



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE PORTOS - SEP
Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH



INPH : 014/ 2015

CÓDIGO : Santos – 900

**MEMÓRIA DE CÁLCULO DE VOLUMES A DRAGAR IN SITU NO
ANTEPROJETO DE DRAGAGEM DO PORTO DE SANTOS/SP**

(Vinculado aos relatórios INPH 049/2013 Rev.01)



INPH/SEP
Rio de Janeiro
Março / 2015

Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH
Rua General Gurjão, 166 - Caju - Rio de Janeiro - RJ - 20931-040 - Tel./ Fax: (21) 3978-6070
inph@inph.com.br / www.inph.com.br



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
2	BATIMETRIA DE PROJETO	3
3	TRAÇADO GEOMÉTRICO DO CANAL PROJETADO	4
4	METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VOLUMES	5
5	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE VOLUMES DO RELATÓRIO INPH Nº 049/2013	7
5.1	Desenvolvimento do Cálculo	8
5.1.1	Geração das Malhas Numéricas de Cálculo.	8
5.1.2	Determinação das Alturas de Corte	12
5.1.3	Decomposição das Malhas Numéricas Conforme as Áreas do Projeto	14
5.1.4	Adição da Tolerância de Dragagem	16
5.2	Cálculos Executados	17
5.2.1	1ª Etapa	19
5.2.2	2ª Etapa	20
5.2.3	3ª Etapa	20
5.2.4	4ª Etapa	21
5.3	Tabela de Cálculo de Volumes Resultante	22
Anexo 1.	Relatórios de Cálculo de Volumes Gerados pelo Software Surfer®.	23



1 INTRODUÇÃO

Esse relatório apresenta a memória de cálculo de volumes a dragar prevista para o *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP*, Relatório INPH 049/2013 Rev.01.

O cálculo dos volumes foi feito através do software Surfer®, desenvolvido pela empresa norte-americana *Golden Software Inc.*

A metodologia de cálculo e seu desenvolvimento, assim como seus parâmetros e dados utilizados, são apresentados a seguir.

2 BATIMETRIA DE PROJETO

Conforme descrito no *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP*, Relatório INPH 049/2013 Rev.01, a batimetria utilizada para o cálculo dos volumes é composta por um mosaico dos levantamentos batimétricos mais recentes e representativos disponibilizados pela CODESP à época da elaboração do projeto.

Os dados de profundidade medidos foram constituídos por um levantamento batimétrico principal, realizado pela empresa HIDROTOP Construções, Importação e Comércio Ltda. no período de 15/03/2013 à 14/5/2013, abrangendo quase a totalidade do canal. Esse levantamento principal foi complementado por outros dados batimétricos, coletados entre 2006 e 2013 e relacionados pela CODESP, de forma a preencher áreas não cobertas pelo levantamento principal, essencialmente junto a berços de atracação, assim como atualizar áreas onde foram realizados levantamentos mais recentes, como o caso da BTP, que estava realizando a dragagem de implantação da sua infraestrutura aquaviária concomitantemente à elaboração do referido projeto. As áreas, onde não existem dados disponíveis, foram ocupadas por interpolação numérica efetuada pelo software.

A superfície batimétrica resultante está representada, em escala adequada, nos desenhos *INPH-169-130 A à F - Levantamento Batimétrico*, encontrados no *Volume II – Desenhos* do Relatório INPH 049/2013. O arquivo digital com as coordenadas dos pontos levantados e suas profundidades (x,y,z) utilizado para o cálculo dispõe de um número de pontos bastante superior aos apresentados nos desenhos, possibilitando uma melhor acurácia na determinação dos volumes.

3 TRAÇADO GEOMÉTRICO DO CANAL PROJETADO

O projeto geométrico da readequação do canal de acesso aquaviário e dos berços de acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP é apresentado nos desenhos nº INPH-169-129 A à F - *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP*, encontrados no Volume II – Desenhos. A Figura 1 exibe o traçado do canal e dos berços sobre a carta náutica CN1701.

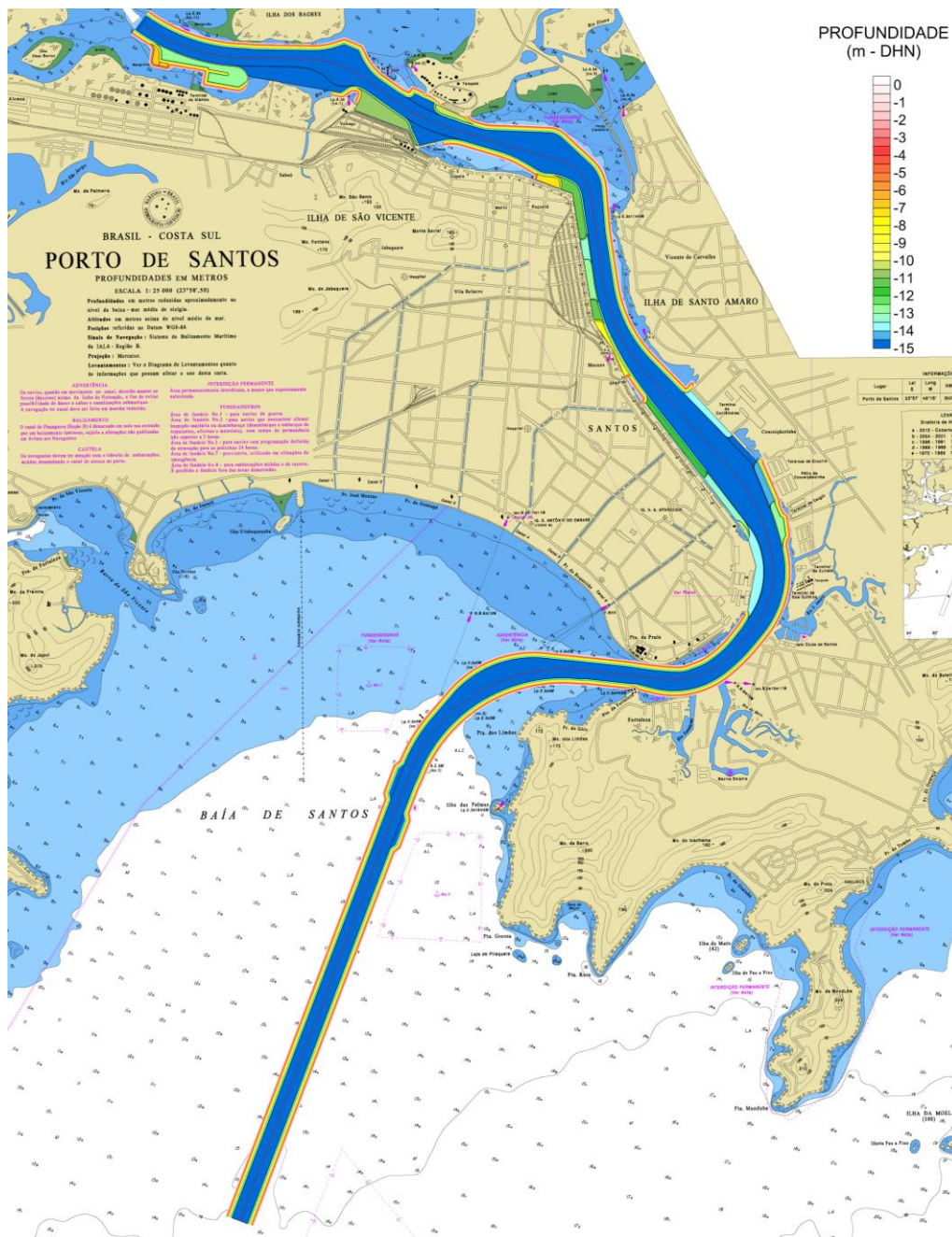


Figura 1 - Projeto geométrico da Readequação da Infraestrutura Aquaviária do Porto de Santos, incluindo os taludes laterais, sobre a carta náutica CN 1701.

4 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VOLUMES

Os cálculos de volumes foram realizados com o uso do programa computacional Surfer, como mencionado acima.

O Surfer é um versátil software de modelagem tridimensional de superfícies numéricas. Seus sofisticados algoritmos de interpolação transformam dados espaciais (x,y,z) em malhas numéricas tridimensionais, regulares e retangulares no plano horizontal (xy). O programa também realiza uma série de cálculos matemáticos, transformações lineares, funções lógicas, cortes transversais, entre outros, a partir das superfícies modeladas, incluindo operações matemáticas e cálculos de volumes entre duas superfícies.

Os cálculos de volume são computados por meio de sólidos tridimensionais definidos por uma superfície superior e uma superfície inferior, que podem ser tanto malhas tridimensionais como planos horizontais com níveis constantes no eixo z. As células da malha (limitadas por quatro nós em seus vértices) são divididas em dois triângulos por uma diagonal definida entre o nó superior esquerdo até o nó inferior direito e os volumes geométricos de cada prisma são calculados e somados.

Os resultados são apresentados sob uma ótica de obras de terraplanagem, separados em volumes de corte (*cut*), onde a superfície superior está acima da superfície inferior, e volumes de aterro (*fill*), onde a superfície superior encontra-se abaixo da superfície inferior, conforme ilustra a Figura 2.

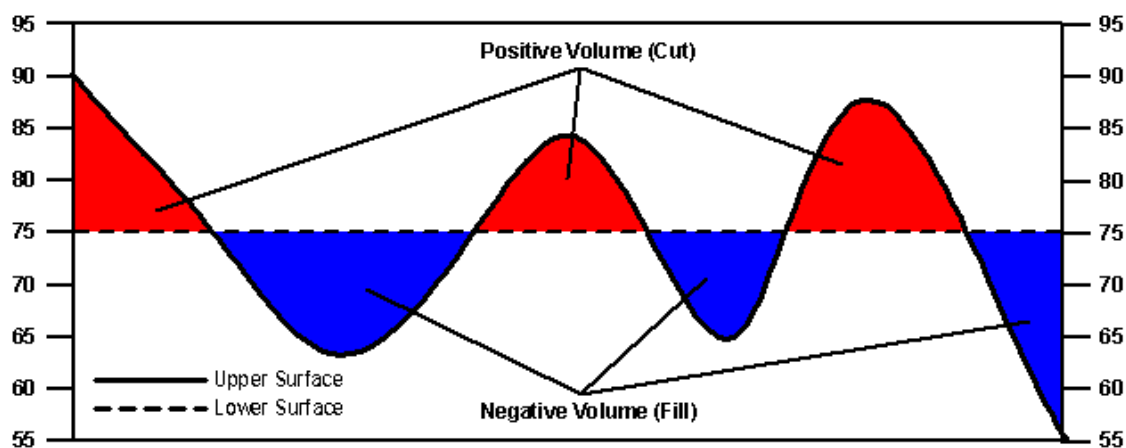


Figura 2. Exemplo de uma seção transversal de cálculo de volumes realizado pelo Surfer, mostrando a relação entre a superfície superior (*upper surface*) e a superfície inferior (*lower surface*) e os volumes considerados de corte (*cut*) e aterro (*fill*). A superfície inferior é definida pelo plano horizontal com cota constante $z=75$.

Uma função importante no manejo das superfícies modeladas e as apurações de volumes de acordo com os diversos trechos do canal é a função chamada *blank*¹. Essa função permite remover os valores de nós da malha numérica situados no interior ou exterior de contornos planos fechados, definidos pelo usuário, tornando essa região nula para todos os efeitos de cálculo e de visualização, como mostra o exemplo da Figura 3.

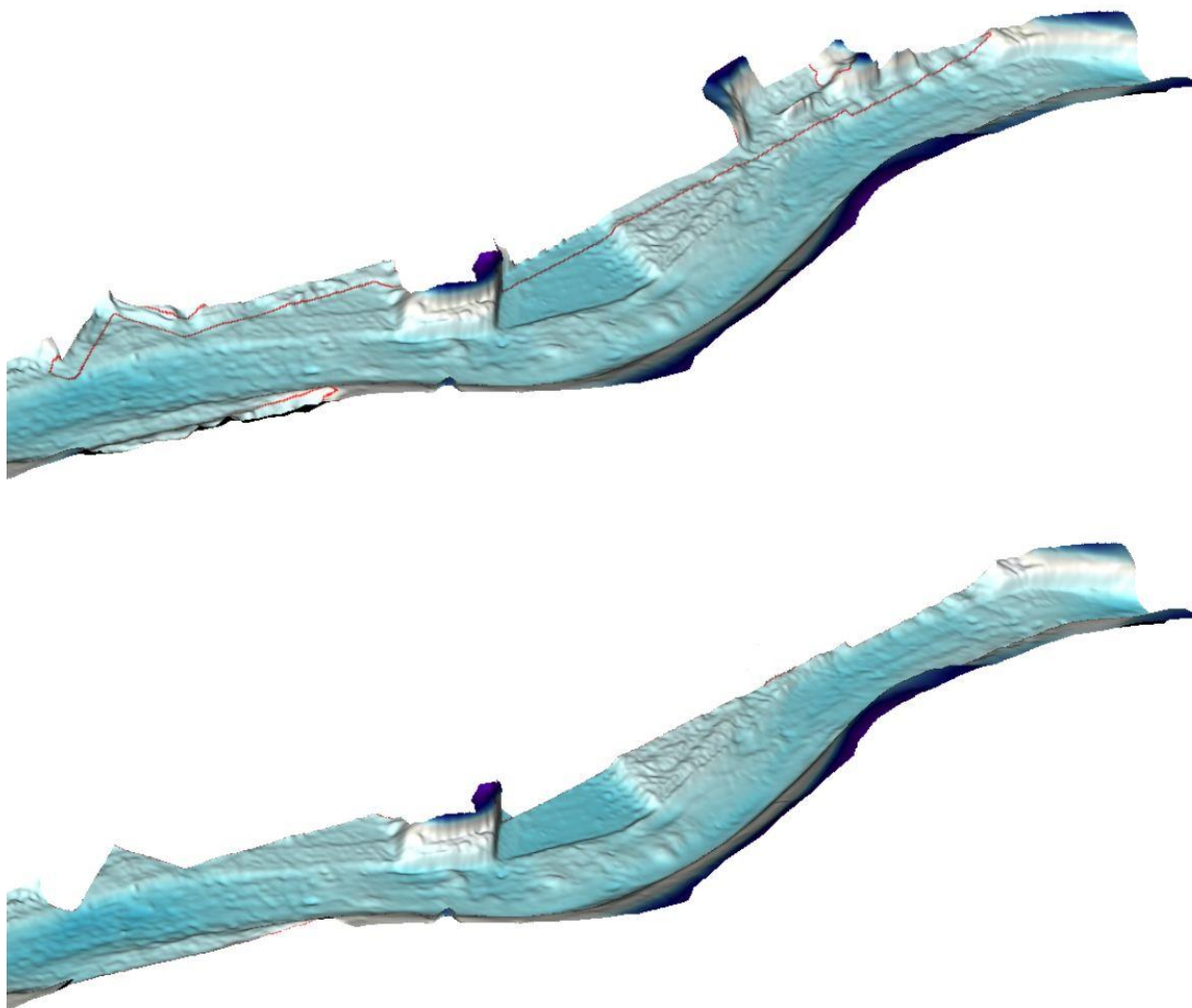


Figura 3. Ilustração do uso da função *blank* do Surfer, mostrando na figura superior um trecho da batimetria do canal, em perspectiva tridimensional, estendendo-se por todo o limite dos dados batimétricos. Nota-se também o limite considerado para os berços desse trecho do canal assinalado em vermelho. Na figura inferior é mostrado o mesmo trecho de batimetria após a aplicação da função *blank*, em que foram eliminados os trechos dos berços definidos pelo contorno em vermelho mostrado na figura de cima.

¹ Em português, espaço vazio ou espaço em branco – tradução extraída do Dicionário Online Michaelis (http://michaelis.uol.com.br/moderno/ingles/definicao/ingles-portugues/blank%20_429792.html)

5 MEMÓRIA DE CÁLCULO DE VOLUMES DO RELATÓRIO INPH Nº 049/2013

O cálculo dos volumes de dragagem para o Porto de Santos foi executado em quatro etapas.

Inicialmente os volumes do projeto foram divididos em:

- Canal Externo;
- Canal Interno;
- Acessos aos Berços – Trechos 1, 2 e 3; e
- Berços– Trechos 1, 2 e 3.

Em seguida, por questões operacionais relativas aos equipamentos adotados para dragar em cada área, os volumes relativos aos acessos foram anexados ao do canal interno, resultando em:

- Canal Externo;
- Canal Interno e Acessos aos Berços; e
- Berços– Trechos 1, 2 e 3.

A Figura 4 explica a delimitação das áreas consideradas na região do canal interno, berços e acessos para os cálculos de volumes.

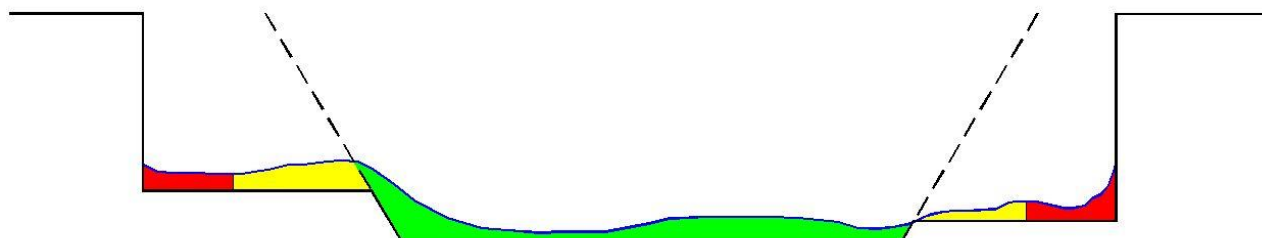


Figura 4. Seção transversal ilustrativa da divisão de volumes no canal interno. As áreas em vermelho representam os volumes de berços, imediatamente junto aos cais, em amarelo os acessos aos berços, entre o talude do canal e as áreas de acostagem dos navios e, em verde, a área relativa ao canal. Ressalta-se que a linha contínua representa os limites totais do projeto incluindo todas as áreas a serem dragadas, e a linha pontilhada representa os limites do canal de navegação propriamente dito e seus taludes de projeto (1:6), traçada até a cota 0 (DHN).

Depois disso, em virtude de que o anteprojeto foi concluído anteriormente à finalização da dragagem de implantação do terminal da BTP e que o cálculo de volumes foi realizado com base nas informações de batimetria da época, foi, então, calculado o volume relativo à área contemplada pela dragagem da BTP, sendo seu valor descontado do volume total do projeto, assumindo que toda a área estivesse dragada conforme o projeto de dragagem da BTP, também de autoria desse instituto - Relatório INPH nº 041 / 2012 - *Projeto Executivo de Engenharia da Dragagem dos Berços, da Área de Acesso aos Berços e Bacia de Evolução de Navios da Brasil Terminal Portuário S/A – Santos/SP*.

Finalmente, a Secretaria de Portos – SEP determinou que fosse considerada uma tolerância de dragagem de 0,7 m, antes restrita ao canal externo, em toda a extensão do canal. Foi então calculada a diferença de volume total devido à alteração da tolerância na parte interna do projeto, de 0,4 para 0,7 m, e distribuída entre as áreas de dragagem do canal interno, proporcionalmente ao seu volume total calculado anteriormente, conforme discriminado a seguir.

5.1 Desenvolvimento do Cálculo

Seguindo a metodologia do software Surfer, o primeiro passo foi confeccionar as malhas numéricas utilizadas para o cálculo, traduzindo as superfícies tridimensionais correspondentes aos elementos do projeto.

5.1.1 Geração das Malhas Numéricas de Cálculo.

Os dados batimétricos foram interpolados pelo método de krigagem linear, compondo a superfície batimétrica de referência, ilustrada na Figura 5.

O projeto geométrico do canal foi detalhadamente desenvolvido em ambiente CAD, incluindo seus taludes laterais até a cota 0 (DHN), transições entre áreas, berços e seus acessos e demais interferências e concordâncias. A geometria do canal foi então convertida em pontos espaciais georreferenciados (x,y,z) e transformados em uma superfície de projeto, pelo método de triangulação com interpolação linear (Figura 6).

Foi elaborado, também, o projeto geométrico exclusivo do canal de acesso, propriamente dito, restringido à sua soleira e taludes laterais de projeto (1:6), conforme mostra a Figura 7.

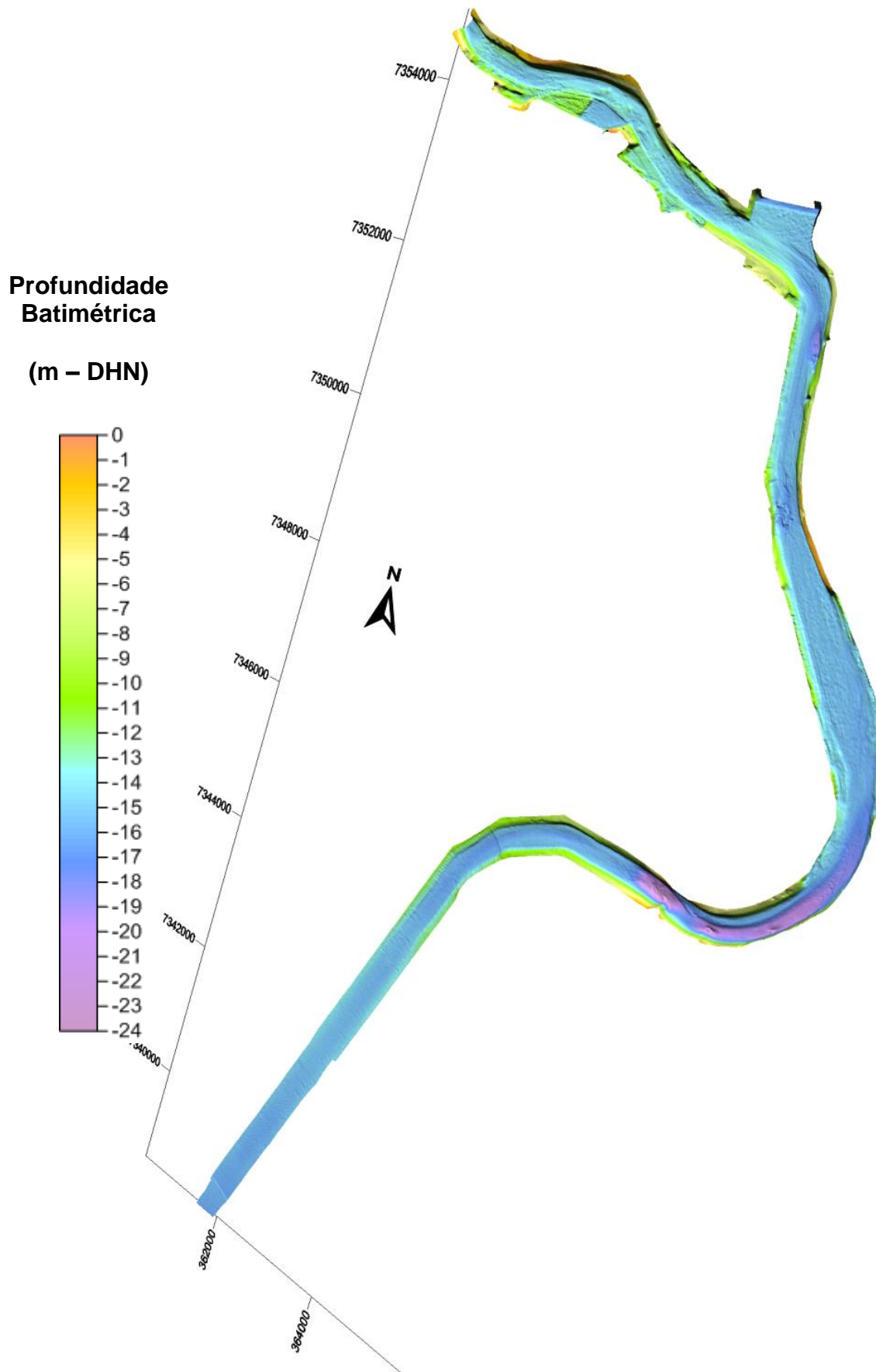


Figura 5. Representação em perspectiva tridimensional da superfície batimétrica gerada.

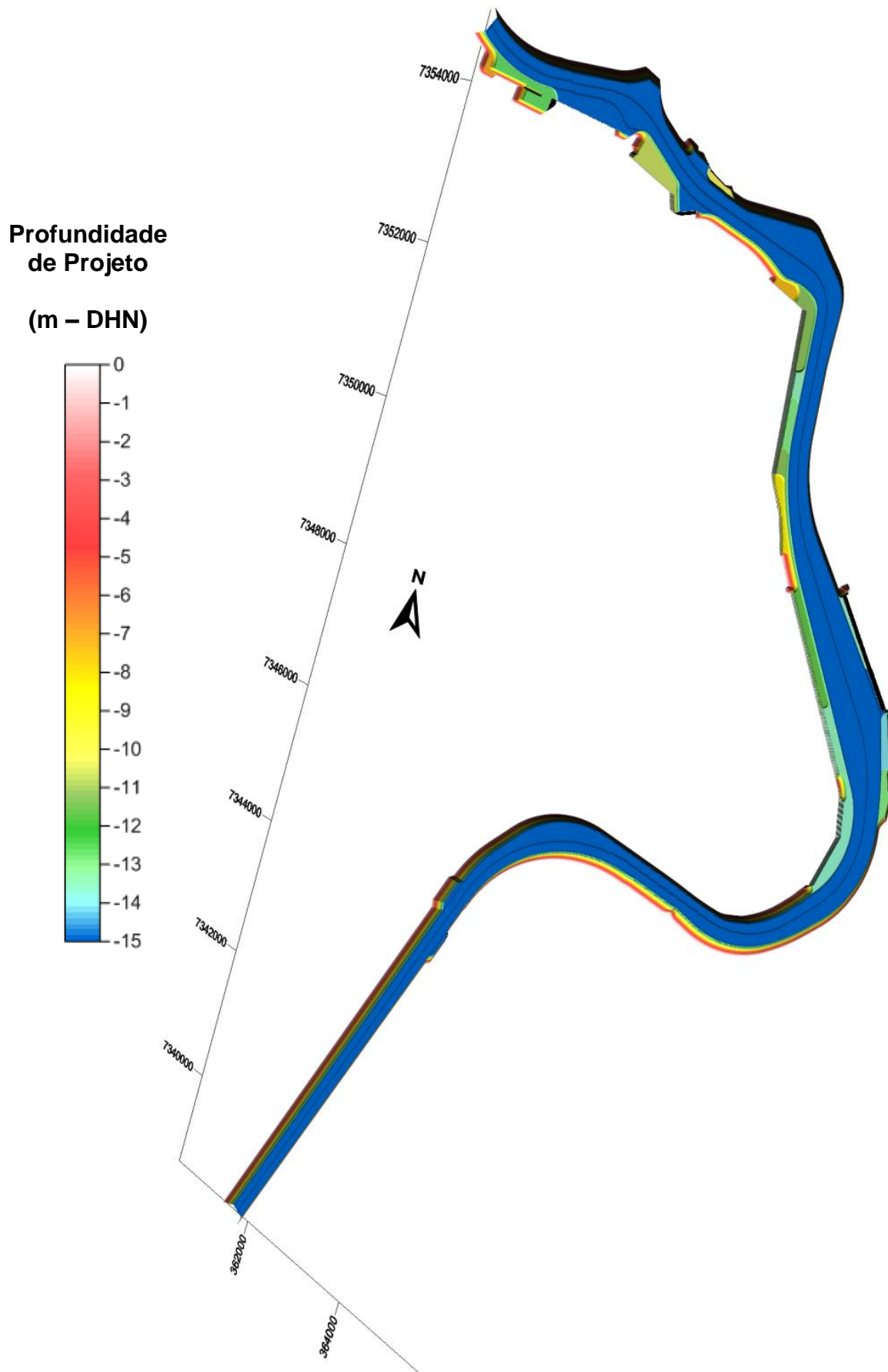


Figura 6. Representação em perspectiva tridimensional da superfície geométrica do canal, acesso e berços gerada.

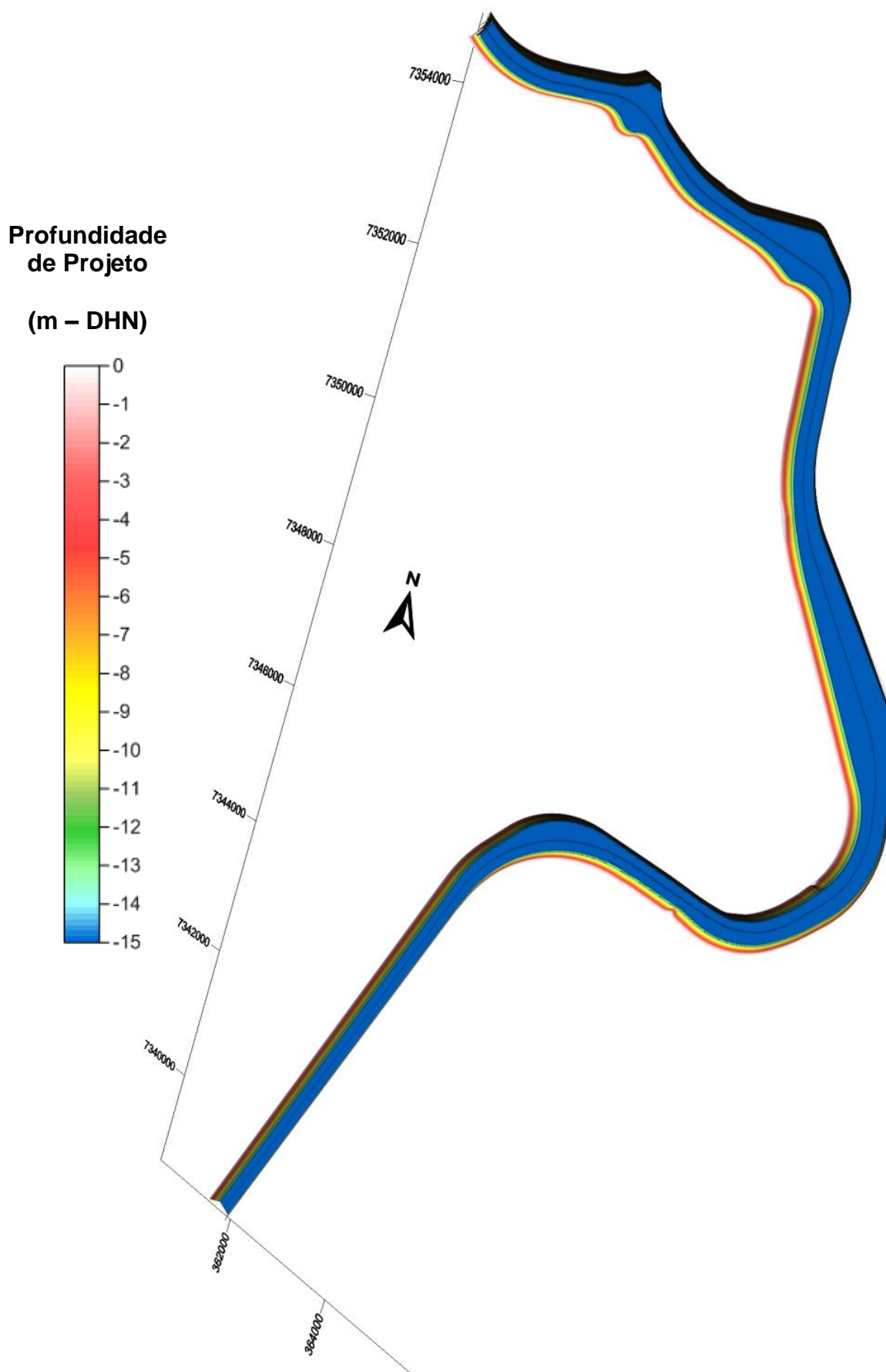


Figura 7. Representação em perspectiva tridimensional da superfície geométrica do canal de acesso isolado.

5.1.2 Determinação das Alturas de Corte

As determinação das alturas de corte de dragagem é um subsídio utilizado para otimizar o processo de cálculo do Surfer, e simplificar o cálculo das tolerâncias de dragagem, antecipando uma etapa de cálculo, descrita no item 4, acima, além ser aplicada para apontar a localização e espessura das camadas de material a serem removidos para que se atinja a profundidade de projeto. O processo adotado é uma operação matemática de subtração entre a superfície batimétrica e a superfície de projeto, determinando a diferença entre a superfície batimétrica (superfície superior) e a geometria de projeto (superfície inferior). Assim, nos locais onde a superfície batimétrica está acima da superfície de projeto a diferença é positiva e igual à espessura do material a ser removido (corte) e nos locais onde a superfície batimétrica está abaixo da superfície de projeto a diferença é negativa (aterro hipotético), conforme ilustra o exemplo da Figura 8.

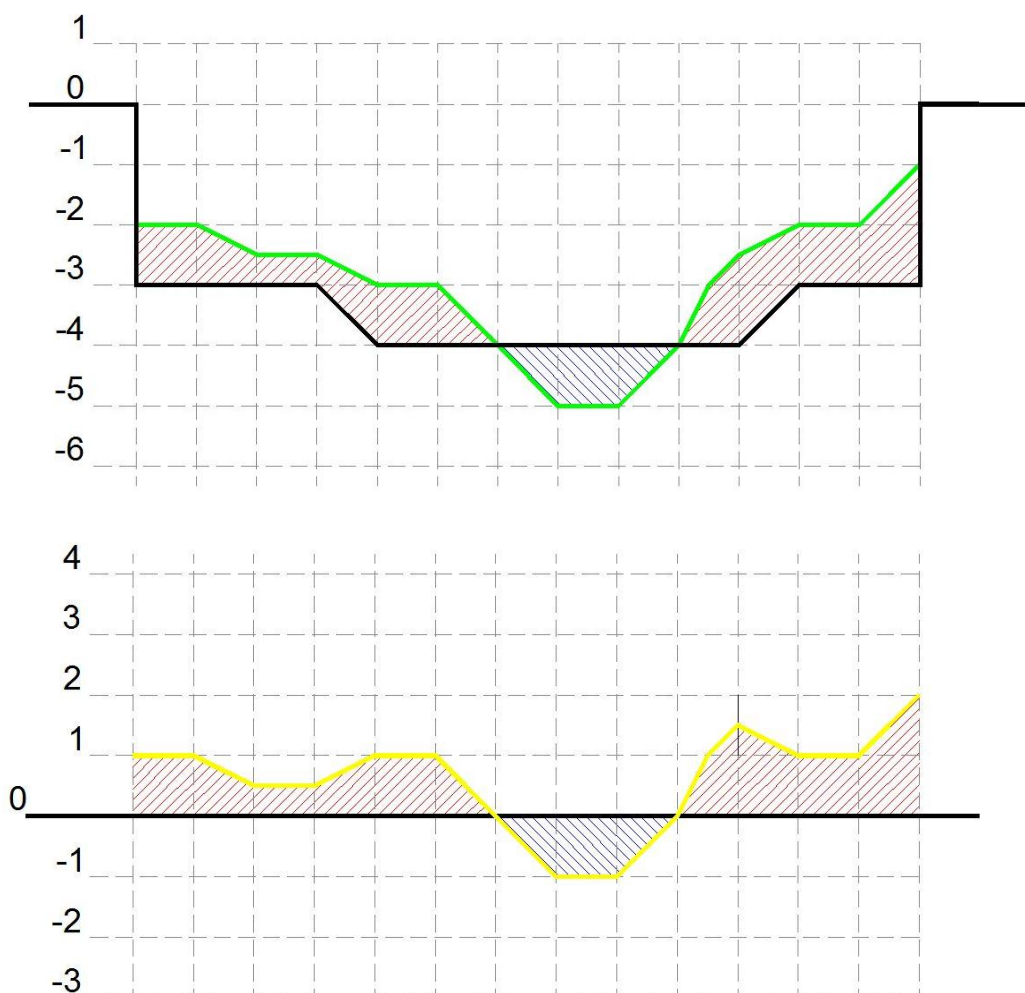


Figura 8. Exemplo do processo de determinação das alturas de corte. Na figura acima a linha preta representa o canal de projeto e a linha verde a batimetria. Na figura abaixo a linha preta representa a superfície constante com cota $z=0$ e a linha amarela representa a diferença entre a batimetria e a superfície de projeto. Observa-se que as áreas das regiões hachuradas acima e abaixo da linha preta em ambas as figuras são iguais.

Nos pontos da malha onde as alturas de corte são maiores do que zero, ou seja, somente nos locais onde existem materiais a serem dragados, foram também acrescentadas as tolerâncias de dragagem através da soma do valor da tolerância sobre a diferença calculada. A Figura 9 mostra o resultado dessa operação no exemplo apresentado na Figura 8.

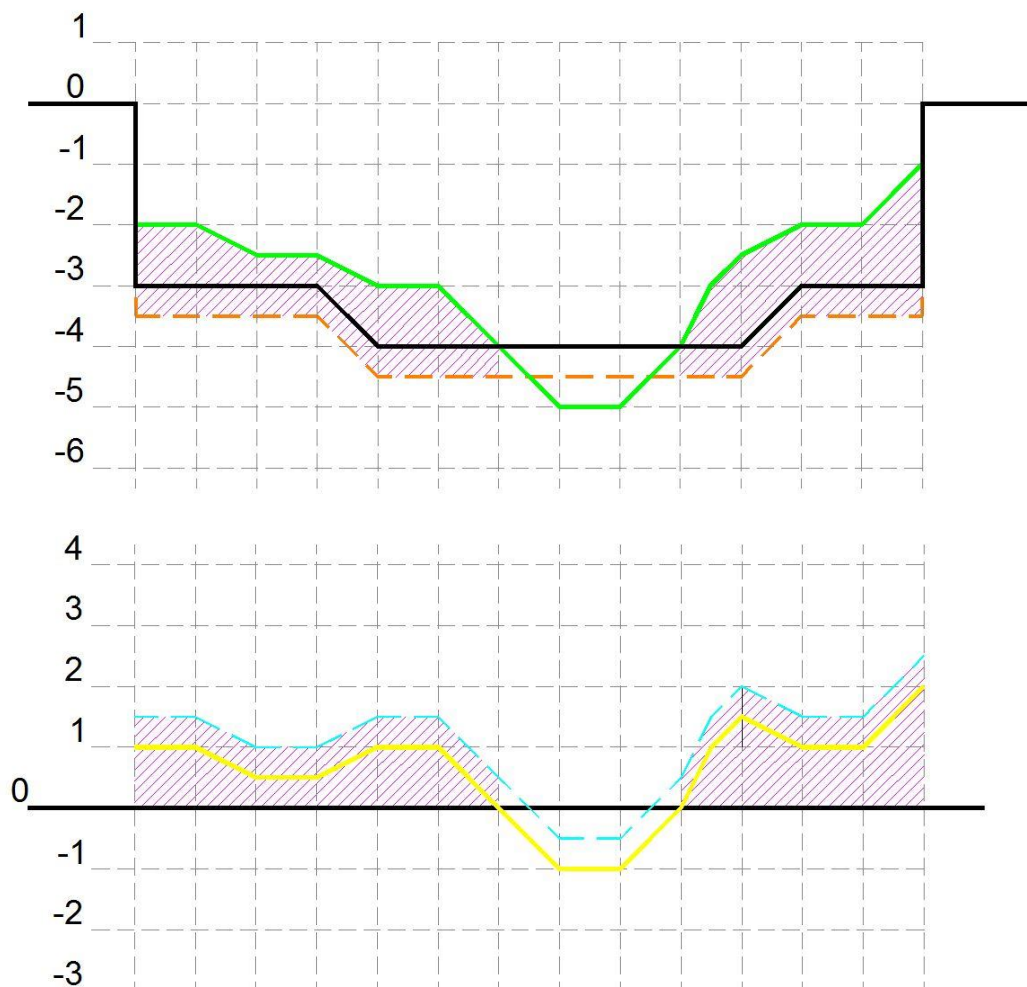


Figura 9. Aplicação do cálculo dos volumes de tolerância de dragagem no exemplo dado na Figura 8. Na figura acima a linha laranja tracejada representa a tolerância de dragagem sob a geometria de projeto e na figura abaixo a linha azul tracejada representa o acréscimo do valor da tolerância de dragagem sobre o resultado da diferença calculada. Novamente, constata-se que as áreas hachuradas em ambas as figuras são equivalentes.

Foram determinadas as alturas de corte entre as superfícies batimétrica e da geometria total do projeto (canal, acessos e berços) e entre as superfícies batimétrica e do canal de navegação, como mostra a Figura 10, gerando, respectivamente, as seguintes malhas utilizadas na determinação dos volumes:

- 1 PGT Projeto Geométrico Total
- 2 PGC Projeto Geométrico do Canal

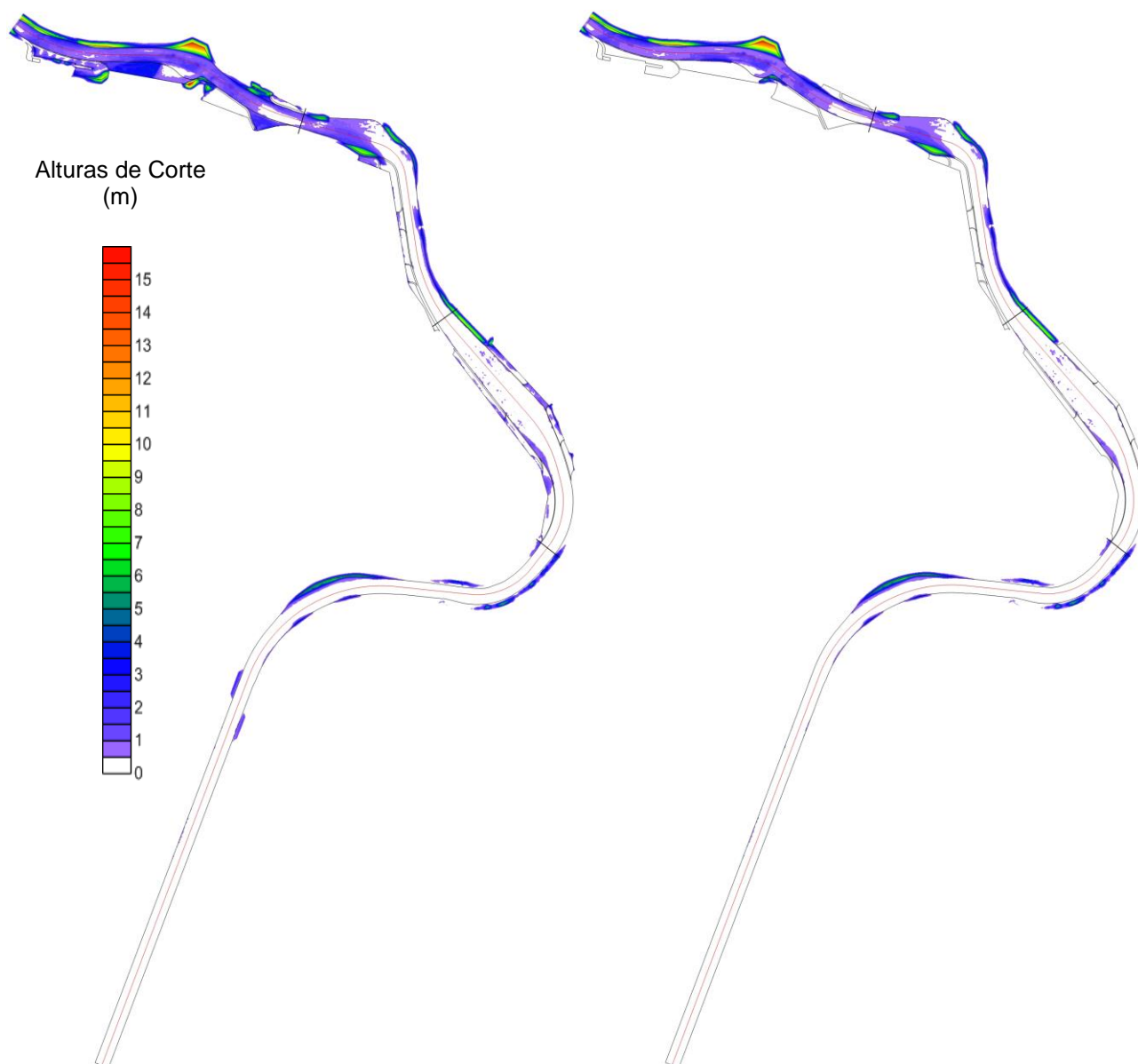


Figura 10. Alturas de corte determinadas por diferença entre as superfícies de batimétrica e da geometria total do projeto (canal, acessos e berços) - PGT, à esquerda, e entre as superfícies batimétrica e do canal de navegação - PGC, à direita.

5.1.3 Decomposição das Malhas Numéricas Conforme as Áreas do Projeto

Para a realização do cálculo dos volumes de dragagem individualizado por cada área do projeto, foram geradas malhas adicionais onde, através da função *blank* do Surfer, selecionou-se as regiões específicas em cada área, eliminando todos os outros nós da malha, de forma a compor os elementos necessários para a determinação do volume inerente a cada trecho. A subdivisão das malhas numéricas originou as seguintes malhas:

- 3 Canal Externo - Projeto → composta da malha PGT, eliminando os valores da região interna do canal.

- 4 Canal Interno - Projeto → composta da malha PGC, eliminando os valores da região externa do canal.
- 5 Canal Interno - Projeto - Trecho 1 → composta da malha PGC, eliminando os valores da região longitudinal externa ao chamado Trecho 1.
- 6 Canal Interno - Projeto - Trecho 2 → composta da malha PGC, eliminando os valores da região longitudinal externa ao chamado Trecho 2.
- 7 Canal Interno - Projeto - Trecho 3 → composta da malha PGC, eliminando os valores da região longitudinal externa ao chamado Trecho 3.
- 8 Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 1 → composta da malha PGT, eliminando os valores da região longitudinal externa ao chamado Trecho 1, além da área referente aos berços de acostagem desse trecho .
- 9 Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 2 → composta da malha PGT, eliminando os valores da região longitudinal externa ao chamado Trecho 2, além da área referente aos berços de acostagem desse trecho .
- 10 Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 3 → composta da malha PGT, eliminando os valores da região longitudinal externa ao chamado Trecho 3, além da área referente aos berços de acostagem desse trecho .
- 11 Berços Trecho 1 - Projeto → composta da malha PGT, mantendo apenas os valores da área referente aos berços de acostagem do Trecho 1.
- 12 Berços Trecho 2 - Projeto → composta da malha PGT, mantendo apenas os valores da área referente aos berços de acostagem do Trecho 2.
- 13 Berços Trecho 3 - Projeto → composta da malha PGT, mantendo apenas os valores da área referente aos berços de acostagem do Trecho 3.
- 14 Área BTP - Total - Projeto → composta da malha PGT, mantendo apenas os valores da área referente à dragagem da BTP.
- 15 Área BTP - Berços - Projeto → composta da malha PGT, mantendo apenas os valores da área referente aos berços de atracação da BTP.

5.1.4 Adição da Tolerância de Dragagem

A tolerância de dragagem foi considerada apenas nos trechos onde o relevo submarino encontra-se acima da cota de projeto (-15 m - DHN), ou seja, nas regiões onde serão realizadas intervenções de dragagem. Nas áreas onde o leito do canal está abaixo da cota do projeto, porém acima da cota de tolerância, não foram considerados volumes de tolerância.

Os valores da sobredragagem foram acrescidos à altura de corte calculada para cada trecho do projeto através de uma operação matemática de adição de uma constante aos nós da malha, conforme descrito no item 5.1.2, aliada a uma função lógica onde caso o valor da altura de corte em cada nó seja superior a zero, a tolerância é adicionada, caso contrário o nó assume o valor zero. Foi adicionado ao trecho externo a tolerância de 0,7 m e ao restante do canal a tolerância de 0,4 m, produzindo as seguintes malhas, análogas às descritas no item anterior:

- 16 Canal Externo - Tolerância 0.7
- 17 Canal Interno - Tolerância 0.4
- 18 Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 1
- 19 Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 2
- 20 Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 3
- 21 Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 1
- 22 Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 2
- 23 Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 3
- 24 Berços Trecho 1 - Tolerância 0.4
- 25 Berços Trecho 2 - Tolerância 0.4
- 26 Berços Trecho 3 - Tolerância 0.4
- 27 Área BTP - Total - Tolerância 0.4
- 28 Área BTP - Berços - Tolerância 0.4

Assim o cálculo de volumes realizados para essas malhas resultarão no volume total (projeto + tolerância) para essas áreas e o volume relativo à tolerância foi determinado através da diferença entre os volumes calculados para a cota de tolerância e para a cota de projeto.

Como descrito acima, à região de canal interno, acessos e berços foi atribuída inicialmente uma tolerância de 0,4 m. Posteriormente, por determinação da SEP de atribuir a tolerância de 0,7 m a todo o canal, foi confeccionada a malha a seguir:

29 Canal Interno +Acessos + Berços - Tolerância - 0.7 → composta da malha PGT, eliminando os valores da região externa do canal e adicionando a tolerância de 0,7 m.

5.2 Cálculos Executados

Os cálculos para a determinação dos volumes a dragar foram realizados pelo módulo de cálculo de volumes do Surfer. Para superfície superior foram utilizadas as malhas elencadas acima e para a superfície inferior foi adotado o plano horizontal com nível constante $z=0$. Os relatórios de cálculo emitidos pelo software são disponibilizados no Anexo 1.

Segue na Tabela 1 o resultado dos cálculos de volumes realizados para cada malha de alturas de corte definidas acima.

Em seguida, são detalhadas todas as etapas de cálculo, seguindo a cronologia descrita na página 7, e apresentados os resultados finais. Nas tabelas abaixo os números destacados entre parêntesis referem-se ao valor resultante do cálculo descrito na numeração da Tabela 1 e as letras entre parêntesis referem-se aos resultados de operações indexadas nas próprias tabelas (Tabela 2 à Tabela 5).

Tabela 1. Resultados dos cálculos de volumes realizados pelo Surfer para as malhas de alturas de corte definidas.

Nº	Malha de Cálculo	Volume (m³)
3	Canal Externo - Projeto	945.514,22
4	Canal Interno - Projeto	5.002.757,54
5	Canal Interno - Projeto - Trecho 1	3.342.058,62
6	Canal Interno - Projeto - Trecho 2	1.304.376,03
7	Canal Interno - Projeto - Trecho 3	356.323,04
8	Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 1	4.059.296,79
9	Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 2	1.323.137,27
10	Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 3	364.647,60
11	Berços Trecho 1 - Projeto	844.125,39
12	Berços Trecho 2 - Projeto	22.782,25
13	Berços Trecho 3 - Projeto	168.097,76
14	Canal Externo - Tolerância 0.7	1.284.419,14
15	Canal Interno - Tolerância 0.4	5.950.586,03
16	Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 1	3.927.268,67
17	Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 2	1.589.800,29
18	Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 3	433.517,08
19	Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 1	4.738.530,98
20	Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 2	1.615.385,34
21	Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 3	449.412,12
22	Berços Trecho 1 - Tolerância 0.4	990.070,92
23	Berços Trecho 2 - Tolerância 0.4	40.071,03
24	Berços Trecho 3 - Tolerância 0.4	238.979,79
25	Área BTP - TOTAL - Projeto	1.130.882,16
26	Área BTP - Berços - Projeto	149.964,46
27	Área BTP - TOTAL - Tolerância 0.4	1.257.424,48
28	Área BTP - Berços - Tolerância 0.4	178.220,12
29	Canal Interno + Acessos + Berços - Tolerância - 0.7	9.033.172,09

5.2.1 1ª Etapa

Inicialmente os volumes do canal foram separados conforme sua localização, consoante com a ilustração feita na Figura 4, acima.

Na Tabela 2, abaixo estão discriminados os passos do cálculo efetuados para a 1ª Etapa.

Tabela 2. Operações de cálculo para a 1ª Etapa da determinação dos volumes de dragagem.

Operação	Área	Volumes Calculados		
		Projeto	Tolerância	Total
a	Canal Externo	(3)	(14) - (3)	(14)
		945.514,22	338.904,92	1.284.419,14
b	Canal Interno	(4)	(15) - (4)	(15)
		5.002.757,54	947.828,49	5.950.586,03
c	Acessos aos Berços – Trecho 1	(8) - (5)	[(19) - (16)] - [(8) - (5)]	(19) - (16)
		717.238,18	94.024,14	811.262,32
d	Acessos aos Berços – Trecho 2	(9) - (6)	[(20) - (17)] - [(9) - (6)]	(20) - (17)
		18.761,24	6.823,82	25.585,06
e	Acessos aos Berços – Trecho 3	(10) - (7)	[(21) - (18)] - [(10) - (7)]	(21) - (18)
		8.324,55	7.570,49	15.895,05
f	Berços– Trecho 1	(11)	(22) - (11)	(22)
		844.125,39	145.945,53	990.070,92
g	Berços– Trecho 2	(12)	(23) - (12)	(23)
		22.782,25	17.288,78	40.071,03
h	Berços– Trecho 3	(13)	(24) - (13)	(24)
		168.097,76	70.882,03	238.979,79

5.2.2 2ª Etapa

Na 2ª Etapa os volumes dos acessos aos berços de atracação foram agrupados com os do canal de navegação principal, em virtude da operacionalização da logística da obra de dragagem, já que ambos os trechos estão previstos para serem dragados com o mesmo equipamento.

Na Tabela 3, abaixo estão discriminados os passos do cálculo efetuados para a 2ª Etapa.

Tabela 3. Operações de cálculo para a 2ª Etapa da determinação dos volumes de dragagem.

Operação	Área	Volumes Calculados		
		Projeto	Tolerância	Total
i	Canal Interno e Acessos aos Berços	Proj.: (b) + (c) + (d)+ (e)	Tolerância.: (b) + (c) + (d)+ (e)	Total: (b) + (c) + (d)+ (e)
		5.747.081,51	1.056.246,95	6.803.328,45

5.2.3 3ª Etapa

Na 4ª Etapa os volumes coincidentes com a dragagem em execução em frente ao terminal da BTP foram subtraídos dos volumes de projeto, presumindo-se que as profundidades de projeto seriam alcançadas integralmente. Na Tabela 4, abaixo estão discriminados os passos do cálculo efetuados para a 3ª Etapa.

Tabela 4. Operações de cálculo para a 3ª Etapa da determinação dos volumes de dragagem.

Operação	Área	Volumes Calculados		
		Projeto	Tolerância	Total
j	Área da BTP - Canal + Acessos	(25) - (26)	[(27) - (28)] - [(25) - (26)]	(27) - (28)
		980.917,70	98.286,65	1.079.204,35
k	Área da BTP - Berços	(26)	(28) - (26)	(28)
		149.964,46	28.255,67	178.220,12
l	Canal Interno e Acessos aos Berços	Projeto: (i) - (j)	Tol.: (i) - (j)	Total: (i) - (j)
		4.766.163,81	957.960,29	5.724.124,10
m	Berços– Trecho 1	Projeto: (f) - (l)	Tol.: (f) - (l)	Total: (f) - (l)
		694.160,93	117.689,87	811.850,80

5.2.4 4ª Etapa

Na 4ª Etapa foi acrescentada a diferença entre as tolerâncias de 0,7 m, estabelecida pela SEP, e a tolerância de 0,4 m calculada anteriormente para as áreas internas à infraestrutura aquaviária do Porto de Santos. O valor total da diferença foi calculado pelo Surfer e a distribuição dessa diferença entre as regiões do canal foi feita por proporcionalidade relativa ao seu volume total calculado anteriormente, como mostrado na Tabela 5, abaixo. Os resultados serão posteriormente somados aos volumes de cada trecho para a obtenção dos valores finais.

Tabela 5. Operações de cálculo para a 4ª Etapa da determinação dos volumes de dragagem.

Operação	Área / Descrição	Volume Total
n	Canal Interno + Acessos + Berços - Tolerância - 0.7	(29)
		9.033.172,09
o	Volume total do Canal Interno + Acessos + Berços + BTP com tolerância 0,4 m	Total: (g)+(h)+(j)+(k)+(l)+(m)
		8.072.450,20
p	Diferença entre as tolerâncias de 0,7 e 0,4 m na região interna do canal	(n) - (o)
		960.721,90
q	Subtraindo-se a parcela referente à tolerância da área da BTP	(p) - [Tol.: (j)+(k)]
		834.179,58
r	Volume total do Canal Interno + Acessos + Berços com tolerância de 0,4 m	Projeto: (g)+(h)+(l)+(m)
		6.815.025,72
s	Acréscimo de Tolerância no Canal Interno (proporcionalidade)	(l) / (r) x (q)
		700.649,95
t	Acréscimo de Tolerância nos Berços - Trecho 1 (proporcionalidade)	(m) / (r) x (q)
		99.372,97
u	Acréscimo de Tolerância nos Berços - Trecho 2 (proporcionalidade)	(g) / (r) x (q)
		4.904,81
v	Acréscimo de Tolerância nos Berços - Trecho 3 (proporcionalidade)	(h) / (r) x (q)
		29.251,84

5.3 Tabela de Cálculo de Volumes Resultante

A Tabela 6 apresenta os valores resultantes de volumes a dragar considerados no *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP*, Relatório INPH 049/2013 Rev.01.

Tabela 6. Volumes Resultantes de Dragagem para o Porto de Santos - Relatório INPH 049/2013 Rev.01

Área		Volume (m ³)		
		Projeto	Tolerância	Total
Canal	Externo	945.514,22	338.904,92	1.284.419,14
	Interno (+ Acesso aos Berços)	4.766.163,81	1.658.610,24	6.424.774,05
	Sub-total			7.709.193,19
Berços	Trecho 1	694.160,93	217.062,84	911.223,77
	Trecho 2	22.782,25	22.193,59	44.975,84
	Trecho 3	168.097,76	100.133,87	268.231,63
	Sub-total			1.224.431,24
TOTAL GERAL				8.933.624,43



Anexo 1. Relatórios de Cálculo de Volumes Gerados pelo Software Surfer®.

Os relatórios foram gerados para as malhas de cálculo relacionadas na Tabela 1, e utilizados para a definição dos volumes a dragar no *Anteprojeto de Dragagem de Manutenção e de Readequação da Geometria do Canal de Acesso Aquaviário e dos Berços de Acostagem do Complexo Portuário de Santos – SP*, Relatório INPH 049/2013 Rev.01. Os relatórios estão sequenciados conforme a numeração da tabela.

Estão destacados na cor amarela o nome do arquivo da malha utilizado para cada relatório e o volume calculado.



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:49:19 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Externo - Projeto.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -16.146512479303
Z Maximum: 6.4703225597317

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -15401207.097507
Simpson's Rule: -15401457.02195
Simpson's 3/8 Rule: -15401218.328001

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 945514.21589662
Negative Volume [Fill]: 16346721.313403
Net Volume [Cut-Fill]: -15401207.097507

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 480461.64704424
Negative Planar Area [Fill]: 4640710.3333153
Blanked Planar Area: 137404525.23299
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 482824.99935084
Negative Surface Area [Fill]: 4660764.5358681



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:51:39 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Projeto.grd
Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -15.327286207992
Z Maximum: 14.14881567693

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -8485638.5504719
Simpson's Rule: -8485482.8860262
Simpson's 3/8 Rule: -8485924.8607995

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 5002757.536409
Negative Volume [Fill]: 13488396.086881
Net Volume [Cut-Fill]: -8485638.5504721

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 2366228.5403428
Negative Planar Area [Fill]: 4246237.4591943
Blanked Planar Area: 135913231.21381
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 2376314.2230152
Negative Surface Area [Fill]: 4265682.7534156



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:34:29 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Projeto - Trecho 1.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -15.327286207992
Z Maximum: 14.14881567693

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 177616.3455301
Simpson's Rule: 177829.80776358
Simpson's 3/8 Rule: 177742.23415131

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 3342058.6153196
Negative Volume [Fill]: 3164442.2697894
Net Volume [Cut-Fill]: 177616.34553014

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1461101.2788196
Negative Planar Area [Fill]: 703406.57749762
Blanked Planar Area: 140361189.35703
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 1467206.7771926
Negative Surface Area [Fill]: 709885.14616247



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:35:43 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Projeto - Trecho 2.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -15.173828625158
Z Maximum: 8.3484687417667

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -2755529.3971542
Simpson's Rule: -2755526.5259695
Simpson's 3/8 Rule: -2755329.9264927

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1304376.034865
Negative Volume [Fill]: 4059905.4320192
Net Volume [Cut-Fill]: -2755529.3971542

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 712422.31456792
Negative Planar Area [Fill]: 1344856.1687995
Blanked Planar Area: 140468418.72998
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 715101.24956685
Negative Surface Area [Fill]: 1350853.6432284



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:36:47 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Projeto - Trecho 3.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -15.249407142377
Z Maximum: 8.9576039135423

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -5907725.4988478
Simpson's Rule: -5907786.1678203
Simpson's 3/8 Rule: -5908337.1684582

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 356323.04472241
Negative Volume [Fill]: 6264048.5435702
Net Volume [Cut-Fill]: -5907725.4988478

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 191950.72256978
Negative Planar Area [Fill]: 2196345.1290701
Blanked Planar Area: 140137401.36171
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 193247.62502439
Negative Surface Area [Fill]: 2203310.6869391



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:37:48 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 1.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -13.07284123131
Z Maximum: 15.106992786874

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 3378361.438947
Simpson's Rule: 3378568.8283802
Simpson's 3/8 Rule: 3378405.1351802

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 4059296.7933124
Negative Volume [Fill]: 680935.35436542
Net Volume [Cut-Fill]: 3378361.438947

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1693455.3336983
Negative Planar Area [Fill]: 442222.84208698
Blanked Planar Area: 140390019.03756
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 1699525.2139724
Negative Surface Area [Fill]: 443667.05966587



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:38:38 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 2.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -15.178670248182
Z Maximum: 8.3484687417667

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -913900.02244145
Simpson's Rule: -913831.97592958
Simpson's 3/8 Rule: -913685.04714432

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1323137.2738877
Negative Volume [Fill]: 2237037.2963292
Net Volume [Cut-Fill]: -913900.02244143

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 729218.11281374
Negative Planar Area [Fill]: 1166059.4042069
Blanked Planar Area: 140630419.69632
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 731913.43280197
Negative Surface Area [Fill]: 1169743.9557449



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:46:31 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno + Acesso aos Berços - Projeto - Trecho 3.grd
Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -13.562614151486
Z Maximum: 8.9575646972626

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -1822159.7538852
Simpson's Rule: -1822228.4153472
Simpson's 3/8 Rule: -1822653.0694684

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 364647.59847561
Negative Volume [Fill]: 2186807.3523608
Net Volume [Cut-Fill]: -1822159.7538852

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 209806.54879282
Negative Planar Area [Fill]: 1767644.3570361
Blanked Planar Area: 140548246.30752
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 211142.47593292
Negative Surface Area [Fill]: 1769893.6397635



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:33:16 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Berços Trecho 1 - Projeto.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -14.559974963788
Z Maximum: 9.7352978286639

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 255507.11473784
Simpson's Rule: 255499.16342152
Simpson's 3/8 Rule: 255166.89543102

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 844125.38721339
Negative Volume [Fill]: 588618.27247556
Net Volume [Cut-Fill]: 255507.11473782

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 349994.06578949
Negative Planar Area [Fill]: 213966.56122642
Blanked Planar Area: 141961736.58633
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 356677.98634651
Negative Surface Area [Fill]: 246234.46999366



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:47:57 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Berços Trecho 2 - Projeto.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -14.11209429436
Z Maximum: 3.2057235652401

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -419425.16005475
Simpson's Rule: -419390.8275222
Simpson's 3/8 Rule: -419460.38933215

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 22782.254278237
Negative Volume [Fill]: 442207.41433299
Net Volume [Cut-Fill]: -419425.16005475

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 37890.741905146
Negative Planar Area [Fill]: 158205.481336
Blanked Planar Area: 142329600.9901
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 39475.996754423
Negative Surface Area [Fill]: 185732.47547288



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:48:47 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Berços Trecho 3 - Projeto.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -15.226518468236
Z Maximum: 7.1028768406084

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -910157.84293838
Simpson's Rule: -910440.71818688
Simpson's 3/8 Rule: -910351.53850094

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 168097.75881384
Negative Volume [Fill]: 1078255.6017522
Net Volume [Cut-Fill]: -910157.84293839

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 165904.16348991
Negative Planar Area [Fill]: 325592.29357064
Blanked Planar Area: 142034200.75628
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 170317.50077823
Negative Surface Area [Fill]: 378520.17004838



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:49:54 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Externo - Tolerância 0.7.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 7.1703225597317

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1284419.1374329
Simpson's Rule: 1284479.7732714
Simpson's 3/8 Rule: 1284452.2416533

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1284419.1374329
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 1284419.1374329

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 5121171.9803595
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 137404525.23299
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 5126678.6119087
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:50:53 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Tolerância 0.4.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 14.54881567693

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 5950586.0307263
Simpson's Rule: 5950653.2689448
Simpson's 3/8 Rule: 5950530.4128869

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 5950586.0307262
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 5950586.0307262

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 6612465.9995372
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 135913231.21381
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 6625156.6807973
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:51:56 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 1.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 14.54881567693

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 3927268.666693
Simpson's Rule: 3927313.0365635
Simpson's 3/8 Rule: 3927224.0580559

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 3927268.666693
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 3927268.666693

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 2164507.8563172
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 140361189.35703
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 2171436.9305505
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:52:46 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 2.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 8.7484687417667

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1589800.2875049
Simpson's Rule: 1589803.002948
Simpson's 3/8 Rule: 1589798.1489504

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1589800.2875049
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 1589800.2875049

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 2057278.4833674
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 140468418.72998
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 2060843.3801581
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:57:17 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno - Tolerância 0.4 - Trecho 3.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 9.3576039135423

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 433517.07652834
Simpson's Rule: 433537.22943333
Simpson's 3/8 Rule: 433508.20588061

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 433517.07652833
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 433517.07652833

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 2388295.8516398
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 140137401.36171
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 2390487.1407683
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:58:22 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 1.grd
Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 15.506992786874

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 4738530.9846903
Simpson's Rule: 4738525.9133442
Simpson's 3/8 Rule: 4738569.1374359

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 4738530.9846901
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 4738530.9846901

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 2135678.1757852
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 140390019.03756
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 2142619.5945506
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 18:59:13 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 2.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 8.7484687417667

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1615385.3445055
Simpson's Rule: 1615391.039689
Simpson's 3/8 Rule: 1615372.3949975

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1615385.3445055
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 1615385.3445055

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1895277.5170207
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 140630419.69632
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 1898855.5377094
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 19:00:57 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno + Acesso aos Berços - Tolerância 0.4 - Trecho 3.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 9.3575646972626

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 449412.12400988
Simpson's Rule: 449411.94939394
Simpson's 3/8 Rule: 449411.85961443

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 449412.12400988
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 449412.12400988

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 1977450.9058289
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 140548246.30752
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 1979715.0219005
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:33:34 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Berços Trecho 1 - Tolerância 0.4.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 10.135297828664

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 990070.91939549
Simpson's Rule: 990102.55513779
Simpson's 3/8 Rule: 989955.92888687

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 990070.91939548
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 990070.91939548

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 563960.62701591
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 141961736.58633
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 570020.26620528
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 19:01:52 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Berços Trecho 2 - Tolerância 0.4.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 3.6057235652401

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 40071.03009621
Simpson's Rule: 40057.401160916
Simpson's 3/8 Rule: 40105.269821327

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 40071.03009621
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 40071.03009621

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 196096.22324114
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 142329600.9901
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 197370.41036902
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 19:02:42 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Berços Trecho 3 - Tolerância 0.4.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 7.5028768406084

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 238979.78767106
Simpson's Rule: 238980.08902698
Simpson's 3/8 Rule: 238956.11413855

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 238979.78767106
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 238979.78767106

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 491496.45706055
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 142034200.75628
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 495301.55880677
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:32:54 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Área BTP - Total - Projeto.grd
Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -3.4348513464361
Z Maximum: 15.106992786874

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1121995.158262
Simpson's Rule: 1121785.3627111
Simpson's 3/8 Rule: 1122364.6482804

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1130882.1602003
Negative Volume [Fill]: 8887.001938278
Net Volume [Cut-Fill]: 1121995.158262

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 311619.88917367
Negative Planar Area [Fill]: 59736.233677739
Blanked Planar Area: 142154341.09049
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 312520.04233488
Negative Surface Area [Fill]: 59756.741546928



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:32:18 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Área BTP - Berços - Projeto.grd
Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: -3.4348513464361
Z Maximum: 4.1970556701541

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 149940.90878734
Simpson's Rule: 150010.57630404
Simpson's 3/8 Rule: 149920.34905459

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 149964.45877091
Negative Volume [Fill]: 23.549983567004
Net Volume [Cut-Fill]: 149940.90878734

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 68121.569092933
Negative Planar Area [Fill]: 16.948879166819
Blanked Planar Area: 142457558.69537
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 68213.588292277
Negative Surface Area [Fill]: 35.086740750409



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:33:03 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Área BTP - Total - Tolerância 0.4.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 15.506992786874

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1257424.4772522
Simpson's Rule: 1257180.0353732
Simpson's 3/8 Rule: 1257798.1908062

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1257424.4772522
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 1257424.4772522

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 371356.12285141
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 142154341.09049
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 372333.38593107
Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 17:32:45 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Área BTP - Berços - Tolerância 0.4.grd
Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 4.5970556701541

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 178220.12478676
Simpson's Rule: 178279.70192828
Simpson's 3/8 Rule: 178197.20794483

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 178220.12478676
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 178220.12478676

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 68138.5179721
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 142457558.69537
Total Planar Area: 142525697.21334



Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 68230.755841223

Negative Surface Area [Fill]: 0



Grid Volume Computations

Thu Mar 05 22:47:11 2015

Upper Surface

Grid File Name: F:\Felipe\Projetos\Porto de Santos\CANAL_TERMINAIS\Memória de Cálculo de Volumes\GRD\Canal Interno +Acessos + Berços - Tolerância - 0.7.grd

Grid Size: 8120 rows x 4390 columns

X Minimum: 360382.169
X Maximum: 369159.725
X Spacing: 1.9998988380041

Y Minimum: 7338597.878
Y Maximum: 7354835.393
Y Spacing: 1.9999402635793

Z Minimum: 0
Z Maximum: 15.806992786874

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 9033172.0922853
Simpson's Rule: 9033164.8255412
Simpson's 3/8 Rule: 9033064.7683637

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 9033172.092285
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 9033172.092285

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 7290973.4107867
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 135234723.80256
Total Planar Area: 142525697.21334

Surface Areas



Positive Surface Area [Cut]: 7322884.328634
Negative Surface Area [Fill]: 0