m) ² | DWT (t) ³ |
|-----------------|--------------|--------------|---------|---------|------------------------|------------------------|
| Porta-Contêiner | 334 | 317 | 42,87 | 14,40 | 0,70 | 110.000 |
| Graneleiro | 229 | 218 | 32,25 | 14,40 | 0,82 | 80.000 |

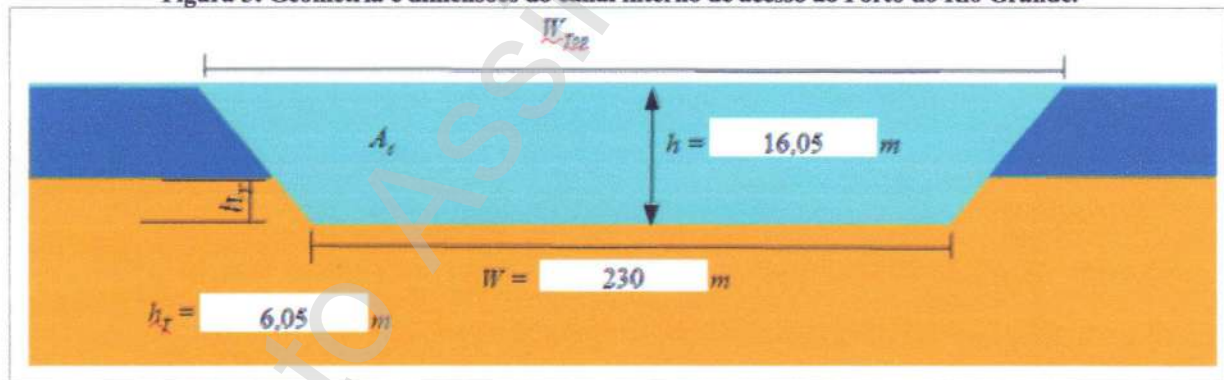
Fonte: Projeto Executivo do Contrato SEP/PR nº 24/2015, do Consórcio Jan de Nul/Dragabrás.

1.4 GEOMETRIA E DIMENSÕES DO CANAL INTERNO DE ACESSO

O canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande é classificado como:

- abrigado, localizado em ambiente relativamente protegido das ondas do mar, com período significativo de ondas abaixo de 6 segundos; e
- restrito (restrição lateral de canal dragado), apresentando margens imersas e seção transversal em formato trapezoidal, conforme a Figura 3.

Figura 3: Geometria e dimensões do canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande.



Fonte: Projeto Executivo do Contrato SEP/PR nº 24/2015, do Consórcio Jan de Nul/Dragabrás.

O Projeto Executivo do Contrato SEP/PR nº 24/2015 fornece as seguintes dimensões para o canal interno de acesso:

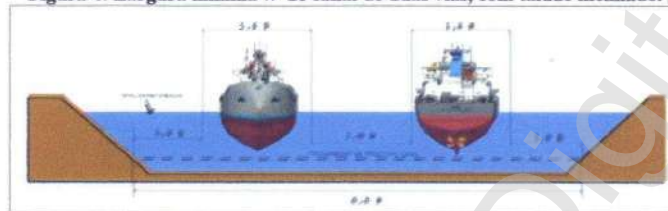
2 Conforme extrato da Tabela C-1, do *PIANC Report No. 121-2014* (anexo A).

3 Conforme extrato da Tabela C-1, do *PIANC Report No. 121-2014* (anexo A).

- Largura (W) de 230 metros;
- Profundidade de projeto de 16,0 metros;
- Profundidade de dragagem de 16,5 metros; e
- Declividade do talude igual a 1:5.

Observe que o tráfego no canal interno de acesso é bidirecional para navios Graneleiros, permitindo passagem simultânea e em sentidos opostos aos navios desse tipo, nas duas vias de navegação (Figura 4), pois $W \geq 6,8B$.

Figura 4: Largura mínima W de canal de duas vias, com talude inclinado.



Porém, para Porta-Contêineres, o tráfego torna-se unidirecional, permitindo passagem a apenas um navio por vez no canal (Figura 5), pois $6,8B > W > 3,6B$.

Figura 5: Largura mínima W de canal de uma via, com talude inclinado.



A velocidade máxima permitida (V_s) nesse trecho do canal foi considerada de 8 nós⁴.

1.5 AUTORIDADES LOCAIS

- Comandante do 5º Distrito Naval
V ALTE HENRIQUE RENATO BAPTISTA DE SOUZA
- Comandante da Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul
CMG REINALDO LUÍS LOPES DOS SANTOS.
- Superintendência dos Portos RS
Diretor-Superintendente FERNANDO CURI ESTIMA.

⁴ Valor Informado pela AP durante reunião realizada entre CPRS e Portos RS, em 21 de julho de 2020.

2 METODOLOGIAS EMPREGADAS

O cálculo do Calado Máximo Recomendado (C_{mr}) para um canal dragado de seção reta trapezoidal tipo trincheira, pode ser resumido, tanto no *PIANC Report No. 121-2014*, quanto nas NORTEC-50/DPC (Mod. 1)⁵, pela seguinte fórmula (em metros):

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

Onde:

- h = Profundidade da dragagem ou profundidade de projeto (igual à altura da coluna d'água projetada em relação ao Nível de Redução);
- $S_{m\acute{a}x}$ = Squat máximo de um navio;
- $Z_{m\acute{a}x}$ = Movimentos verticais máximos do navio em resposta aos efeitos das ondas;
- FAQ_{Liq} = Folga devido ao tipo de fundo;
- A_d = Tolerância para alteração no fundo entre dragagens; e
- T_s = Tolerância para sondagem.

Porém, para cálculo de $S_{m\acute{a}x}$, nota-se uma pequena variação quanto às definições adotadas pelo *PIANC Report No. 121-2014*⁶ e pelas NORTEC-50/DPC (Mod. 1), conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Diferença entre definições e métodos para cálculo do calado máximo.

| PIANC | NORTEC |
|---|---|
| DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS (DIFERENÇA ENTRE Δ) | |
| ship's volume displacement in seawater $\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T$ (m ³) | Volume deslocado pelo navio $\Delta = \frac{DWT}{\rho_{sw}}$ (m ³) |
| ship's weight displacement in seawater $\Delta = \rho_{sw} \cdot g \cdot \nabla$ (N ou kN) | |
| ship's mass displacement $\Delta_m = \rho_{sw} \cdot \nabla$ (kg ou t) | |
| MÉTODOS PARA CÁLCULO DO SQUAT MÁXIMO | |
| $S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s$ | $S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s$ |

Fonte: *PIANC Report No. 121-2014* e NORTEC-50/DPC (Mod. 1)

Assim, este relatório adotará três metodologias para determinação do C_{mr} , para cada navio-tipo de projeto, a saber:

- cálculo aplicando o método recomendado pelo *PIANC Report No. 121-2014*;

⁵ Normas Técnicas de uso exclusivo da Marinha.

⁶ Método somente será aplicado a título de demonstração, por ser assemelhar ao da NORTEC-50.

- cálculo aplicando o método recomendado pelas NORTEC-50/DPC (Mod. 1); e
- prova real, inserindo os dados diretamente na calculadora de calado da DPC.

Por fim, o calado sugerido pela CPRS será o de menor valor dentre os calculados para os navios-tipo, utilizando o método das NORTEC, com aproximação de duas casas decimais, desde que ratificado pela calculadora da DPC (prova real).

3 RESULTADOS ALCANÇADOS

3.1 DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DO CANAL

3.1.1 Determinação de h

Para a determinação de h , utilizamos o menor valor de profundidade encontrada no canal de acesso interno, dentre os dados de batimetria multifeixe processados e reduzidos ao NR (maré “zero”), validados pelo CHM, referentes às AUT nº 313/19 e 317/19. Assim, foram criteriosamente analisados os seguintes arquivos digitais:

- as Plantas Batimétricas cedidas pelo CHM, referentes às AUT nº 313/19 e 317/19, na Projeção de Mercator e Datum Horizontal WGS 84, de uso restrito ao planejamento e apoio à decisão; e

- Plantas Batimétricas “PL14819_10819_DEME_4 A0.DWG” e “PL14819_10819_DEME_5 A0.DWG” da UMISAN, cedidas pelos Portos RS, referentes às AUT nº 313/19 e 317/19, respectivamente, construídas na Projeção UTM (22° Sul) e Datum Horizontal WGS 84.

As comparações entre as menores profundidades encontradas nas plantas batimétricas do CHM e da UMISAN, referentes à AUT 313 e dentro do canal de acesso, seguem nas figuras 6 e 7:

Figura 6: PB do CHM (esq.) e da UMI SAN (dir.), AUT nº 313.

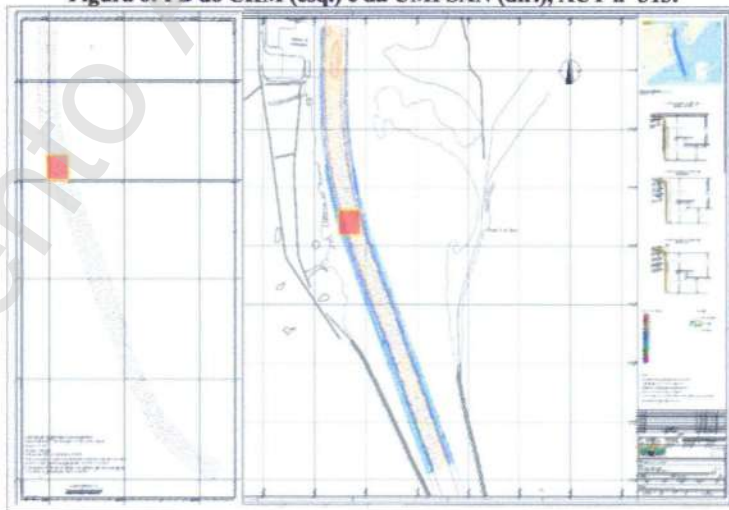
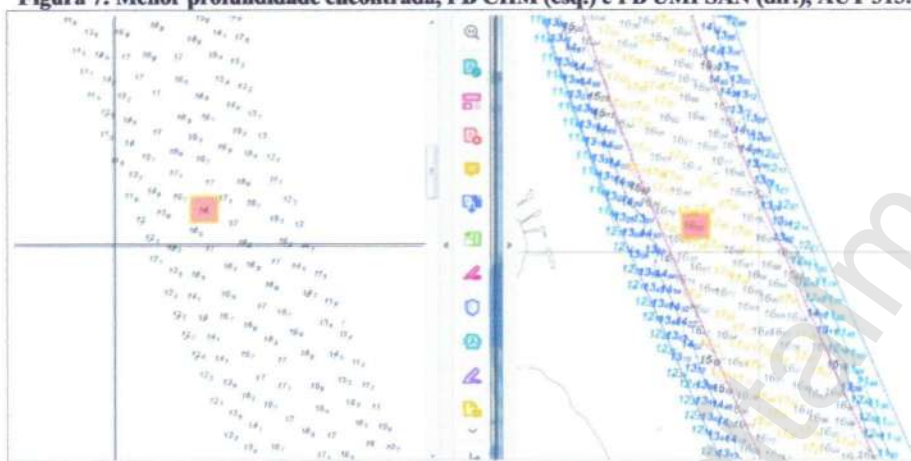


Figura 7: Menor profundidade encontrada, PB CHM (esq.) e PB UMI SAN (dir.), AUT 313.



As comparações entre as menores profundidades encontradas nas plantas batimétricas do CHM e da UMISAN, referentes à AUT nº 317 e dentro do canal de acesso, seguem nas figuras 8 e 9.

Figura 8: PB do CHM (esq.) e da UMI SAN (dir.), AUT nº 317.

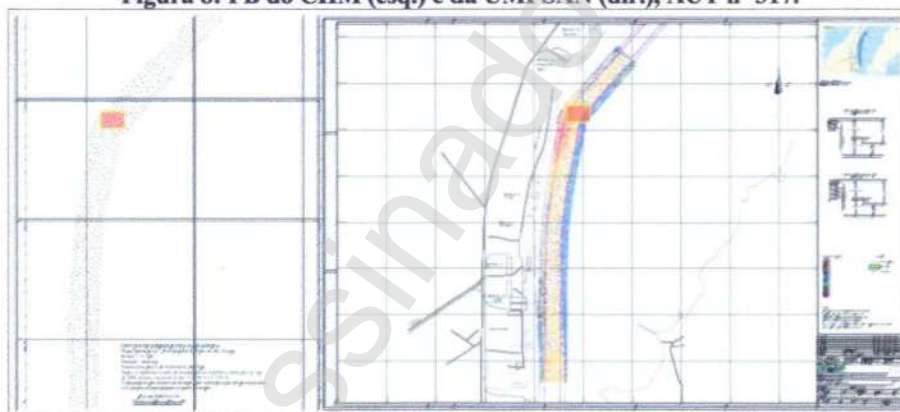


Figura 9: Menor profundidade encontrada, PB CHM (esq.) e PB UMI SAN (dir.), AUT 317.



A profundidade de 16,05 metros, na posição aproximada de 32° 08' 57" S / 052° 05' 51" W

(WGS 84), foi o menor valor de batimetria encontrado no canal interno de acesso, no trecho do LH de AUT nº 313/19. Consequentemente, esse foi o valor adotado para h .

$$h = 16,05 \text{ m}$$

3.1.2 Determinação de h_T

Para a determinação de h_T , foi considerado o menor valor de profundidade encontrada no patamar superior do talude, dentre os dados de batimetria multifeixe processados e reduzidos ao NR (maré “zero”), validados pelo CHM, referentes às AUT nº 313/19 e 317/19. As Plantas Batimétricas foram criteriosamente analisadas, conforme consta nas figuras 10 e 11.

Figura 10: PB do CHM (esq.) e da UMI SAN (dir.), AUT nº 317. Menores profundidades acima do talude.

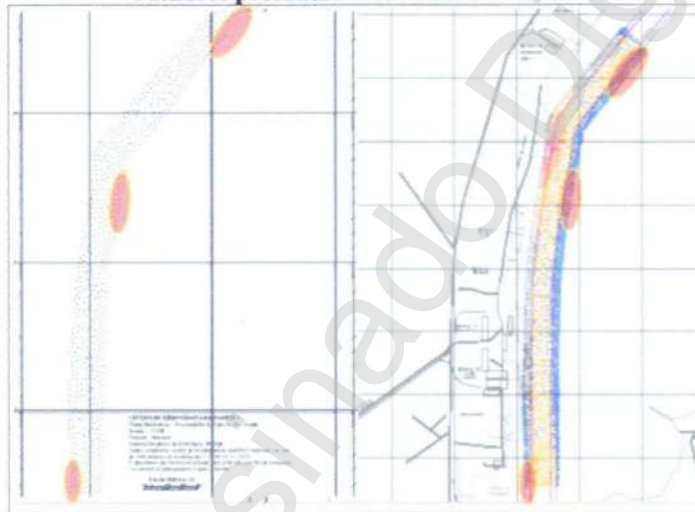
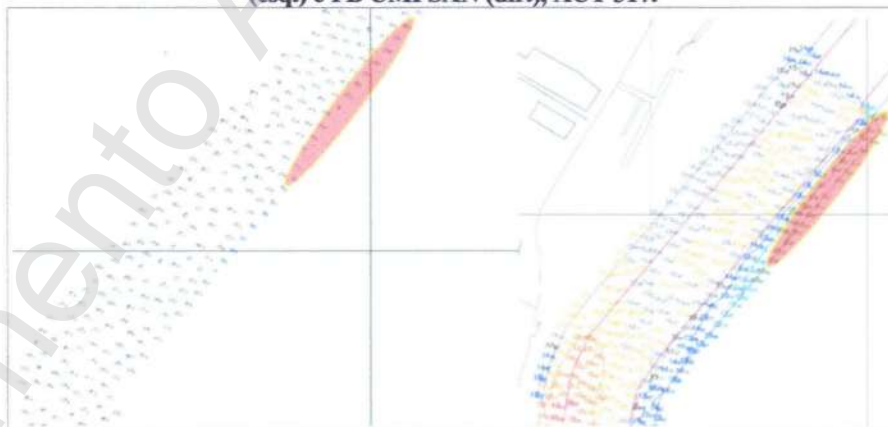


Figura 11: Menores profundidades no patamar superior do talude, PB CHM (esq.) e PB UMI SAN (dir.), AUT 317.



As menores profundidades no patamar superior do talude beiram os 10 metros. Assim, h_T


será a diferença entre h e esse valor.

$$h_T = 6,05 \text{ m}$$

3.1.3 Cálculo de W_{Top}

Os elementos característicos da seção transversal de um canal trapezoidal são definidos conforme a Tabela 4:

Tabela 4: Elementos característicos da seção transversal de um canal trapezoidal.

| Forma da seção | Área (A_c) (m^2) | Perímetro molhado (P) (m) | Raio Hidráulico (R) (m) | Largura do Topo (W_{top}) (m) |
|---|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
|  | $(W + n.h).h$ | $W + 2.h.(1 + m^2)^{1/2}$ | A_c/P | $W + 2.n.h$ |

Dessa lógica, depreende-se que $W_{Top} = 230 + 2 \cdot 5 \cdot 16,05$.

∴

$$W_{Top} = 390,05 \text{ m}$$

3.2 DETERMINAÇÃO DE $Z_{máx}$

Em se tratando de canal abrigado, a margem de resposta aos efeitos das ondas (movimentos máximos verticais) é considerado nulo, pois o período de ondas é menor que 6 segundos.

∴

$$Z_{máx} = 0$$

3.3 DETERMINAÇÃO DE FAQ_{Liq}

A Folga devido ao tipo de fundo é definida conforme descrito na Tabela 5:

Tabela 5: Valores para a FAQ_{Liq} .

| Tipo de Fundo do Canal | Canal Abrigado | Canal Desabrigado |
|------------------------|----------------|-------------------|
| Lama | Nenhum | Nenhum |
| Areia / Argila | 0,4 m | 0,5 m |
| Rochas / Coral | 0,6 m | 1,0 m |



Fonte: NORTEC-50/DPC (Mod. 1)

Como a natureza do fundo do canal interno de acesso é composta por areia e argila, temos:

∴

$$FAQ_{Liq} = 0,4 \text{ m}$$

3.4 DETERMINAÇÃO DE A_d

Não foi encontrado, no projeto executivo do canal de acesso, o valor previsto para a tolerância para alteração no fundo entre dragagens, ou taxa média de assoreamento entre dragagens consecutivas. Por isso, foi considerado um valor padrão de 0,2 metro.

∴

$$A_d = 0,2 \text{ m}$$

3.5 DETERMINAÇÃO DE T_s

Não foi encontrado, nas Folhas de Sondagem do canal de acesso, o valor previsto para a Tolerância (ou precisão) dos equipamentos e técnicas utilizados durante a sondagem. Por isso, foi considerado um valor padrão de 0,1 metro.

∴

$$T_s = 0,1 \text{ m}$$

3.6 CÁLCULO DO S_{MAX} E DO C_{mr}

3.6.1 Navio Porta-Contêiner

3.6.1.1 Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 136985,08 \text{ m}^3$$

b) Número de *Froude* de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,32798686$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45.S_f + 0,76 & S_f > 0,032 \\ 1 & S_f \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_f = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_f}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_f), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 12) ao valor de (h_f/h). O fator K_f estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_f por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 13).

Valores de entrada: $A_b/A_c = 0,12$ $h_f/h = 0,4$

Figura 12: Função Huuska/Guliev K_f vs. S .



Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

**Figura 13: Tabela de medição de pontos
Huuska/Guliev.**

| h _v /h | R ² | Polynomial Coefficients $K_s = a_0 + a_1S + a_2S^2 + a_3S^3$ | | | |
|--|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | B ₀ | B ₁ | B ₂ | B ₃ |
| 0.2 | 0.9998 | 0.46 | 15.85 | 124.05 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9981 | 1.10 | -5.55 | 167.76 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9976 | 0.82 | 5.11 | 16.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
| S | h _v /h = 0.2 | h _v /h = 0.4 | h _v /h = 0.6 | h _v /h = 0.8 | h _v /h = 1.0 |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.85 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_s vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é:

$$K_I = 2,98689398$$

O que nos leva a:

$$S_I = 0,04067574$$

$$K_S = 1,06303423$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,3960412 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

∴

$$C_{mr} = 14,95 \text{ m}$$

3.6.1.2 Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw} \quad \text{admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \quad \Delta = 107317,07 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 3.6.1.1.

$$F_{nh} = 0,32798686$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na



alínea c, do subitem 3.6.1.1.

$$A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,12$$

$$h/A_c = 0,4$$

$$K_I = 2,98689398$$

$$S_I = 0,04067574$$

$$K_S = 1,06303423$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,31026723 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 15,04 \text{ m}$$

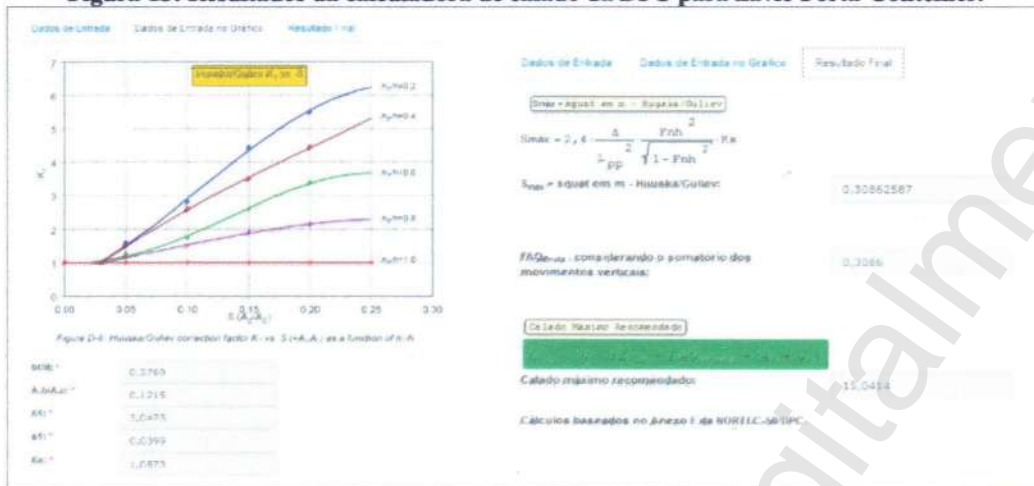
3.6.1.3 Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 14 e 15), obtendo-se o valor de 15,04 metros para o calado máximo.

Figura 14: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC.

| | | |
|---|------------|----------------|
| Calado de entrada | 0.10 | m |
| Calado de saída | 16.05 | m |
| Calado de saída máximo recomendado para um canal dragado existente | 6.00 | m |
| z = Relâncio de acomodação secundário igual a previsão de sondagem * | 317.00 | m |
| h = Profundidade ao nível de referência * | 0.00 | m |
| v = Velocidade do navio em nós * | 0.00 | m |
| L _{pp} = Comprimento de perpendicularidade * | 0.00 | m |
| g = Grav. * | 0.00 | m |
| Z _{máx} = Movimento vertical das amarrasções pelo ação das ondas | 42.87 | m |
| B = Borda do navio (m) * | 4.05 | m |
| A _d = Altura do talude * | 14.40 | m |
| C _{mr} = Calado corrigido * | 110.000.00 | m |
| DWT = deslocamento do navio em seu estado de projeto, em toneladas * | 1.025 | m ³ |
| ρ = densidade padrão de água do mar em toneladas por metro cúbico (= 1,025 tons/m ³) * | 0.20 | m |
| Δ = Assentamento entre duas dragagens consecutivas em paralelo ao eixo * | 395.50 | m |
| B _A = Base maior de logção do canal * | 236.00 | m |
| B _B = Base menor de logção do canal * | 0.40 | m |
| T _s = desvio à natureza do Fundo * Canal (dragado) Lomar II, Araxá (dragado) 0,4 m, ou Rio das Ostras (dragado) Canal desdragado: Lomar II, Araxá (dragado) 0,4 m, ou Rio das Ostras (dragado) 0,4 m | | |
| Calcular | | |
| Área de seção transversal do canal | 4979.5125 | m ² |
| Número de Froude de profundidade - Não usar esta calculadora se maior que 0.7 | 0.328 | |

Figura 15: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner.



3.6.2 Navio Graneleiro

3.6.2.1 Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 83016,14 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot h}} \quad , \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,32798686$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases} \quad , \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_1}$$

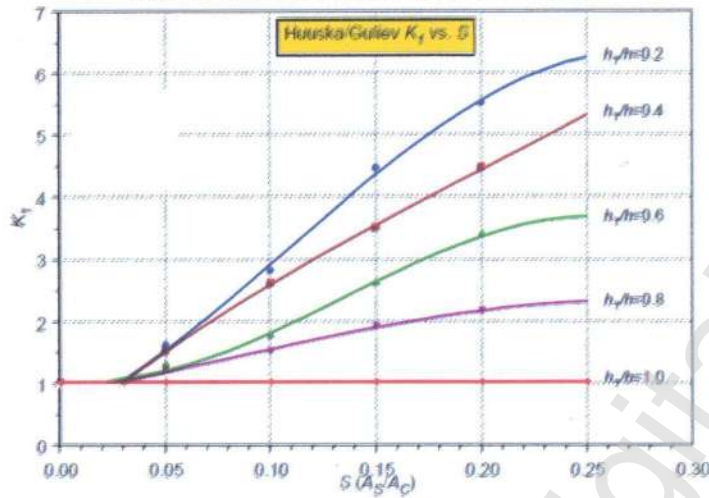
$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 16) ao valor de (h_T/h). O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 17).

Valores de entrada: $A_b/A_c = 0,09$ $h_T/h = 0,4$

Figura 16: Função Huuska/Guliev K_I vs. S .



Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Figura 17: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev.

| h_v/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_I = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|--------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.9985 | 0.46 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -83.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9961 | 1.10 | -5.55 | 167.76 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9976 | 0.82 | 6.11 | 16.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C6 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_v/h = 0.2$ | $h_v/h = 0.4$ | $h_v/h = 0.6$ | $h_v/h = 0.8$ | $h_v/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.90 | 2.60 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.60 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.55 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3. Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_I vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é:

$$K_I = 2,41073177$$

O que nos leva a:

$$K_S = 0,03791251$$

$$K_S = 1,04244822$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,4976711 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,85 \text{ m}$$

3.6.2.2 Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw} \quad \text{admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \Delta = 78048,78 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 3.6.2.1.

$$F_{nh} = 0,32798686$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 3.6.2.1.

$$A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,09$$

$$h_r/h = 0,4$$

$$K_l = 2,41073177$$

$$S_l = 0,03791251$$

$$K_s = 1,04244822$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,4678924 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,88 \text{ m}$$

3.6.2.3 Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 18 e 19), obtendo-se o valor de 14,88 metros para o calado máximo.



Figura 18: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC

The screenshot shows the 'Dados de Entrada' (Input Data) section of the DPC draft calculator. It includes fields for ship length (L), draft (D), and other parameters. The 'Resultado Final' (Final Result) section displays the calculated draft: 4979.5102 meters and 0.328 meters.

Figura 19: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro.



4 CONCLUSÕES

A CPRS, na condição de Agente da Autoridade Marítima, sugere a adoção do menor valor para calado máximo encontrado após aplicação do método NORTEC, o qual seja de **14,88 metros**. Conforme observado, após inserção dos dados característicos dos navios-tipo de projeto na calculadora de calado da DPC, esse valor foi ratificado (prova real).

Cabe ressaltar que o intuito deste trabalho é simplesmente coordenar, de forma criteriosa, as ações para o estabelecimento de novo valor para o calado máximo recomendado, no canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande. Assim, o valor obtido é apenas uma sugestão, que após ser devidamente analisada pela Autoridade Portuária, poderá ou não ser adotada e estabelecida, por meio de Ordem de Serviço.

4.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS NA ÁREA

Para futuros trabalhos na região, seguem as sugestões:

a) realizar dragagem de manutenção nas bacias de evolução, de forma a se adotar um valor para calado máximo de giro dos navios-tipo de grande porte, no mínimo, igual ao homologado para o canal de acesso;

b) realizar obras de dimensionamento nas bacias de evolução, de forma a se adotar o diâmetro (D) necessário para os navios-tipo: $D \geq 3.L_{oa}$, para navios manobrando com seus próprios meios; e $D \geq 2.L_{oa}$, para navios manobrando com auxílio de rebocador; e

c) adotar um regime regular e periódico para realização de dragagens de aprofundamento ou de manutenção, o que se fizer necessário, tanto para os canais interno e externo de acesso, quanto para os berços dos Terminais do Superporto e do Porto Novo.

4.1.1 Prestadores de serviços e informações

a) Jeferson Dutra

Diretor de Infraestrutura e Operações Portuárias

Superintendência dos Portos RS

Telefone: (51) 3231-1366 / Ramal 2150

e-mail: jdutra@portosrs.com.br

b) Savio Novo

Engenheiro Civil e Hidrógrafo da Divisão de Dragagem

Superintendência dos Portos RS

Telefone: (53) 3231-1366 / Ramal 386 / Celular: (53) 98123-0089

e-mail: savio@portosrs.com.br

4.2 OBSERVAÇÕES TÉCNICAS E ASSUNTOS DE INTERESSE DA CTDA

a) O valor obtido de 14,88 metros para o calado máximo recomendado, somente foi possível com a adoção de 8 nós para a velocidade máxima permitida no canal interno de acesso (V_s) durante os cálculos. Esse valor foi informado pela Autoridade Portuária como o atualmente praticado pelos navios-tipo naquele trecho do canal, em reunião realizada com a CPRS em 21 de julho de 2020. Porém, encontra-se em desacordo com o valor publicado na Ordem de Serviço nº 009/2018, de 10 de outubro de 2018 e ainda em vigor, da Portos RS – 10 nós⁷. Assim, a CPRS recomenda a confecção de nova Ordem de Serviço, na qual a AP dê publicidade ao valor de 8 nós,

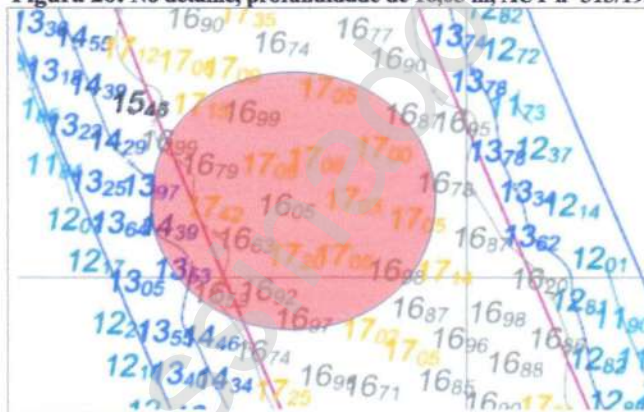
⁷ Alternativamente, apresentamos nos anexos B e C o cálculo do C_{mr} para as velocidades de 10 e 12 nós, respectivamente.

no trecho compreendido entre a boia nº 9 e as boias nº 3 e 4 do canal de acesso ao Porto Novo ou passagem para a área Golf, caso a autarquia Portos RS julgue correto estabelecer o valor de calado máximo sugerido neste relatório técnico.

b) Em seus cálculos, este RT considera a atividade de dragagem de manutenção no canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande, sugerindo o valor para calado máximo somente nesse trecho, em específico. Não foram considerados, no cálculo, a bacia de evolução próxima ao Tecon e berços dos TUP. Caberá à AP e a cada Terminal manter, regularmente, as dragagens de suas bacias de evolução e de seus berços, respectivamente, de forma a proporcionar aos navios-tipo a execução de manobras de giro, atracação, desatracação, fundeio, abastecimento e estiva com a segurança específica que lhe é exigida.

c) A profundidade de 16,05 metros ($32^{\circ} 08' 57''$ S / $052^{\circ} 05' 51''$ W), escolhida por representar o menor valor encontrado para a variável h , encontra-se no meio do canal interno de acesso, rodeada por outras de maiores valores, conforme a Figura 20.

Figura 20: No detalhe, profundidade de 16,05 m, AUT nº 313/19.



Essa profundidade pode ser interpretadas como:

- um alto-fundo não dragado, medindo cerca de 1 metro de altura; ou
- erro durante a aquisição ou processamento do dado batimétrico.

Como o Projeto Executivo prevê cotas contratuais de dragagem que igualem a profundidade de projeto (16 metros), mais meio metro, compensando um assoreamento futuro e, além desse meio metro, uma tolerância adicional de 20 centímetros no orçamento da obra, conclui-se que o canal foi dragado a uma profundidade mínima de 16,50 metros no trecho em destaque. Portanto, estaria descartada a possibilidade de alto-fundo não dragado.

Assim, esses valores de profundidade sugerem uma segunda análise e, caso necessário, o reprocessamento dos dados batimétricos referentes ao trecho em questão pela empresa UMI SAN, para uma provável revalidação pelo CHM.

Cabe ressaltar que, após o valor de 16,05 metros, a menor profundidade encontrada é de 16,33 metros ($32^{\circ} 08' 13''$ S / $052^{\circ} 06' 05''$ W - Figura 21). Assumindo h com 16,33 metros, o calado máximo poderá apresentar um valor de até 15,17 metros (aumento de cerca de 30 centímetros) – Anexos D, E e F.

Figura 21: No detalhe, profundidade de 16,33 m, AUT nº 313/19.



5 ANEXOS

5.1 DOCUMENTOS ENTREGUES ANTECIPADAMENTE

XXX

5.2 DOCUMENTOS ENTREGUES JUNTAMENTE COM O RELATÓRIO TÉCNICO

A) Extrato da Tabela C1, do *PIANC Report No. 121-2014, Typical ship dimensions from ROM 3.1.*

B) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 10$ nós e $h = 16,05$ m.

C) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 12$ nós e $h = 16,05$ m.

D) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 8$ nós e $h = 16,33$ m;

E) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 10$ nós e $h = 16,33$ m.

F) Cálculo do C_{mr} para $V_s = 12$ nós e $h = 16,33$ m.

5.3 RESTITUIÇÃO DE DOCUMENTOS RECEBIDOS

XXX

5.4 DOCUMENTOS OBTIDOS EM OUTRAS FONTES

XXX

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. **PB-2020-1841**. Planta Batimétrica referente às Autorizações nº 316/19 e 317/19. Rio de Janeiro, RJ. 2020.

BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. **PB-2020-1841**. Planta Batimétrica referente



às Autorizações nº 312/19 e 313/19. Rio de Janeiro, RJ. 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Ofício nº 80669/2020/CGOB/DAQ/DNIT SEDE**. Encaminhamento de plantas dos levantamentos hidrográficos. Brasília, DF. 2020.

BRASIL. Diretoria de Portos e Costas. **Normas Técnicas Orientadoras para as Capitâneas (NORTEC-50)**. Rio de Janeiro, RJ. 2018.

BRASIL. Superintendência dos Portos RS. **Ordem de Serviço nº 009**. Estabelece o calado máximo das embarcações do Porto do Rio Grande e velocidades máximas de navegação nos seus canais. Rio Grande, RS. 2018.

BRASIL. Superintendência dos Portos RS. **Ordem de Serviço nº 007**. Estabelece regras para manobras com navios de 307 e 336 metros de comprimento. Rio Grande, RS. 2014.

BRASIL. Superintendência dos Portos RS. **Ordem de Serviço nº 006**. Estabelece parâmetros para acesso e manobras para navios de contêineres LOA 300 e boca 48 no Porto do Rio Grande. Rio Grande, RS. 2020.

Consórcio Jan De Nul – Dragabras. **Documento nº JV-2821-5237**. Projeto Executivo do Contrato SEP/PR nº 24/2015. Elaboração dos Projetos Básico e Executivo de dragagem e execução das obras de dragagem por resultado de readequação da geometria do canal de acesso aquaviário e dos berços do Complexo Portuário de Rio Grande, RS. Rio de Janeiro, RJ. 2019.

PIANC (2014). **Harbour Approach Channels Design Lines**. Report No. 121. Bruxelas, BE.

UMI SAN. **PL14819_10819_DEME_4 A0**. Levantamento Batimétrico Multifeixe Categoria A do Porto do Rio Grande, RS – Planta Batimétrica. Vila Velha, ES. 2019.

UMI SAN. **PL14819_10819_DEME_5 A0**. Levantamento Batimétrico Multifeixe Categoria A do Porto do Rio Grande, RS – Planta Batimétrica. Vila Velha, ES. 2019.

UMI SAN. **Relatório Técnico RT-244**. Levantamento Batimétrico Multifeixe Categoria A do Porto do Rio Grande, RS. Vila Velha, ES. 2019.

UMI SAN. **Relatório Técnico RT-259**. Levantamento Batimétrico Multifeixe Categoria A do Porto do Rio Grande, RS. Vila Velha, ES. 2019.


ELIDES FREITAS DE JESUS JUNIOR
Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

TYPICAL SHIP DIMENSIONS FROM ROM 3.1

| Ship Type* | GT/DWT (t) | A ₀ (t) | L ₀ (m) | L ₉₅ (m) | B(m) | T(m) | C _g (m) |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|------|--------------------|
| 1 Tanker (ULCC) | 500000 | 590000 | 415,0 | 392,0 | 73,0 | 24,0 | 0,84 |
| | 400000 | 475000 | 380,0 | 358,0 | 68,0 | 23,0 | 0,83 |
| | 350000 | 420000 | 365,0 | 345,0 | 65,5 | 22,0 | 0,82 |
| 2 Tanker (VLCC) | 300000 | 365000 | 350,0 | 330,0 | 63,0 | 21,0 | 0,82 |
| | 275000 | 335000 | 340,0 | 321,0 | 61,0 | 20,5 | 0,81 |
| | 250000 | 305000 | 330,0 | 312,0 | 59,0 | 19,9 | 0,81 |
| | 225000 | 277000 | 320,0 | 303,0 | 57,0 | 19,3 | 0,81 |
| | 200000 | 246000 | 310,0 | 294,0 | 55,0 | 18,5 | 0,80 |
| 3 Tanker | 175000 | 217000 | 300,0 | 285,0 | 52,5 | 17,7 | 0,80 |
| | 150000 | 186000 | 285,0 | 270,0 | 49,5 | 16,9 | 0,80 |
| | 125000 | 156000 | 270,0 | 255,0 | 46,5 | 16,0 | 0,80 |
| | 100000 | 125000 | 250,0 | 236,0 | 43,0 | 15,1 | 0,80 |
| | 80000 | 102000 | 235,0 | 223,0 | 40,0 | 14,0 | 0,80 |
| | 70000 | 90000 | 225,0 | 213,0 | 38,0 | 13,5 | 0,80 |
| 4 Product and Chemical Tanker | 60000 | 78000 | 217,0 | 206,0 | 36,0 | 13,0 | 0,79 |
| | 50000 | 66000 | 210,0 | 200,0 | 32,2 | 12,6 | 0,79 |
| | 40000 | 54000 | 200,0 | 190,0 | 30,0 | 11,8 | 0,78 |
| | 30000 | 42000 | 188,0 | 178,0 | 28,0 | 10,8 | 0,76 |
| | 20000 | 29000 | 174,0 | 165,0 | 24,5 | 9,8 | 0,71 |
| | 10000 | 15000 | 145,0 | 137,0 | 19,0 | 7,8 | 0,72 |
| | 5000 | 8000 | 110,0 | 104,0 | 15,0 | 7,0 | 0,71 |
| | 3000 | 4900 | 90,0 | 85,0 | 13,0 | 6,0 | 0,72 |
| | 400000 | 464000 | 375,0 | 356,0 | 62,5 | 24,0 | 0,85 |
| | 350000 | 406000 | 362,0 | 344,0 | 59,0 | 23,0 | 0,85 |
| 5 Bulk Carrier /OBO | 300000 | 350000 | 350,0 | 333,0 | 56,0 | 21,8 | 0,84 |
| | 250000 | 292000 | 335,0 | 318,0 | 52,5 | 20,5 | 0,83 |
| | 200000 | 236000 | 315,0 | 300,0 | 48,5 | 19,0 | 0,83 |
| | 150000 | 179000 | 290,0 | 276,0 | 44,0 | 17,5 | 0,82 |
| | 125000 | 150000 | 275,0 | 262,0 | 41,5 | 16,5 | 0,82 |
| | 100000 | 121000 | 255,0 | 242,0 | 39,0 | 15,3 | 0,82 |
| | 80000 | 98000 | 240,0 | 228,0 | 36,5 | 14,0 | 0,82 |
| | 60000 | 74000 | 220,0 | 210,0 | 33,5 | 12,8 | 0,80 |
| | 40000 | 50000 | 195,0 | 185,0 | 29,0 | 11,5 | 0,79 |
| | 20000 | 26000 | 160,0 | 152,0 | 23,5 | 9,3 | 0,76 |
| | 10000 | 13000 | 130,0 | 124,0 | 18,0 | 7,5 | 0,76 |
| | 6 LNG Carrier (Prismatic) | 125000 | 175000 | 345,0 | 333,0 | 55,0 | 12,0 |
| 97000 | | 141000 | 315,0 | 303,0 | 50,0 | 12,0 | 0,76 |
| 90000 | | 120000 | 298,0 | 285,0 | 46,0 | 11,8 | 0,76 |
| 80000 | | 100000 | 280,0 | 268,8 | 43,4 | 11,4 | 0,73 |
| 52000 | | 58000 | 247,3 | 231,0 | 34,8 | 9,5 | 0,74 |
| 27000 | | 40000 | 207,8 | 196,0 | 29,3 | 9,2 | 0,74 |
| 7 LNG Carrier (Spheres, Moss) | 75000 | 117000 | 288,0 | 274,0 | 49,0 | 11,5 | 0,74 |
| | 58000 | 99000 | 274,0 | 262,0 | 42,0 | 11,3 | 0,78 |
| | 51000 | 71000 | 249,5 | 237 | 40 | 10,6 | 0,69 |
| | 60000 | 95000 | 265,0 | 245,0 | 42,2 | 13,5 | 0,66 |
| | 50000 | 80000 | 248,0 | 238,0 | 39,0 | 12,9 | 0,65 |
| 8 LPG Carrier | 40000 | 65000 | 240,0 | 230,0 | 35,2 | 12,3 | 0,64 |
| | 30000 | 49000 | 226,0 | 216,0 | 32,4 | 11,2 | 0,61 |
| | 20000 | 33000 | 207,0 | 197,0 | 26,8 | 10,6 | 0,58 |
| | 10000 | 17000 | 160,0 | 152,0 | 21,1 | 9,3 | 0,56 |
| | 5000 | 8800 | 134,0 | 126,0 | 16,0 | 8,1 | 0,53 |
| | 3000 | 5500 | 116,0 | 110,0 | 13,3 | 7,0 | 0,52 |
| | 245000 | 340000 | 470,0 | 446,0 | 60,0 | 18,0 | 0,69 |
| | 200000 | 260000 | 400,0 | 385,0 | 59,0 | 16,5 | 0,68 |
| 9 Container Ship (Post-Panamax) | 195000 | 250000 | 418,0 | 395,0 | 56,4 | 16,0 | 0,68 |
| | 165000 | 215000 | 398,0 | 376,0 | 56,4 | 15,0 | 0,66 |
| | 125000 | 174000 | 370,0 | 351,0 | 45,8 | 15,0 | 0,70 |
| | 120000 | 158000 | 352,0 | 335,0 | 45,6 | 14,8 | 0,68 |
| | 110000 | 145000 | 340,0 | 323,0 | 43,2 | 14,5 | 0,70 |
| | 100000 | 140000 | 326,0 | 310,0 | 42,8 | 14,5 | 0,71 |
| | 90000 | 126000 | 313,0 | 298,0 | 42,8 | 14,5 | 0,66 |
| | 80000 | 112000 | 300,0 | 284,0 | 40,3 | 14,5 | 0,66 |
| | 70000 | 100000 | 280,0 | 266,0 | 41,8 | 13,8 | 0,64 |
| | 65000 | 92000 | 274,0 | 260,0 | 41,2 | 13,5 | 0,62 |
| 60000 | 84000 | 268,0 | 255,0 | 39,8 | 13,2 | 0,61 | |
| 55000 | 76500 | 261,0 | 248,0 | 38,3 | 12,8 | 0,61 | |

| | | | | | | | | |
|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 10 | Container Ship (Panamax) | 60000 | 83000 | 290,0 | 275,0 | 32,2 | 13,2 | 0,69 |
| | | 55000 | 75500 | 278,0 | 264,0 | 32,2 | 12,8 | 0,68 |
| | | 50000 | 68000 | 267,0 | 253,0 | 32,2 | 12,5 | 0,65 |
| | | 45000 | 61000 | 255,0 | 242,0 | 32,2 | 12,2 | 0,63 |
| | | 40000 | 54000 | 237,0 | 225,0 | 32,2 | 11,7 | 0,62 |
| | | 35000 | 47500 | 222,0 | 211,0 | 32,2 | 11,1 | 0,61 |
| | | 30000 | 40500 | 210,0 | 200,0 | 30,0 | 10,7 | 0,62 |
| | | 25000 | 33500 | 195,0 | 185,0 | 28,5 | 10,1 | 0,61 |
| | | 20000 | 27000 | 174,0 | 165,0 | 26,2 | 9,2 | 0,66 |
| | | 15000 | 20000 | 152,0 | 144,0 | 23,7 | 8,5 | 0,67 |
| 11 | Freight RoRo Ship | 10000 | 13500 | 130,0 | 124,0 | 21,2 | 7,3 | 0,69 |
| | | 50000 | 87500 | 287,0 | 273,0 | 32,2 | 12,4 | 0,78 |
| | | 45000 | 81500 | 275,0 | 261,0 | 32,2 | 12,0 | 0,79 |
| | | 40000 | 72000 | 260,0 | 247,0 | 32,2 | 11,4 | 0,77 |
| | | 35000 | 63000 | 245,0 | 233,0 | 32,2 | 10,8 | 0,76 |
| | | 30000 | 54000 | 231,0 | 219,0 | 32,0 | 10,2 | 0,74 |
| | | 25000 | 45000 | 216,0 | 205,0 | 31,0 | 9,6 | 0,72 |
| | | 20000 | 36000 | 197,0 | 187,0 | 28,6 | 9,1 | 0,72 |
| | | 15000 | 27500 | 177,0 | 168,0 | 26,2 | 8,4 | 0,73 |
| | | 10000 | 18400 | 153,0 | 145,0 | 23,4 | 7,4 | 0,71 |
| 12 | Cargo Vessel | 5000 | 9500 | 121,0 | 115,0 | 19,3 | 6,0 | 0,70 |
| | | 40000 | 54500 | 209,0 | 199,0 | 30,0 | 12,5 | 0,71 |
| | | 35000 | 4800 | 199,0 | 189,0 | 28,9 | 12,0 | 0,71 |
| | | 30000 | 4100 | 188,0 | 179,0 | 27,7 | 11,3 | 0,71 |
| | | 25000 | 34500 | 178,0 | 169,0 | 26,4 | 10,7 | 0,71 |
| | | 20000 | 2800 | 166,0 | 158,0 | 24,8 | 10,0 | 0,70 |
| | | 15000 | 21500 | 152,0 | 145,0 | 22,6 | 9,2 | 0,70 |
| | | 10000 | 14500 | 133,0 | 127,0 | 19,8 | 8,0 | 0,70 |
| | | 5000 | 7500 | 105,0 | 100,0 | 15,8 | 6,4 | 0,72 |
| | | 2500 | 400 | 85,0 | 80,0 | 13,0 | 5,0 | 0,75 |
| 13 | Car Carrier | 70000 | 52000 | 228,0 | 210,0 | 32,2 | 11,3 | 0,66 |
| | | 65000 | 48000 | 220,0 | 205,0 | 32,2 | 11,0 | 0,64 |
| | | 57000 | 42000 | 205,0 | 189,0 | 32,2 | 10,9 | 0,62 |
| | | 45000 | 35500 | 198,0 | 182,0 | 32,2 | 10,0 | 0,59 |
| | | 36000 | 28500 | 190,0 | 175,0 | 32,2 | 9,0 | 0,55 |
| | | 27000 | 22000 | 175,0 | 167,0 | 28,0 | 8,4 | 0,55 |
| | | 18000 | 13500 | 150,0 | 143,0 | 22,7 | 7,4 | 0,55 |
| | | 13000 | 8000 | 130,0 | 124,0 | 18,8 | 6,2 | 0,54 |
| | | 8000 | 4300 | 100,0 | 95,0 | 17,0 | 4,9 | 0,53 |
| | | 50000 | 82500 | 309,0 | 291,0 | 41,6 | 10,3 | 0,65 |
| 14 | Ferrie | 40000 | 66800 | 281,0 | 264,0 | 39,0 | 9,8 | 0,65 |
| | | 30000 | 50300 | 253,0 | 237,0 | 36,4 | 8,8 | 0,65 |
| | | 20000 | 33800 | 219,0 | 204,0 | 32,8 | 7,8 | 0,63 |
| | | 15000 | 25000 | 197,0 | 183,0 | 30,6 | 7,1 | 0,61 |
| | | 12500 | 21000 | 187,0 | 174,0 | 28,7 | 6,7 | 0,61 |
| | | 11500 | 19000 | 182,0 | 169,0 | 27,6 | 6,5 | 0,61 |
| | | 10200 | 17000 | 175,0 | 163,0 | 26,5 | 6,3 | 0,61 |
| | | 9000 | 15000 | 170,0 | 158,0 | 25,3 | 6,1 | 0,60 |
| | | 8000 | 13000 | 164,0 | 152,0 | 24,1 | 5,9 | 0,59 |
| | | 7000 | 12000 | 161,0 | 149,0 | 23,5 | 5,8 | 0,58 |
| 15 | Fast Ferrie (multihull) | 6500 | 10500 | 155,0 | 144,0 | 22,7 | 5,6 | 0,56 |
| | | 5000 | 8600 | 133,0 | 124,0 | 21,6 | 5,4 | 0,58 |
| | | 3000 | 5300 | 110,0 | 102,0 | 19,0 | 4,7 | 0,57 |
| | | 2000 | 3500 | 95,0 | 87,0 | 17,1 | 4,1 | 0,56 |
| | | 1000 | 1800 | 74,0 | 68,0 | 14,6 | 3,3 | 0,54 |
| | | 9000 | 3200 | 127,0 | 117,0 | 30,5 | 4,3 | 0,43 |
| | | 6000 | 2100 | 107,0 | 93,0 | 26,5 | 3,7 | 0,43 |
| | | 5000 | 1700 | 97,0 | 83,0 | 24,7 | 3,4 | 0,43 |
| | | 4000 | 1400 | 92,0 | 79,0 | 24,0 | 3,2 | 0,42 |
| | | 2000 | 700 | 85,0 | 77,0 | 21,2 | 3,1 | 0,39 |
| 1000 | 350 | 65,0 | 62,0 | 16,7 | 2,1 | 0,37 | | |
| 500 | 175 | 46,0 | 41,0 | 13,8 | 1,8 | 0,35 | | |
| 250 | 95 | 42,0 | 37,0 | 11,6 | 1,6 | 0,35 | | |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------------------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|
| 16 | Cruise Liner (Post Panamax) | 220000 | 115000 | 360,0 | 333,0 | 55,0 | 9,2 | 0,67 |
| | | 160000 | 84000 | 339,0 | 313,6 | 43,7 | 9,0 | 0,66 |
| | | 135000 | 71000 | 333,0 | 308,0 | 37,9 | 8,8 | 0,67 |
| | | 115000 | 61000 | 313,4 | 290,0 | 36,0 | 8,6 | 0,66 |
| | | 105000 | 56000 | 294,0 | 272,0 | 35,0 | 8,5 | 0,67 |
| | | 80000 | 44000 | 272,0 | 231,0 | 35,0 | 8,0 | 0,66 |
| 17 | Cruise Liner (Panamax) | 90000 | 48000 | 294,0 | 272,0 | 32,2 | 8,0 | 0,67 |
| | | 80000 | 43000 | 280,0 | 248,7 | 32,2 | 7,9 | 0,66 |
| | | 70000 | 38000 | 265,0 | 225,0 | 32,2 | 7,8 | 0,66 |
| | | 60000 | 34000 | 252,0 | 214,0 | 32,2 | 7,6 | 0,63 |
| | | 60000 | 34000 | 251,2 | 232,4 | 28,8 | 7,6 | 0,65 |
| | | 50000 | 29000 | 234,0 | 199,0 | 32,2 | 7,1 | 0,62 |
| | | 50000 | 29000 | 232,0 | 212,0 | 28,0 | 7,4 | 0,64 |
| | | 40000 | 24000 | 212,0 | 180,0 | 32,2 | 6,5 | 0,62 |
| | | 40000 | 24000 | 210,0 | 192,8 | 27,1 | 7,0 | 0,64 |
| | | 35000 | 21000 | 192,0 | 164,0 | 32,0 | 6,3 | 0,62 |
| | | 35000 | 21000 | 205,0 | 188,0 | 26,3 | 6,8 | 0,61 |
| | | 30000 | 18200 | 190,0 | 175,0 | 25,0 | 6,7 | 0,61 |
| | | 25000 | 16200 | 180,0 | 165,0 | 24,0 | 6,6 | 0,60 |
| | | 20000 | 14000 | 169,0 | 155,0 | 22,5 | 6,5 | 0,60 |
| | | 15000 | 11500 | 152,0 | 140,0 | 21,0 | 6,4 | 0,60 |
| 18 | Ocean-going Fishing Vessel | 10000 | 8000 | 134,0 | 123,0 | 18,5 | 5,8 | 0,59 |
| | | 5000 | 5000 | 100,0 | 90,0 | 16,5 | 5,6 | 0,59 |
| 18 | Ocean-going Fishing Vessel | 7500 | 9100 | 128,0 | 120,0 | 17,1 | 6,8 | 0,64 |
| | | 5000 | 6200 | 106,0 | 100,0 | 16,1 | 6,2 | 0,61 |
| | | 3000 | 4200 | 90,0 | 85,0 | 14,0 | 5,9 | 0,58 |
| | | 2500 | 3500 | 85,0 | 81,0 | 13,0 | 5,6 | 0,58 |
| | | 2000 | 2700 | 80,0 | 76,0 | 12,0 | 5,3 | 0,54 |
| | | 1500 | 2200 | 76,0 | 72,0 | 11,3 | 5,1 | 0,52 |
| | | 1200 | 1900 | 72,0 | 68,0 | 11,0 | 5,0 | 0,50 |
| | | 1000 | 1600 | 70,0 | 66,0 | 10,5 | 4,8 | 0,47 |
| | | 700 | 1250 | 65,0 | 62,0 | 10,0 | 4,5 | 0,44 |
| | | 500 | 800 | 55,0 | 53,0 | 8,6 | 4,0 | 0,43 |
| | 250 | 400 | 40,0 | 38,0 | 7,0 | 3,5 | 0,42 | |
| | 150 | 300 | 32,0 | 28,0 | 7,5 | 3,4 | 0,41 | |


ELIDES FREITAS DE JESUS JUNIOR

Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

CÁLCULO DO C_{mr}
RESULTADOS PARA $V_s = 10$ nós & $h = 16,05$ m

1. NAVIO PORTA-CONTÊINER

1.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{\nabla = 136985,08 \text{ m}^3}$$

b) Número de *Froude* de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad \boxed{F_{nh} = 0,409983576}$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot l}{A_c \cdot K_l}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{A_b = 604,98 \text{ m}^2}$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad \boxed{A_c = 4979,51 \text{ m}^2}$$

Para determinar o fator de correção de *Huuska/Guliev* (K_l), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 1) ao valor de (h_T/h). O fator K_l estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_l por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 2).

Valores de entrada: $\boxed{A_b/A_c = 0,12}$ $\boxed{h_T/A_c = 0,4}$

Figura 1: Função Huuska/Guliev K_l vs. S.

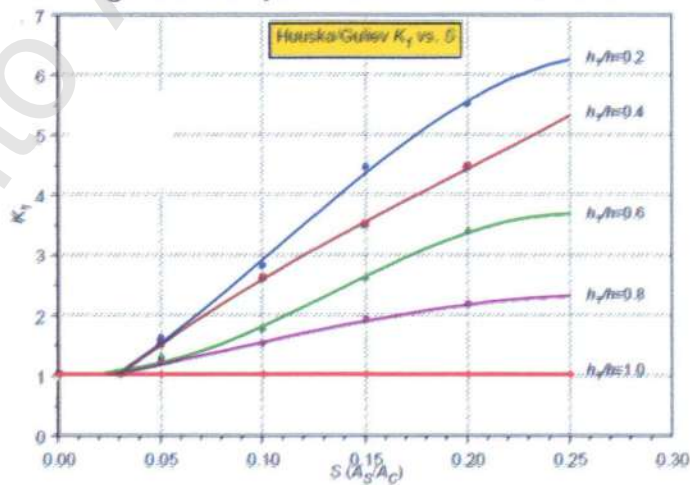


Figura 2: Tabela de medição de pontos
Huuska/Guliev.

| h _r /h | R ² | Polynomial Coefficients K ₁ = a ₀ + a ₁ S = a ₂ S ² + a ₃ S ³ | | | |
|--|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | a ₀ | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| 0.2 | 0.9985 | 0.45 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9951 | 1.10 | -9.55 | 167.76 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9975 | 0.32 | 5.11 | 15.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Measured points from Huuska's Figure C6 (PIANC 1997) | | | | | |
| S | h _r /h = 0.2 | h _r /h = 0.4 | h _r /h = 0.6 | h _r /h = 0.8 | h _r /h = 1.0 |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.06 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.50 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 5.25 | 5.30 | 3.55 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3. Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K₁ vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K₁ é: $K_1 = 2,986893982$

O que nos leva a: $S_1 = 0,040675736$ $K_S = 1,063034231$

d) Squat Máximo (S_{máx})

$$S_{máx} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{máx} = 0,640924814 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{máx} + Z_{máx} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

∴

$$C_{mr} = 14,95 \text{ m}$$

1.2. Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \quad \Delta = 107317,07 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ, o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 1.1.

$$F_{nh} = 0,409983576$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ, o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 1.1.

$$A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,12$$

$$h_r/A_c = 0,4$$

$$K_l = 2,98689398$$

$$S_l = 0,04067574$$

$$K_s = 1,06303423$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,502114344 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,85 \text{ m}$$

1.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 3 e 4), obtendo-se o valor de 14,85 metros para o calado máximo.

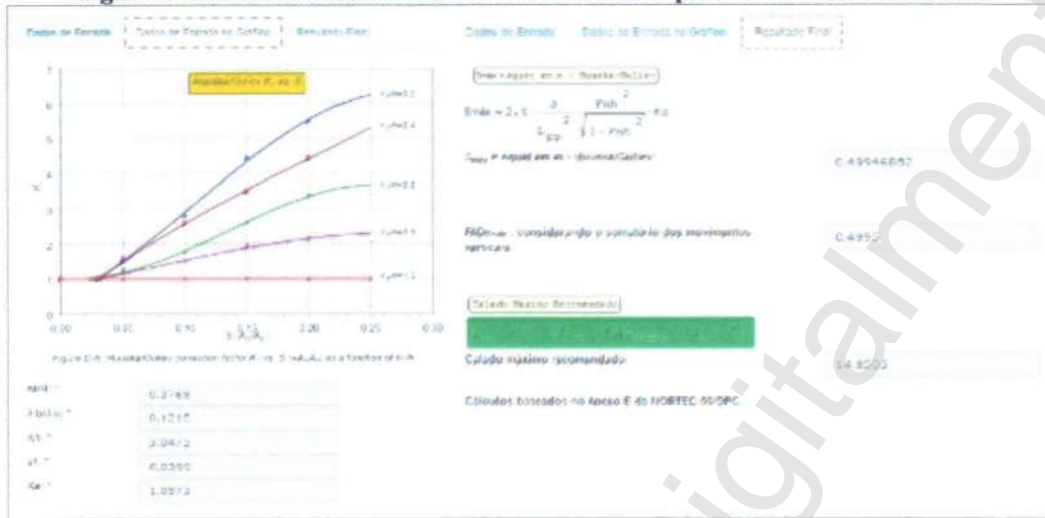
Figura 3: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC.

The screenshot shows a software interface for calculating draft. It includes a navigation bar with 'Dados de Entrada', 'Dados de Entrada no Diálogo', and 'Resultado Final'. The main area is titled 'Cálculo do calado máximo recomendado para um canal dragado existente'. It contains several input fields with labels and units, and a 'Calcular' button at the bottom.

| | | |
|--|------------|------------------|
| Ta = Tolerância da pendagem considerada igual à precisão da sondagem: * | 0,10 | m |
| h = Profundidade ao nível de referência: * | 16,00 | m |
| v = Velocidade do vento em m/s: * | 10,00 | km/h |
| L _{pp} = Comprimento de perpendicular: * | 317,00 | m |
| ds = Sra: * | 0,00 | m |
| Z _{máx} = Movimento vertical das embarcações pela ação das ondas: * | 0,00 | m |
| B = Boca do navio (m): * | 42,87 | m |
| hs = Altura do talude: * | 6,00 | m |
| C _{ca} = Calado carregado: * | 14,40 | m |
| DWT = deslocamento do navio no seu calado de projeto, em toneladas: * | 110.000,00 | t |
| S densidade padrão da água do mar em toneladas por metro cúbico (= 1,025 t/m ³): * | 1,025 | t/m ³ |
| A d = Afastamento entre duas dragagens consecutivas ou prevista no ano: * | 0,20 | m |
| B f = Bate maior do trapézio do canal: * | 390,50 | m |
| b f = Bate menor do trapézio do canal: * | 230,00 | m |
| FAQ _{líq} = devido à natureza do fundo: * Canal abrigado: Laminar; Areia/argila: 0,8 m, ou Rochas/Cascalho: 0,6m Canal desabrigado: Laminar; Areia/argila: 0,5 m, ou Rochas/Cascalho: 0,8m | 0,40 | m |

At the bottom, there are two more input fields: 'Área de seção transversal do canal' with value 4979,5125 m² and 'Número de Froude de Probabilidade - Não usar esta calculadora se maior que 5,7' with value 0,41.

Figura 4: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner.



2. NAVIO GRANELEIRO

2.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 83016,14 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,409983576$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot l}{A_c \cdot K_l}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_l), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 5) ao valor de (h_T/h). O fator K_l estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_l por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 6).

Valores de entrada:

$$A_b/A_c = 0,09$$

$$h_T/A_c = 0,4$$

Figura 5: Função Huuska/Guliev K_1 vs. S .

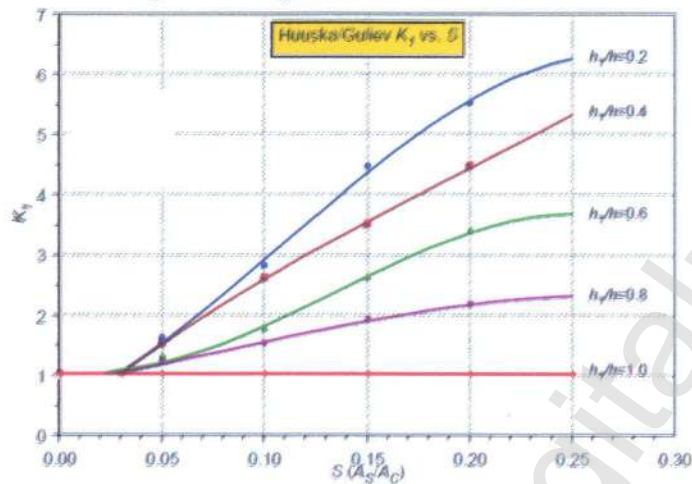


Figura 6: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev.

| h_1/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_1 = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|--------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.9995 | 0.46 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9961 | 1.10 | -9.55 | 167.75 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9976 | 0.82 | 6.11 | 15.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C6 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_1/h = 0.2$ | $h_1/h = 0.4$ | $h_1/h = 0.6$ | $h_1/h = 0.8$ | $h_1/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.65 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_1 vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_1 é: $K_1 = 2,410731773$

O que nos leva a: $S_1 = 0,037912513$ $K_S = 1,042448219$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,8053954 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 14,54 \text{ m}$$

2.2. Pelo Método NORTEC

- a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \therefore \Delta = 78048,78 \text{ m}^3$$

- b) Número de *Froude* de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 2.1.

$$F_{nh} = 0,409983576$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 2.1.

$$A_b = 455,11 \text{ m}^2 \quad A_c = 4979,51 \text{ m}^2 \quad A_b/A_c = 0,09 \quad h_t/A_c = 0,4$$

$$K_l = 2,410731773 \quad S_l = 0,037912513 \quad K_s = 1,042448219$$

- d) *Squat* Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,757203669 \text{ m}$$

- e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,59 \text{ m}$$

2.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 7 e 8), obtendo-se o valor de 14,85 metros para o calado máximo.



Figura 7: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC.

Calculadora de Calado da DPC

Calculo do calado máximo recomendado para um canal dragado existente

K_s = Tolerância da sondagem considerada igual a precisão da sondagem: * 0.10 m

h = Profundidade do nível de referência: * 16.05 m

V_s = Velocidade do navio em nós: * 10.00 nós

L_{pp} = Comprimento de perpendicular: * 218.00 m

g = Grav: * 9.80 m

Z_{max} = Movimentos verticais das embarcações pela ação das ondas: * 0.00 m

B = Boca do navio (m): * 32.25 m

h_c = Altura do talude: * 6.05 m

C_{max} = Calado carregado: * 14.40 m

DITP = deslocamento do navio no seu calado de projeto, em toneladas: * 80.000,00 t

ρ densidade padrão da água do mar em toneladas por metro cúbico ($\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$): * 1.025 t/m³

Δd = Assoreamento entre duas dragagens consecutivas ou previsto no ano: * 0.20 m

B_1 = Base maior do trapézio do canal: * 390.00 m

b_1 = Base menor do trapézio do canal: * 230.00 m

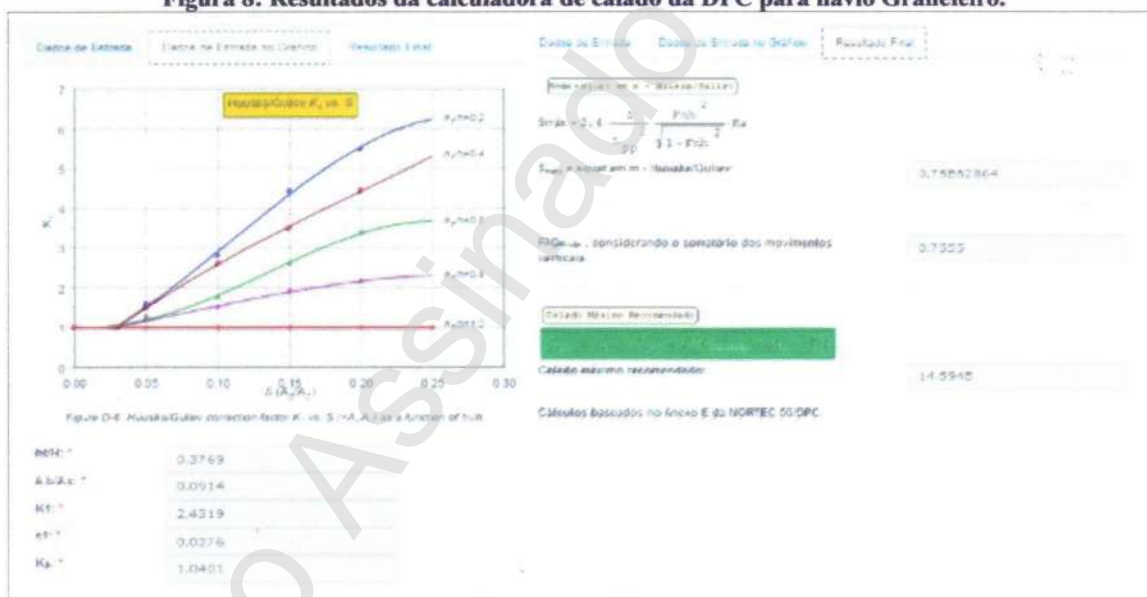
$H_{D_{max}}$ = distância à rocha do fundo: * Canal abrigado: Lameirão: Anisóclita 0,5 m, no Rocha/Corat-0,5m
Canal descoberto: Lameirão: Anisóclita 0,5 m, no Rocha/Corat-0,5m

Calcular

Área de seção transversal do canal: * 4879,5125 m²

Número de Fração de Profundidade - Não usar esta calculadora se maior que 0,7: * 0,41

Figura 8: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro.



3. CONCLUSÃO

Para $h = 16,05 \text{ m}$ e $V_s = 10 \text{ nós}$, sugere-se a adoção de 14,59 metros para calado máximo recomendado.

Elides Freitas de Jesus Júnior
 ELIDES FREITAS DE JESUS JÚNIOR

Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

CÁLCULO DO C_{nr}
RESULTADOS PARA $V_s = 12$ nós & $h = 16,05$ m

1. NAVIO PORTA-CONTÊINER

1.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{\nabla = 136985,08 \text{ m}^3}$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad \boxed{F_{nh} = 0,491980292}$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_1}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{A_b = 604,98 \text{ m}^2}$$

$$A_c = \frac{(W + W_{Top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad \boxed{A_c = 4979,51 \text{ m}^2}$$

Para determinar o fator de correção de *Huuska/Guliev* (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 1) ao valor de (h_T/h). O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 2).

Valores de entrada: $\boxed{A_b/A_c = 0,12}$ $\boxed{h_T/h = 0,4}$

Figura 1: Função Huuska/Guliev K_1 vs. S.

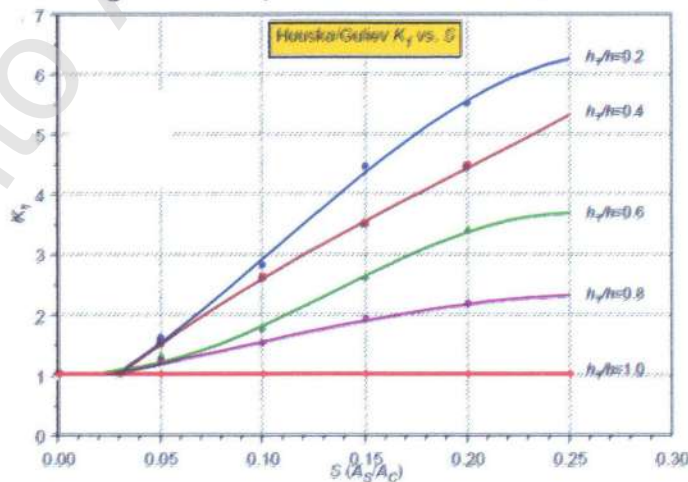


Figura 2: Tabela de medição de pontos
Huuska/Guliev.

| h_r/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_1 = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|--------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.9985 | 0.46 | 15.35 | 124.05 | -280.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 25.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9961 | 1.10 | -5.85 | 167.75 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9975 | 0.32 | 5.11 | 15.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_r/h = 0.2$ | $h_r/h = 0.4$ | $h_r/h = 0.6$ | $h_r/h = 0.8$ | $h_r/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.06 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 5.25 | 5.30 | 3.55 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_1 vs. S [Enggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_1 é: $K_1 = 2,986893982$

O que nos leva a: $S_1 = 0,040675736$ $K_S = 1,063034231$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,966911737 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Lq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 14,38 \text{ m}$$

1.2. Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \quad \Delta = 107317,07 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 1.1.

$$F_{nh} = 0,491980292$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 1.1.

$$A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,12$$

$$h_r/A_c = 0,4$$

$$K_l = 2,986893982$$

$$S_j = 0,040675736$$

$$K_s = 1,063034231$$

d) *Squat* Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,757499541 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQLiq + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,59 \text{ m}$$

1.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 3 e 4), obtendo-se o valor de 14,59 metros para o calado máximo.

Figura 3: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC.

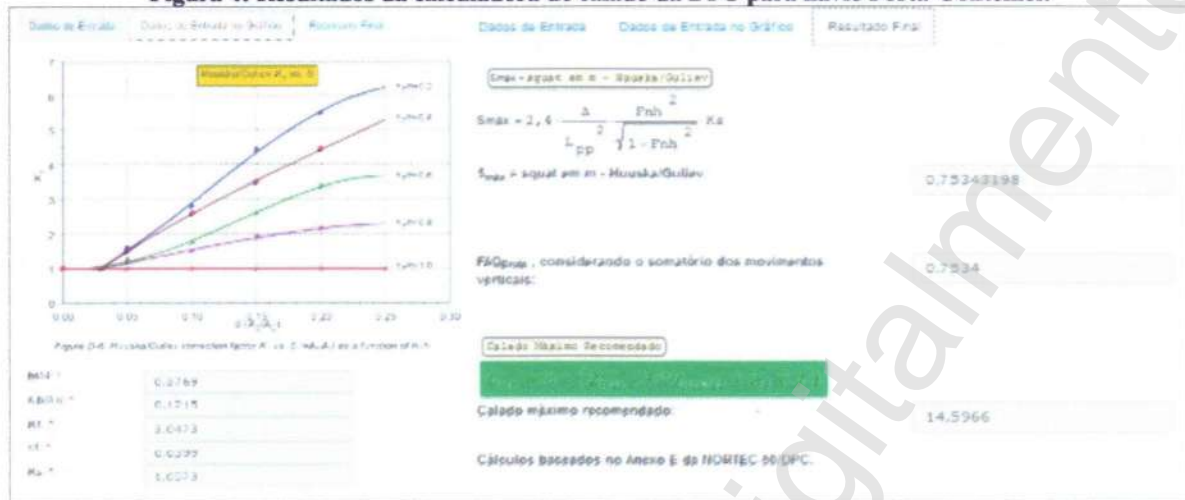
The screenshot shows a software interface for calculating draft. On the left, there are input fields for various parameters:

- Ta = Tolerância de sondagem considerada igual a previsão de sondagem: 0,10 m
- h = Profundidade ao nível de referência: 16,05 m
- v = Velocidade do navio em nós: 12,00 kmh
- L_{pp} = Comprimento de perpendicular: 317,00 m
- g_l = Itac: 0,00 m
- Z_{máx} = Movimento vertical das embarcações para ação das ondas: 0,00 m
- B = Boca do navio (m): 42,87 m
- h_c = Altura do talude: 6,05 m
- C_{máx} = Calado escorregado: 14,40 m
- DWT = deslocamento do navio no seu estado de projeto, em toneladas: 110.000,00 t
- ρ = densidade padrão de água do mar em toneladas por metro cúbico (ρ = 1,025 t/m³): 1,025 t/m³
- A_d = Assoreamento entre duas dragagens consecutivas ou prevista no ano: 0,20 m
- B₁ = Base maior do trapézio do canal: 390,50 m
- B₂ = Base menor do trapézio do canal: 230,00 m
- F_{Q_l} = nível a natureza do Fundo: Canal abrigado: L_{máx}: Arsalilgater 9,8 m; ou Boshao/Corab-0,6m; Canal desabrigado: L_{máx}: Arsalilgater 5,5 m; ou Boshao/Corab-1,0m

 At the bottom, the results are displayed:

- Área de seção transversal do canal: 4919,5125 m²
- Número de Fuzos de Profundidade: Não usar esta calculadora se maior que 5.7: 0,492

Figura 4: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner.



2. NAVIO GRANELEIRO

2.1. Pelo Método PIANC

- a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 83016,14 \text{ m}^3$$

- b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,491980292$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_1}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{Top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 5) ao valor de (h_T/h) . O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 6).

Valores de entrada:

$$A_b/A_c = 0,09$$

$$h_T/A_c = 0,4$$

Figura 5: Função Huuska/Guliev K_I vs. S .

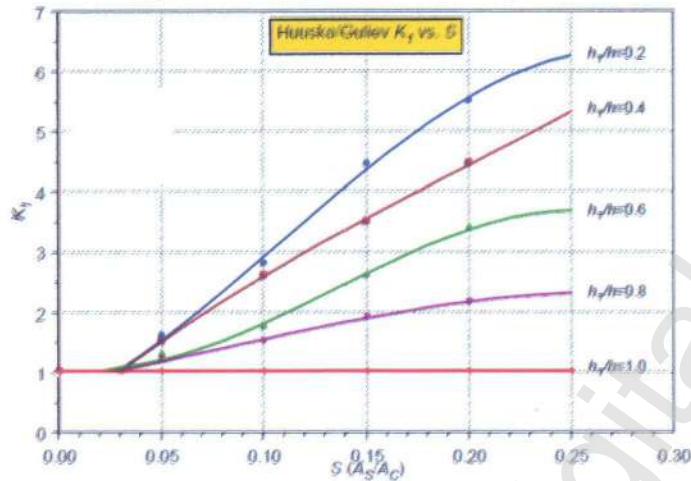


Figura 6: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev.

| h_r/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_I = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|--------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.9988 | 0.46 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 26.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9981 | 1.10 | -5.55 | 167.75 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9976 | 0.82 | 5.11 | 15.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_r/h = 0.2$ | $h_r/h = 0.4$ | $h_r/h = 0.6$ | $h_r/h = 0.8$ | $h_r/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.90 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.90 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 5.25 | 5.30 | 3.85 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3. Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_I vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é: $K_I = 2,410731773$

O que nos leva a: $S_I = 0,037912513$ $K_S = 1,042448219$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 1,215035287 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 14,13 \text{ m}$$

2.2. Pelo Método NORTEC

- a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \therefore \Delta = 78048,78 \text{ m}^3$$

- b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 2.1.

$$F_{nh} = 0,491980292$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 2.1.

$$A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = 4979,51 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,09$$

$$h_r/A_c = 0,4$$

$$K_j = 2,410731773$$

$$S_l = 0,037912513$$

$$K_s = 1,042448219$$

- d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 1,142332296 \text{ m}$$

- e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,21 \text{ m}$$

2.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 7 e 8), obtendo-se o valor de 14,21 metros para o calado máximo.

Figura 7: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC.

Dados de Entrada Dados de Entrada no Gráfico Resultado Final
 Cálculo do calado máximo recomendado para um canal dragado existente.
 T_p = Tolerância de contagem considerada igual a precisão da sondagem.
 h = Profundidade ao nível de rebouço.
 v = Velocidade do navio em nós.
 L_{pp} = Comprimento de perpendicular.
 B = Bm.
 Z_{nc} = Movimento vertical das embarcações pela ação das ondas.
 B = Bm do navio (m).
 h_c = Altura do calado.
 C_{max} = Calado carregado.
 DWT = deslocamento do navio no seu calado de projeto, em toneladas.
 ρ = densidade padrão da água do mar em toneladas por metro cúbico (= 1,025 t/m³).
 A_g = Acasamento entre duas dragagens consecutivas ou paralelas no ano.
 B₁ = Base maior do trapézio do canal.
 B₂ = Base menor do trapézio do canal.
 F_{Q_{max}} devido à natureza do fundo: Canal abrigado: Lama=0; Areia/argila= 0,4 m; ou Rocha/Coral=0,6m
 Canal desabrigado: Lama=0; Areia/argila= 0,8 m; ou Rocha/Coral=1,0m

| | |
|-----------|------------------|
| 0,10 | m |
| 16,05 | m |
| 12,00 | nós |
| 218,00 | m |
| 0,00 | m |
| 0,00 | m |
| 32,25 | m |
| 6,05 | m |
| 14,40 | m |
| 80.000,00 | t |
| 1,025 | t/m ³ |
| 0,20 | |
| 390,50 | |
| 230,00 | |
| 0,40 | |

Área de seção transversal do canal: 4979,5122 m²
 Número de Escalas de Profundidade - Não usar esta calculadora se maior que 67: 0,652

Figura 8: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro.



3. CONCLUSÃO

Para $h = 16,05$ m e $V_s = 12$ nós, sugere-se a adoção de 14,21 metros para calado máximo recomendado.


 ELIDES FREITAS DE JESUS JUNIOR
 Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

CÁLCULO DO C_{nr}
RESULTADOS PARA $V_s = 8$ nós & $h = 16,33$ m

1. NAVIO PORTA-CONTÊINER

1.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{\nabla = 136985,08 \text{ m}^3}$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad \boxed{F_{nh} = 0,325162813}$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot l}{A_c \cdot K_1}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{A_b = 604,98 \text{ m}^2}$$

$$A_c = \frac{(W + W_{Top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad \boxed{A_c = 5089,24 \text{ m}^2}$$

Para determinar o fator de correção de *Huuska/Guliev* (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 1) ao valor de (h_T/h). O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 2).

Valores de entrada:

$$\boxed{A_b/A_c = 0,12}$$

$$\boxed{h_T/A_c = 0,4}$$

Figura 1: Função Huuska/Guliev K_1 vs. S.

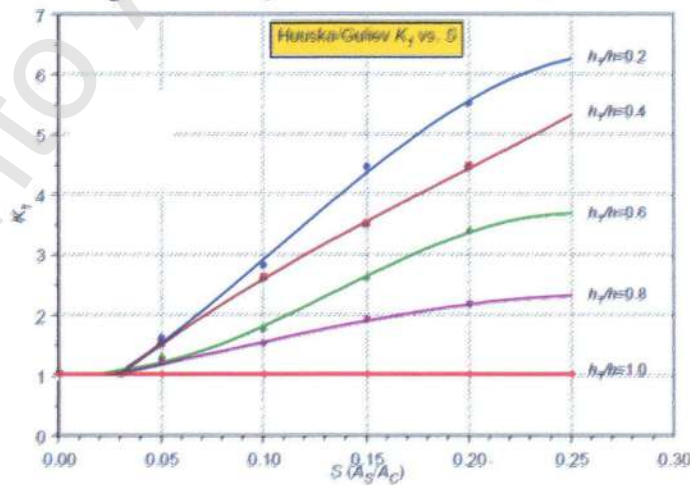


Figura 2: Tabela de medição de pontos
Huuska/Guliev.

| h _r /h | R ² | Polynomial Coefficients $K_1 = a_0 + a_1\beta + a_2\beta^2 + a_3\beta^3$ | | | |
|--|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 |
| 0.2 | 0.9996 | 0.46 | 15.85 | 124.06 | -390.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -63.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9991 | 1.19 | -8.55 | 167.76 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9976 | 0.82 | 6.11 | 16.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
| S | h _r /h = 0.2 | h _r /h = 0.4 | h _r /h = 0.6 | h _r /h = 0.8 | h _r /h = 1.0 |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.06 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.60 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.60 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 6.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 9.25 | 5.30 | 3.65 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska K_1 vs. S [Enggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_1 é: $K_1 = 2,939741158$

O que nos leva a: $S_l = 0,040437067$ $K_s = 1,061256146$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,388198484 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 15,24 \text{ m}$$

1.2. Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \quad \Delta = 107317,07 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 1.1.

$$F_{nh} = 0,325162813$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 1.1.

$$A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,12$$

$$h_r/A_c = 0,4$$

$$K_1 = 2,939741158$$

$$S_1 = 0,040437067$$

$$K_s = 1,061256146$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,304123078 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQLiq + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 15,33 \text{ m}$$

1.3. Calculadora de calado da DPC

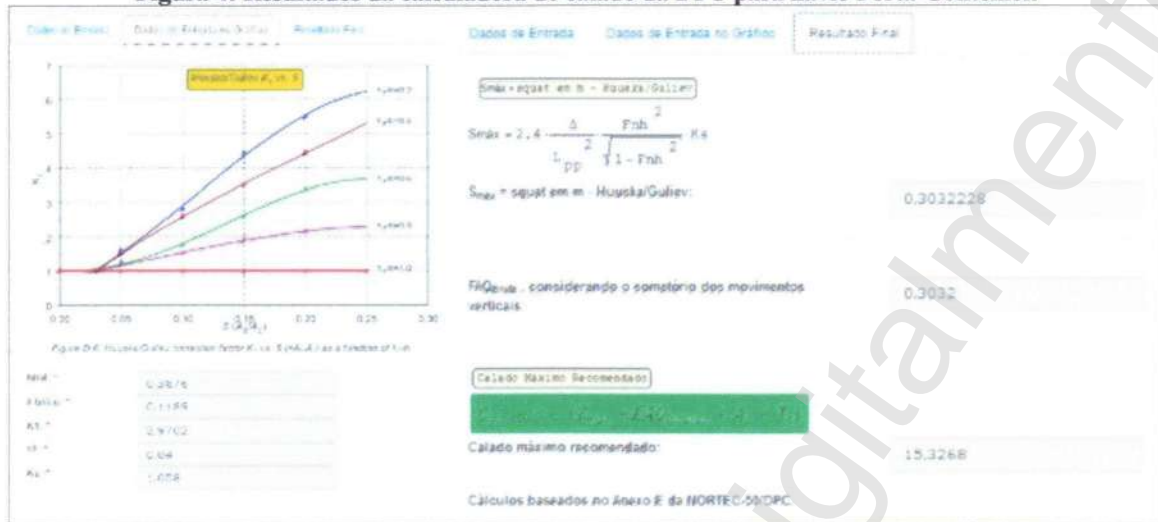
Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 3 e 4), obtendo-se o valor de 15,33 metros para o calado máximo.

Figura 3: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC.

The screenshot shows the 'Dados de Entrada' (Input Data) tab of the DPC draft calculator. The interface includes a list of input parameters on the left and their corresponding values on the right. The 'Calado' (Draft) field is highlighted with a yellow background and shows the value 15,33. Below the input fields, the 'Cálculo' (Calculate) button is visible. At the bottom, the 'Área de seção transversal do canal' (Cross-sectional area of the channel) is shown as 5069,2445 m², and the 'Número de Froude de Profundidade' (Froude number of depth) is 0,3252.

| Parâmetro | Valor | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| h | 16,33 | m |
| v | 8,00 | km/h |
| L _{pp} | 317,00 | m |
| Δ | 0,00 | m |
| Z _{máx} | 0,00 | m |
| B | 42,87 | m |
| h _c | 6,33 | m |
| C _{máx} | 14,40 | m |
| DWT | 110.000,00 | t |
| ρ | 1,025 | t/m³ |
| A _d | 0,20 | m |
| B ₁ | 393,30 | m |
| b ₁ | 230,00 | m |
| FRD _{0,9999} | 0,40 | |
| Área de seção transversal do canal | 5069,2445 | m² |
| Número de Froude de Profundidade | 0,3252 | |

Figura 4: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner.



2. NAVIO GRANELEIRO

2.1. Pelo Método PIANC

- a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 83016,14 \text{ m}^3$$

- b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,325162813$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases} \quad , \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_I}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_I), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 5) ao valor de (h_T/h). O fator K_I estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_I por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 6).

Valores de entrada: $A_b/A_c = 0,09$ $h_T/A_c = 0,4$

Figura 5: Função Huuska/Guliev K_I vs. S .

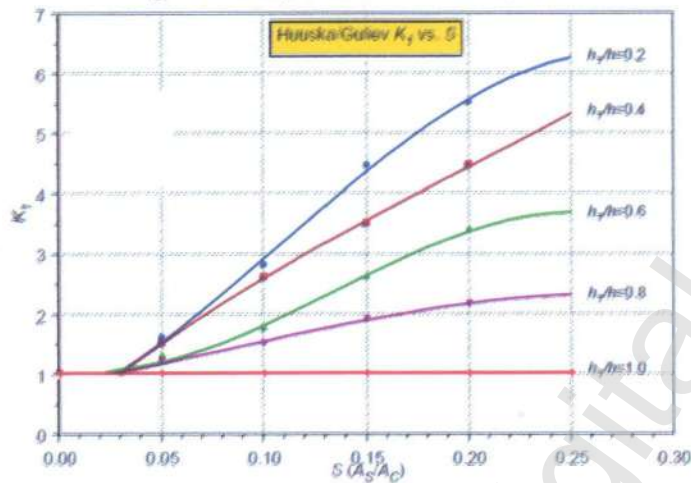


Figura 6: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev.

| h_r/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_I = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|---------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.99989 | 0.45 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -93.17 | 57.97 |
| 0.6 | 0.9981 | 1.10 | -5.55 | 157.75 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9975 | 0.82 | 5.11 | 15.90 | -70.85 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_r/h = 0.2$ | $h_r/h = 0.4$ | $h_r/h = 0.6$ | $h_r/h = 0.8$ | $h_r/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.60 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.85 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_I vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é: $K_I = 2,36737728$

O que nos leva a: $S_I = 0,037774393$ $K_S = 1,041419229$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,488150823 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 15,14 \text{ m}$$

2.2. Pelo Método NORTEC

- a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \therefore \Delta = 78048,78 \text{ m}^3$$

- b) Número de *Froude* de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 2.1.

$$F_{nh} = 0,325162813$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 2.1.

$$A_b = 455,11 \text{ m}^2 \quad A_c = 5089,24 \text{ m}^2 \quad A_b/A_c = 0,09 \quad h_t/A_c = 0,4$$

$$K_l = 2,36737728 \quad S_l = 0,037774393 \quad K_s = 1,041419229$$

- d) *Squat* Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,458941774 \text{ m}$$

- e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 15,17 \text{ m}$$

2.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 7 e 8), obtendo-se o valor de 15,17 metros para o calado máximo.

Figura 7: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC.

Dados de Entrada | Dados de Entrada no Gráfico | Resultado Final

Calculo do calado máximo recomendado para um canal projetado existente

T_s = Tolerância de sondagem considerada igual a posição de sondagem: * 0.10 m

h = Profundidade ao nível de sondagem: * 16.33 m

V_s = Velocidade do navio em nós: * 8.00 kn

L_{pp} = Comprimento de perpendicular: * 218.00 m

w = Sca: * 0.00 m

Zênit = Movimentos verticais das embarcações pela ação das ondas: *

B = Boca do navio (m): * 0.00 m

h_s = Altura do calado: * 32.25 m

Cross = Calado corrigido: *

DWT = deslocamento do navio no seu calado de projeto, em toneladas: * 80.000.00 t

ρ densidade padrão da água do mar em toneladas por metro cúbico ($\rho = 1.025$ t/m³): * 1.025 t/m³

Δd = Assentamento entre duas divergências consecutivas de prisma no ano: *

B_1 = Base maior do trapézio do canal: *

B_2 = Base menor do trapézio do canal: *

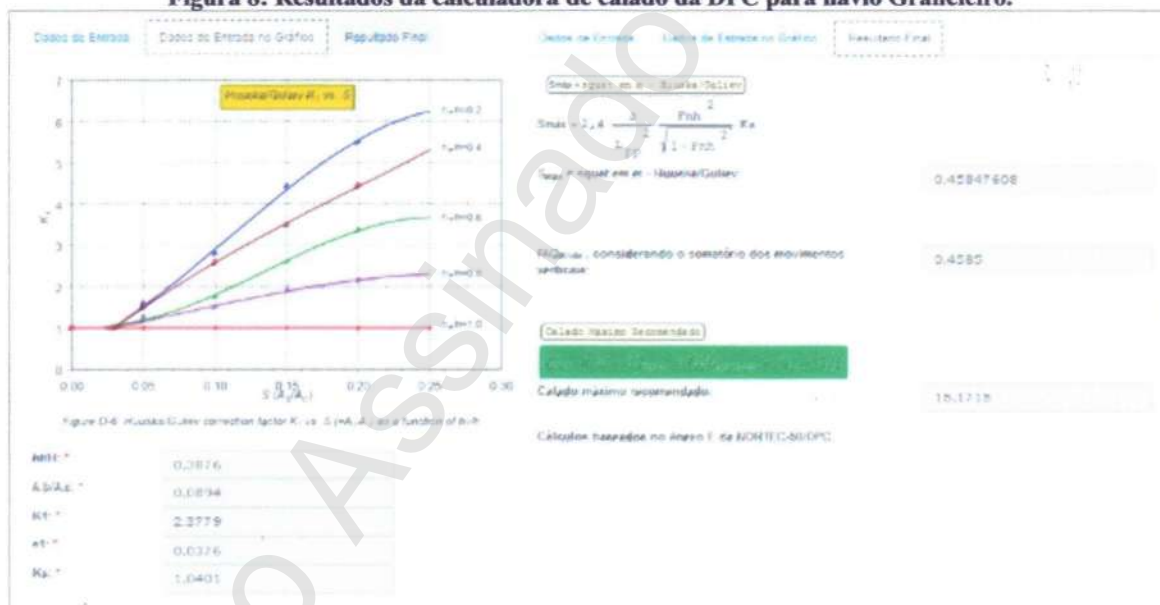
RQ_{1000} = declive à altura do Fundo: * Canal abrigado: Lamerfi; Assalgaritar 0.8 m; ou Rodas/Corral-0.6m
Canal desabrigado: Lamerfi; Assalgaritar 0.5 m; ou Rodas/Corral-0.6m

Calado: 5089.2845 m

Área de seção transversal do canal: 0.2252 m²

Número de Froude de Profundidade: Não usar esta calculadora se maior que 8.7

Figura 8: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro.



3. CONCLUSÃO

Para $h = 16,33$ m e $V_s = 8$ nós, sugere-se a adoção de 15,17 metros para calado máximo recomendado.

Elides Freitas de Jesus Júnior
ELIDES FREITAS DE JESUS JÚNIOR
 Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

CÁLCULO DO C_{mr}
RESULTADOS PARA $V_s = 10$ nós & $h = 16,33$ m

1. NAVIO PORTA-CONTÊINER

1.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{\nabla = 136985,08 \text{ m}^3}$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad \boxed{F_{nh} = 0,406453517}$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_1}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{A_b = 604,98 \text{ m}^2}$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad \boxed{A_c = 5089,24 \text{ m}^2}$$

Para determinar o fator de correção de *Huuska/Guliev* (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 1) ao valor de (h_T/h). O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 2).

Valores de entrada:

$$\boxed{A_b/A_c = 0,12}$$

$$\boxed{h_T/A_c = 0,4}$$

Figura 1: Função Huuska/Guliev K_1 vs. S.

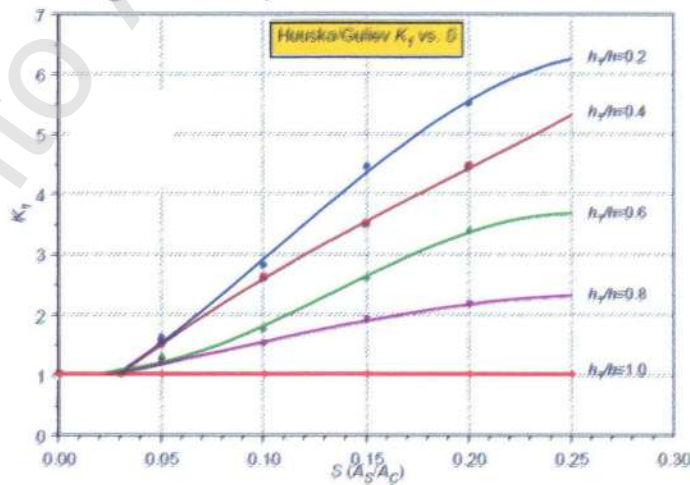


Figura 2: Tabela de medição de pontos
Huuska/Guliev.

| h _r /h | R ² | Polynomial Coefficients $K_1 = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|-------------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|
| | | a ₀ | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| 0.2 | 0.9995 | 0.45 | 15.55 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9981 | 1.10 | -9.55 | 167.75 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9975 | 0.82 | 6.11 | 16.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| S | h _r /h = 0.2 | h _r /h = 0.4 | h _r /h = 0.6 | h _r /h = 0.8 | h _r /h = 1.0 |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.60 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.60 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.55 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3. Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_1 vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_1 é: $K_1 = 2,939741158$

O que nos leva a: $S_1 = 0,040437067$ $K_s = 1,061256146$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,627795104 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 15,00 \text{ m}$$

1.2. Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \Delta = 107317,07 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 1.1.

$$F_{nh} = 0,406453517$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 1.1.

$$A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,12$$

$$h_r/A_c = 0,4$$

$$K_I = 2,939741158$$

$$S_I = 0,040437067$$

$$K_S = 1,061256146$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,491828246 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 15,14 \text{ m}$$

1.3. Calculadora de calado da DPC

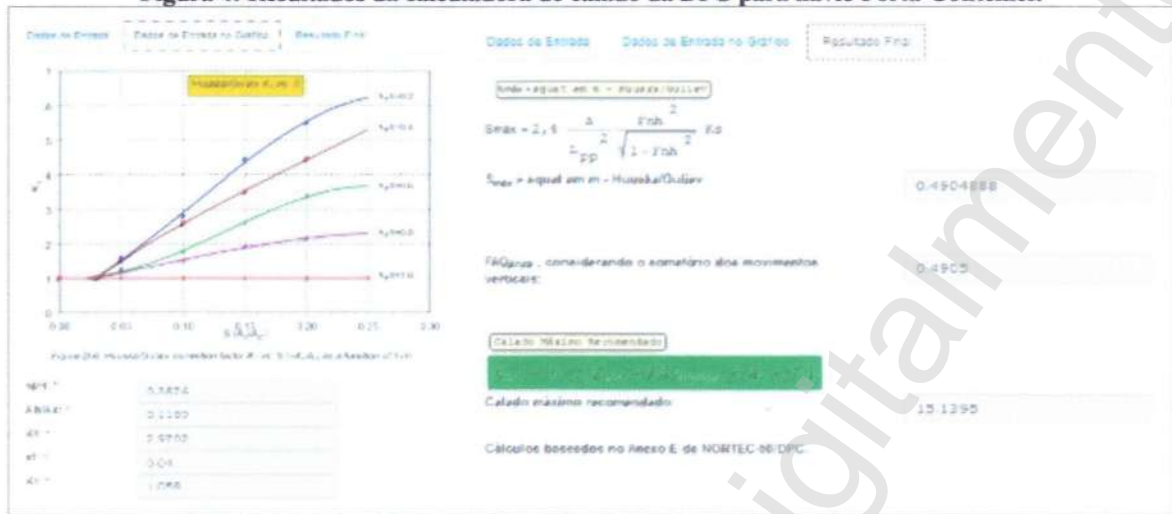
Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 3 e 4), obtendo-se o valor de 15,14 metros para o calado máximo.

Figura 3: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC.

The screenshot shows a software interface for calculating draft. It includes a sidebar with tabs: 'Dados de Entrada', 'Dados de Entrada no Gráfico', and 'Resultado Final'. The main area contains various input fields with labels and units, and a 'Calcular' button. The results are displayed at the bottom right.

| Input Field | Value | Unit |
|--|------------|------|
| Ta - Rotulagem de sondagem considerada igual à precisão de sondagem | 0.10 | m |
| h - Profundidade ao nível de sondagem | 16.33 | m |
| v - Velocidade do navio em nós | 10.00 | knh |
| L _{pp} - Comprimento de perpendicular | 317.00 | m |
| g ₀ - Gravidade | 0.00 | m |
| Z _{máx} - Movimentos verticais das embarcações pela ação das ondas | 0.00 | m |
| B - Boca do navio (m) | 42.87 | m |
| ht - Altura do tabule | 5.33 | m |
| C _{max} - Carga carregada | 14.40 | m |
| DWT - deslocamento do navio no seu calado de projeto, em toneladas | 110.000.00 | t |
| ρ - densidade padrão da água do mar em toneladas por metro cúbico (1 = 1,025 t/m³) | 1.025 | t/m³ |
| Δ - Alargamento entre duas dragagens consecutivas ou prevista no ano | 0.20 | m |
| B ₁ - Base maior do trapézio do canal | 393.30 | m |
| B ₂ - Base menor do trapézio do canal | 230.00 | m |
| FAQ _{líq} - desvio à natureza do fundo: Canal abrigado: Lama=0; Areia/argila=0,5 m; ou Rocha/Coral=0m | 0.40 | m |
| Resultado: Área de seção transversal do canal | 3089.2445 | m² |
| Resultado: Número de Froude de Profundidade - Não usar esta calculadora se maior que 0.7 | 0.4065 | |

Figura 4: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner.



2. NAVIO GRANELEIRO

2.1. Pelo Método PIANC

- a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 83016,14 \text{ m}^3$$

- b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,406453517$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_1}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 5) ao valor de (h_T/h). O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 6).

Valores de entrada:

$$A_b/A_c = 0,09$$

$$h_T/A_c = 0,4$$

Figura 5: Função Huuska/Guliev K_I vs. S .

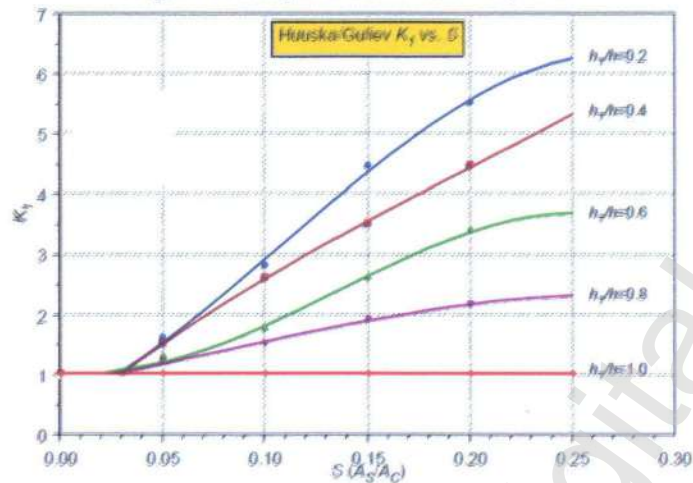


Figura 6: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev.

| h_r/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_I = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|---------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.99985 | 0.46 | 16.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -63.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9981 | 1.10 | -5.85 | 167.76 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9976 | 0.82 | 6.11 | 16.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C6 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_r/h = 0.2$ | $h_r/h = 0.4$ | $h_r/h = 0.6$ | $h_r/h = 0.8$ | $h_r/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.10 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.15 | 2.80 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.20 | 4.45 | 3.50 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.25 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.85 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_I vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é: $K_I = 2,36737728$

O que nos leva a: $S_I = 0,037774393$ $K_S = 1,041419229$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,789438159 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 14,84 \text{ m}$$

2.2. Pelo Método NORTEC

- a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \therefore \Delta = 78048,78 \text{ m}^3$$

- b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 2.1.

$$F_{nh} = 0,406453517$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 2.1.

$$A_b = 455,11 \text{ m}^2 \quad A_c = 5089,24 \text{ m}^2 \quad A_b/A_c = 0,09 \quad h_t/A_c = 0,4$$

$$K_l = 2,36737728 \quad S_l = 0,037774393 \quad K_s = 1,041419229$$

- d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,742201247 \text{ m}$$

- e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

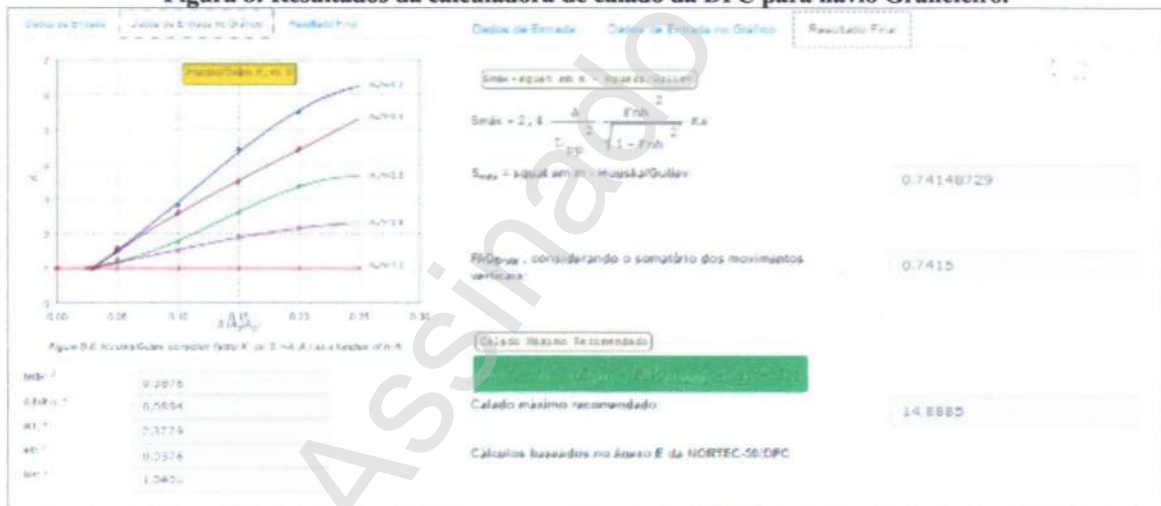
$$C_{mr} = 14,89 \text{ m}$$

2.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras Erro: Origem da referência não encontrada e 8), obtendo-se o valor de 14,89 metros para o calado máximo.

Figura 7: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC.

Figura 8: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro.



3. CONCLUSÃO

Para $h = 16,33$ m e $V_s = 10$ nós, sugere-se a adoção de 14,89 metros para calado máximo recomendado.


 ELIDES FREITAS DE JESUS JÚNIOR

Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

CÁLCULO DO C_{mr}
RESULTADOS PARA $V_s = 12$ nós & $h = 16,33$ m

1. NAVIO PORTA-CONTÊINER

1.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (∇)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{\nabla = 136985,08 \text{ m}^3}$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad \boxed{F_{nh} = 0,48774422}$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases}, \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot I}{A_c \cdot K_1}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \boxed{A_b = 604,98 \text{ m}^2}$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad \boxed{A_c = 5089,24 \text{ m}^2}$$

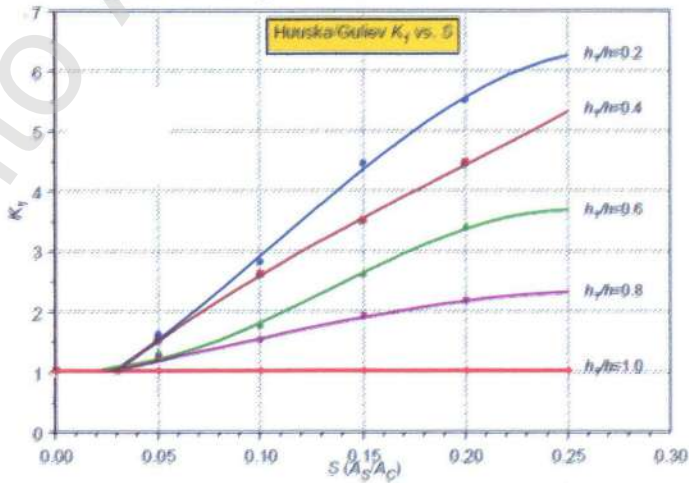
Para determinar o fator de correção de *Huuska/Guliev* (K_1), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 1) ao valor de (h_f/h). O fator K_1 estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_1 por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 2).

Valores de entrada:

$$\boxed{A_b/A_c = 0,12}$$

$$\boxed{h_f/A_c = 0,4}$$

Figura 1: Função Huuska/Guliev K_1 vs. S.



**Figura 2: Tabela de medição de pontos
Huuska/Guliev.**

| h _v /h | R ² | Polynomial Coefficients $K_s = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|--|-------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | a ₀ | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| 0.2 | 0.9985 | 0.46 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -83.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9961 | 1.10 | -9.55 | 167.76 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9975 | 0.82 | 5.11 | 15.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
| S | h _v /h = 0.2 | h _v /h = 0.4 | h _v /h = 0.6 | h _v /h = 0.8 | h _v /h = 1.0 |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.06 | 1.60 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.80 | 2.60 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.90 | 2.50 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.90 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 6.25 | 5.30 | 3.65 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3. Least square fit coefficients and measured points for Huuska' K_s vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é: $K_I = 2,939741158$

O que nos leva a: $S_I = 0,040437067$ $K_S = 1,061256146$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,946156347 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQL_{iq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 14,68 \text{ m}$$

1.2. Pelo Método NORTEC

a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \quad \therefore \Delta = 107317,07 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 1.1.

$$F_{nh} = 0,48774422$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 1.1.

$$A_b = 604,98 \text{ m}^2$$

$$A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,12$$

$$h_T/A_c = 0,4$$

$$K_I = 2,939741158$$

$$S_I = 0,040437067$$

$$K_S = 1,061256146$$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,74123932 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQLiq + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,89 \text{ m}$$

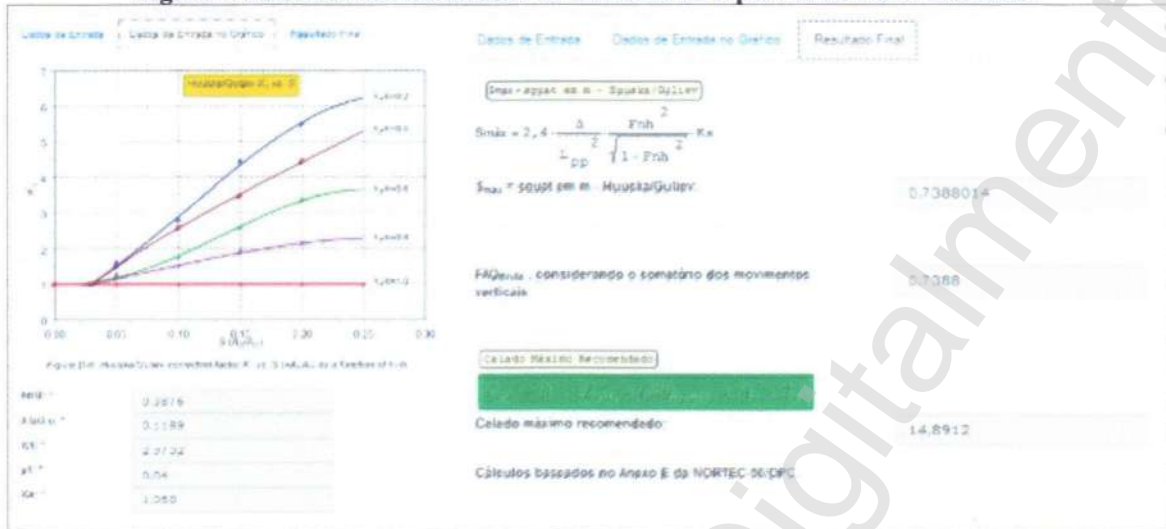
1.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 3 e 4), obtendo-se o valor de 14,89 metros para o calado máximo.

Figura 3: Inserção de dados do navio Porta-Contêiner na calculadora de calado da DPC.

The screenshot shows a software interface for calculating draft. It includes several input fields with values: 0.10, 16.33, 12.00, 317.00, 0.00, 0.00, 42.87, 6.33, 14.40, 110.000.00, 1.025, 0.20, 393.30, 230.00, 0.40. A blue signature is visible on the right side of the image.

Figura 4: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Porta-Contêiner.



2. NAVIO GRANELEIRO

2.1. Pelo Método PIANC

a) Deslocamento volumétrico (V)

$$\nabla = C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad \nabla = 83016,14 \text{ m}^3$$

b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

$$F_{nh} = \frac{V_s}{(g \cdot h)^{1/2}}, \text{ sendo } g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \quad F_{nh} = 0,48774422$$

c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

$$K_s = \begin{cases} 7,45 \cdot S_1 + 0,76 & S_1 > 0,032 \\ 1 & S_1 \leq 0,032 \end{cases} \quad , \text{ sendo } S_1 = \frac{A_b \cdot l}{A_c \cdot K_l}$$

$$A_b = 0,98 \cdot B \cdot T \quad \therefore \quad A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{(W + W_{top}) \cdot h}{2} \quad \therefore \quad A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

Para determinar o fator de correção de Huuska/Guliev (K_l), cruzamos o valor de (A_b/A_c) com a função correspondente (Figura 5) ao valor de (h_T/h). O fator K_l estará no eixo das ordenadas. Também pode-se obter K_l por meio de interpolação linear dos valores apresentados na tabela de medição de pontos (Figura 6).

Valores de entrada:

$$\frac{A_b}{A_c} = 0,09$$

$$\frac{h_T}{A_c} = 0,4$$

Figura 5: Função Huuska/Guliev K_I vs. S .

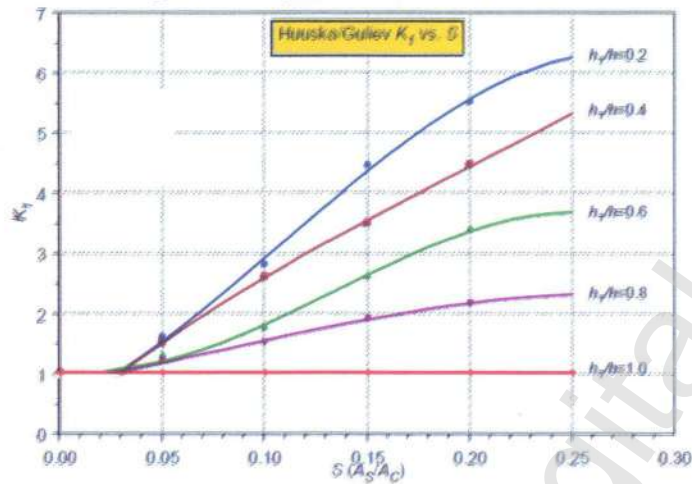


Figura 6: Tabela de medição de pontos Huuska/Guliev.

| h_1/h | R^2 | Polynomial Coefficients $K_I = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ | | | |
|---------|--------|---|-------|--------|---------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| 0.2 | 0.9988 | 0.45 | 15.85 | 124.06 | -380.04 |
| 0.4 | 0.9998 | 0.21 | 28.20 | -53.17 | 87.97 |
| 0.6 | 0.9961 | 1.10 | -5.55 | 167.75 | -417.72 |
| 0.8 | 0.9975 | 0.82 | 6.11 | 16.90 | -70.86 |
| 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| Measured points from Huuska's Figure C5 (PIANC 1997) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| S | $h_1/h = 0.2$ | $h_1/h = 0.4$ | $h_1/h = 0.6$ | $h_1/h = 0.8$ | $h_1/h = 1.0$ |
| 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.05 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.00 |
| 0.10 | 2.50 | 2.50 | 1.75 | 1.50 | 1.00 |
| 0.15 | 4.45 | 3.50 | 2.40 | 1.90 | 1.00 |
| 0.20 | 5.50 | 4.45 | 3.40 | 2.15 | 1.00 |
| 0.25 | 5.25 | 5.30 | 3.55 | 2.30 | 1.00 |

Table D-3: Least square fit coefficients and measured points for Huuska's K_I vs. S [Briggs 2006, 2013]

Fonte: PIANC Report No. 121-2014, Harbour Approach Channels.

Logo, o valor encontrado para K_I é: $K_I = 2,36737728$

O que nos leva a: $S_I = 0,037774393$ $K_S = 1,041419229$

d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\nabla \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_S \quad \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 1,189770228 \text{ m}$$

e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

\therefore

$$C_{mr} = 14,44 \text{ m}$$

2.2. Pelo Método NORTEC

- a) Volume deslocado pelo navio (Δ)

$$\Delta = DWT/\rho_{sw}, \text{ admitindo } \rho_{sw} = 1,025 \text{ t/m}^3 \therefore \Delta = 78048,78 \text{ m}^3$$

- b) Número de Froude de profundidade (F_{nh})

Como F_{nh} não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea b, do subitem 2.1.

$$F_{nh} = 0,48774422$$

- c) Fator de correção para o formato do canal (K_s)

Como K_s não depende de Δ , o resultado encontrado será o mesmo que o apresentado na alínea c, do subitem 2.1.

$$A_b = 455,11 \text{ m}^2$$

$$A_c = 5089,24 \text{ m}^2$$

$$A_b/A_c = 0,09$$

$$h_t/A_c = 0,4$$

$$K_f = 2,36737728$$

$$S_f = 0,037774393$$

$$K_s = 1,041419229$$

- d) Squat Máximo ($S_{m\acute{a}x}$)

$$S_{m\acute{a}x} = 2,4 \cdot \frac{\Delta \cdot F_{nh}^2}{L_{pp}^2 \cdot (1 - F_{nh}^2)^{1/2}} \cdot K_s \therefore$$

$$S_{m\acute{a}x} = 1,118579 \text{ m}$$

- e) Calado Máximo Recomendado (C_{mr})

$$C_{mr} = h - (S_{m\acute{a}x} + Z_{m\acute{a}x} + FAQ_{Liq} + A_d + T_s)$$

$$C_{mr} = 14,51 \text{ m}$$

2.3. Calculadora de calado da DPC

Como prova real, a calculadora de calado da DPC nos fornece os mesmos resultados apresentados no método NORTEC (figuras 7 e 8), obtendo-se o valor de 14,51 metros para o calado máximo.

Figura 7: Inserção de dados do navio Graneleiro na calculadora de calado da DPC.

Dados de Entrada

Calculo de calado máximo recomendado para um canal dragado existente

Ta = Tolerância da sondagem considerada igual a precisão da sondagem: * 0.40 m

h = Profundidade ao nível de referência: * 16.33 m

V = Velocidade do navio em nós: * 12.00 nós

Lpp = Comprimento de proa perpendicular: * 218.00 m

d = Sinc: * 0.00 m

Zona = Movimentos verticais das embarcações pela ação dos profis: * 0.00 m

B = Boca do navio em: * 32.25 m

ht = Altura do talude: * 6.33 m

Canal = Calado sarregado: * 14.40 m

DWT = Deslocamento do navio no seu estado de projeto, em toneladas: * 80.000.00 t

S densidade padrão da água do mar em toneladas por metro cúbico (= 1,025 t/m³): * 1.025 t/m³

A d = Acomodamento entre duas dragagens consecutivas ou prevista em ano: * 0.20 m

B 1 = Base maior do trapézio do canal: * 293.30 m

B 2 = Base menor do trapézio do canal: * 230.00 m

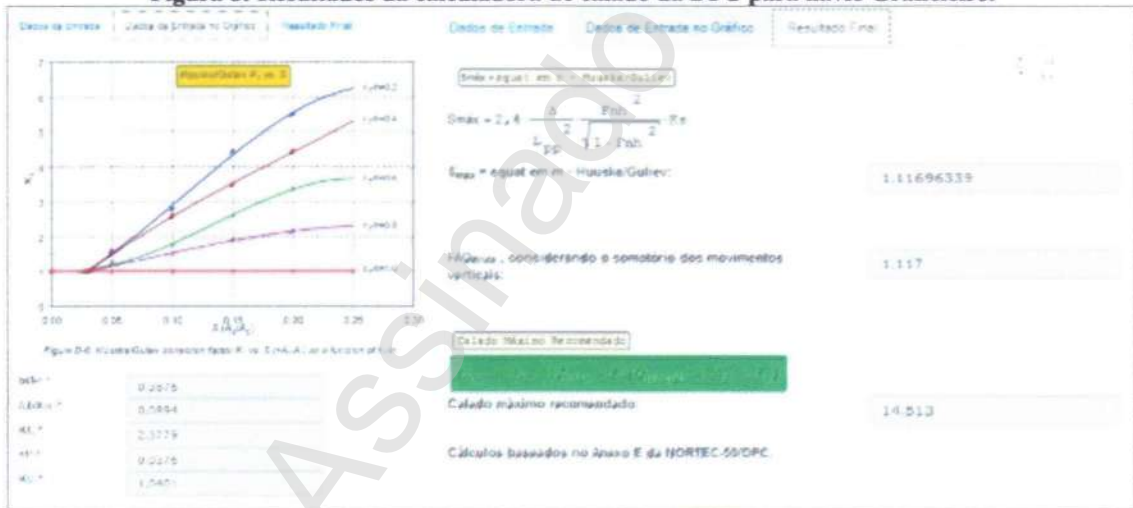
FAQ_{super} = devido à natureza do Fundo: * Canal atirado: 1,4m; Arizal/gilal: 0,4 m; ou Bostan/Coral: 0,4m
Canal desatirado: 1,4m; Arizal/gilal: 0,5 m; ou Bostan/Coral: 1,5m

Resultado Final

Calado máximo recomendado: 14.51 m

Calado máximo recomendado: 14.51 m

Figura 8: Resultados da calculadora de calado da DPC para navio Graneleiro.



3. CONCLUSÃO

Para $h = 16,33$ m e $V_s = 12$ nós, sugere-se a adoção de 14,51 metros para calado máximo recomendado.

Elides Freitas de Jesus Júnior
ELIDES FREITAS DE JESUS JÚNIOR
 Capitão de Corveta

Chefe do Depto. de Segurança do Tráfego Aquaviário

ANEXO II



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA

LICENÇA DE OPERAÇÃO N° 03/1997 - 3° RENOVAÇÃO

A PRESIDENTE DO INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, nomeada por Decreto de 02 de junho de 2016, publicado no Diário Oficial da União de 03 de junho de 2016, no uso das atribuições que lhe conferem o art. 23, parágrafo único, inciso V do Decreto n° 8.973, de 24 de janeiro de 2017, que aprovou a Estrutura Regimental do IBAMA, e entrou em vigor no dia 21 de fevereiro de 2017; **RESOLVE:**

Expedir a presente Licença de Operação à:

EMPRESA: SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO RIO GRANDE

CNPJ: 01.039.203/0001-54

CTF: 787.220

ENDEREÇO: AV. HONÓRIO BICALHO S/N° - CENTRO

CEP: 96201-020

CIDADE: RIO GRANDE

UF: RS

TELEFONE: (053) 3231-1366 **FAX:** (053) 3231-1857

REGISTRO NO IBAMA: Processo N° 02023.002079/96-78


O objeto desta licença refere-se à operação do Porto Organizado de Rio Grande, estabelecido pelo Decreto Presidencial de 25 de julho de 2005, compreendendo as instalações portuárias terrestres situadas nos Municípios de Rio Grande e São José do Norte, tais como cais, docas, píeres, armazéns, pátios, edificações em geral, vias e passeios, e terrenos ao longo das faixas marginais, abrangidos pela poligonal da área do porto organizado e destinados a atividade portuária, a infraestrutura de proteção e acessos aquaviários (canal de acesso, a bacia de evolução, a área de fundeio interna ao Porto de Rio Grande e os molhes leste e oeste), bem como as operações de dragagem de manutenção do canal de navegação, bacias de evolução, berços de atracação e respectivas áreas de acesso.

Esta Licença de Operação é válida pelo período de 10 (dez) anos, a partir da data de sua emissão, observadas as condições discriminadas neste documento e nos demais anexos constantes do processo que, embora não transcritos, são partes integrantes deste licenciamento ambiental.

Data da emissão: 10/01/97

Brasília, DF

29 JUN 2018


SUELY ARAÚJO
Presidente do IBAMA

CONDIÇÕES DE VALIDADE DA LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº 03/1997 -

3º RENOVAÇÃO

1. Condições Gerais:

1.1 Esta Licença de Operação deverá ser publicada conforme o disposto no § 1º, do Art. 10, da Lei nº 6.938/1981 e na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 006/1986, sendo que as cópias das publicações deverão ser encaminhadas ao IBAMA;

1.2 O IBAMA, mediante decisão motivada, poderá modificar as condicionantes, medidas de controle e adequação, bem como suspender ou cancelar esta licença, caso ocorra:

- Omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição desta licença;
- Graves riscos ambientais e de saúde;
- Violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais.

1.3 A presente licença ambiental não dispensa, tampouco substitui aprovações, autorizações ou licenças exigidas por outros órgãos reguladores;

1.4 Qualquer alteração das especificações do projeto ou da finalidade do empreendimento deverá ser precedida de anuência do IBAMA;

1.5 a Superintendência do Porto Rio Grande é a única responsável perante o Ibama no atendimento às condicionantes postuladas nesta licença de Operação;

1.6 Deverá constar no escopo de todo material usado no âmbito dos Programas Ambientais e/ou fixado em local visível, informação para esclarecimento público de que tais ações fazem parte de condicionante de validade da licença ambiental exigida pelo Ibama;

1.7 Conforme art. 6º da Instrução Normativa do Ibama nº 15, de 06 de outubro de 2014, os acidentes ambientais deverão ser comunicados via Sistema Nacional de Emergências Ambientais – Siema, imediatamente após o ocorrido, independente das medidas tomadas para seu controle. Esse sistema está disponível na página da Emergência Ambiental do Ibama, e pode ser acessado no link: <http://www.ibama.gov.br/emergencias-ambientais>;

1.7.1 em até 30 (trinta) dias após a ocorrência do acidente ambiental, deverá ser protocolado na Coordenação Geral de Emergências Ambientais (CGEMA) e na Coordenação de Licenciamento Ambiental de Portos, Pesquisa Sísmica Marítima e Estruturas Marítimas (COMAR) o Relatório de Atendimento a Acidentes Ambientais, contendo, no mínimo: (i) caracterização da área afetada devidamente georreferenciada; (ii) danos ambientais e/ou à saúde; (iii) descrição detalhada das medidas de intervenção implementadas e a eficiência obtida; (iv) proposta de encaminhamentos a serem adotados, com cronograma (investigação confirmatória/detalhada, avaliação de risco, monitoramento, e demais medidas de intervenção e gerenciamento);

1.7.2 O Ibama poderá solicitar, a qualquer momento, a realização de simulado para atendimento a emergências ambientais, de acordo com os cenários acidentais apresentados nos planos de emergência aprovados por este Instituto.

1.8 A renovação desta Licença deverá ser requerida num prazo mínimo de 120 (cento e vinte) dias, antes do término de sua validade.

CONDIÇÕES DE VALIDADE DA LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº 03/1997 -

3º RENOVAÇÃO (Continuação)

2. Condições Específicas:

- 2.1 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, versão consolidada do PBA, contemplando todos os programas de monitoramento ambiental contemplados nesta LO, considerando os ajustes aprovados pelo Ibama nos pareceres de avaliação;
- 2.2 Apresentar relatórios anuais referentes aos programas ambientais explicitados nas condicionantes desta licença. O período de consolidação a ser considerado é de janeiro a dezembro de cada ano, devendo o relatório anual ser entregue no primeiro trimestre do ano subsequente. Os relatórios deverão considerar as séries históricas, quando couber.
- 2.2 Executar Programa de Monitoramento da Qualidade da Água;
- 2.3 Executar Programa de Monitoramento da Qualidade do Sedimento;
- 2.4 Executar Programa de Monitoramento do Sítio de Despejo e Área Adjacente (Projeto SiMCosta);
- 2.5 Executar Mapeamento e Delimitação do Bolsão de Lama Acumulado na porção subaquosa da praia do Cassino;
- 2.6 Executar Programa de Monitoramento de Evolução da Linha de Costa;
- 2.7 Executar Programa de Monitoramento de Ruídos e Vibrações;
- 2.8 Executar Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar;
- 2.9 Executar Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
- 2.10 Executar Programa de Monitoramento de Efluentes;
- 2.11 Executar Programa de Regularização de Passivos Ambientais;
- 2.12 Executar Programa de Monitoramento de Comunidade Planctônica;
- 2.13 Executar Programa de Monitoramento do Camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) e Salinidade no Estuário da Lagoa dos Patos;
- 2.14 Executar Programa de Monitoramento e Conservação da Comunidade Bentônica;
- 2.15 Executar Programa de Monitoramento e Conservação da Ictiofauna;
- 2.16 Executar Programa de Monitoramento e Conservação de Ornitofauna;
- 2.17 Executar Programa de Monitoramento de Bioacumulação de Metais Pesados e Microcontaminantes Orgânicos;
- 2.18 Executar Programa de Monitoramento e Conservação de Cetáceos;
- 2.19 Executar Programa de Monitoramento e Conservação dos Pinípedes;
- 2.20 Executar Programa de Monitoramento e Controle de Fauna Sinantrópica Nociva (Vetores e Reservatórios), desenvolvidas em cumprimento à RDC Anvisa nº 72/2009;



CONDIÇÕES DE VALIDADE DA LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº 03/1997

3º RENOVAÇÃO (Continuação)

2.21 Executar Programa de Educação Ambiental. O programa deverá seguir a Instrução Normativa nº02/2012 e a Nota Técnica nº39/2011 COPAH/DILIC/IBAMA.

2.21.1 Realizar o Diagnóstico Participativo (DSAP) visando atendimento das Linhas de Ação expostas nas normativas do Ibama. O diagnóstico deve ser entregue junto ao relatório referente ao ano de 2018 (até 31 março de 2019);

2.22 Executar Programa de Comunicação Social. Todos os materiais de divulgação deverão apresentar a informação de que ações do Porto se refere ao atendimento das condicionantes ambientais conforme Instrução Normativa nº02/2012 do Ibama;

2.22.1. O canal de comunicação de ouvidoria gratuito (0800) deverá ser criado em até 180 (cento e oitenta) dias e deverá ser apresentado material e estratégia de divulgação do mesmo aos moradores afetados;

2.22.2. Os materiais informativos sobre as dragagens e segurança, e a estratégia de divulgação destes deverão ser apresentados com antecedência mínima de 30 dias da ocorrência da dragagem;

2.23 Executar Programa de Regularização Fundiária e apresentar dados relativos a situação atual das obras e da transferência das famílias, cronograma da transferência das demais famílias, avaliação das ações realizadas até o momento bem como a proposta de ações futuras com inclusão de medidas mitigatórias;

2.24 Executar Programa de Gerenciamento de Tráfego de modo contínuo. Deverão ser apresentadas ações de mitigação, com as especificações dos responsáveis técnicos e cronograma de atividades.

2.25 Executar Programa Patrimônio Industrial de Capão Leão e as tratativas acordadas com o órgão competente IPHAN deverão ser encaminhadas ao Ibama.

2.26 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, o Estudo de Análise de Risco Ambiental /EAR, o Programa de Gerenciamento de Riscos/PGR e o Plano de Ação de Emergência/PAE, conforme Parecer Técnico nº 4/2018-NUPAEM-SC/DITEC-SC/SUPES-SC e respectivos termos de referência do Ibama;

2.27 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, revisão do Plano de Emergência Individual (PEI), conforme Parecer Técnico nº 1378/2016-11 CPREV/IBAMA;

2.28 Executar, em até 180 (cento e oitenta) dias, pavimentação da área do pátio Gota e demais pátios públicos do Porto, contemplando a instalação de sistema de drenagem e caixas de retenção de sólidos nos pontos de escoamento para o estuário, conforme Parecer Técnico nº 50/2017-COMAR/CGMAC/DILIC;

2.29 Dar continuidade ao plano de gestão da área denominada "Pátio das Ferrovias", e executar, em até 180 (cento e oitenta) dias, o isolamento completo do terreno por meio da instalação de muros;

2.30 Executar, em até 180 (cento e oitenta) dias, a remoção dos tanques de combustível da antiga área de abastecimento do Porto de Rio Grande e realizar análises químicas da água e de solo;

2.31 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, estudo de viabilidade ambiental e logística, projeto e cronograma para implantação de uma área destinada ao estacionamento de veículos pesados para atendimento da demanda do Porto Organizado de Rio Grande, priorizando áreas no interior da poligonal;

2.32 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, cronograma para desativação da área adjacente ao pátio Gota utilizada como estacionamento de veículos pesados, contemplando soluções que minimizem os impactos durante este uso temporário;

CONDIÇÕES DE VALIDADE DA LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº 03/1997

3º RENOVAÇÃO (Continuação)

2.33 Apresentar, a cada 2 (dois) anos, o relatório de auditoria ambiental e o plano de ação, em conformidade com a Lei nº 9966/00, Resoluções CONAMA nº 306/02 e 381/06, e Portarias MMA nº 319/03, 353/05 e 192/11, e alterações;

2.34 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, relatório das ações executadas para o atendimento das não conformidades identificadas no relatório da auditoria ambiental referente ao ano de 2016;

2.35 Apresentar levantamento de uso da área pelas tartarugas marinhas, incluindo mapeamento das áreas de alimentação conforme Parecer Técnico nº 50/2017-COMAR/CGMAC/DILIC;

2.36 A solicitação para a realização das dragagens de manutenção deverá ser apresentada na forma de Plano Conceitual de Dragagem, em conformidade com o disposto na Resolução Conama nº 454/2012. Após a definição dos estudos locais para a área de disposição oceânica e janela ambiental, poderá ser estabelecido plano conceitual de dragagem de manutenção para o período de validade desta licença;

2.37 Quando da realização de dragagens, deverá ser executado o “Programa de monitoramento da dragagem a partir dos sensores da draga”, a ser entregue em periodicidade mensal, conforme Termo de Referência constante no Parecer Técnico nº 29/2017-COMAR/CGMAC/DILIC, enquanto durar a atividade.

2.38 Apresentar estudo de alternativas locais para a definição de novo(s) sítio(s) de disposição para os sedimentos proveniente das dragagens realizadas pelo Porto, conforme Parecer Técnico nº 50/2017-COMAR/CGMAC/DILIC, a ser aprovado por este Instituto previamente à realização das próximas dragagens;

2.39 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, levantamento de áreas potenciais para o reaproveitamento benéfico de sedimentos das futuras dragagens do Porto;

2.40 Apresentar em até 180 (cento e oitenta) dias, projeto para contenção da erosão na margem oeste do canal de acesso ao Porto de Rio Grande, priorizando a utilização de sedimentos de dragagem;

2.41 Apresentar, em até 180 (cento e oitenta) dias, proposta de janela ambiental para as dragagens de manutenção, contemplando critérios logístico-portuários, econômicos, físicos, bióticos e sociais, indicando os períodos favoráveis à realização destas intervenções, a ser aprovado por este Instituto previamente à realização das próximas dragagens.

M M A

 5/5

Documento Assinado Digitalmente

ANEXO III

NOTA TÉCNICA Nº 05/2020¹**Rio Grande, 18 de setembro de 2020.****Assunto:** Calado Máximo canal de acesso interno do Porto do Rio Grande.

A obra de dragagem de manutenção do Porto do Rio Grande foi realizada no período de 29 de outubro de 2018 a 26 de janeiro de 2020, pelo consórcio formado pelas empresas líderes no mercado de dragagem, *Jan De Nul do Brasil Dragagem Ltda* e *Dragabrás Serviços de Dragagem Ltda*.

A obra foi executada através do Contrato SEP/PR nº24/2015 celebrado no âmbito do PNDII (Plano Nacional de Dragagens Portuárias II).

Projeto de dragagem de manutenção.

O acesso de navios ao Porto do Rio Grande é realizado através do canal principal de navegação, que possui uma extensão aproximada de 30 km. O projeto de dragagem de manutenção foi elaborado visando reestabelecer as profundidades (Tabela 01) dos canais de acesso ao Porto atingidas após a dragagem de aprofundamento realizada no âmbito do PND I (Tabela 1) no ano de 2009/2010.

| Tabela 1 – Dimensões dos canais do Porto do Rio Grande. | | | |
|--|-------------------------|--------------------|---------------|
| Área | Profundidade (m) | Largura (m) | Talude |
| Canal Externo | -18,0 | 300 | 1:5 |
| Canal Interno | -16,0 | 230 | 1:5 |
| Canal e berço Porto Novo | -10,5 | 210 | 1:5 |

¹ Diretor Henrique Horn Ilha – DQSMS/SUPRG; Msc Biol. Katryana Camila Madeira – Setor Técnico DQSMS/SUPRG.

Navios-tipo.

O projeto executado de dragagem de manutenção manteve as características dos navios-tipo projetado no âmbito no PNDI² (Tabela 2).

Tabela 2 – Características navios-tipo.

| Navio | Loa (m) | Lpp (m) | B (m) | T (m) | Cb (m) ² | DWT (t) ³ |
|-----------------|---------|---------|-------|-------|---------------------|----------------------|
| Porta-Contêiner | 334 | 317 | 42.87 | 14.40 | 0.70 | 110.000 |
| Graneleito3 | 229 | 218 | 32.25 | 14.40 | 0.82 | 80.000 |

Canal Interno de acesso.

O canal interno de acesso ao Porto do Rio Grande é qualificado³ como:

- Abrigado, localizado em ambiente relativamente protegido das ondas e do mar, com período significativo de ondas abaixo de 6 segundos; e
- Restrito (restrição lateral de canal dragado), apresentando margens imersas e secção transversal em formato trapezoidal.

O projeto executivo para o este trecho canal interno previa cotas contratuais de dragagem de dragagem que se igualem a profundidade de projeto (16 metros), mas meio metro, compensando um assoreamento futuro e, além meio metro, uma tolerância adicional de 20 centímetros no orçamento da obra resultando numa profundidade mínima de dragagem de 16.50 metros.

Levantamento Hidrográfico.

Com o objetivo de subsidiar a atualização da carta náutica e consequentemente alterar os padrões operacionais do Porto, um levantamento hidrográfico (LH) categoria A foi realizado pós-dragagem de manutenção.

Durante a análise dos resultados do LH foi observado uma profundidade de 16.05 metros na posição 32°08'57"S / 052°05'51"W⁴. Tal profundidade encontrava-se no meio do canal interno de acesso rodeada por outras profundidades de maiores valores (Figura 2).

² RT-01/2020 – Cálculo do calado máximo recomendado canal de acesso ao Porto do Rio Grande.

³ Idem 2.

⁴ Idem 2.



Figura 2 – Mínima profundidade encontrada no canal interno de acesso.

Para sanar as dúvidas geradas por este ponto alto foram realizadas investigações mais detalhadas na área (Figura 3). Os resultados mostraram que o ponto alto era apenas um pneu.

Uma missão de busca e recuperação foi montada e o pneu recuperado (Figura 4) e posteriormente doado para o CCMAR.

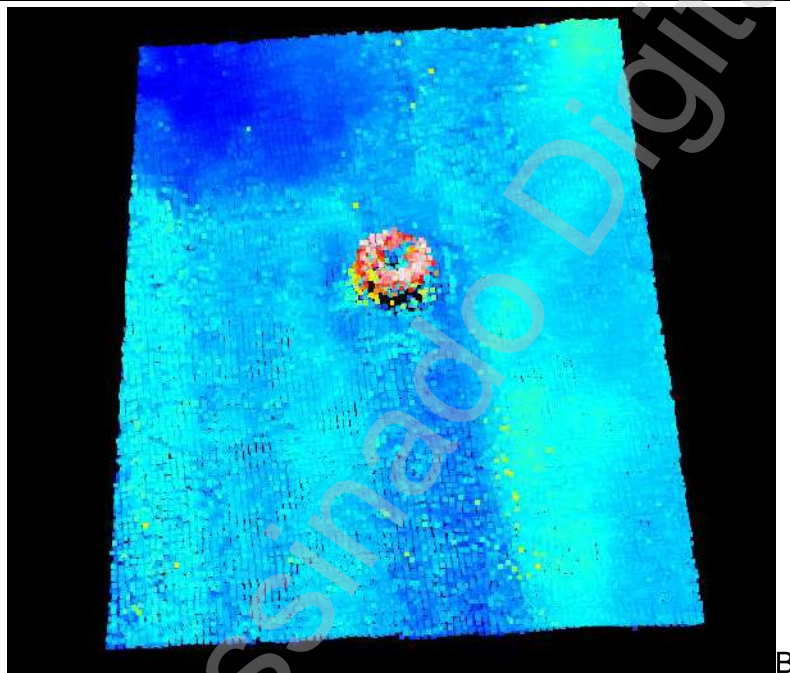
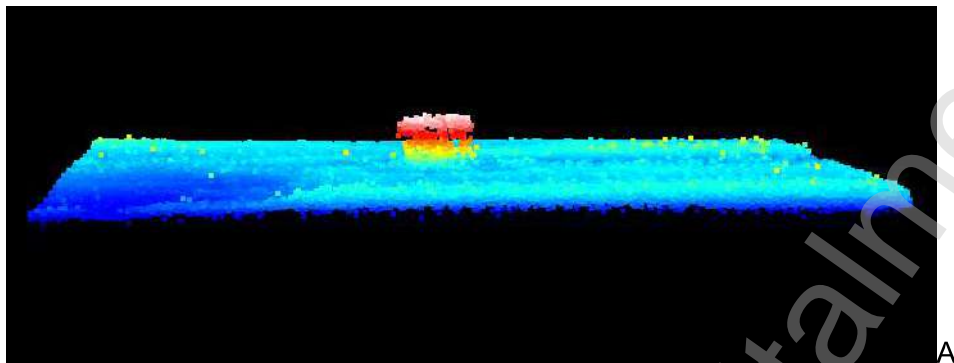


Figura 3 – Detalhes da investigação com levantamento hidrográfico multifeixe para melhor definição do ponto alto.



Figura 4 – Pneu recuperado.

Um novo LH foi realizado (Figura 5) e após análise dos dados batimétricos, foi constatado que a cota de dragagem de 16.5 metros foi totalmente atingida⁵.

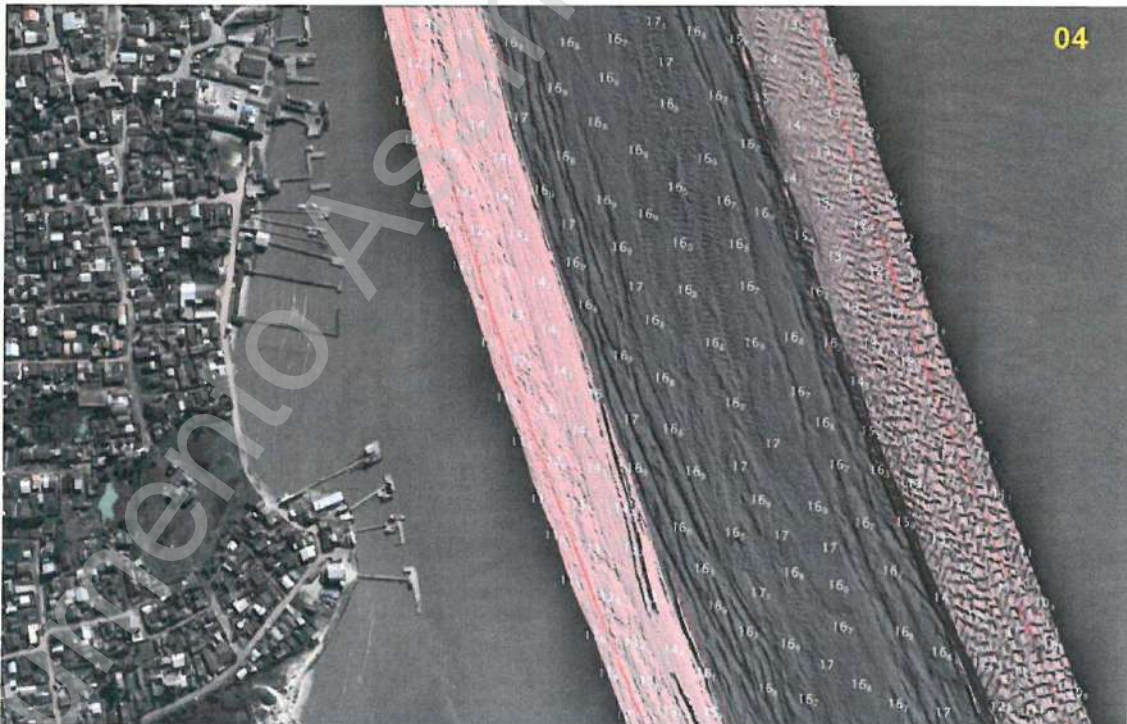


Figura 5 – Confirmação da cota batimétrica de 16.50 metros. Fonte: IT-DNT-19.04.0-310-EIC-004.

Calado Máximo.

⁵ Informação Técnica – IT-DNT-19.04.0-310-EIC-004.

A Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul⁶, considerando a profundidade de 16.05 metros e os devidos cálculos necessários sugere um calado máximo de 14.88 metros.

Considerando a validação das profundidades atingidas no trecho do canal interno pós retirada do ponto alto (pneu), a menor profundidade encontrada foi de 16.33 metros⁷.

Para a profundidade de 16.33 metros a própria CPRS sugere um calado máximo de 15.17 metros⁸.

Conclusão.

Com a validação do LH final e a confirmação que as cotas de projeto foram alcançadas, esta SUPRG considera que a obra de dragagem de manutenção alcançou o seu objetivo, com isso reestabelecendo as profundidades pós dragagem de aprofundamento.

Com base nestes dados e nos relatórios técnicos emitidos pela CPRS a Superintendência dos Porto do Rio Grande do Sul pode considerar um calado máximo de 15.17 metros para o trecho canal interno de acesso.

Referências.

Informação Técnica – IT-DNT-19.04.0.310-EIC-004. Fiscalização no acompanhamento da execução das obras de dragagem de readequação do canal de acesso aquaviário e berços do complexo portuário de Rio Grande/RS.

Marinha do Brasil – Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul. Relatório Técnico (RT)-01/2020 Cálculo do Calado Máximo Recomendado do canal de acesso ao Porto do Rio Grande. Anexo, do Ofício nº 156/2020, da CPRS.

⁶ RT-01/2020 – Cálculo do calado máximo recomendado canal de acesso ao Porto do Rio Grande.

⁷ Idem 6.

⁸ Idem 6.



Nome do arquivo: 0.7601165091065574.tmp

Autenticidade: Documento Íntegro



| DOCUMENTO ASSINADO POR | DATA | CPF/CNPJ | VERIFICADOR |
|----------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------|
| Paulo Fernando Curi Estima | 23/10/2020 14:14:33 GMT-03:00 | 48459186091 | Assinatura válida |

Documento eletrônico assinado digitalmente conforme MP nº 2.200-2/2001 de 24/08/2001, que institui a infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil.