
SCPAR PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

Projeto de Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul e Uso Benéfico dos Sedimentos na Recuperação e Proteção da Orla do Município de Itapoá e de Reconstituição do Sistema de Dunas das Praias Figueira do Pontal, Pontal do Norte Até a Praia da Princesa do Mar



Agosto de 2022

SUMÁRIO

1.	OBJETIVO.....	13
2.	EQUIPE TÉCNICA.....	15
3.	CÓDIGOS, NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	16
4.	CRITÉRIOS E PREMISSAS.....	17
5.	PROJETO DE DRAGAGEM de READEQUAÇÃO E Aprofundamento DO CANAL de acesso EXTERNO do complexo portuário de São Francisco do Sul.....	19
5.1.	Introdução.....	19
5.2.	Área de Estudo.....	22
5.3.	Profundidades na Área de Dragagem.....	31
5.4.	Área de Dragagem.....	34
5.5.	Volume a Ser Dragado.....	39
5.6.	Considerações Finais sobre o Projeto de Dragagem.....	42
6.	PROJETO DE USO BENÉFICO DOS SEDIMENTOS para a recuperação e proteção da orla de Itapoá da Praia Figueira do Pontal e da Praia Pontal do Norte ATÉ A PRAIA DA PRINCESA DO MAR.....	44
6.1.	Contextualização.....	44
6.2.	Áreas de Disposição de Sedimentos.....	46
6.2.1.	Área de Destino 1 – Praia da Figueira do Pontal.....	48
6.2.2.	Praia 2 – Praia do Pontal do Norte.....	52
6.2.3.	Praia 3 – Balneário Uirapuru - Praia da Princesa do Mar.....	55
6.3.	Projeto de Alimentação Artificial da Orla de Itapoá.....	58
6.3.1.	Cálculo da Largura de Alimentação (W).....	62
6.3.2.	Cálculo da Densidade de Alimentação (m ³ /m).....	65
6.3.3.	Cálculo do Volume de Alimentação.....	65
6.4.	Redistribuição de Areia e a Mobilidade do Projeto de Alimentação de Praia....	85
6.5.	Considerações Finais Sobre o Projeto de Uso Benéfico de Sedimentos.....	91
7.	PROJETO DE RECONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE DUNAS NAS PRAIAS FIGUEIRA DO PONTAL, PONTAL DO NORTE E PRINCESA DO MAR, MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, SC.....	93
7.1.	Introdução.....	93
7.2.	Objetivos.....	94
7.3.	Origem do Sedimento Para Implantação das Dunas nas Praias de Itapoá.....	95
7.4.	Etapas Metodológicas Para Implantação do Sistema de Dunas nas Praias de Itapoá.....	96
7.4.1.	Delimitação da Área de Intervenção.....	97
7.4.2.	Elaboração do Perfil Topográfico.....	103

7.4.3.	Implantação dos Sistemas de Proteção e Trilhas de Acesso à Praia	107
7.4.4.	Estabilização das Dunas com Métodos Vegetativos.....	115
7.4.5.	Seleção das Espécies para Plantio.....	115
7.4.6.	Origem das Mudas	118
7.4.7.	Método de Plantio e Estimativa do Número de Mudas	118
7.4.8.	Irrigação	120
8.	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO DA ORLA DE ITAPOÁ E DA REGIÃO DO BOTA-FORA	121
8.1.	Metodologia de Coleta dos Sedimentos	134
8.2.	Caracterização Granulométrica dos Sedimentos a Serem Dragados	143
8.2.1.	Matéria Orgânica, Carbonatos e Parâmetros Químicos	150
8.3.	Caracterização Granulométrica dos Sedimentos Nativos da Orla de Itapoá ...	158
8.3.1.	Praia 1 - (2,0 Km de extensão)	158
8.3.2.	Praia 2 - (3,58 Km de extensão)	160
8.3.3.	Praia 3 - (2 Km de extensão).....	162
9.	DESCARTE DO MATERIAL NÃO COMPATÍVEL COM O USO BENÉFICO DE SEDIMENTOS ou excedente	167
10.	EQUIPAMENTOS E TÉCNICAS DE DRAGAGEM E DESCARTE	170
10.1.	Dragas Autotransportadoras de Sucção e Arrasto (Hopper)	170
10.2.	Escavadeiras, Trator de Esteira e Carregadeira	171
11.	REGIME E CONDIÇÕES OPERACIONAIS	174
12.	RASTREAMENTO E TELEMETRIA DA DRAGA AUTOTRANSPORTADORA.....	175
13.	SINALIZAÇÃO NÁUTICA.....	178
14.	CANTEIRO DE OBRAS, INFRAESTRUTURA DE APOIO E INSUMOS.....	181
15.	SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	182
15.1.	Observador a Bordo do Equipamento de Dragagem	182
16.	Gerenciamento de Resíduos e Efluentes da Draga.....	185
16.1.	Metodologia e Descrição Detalhada das Ações.....	185
17.	Válvula Verde.....	188
18.	Comunicado à Capitania dos Portos	189
19.	GERENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DAS OBRAS.....	190
19.1.	Controle de Manutenção de Equipamentos	190
20.	Controle Executivo da Obra	191
21.	CRONOGRAMA	192
22.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	193
23.	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	195
24.	ANEXOS	199

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Poligonais e vértices da área de dragagem (sistema aquaviário readequado e aprofundado) e da área do bota-fora Alfa, onde serão depositados os sedimentos que não forem aproveitados para o uso benéfico.	24
Figura 2. Diagrama em forma de rosa das direções e velocidades das correntes no ponto de medição ao largo da praia de Itapoá entre 06/05/18 e 28/05/18. Fonte: ACQUAPLAN (2018).	26
Figura 3. Rosa direcional da velocidade e direção média das correntes, histograma de direção e velocidade da corrente na coluna da água entre os dias 17/05/14 e 30/06/19, para a região da desembocadura da baía da Babitonga. Fonte: ACQUAPLAN (2019).	27
Figura 4. Frequência acumulada da altura significativa e direção de pico das ondas, entre os dias 17/05/14 e 30/06/19.	28
Figura 5. Histograma de distribuição da altura significativa das ondas entre 17/05/14 e 30/06/19.	29
Figura 6. Histograma de distribuição da direção de pico das ondas entre 17/05/14 e 30/06/19.	29
Figura 7. Histograma de distribuição do período de pico das ondas entre 17/05/14 e 30/06/19.	30
Figura 8. Levantamento batimétrico do novo sistema aquaviário realizado em abril de 2022. <i>Datum</i> vertical da DHN para o local. <i>Datum</i> horizontal WGS-84.	32
Figura 9. Levantamento batimétrico das armadilhas a serem dragadas para a readequação do sistema aquaviário realizado em abril de 2022. <i>Datum</i> vertical da DHN para o local. <i>Datum</i> horizontal WGS-84.	33
Figura 10. Máscara de dragagem para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -14m (DHN).	35
Figura 11. Máscara de dragagem para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -16m (DHN).	36
Figura 12. Máscara de dragagem das armadilhas para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -14m (DHN).	37
Figura 13. Máscara de dragagem para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -16m (DHN).	38
Figura 14. Seções de cálculo de volume de dragagem para o canal de acesso externo.	40
Figura 15. Seções de cálculo de volume de dragagem para as armadilhas de sedimentos.	41

Figura 16. A evolução dos projetos de alimentação da praia/dunas frontais, antepraia (<i>shoreface</i>), parede dos canais, megaprojetos (20 milhões de metros cúbicos), e disposição de sedimentos sobre deltas de maré vazante (Modificado de BRAND <i>et al.</i> , 2022).	45
Figura 17. Áreas das praias de Itapoá selecionadas para receberem os sedimentos destinados ao uso benéfico para recuperação e proteção da orla de Itapoá.	47
Figura 18. Rochas colocadas para conter a erosão na região a montante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1.	48
Figura 19. Região com erosão a jusante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1.	49
Figura 20. Região com erosão a jusante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1 observando-se a proteção de parte da praia com concreto.	49
Figura 21. Região com erosão a jusante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1.	50
Figura 22. Esquema para a alimentação artificial da área destino Praia 1.	51
Figura 23. Região com erosão na região mediana do trecho Praia 2.	52
Figura 24. Local com erosão e rochas na linha de praia na região final do trecho Praia 2.	53
Figura 25. Esquema para a alimentação artificial da área destino Praia 2.	54
Figura 26. Região com processos de retração da linha de costa e rochas na praia no bairro Princesa do Mar no início do trecho Praia 3.	55
Figura 27. Esquema para a alimentação artificial da área destino Praia 3.	57
Figura 28. Perfis de Equilíbrio traçados para o cálculo de volume de alimentação no setor Praia 1.	59
Figura 29. Perfis de Equilíbrio traçados para o cálculo de volume de alimentação no setor Praia 2.	60
Figura 30. Perfis de Equilíbrio traçados para o cálculo de volume de alimentação no setor Praia 3.	61
Figura 31. Linha de costa de 1979 em relação a posição da linha de costa atual, utilizada como linha de costa base para o cálculo do volume de alimentação.	64
Figura 32. Densidade de alimentação para o Setor Praia 1, Perfis de Equilíbrio 1A e 1B.	67
Figura 33. Perfil de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1A.	68
Figura 34. Perfil de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1B.	69
Figura 35. Densidade de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1C.	6-70
Figura 36. Perfil de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1C.	6-71
Figura 37. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2A.	73
Figura 38. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2A.	74
Figura 39. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2B.	75
Figura 40. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2B.	76
Figura 41. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2C.	77

Figura 42. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2C.	78
Figura 43. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2D.	79
Figura 44. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2D.	80
Figura 45. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2E.	81
Figura 46. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2E.	82
Figura 47. Densidade de alimentação para o Setor Praia 3, Perfis de Equilíbrio 3A e 3B.	83
Figura 48. Perfil de alimentação para o Setor Praia 3, Perfil de Equilíbrio 3A.	84
Figura 49. Perfil de alimentação para o Setor Praia 3, Perfis de Equilíbrio 3B.	84
Figura 50. Evolução de um projeto de alimentação de praias arenosas (modificado de De Schipper <i>et al.</i> , 2020): (a) Evolução morfológica de uma alimentação de praia arenosa em planta (vista aérea) e perfil (vista em corte); (b) À medida que a berma e o pós-praia (porção aérea da praia) construída (t1) recua (t2 e t3), a areia é redistribuída lateralmente, com possível desenvolvimento de esporão (<i>spit</i>) nos limites do aterro; (c) Na área original de adição dos sedimentos, a erosão da berma e do pós-praia (parte aérea da praia) coincide com uma diminuição geral da inclinação do perfil (t2); (d) No limite do aterro, seção adjacente, a areia alimentada que construiu o esporão, cria uma protuberância (saliência elevada) no perfil; (e) A erosão da praia alimentada perto da linha de água pode resultar na criação de escarpas; (f) As escarpas podem ser removidas quando ondas altas inundam a crista da escarpa. Uma crista (acúmulo de sedimento), devido ao transporte de sedimentos, pode se formar quando as ondas ultrapassam a altura da berma/pós-praia.	86
Figura 51. Exemplo de mobilidade da linha de costa entre os anos de 1957 e 2012 (transectos 36 a 71). Esta área equivale ao trecho 1 do projeto de uso benéfico dos sedimentos da dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo ao complexo portuário de São Francisco do Sul (ACQUAPLAN, 2013, 2018).	90
Figura 52. Linha de costa atual e cenário futuro esperado para a região da orla e da faixa de areia da Praia Figueira do Pontal, Praia Pontal do Norte, Princesa do Mar, após as obras de alimentação artificial da orla.	99
Figura 53. Exemplo da largura da faixa de areia em um "Cenário Futuro", após as obras de alimentação artificial, destacando que este será o espaço disponível para implantação do sistema de dunas previsto na orla da Praia Figueira do Pontal, da Praia Pontal do Norte e da Praia da Princesa do Mar, no Município de Itapoá.	100
Figura 54. Etapas do projeto de alimentação artificial conforme o "Projeto de Alimentação Artificial", dividindo a faixa de areia a ser alvo do projeto de alimentação em dois setores: Setor Praia 1 – Figueira do Pontal e Praia 2 – Pontal do Norte.	101

Figura 55. Setor 3 Sul – Praia de Princesa do Mar - Etapas do projeto de alimentação artificial conforme o “Projeto de Alimentação Artificial”, dividindo a faixa de areia a ser alvo do projeto de engordamento.	102
Figura 56. Exemplo de processo de alimentação artificial, mostrando a linha de recalque em terra para a distribuição de areia ao longo do perfil praiado desejado (à esquerda) e retroescavadeira atuando na distribuição de sedimentos na faixa de praia (à direita e abaixo).	105
Figura 57. Exemplo de implantação do sistema de dunas junto a cursos d’água que aportam sobre a praia.	107
Figura 58. Esquema demonstrando como deverá ocorrer a implantação das estruturas de proteção das dunas e trilhas naturais de passagem que servirão como caminhos para as pessoas e como poleiros artificiais para a fauna. Fonte: Seoane <i>et al.</i> (2007).	108
Figura 59. Exemplos de placas informativas e sistema de isolamento das áreas de manejo.	109
Figura 60. Modelo de passarela de madeira a serem implantadas nas praias da Figueira do Pontal e Pontal do Norte, no Município de Itapoá.	110
Figura 61. Localização das trilhas de acesso à praia, passarelas e placas informativas do Projeto de Recomposição das Dunas da Orla de Itapoá.	111
Figura 62. Dunas dômicas associadas à desembocadura do rio Saí-Mirim, parcialmente vegetadas por <i>Ipomea</i> e <i>Sporobolus</i> . Fonte: PORTARIA SEMAI Nº 01/2019/SOUZA, 1999.	116
Figura 63. A = <i>Ipomoea pes-caprae</i> , B = <i>Sporobolus sp.</i> , C = <i>Blutaparon portulacoides</i> , D = <i>Hidrocotyle bonariensis</i> , E = <i>Panicum rancemosum</i> , <i>Hidrocotyle bonariensis</i> e <i>Paspalum vaginatum</i> e F = <i>Ipomea sp.</i>	118
Figura 64. Modo correto de plantio. Fonte: DNIT (2013).	119
Figura 65. Exemplo de plantio com touceiras formando um cordão.	119
Figura 66. Distribuição espacial dos pontos utilizados na avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos a serem dragados para a readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul, SC.	124
Figura 67. Localização dos pontos amostrais de sedimentos na orla do Município de Itapoá.	131
Figura 68. Distribuição das amostras avaliadas para a caracterização ambiental dos sedimentos através da análise de dados secundários realizados na área de estudo.	132
Figura 69. Distribuição espacial dos pontos do bota-fora Alfa a serem utilizados para descarte do material não compatível com o uso benéfico para recuperação e proteção da orla de Itapoá, SC.	133

Figura 70. Embarcação utilizada para a realização das sondagens diretas.	134
Figura 71. Posicionamento da embarcação para realização das sondagens diretas.	135
Figura 72. Amostrador tipo <i>van Veen</i> utilizado para a coleta de amostras de sedimento e acondicionamento do sedimento em frascos plásticos devidamente identificados.	135
Figura 73. Acondicionamento das amostras coletadas com <i>van Veen</i> e Trado Caneco e armazenamento em caixa térmica.	136
Figura 74. Ilustração da operação técnica da coleta com <i>Trado Caneco</i> operado por mergulhador profissional na amostragem dos sedimentos em subsuperfície.	137
Figura 75. Amostrador do tipo <i>Trado Caneco</i> : (A) sedimento coletado sendo extraído do amostrador; (B) amostra sendo acondicionada em embalagem plástica (C).	137
Figura 76. Mergulhador munido do amostrador do tipo <i>Trado Caneco</i> na região do sistema aquaviário.	138
Figura 77. Ajustes no sistema de <i>Vibracore</i> previamente ao início das operações.	139
Figura 78. Conjunto de equipamentos que compõem o sistema <i>Vibracore</i> a bordo da embarcação.	139
Figura 79. Ilustração esquemática do procedimento de amostragem de testemunho sedimentar por meio da técnica de <i>Vibracore</i>	140
Figura 80. Procedimento de descida e içamento do tubo de alumínio pelo guincho no sistema de <i>Vibracore</i>	141
Figura 81. Testemunhos acondicionados a bordo da embarcação.	141
Figura 82. Procedimento de abertura dos testemunhos de sedimento em bancada.	142
Figura 83. Testemunhos abertos para retirada das amostras e registro da sequência vertical de fácies.	142
Figura 84. Procedimento de registro das fácies sedimentares e retirada das amostras para envio ao laboratório de análises.	143
Figura 85. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na área da readequação do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul.	149
Figura 86. Relação entre sedimentos finos – silte e argila (%) e matéria orgânica nas amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada para a readequação e aprofundamento do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul.	151
Figura 87. Percentuais de matéria orgânica e carbonato de cálcio nas amostras de sedimento coletadas na área de na área a ser dragada para a readequação e aprofundamento do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul.	151

Figura 88. Percentuais de Carbono Orgânico Total (%) para as amostras de sedimentos coletadas na área a ser dragada.	152
Figura 89. Percentuais de Carbono Orgânico Total (%) para as amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada.	153
Figura 90. Concentração de Fósforo total (mg/Kg) para as amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada.	153
Figura 91. Concentração de metais (mg/Kg) analisados nas 150 (cento e cinquenta) amostras coletadas para avaliação da qualidade dos sedimentos a serem dragados no escopo do Estudo de Impacto Ambiental – EIA para a dragagem de aprofundamento e readequação do sistema aquaviário do Porto de São Francisco do Sul.	157
Figura 92. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 – Supra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	158
Figura 93. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 – Meso nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	159
Figura 94. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 – Infra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	159
Figura 95. Percentuais de matéria orgânica (M0) e carbonato de cálcio (CaCO ₃) nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	160
Figura 96. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 – Supra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	161
Figura 97. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 – Meso nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	161
Figura 98. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 – Infra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	161
Figura 99. Percentuais de matéria orgânica (M0) e carbonato de cálcio (CaCO ₃) nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	162
Figura 100. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 – Supra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	163
Figura 101. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 – Meso nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	164
Figura 102. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 – Infra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	164
Figura 103. Percentuais de matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio (CaCO ₃) nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.	165

Figura 104. Localização e poligonal do bota-fora Alfa, posicionado na região costeira adjacente à desembocadura da baía da Babitonga.	168
Figura 105. Batimetria da área marinha de descarte de sedimentos (Bota-Fora Alfa). Levantamento realizado em 22 de junho de 2022 pela empresa Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental Ltda.	169
Figura 106. Draga autotransportadora de sucção e arrasto (hopper) fazendo o bombeamento do sedimento para a praia.	170
Figura 107. Escavadeira posicionando a tubulação na praia. Foto: Rodrigo Luft.	172
Figura 108. Carregadeira transportando a tubulação na areia da praia. Foto: Rodrigo Luft.	172
Figura 109. Trator de esteira ajudando a modelar o perfil praial. Foto: Rodrigo Luft.	173
Figura 110. Trator de esteira ajudando a modelar o perfil praial. Foto: Rodrigo Luft.	173
Figura 111. Exemplo de boia luminosa para identificação de área de dragagem.	179
Figura 112. Ilustração esquemática do uso da válvula verde no sistema de <i>overflow</i> . À esquerda situação sem o uso da válvula. A direita situação com o uso da válvula verde.	188

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equipe técnica responsável pela elaboração deste projeto de dragagem e de uso benéfico dos sedimentos.	15
Tabela 2. Coordenadas dos vértices da área de dragagem, delimitada pelo sistema aquaviário proposto. <i>Datum</i> horizontal WGS-84, Zona UTM 22J, hemisfério sul.	23
Tabela 3. Localização dos pontos do polígono da área de descarte de sedimentos dragados (Bota-Fora Alfa). <i>Datum</i> horizontal SIRGAS-2000. Zona UTM 22J, hemisfério sul.	23
Tabela 4. Setores, seções de dragagem e coordenadas georreferenciadas.	34
Tabela 5. Estimativas do volume a ser dragado para a readequação e aprofundamento da geometria do canal externo e armadilhas de sedimentos na cota de -14 e -16m DHN, tolerância vertical de 0,5m, e talude 1:6.	42
Tabela 6. Coordenadas dos vértices das áreas de disposição dos sedimentos para uso benéfico dos sedimentos da dragagem, delimitada pelo sistema aquaviário proposto. <i>Datum</i> horizontal WGS-84, Zona UTM 22J, hemisfério sul.	46
Tabela 7. Largura de alimentação para cada setor da orla de Itapoá (praias a serem alimentadas).....	63
Tabela 8. Volume e densidade de alimentação a ser utilizada para a orla de Itapoá (praias a serem alimentadas).	65
Tabela 9. Parâmetros utilizados para o cálculo do volume de alimentação para cada setor da orla de Itapoá (praias a serem alimentadas).....	66
Tabela 10. Quadro resumo do volume de sedimento necessário para a reconstituição de dunas com 1 m metro de cota ao longo da faixa de areia da Praia Figueira do Pontal e 1,5 metros de cota na zona de erosão ("hotspot") identificada na Praia do Pontal do Norte e Praia da Princesa do Mar.	106
Tabela 11. Coordenadas geográficas de localização das trilhas de acesso à praia.	112
Tabela 12. Coordenadas geográficas de localização das placas informativas.	114
Tabela 13. Coordenadas geográficas de localização das passarelas suspensas de madeira.	114
Tabela 14. Tabela I da Resolução CONAMA Nº 454/2012, que fornece orientação acerca do número de amostras a serem coletadas para a caracterização dos sedimentos a serem dragados.	121
Tabela 15. Identificação, localização em planta e vertical, data e método de amostragem das amostras consideradas para a caracterização ambiental dos sedimentos a serem dragados no âmbito da dragagem de aprofundamento e readequação do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, conforme Resolução CONAMA Nº 454/2012.	125

Tabela 16. Caracterização granulométrica das amostras de sedimento coletadas ao longo do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul.	145
Tabela 17. Resumo dos valores médios observados nas áreas locais selecionadas para despejo dos sedimentos e áreas a serem dragadas avaliadas no EIA da Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul. Legenda: AF: areia fina; AM: areia média; AMF: areia muito fina; AG: areia grossa; AMG: areia muito grossa; CC: cascalho; ST: silte; AL: argila.	166
Tabela 18. Vértices área marinha de descarte (Bota-Fora Alfa). Datum horizontal SIRGAS-2000. Zona UTM 22J, hemisfério sul.	167

1. OBJETIVO

Este documento compreende o projeto de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul e tem como objetivo permitir a operação de navios da nova geração, com comprimento de 366 m de LOA (comprimento máximo do navio), além de garantir a segurança da navegação e oferecer maior eficiência nas manobras de entrada e saída do sistema aquaviário, especialmente no período noturno, conformando seu traçado às normas adotadas internacionalmente para o dimensionamento de canais de navegação (PIANC, 2014). Ainda, compreende o projeto de alimentação das praias da orla de Itapoá de aproximadamente oito quilômetros e a reconstituição do sistema de dunas primárias, através do uso benéfico dos sedimentos de 6.420.300 m³.

Importante considerar que a geometria proposta para o sistema aquaviário readequado e aprofundado foi avaliada por meio de estudo de manobrabilidade de navios elaborado pela empresa Acquadinâmica Modelagem e Análise de Risco Ambiental para um navio de 366 metros de comprimento total e 52 metros de boca (ANEXO I). As adequações indicadas no projeto consistem em modificações na geometria atual do canal de acesso externo, adequado conforme andamento da análise por parte do órgão ambiental IBAMA no âmbito do processo de licenciamento ambiental do projeto da dragagem (processo 02001.002171/2014-01), o qual já teve emitida a viabilidade através da LP Nº 667/2022.

De forma resumida, tem-se que a largura do canal de acesso externo será alterada da seguinte forma: atualmente varia entre 160 m (trechos retilíneos) e 244 m (curva), passando a adotar larguras variando entre 260 m (trechos retilíneos) e 280 m (curva). É proposto que a obra de readequação e aprofundamento do canal externo possa ocorrer em duas etapas. Além da readequação da geometria da largura do canal e da curva, o projeto prevê o aprofundamento do canal para 16 m (DHN) + 0,5 metros de sobredragagem (tolerância), sendo que este aprofundamento poderá ser executado em uma única etapa, ou então em duas etapas. Na primeira etapa seria realizado o aprofundamento da cota para 14 m (DHN) + 0,5 metros de sobredragagem (tolerância); enquanto que a segunda etapa envolveria o aprofundamento do canal para 16 m (DHN) + 0,5 metros de sobredragagem.

O projeto propõe ainda dragar duas áreas adicionais a serem executadas no canal externo, com o objetivo de minimizar o seu assoreamento, aumentando sua vida útil e concentrando os esforços de dragagem para as próximas dragagens de manutenção que se fizerem

necessárias. Estas áreas são denominadas "Armadilhas" para sedimentos e foram idealizadas/projetadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH).

Adicionalmente, este documento apresenta a proposta técnica de uso benéfico do sedimento dragado na recuperação e proteção da orla do Município de Itapoá e na recomposição do sistema de dunas primárias para as praias Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar.

Ao longo deste projeto é apresentado um denso memorial descritivo, memorial de cálculo e plantas apresentando as características do projeto geométrico do sistema aquaviário a ser readequado e aprofundado, a delimitação e o levantamento batimétrico da área de dragagem, as cotas pretendidas para a dragagem, a máscara de dragagem e o volume a ser dragado, a caracterização dos sedimentos a serem dragados, os equipamentos e técnicas de dragagem a serem empregadas, o cronograma executivo, considerações sobre canteiro de obras, infraestrutura de apoio e insumos, e sugestões de medidas de monitoramento e controle das atividades de dragagem.

Também é detalhado o projeto de uso benéfico dos sedimentos dragados para a recuperação e proteção da orla do Município de Itapoá, com os volumes de sedimentos e locais de disposição, a densidade de alimentação, largura e cota dos trechos a serem recuperados. Ainda, neste projeto de uso benéfico tem-se a proposta técnica de reconstituição do sistema de dunas embrionárias, contendo a localização, extensão, largura e altura das dunas, o volume de sedimento a ser utilizado, a descrição dos métodos de revegetação e fixação com espécies nativas, cercamento e sinalização, bem como a construção de acessos e passarelas.

2. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica responsável pela elaboração deste projeto de dragagem para a readequação e aprofundamento do canal externo e do uso benéfico do sedimento na recuperação e proteção da orla de Itapoá, assim como na reconstituição do sistema de dunas, é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Equipe técnica responsável pela elaboração deste projeto de dragagem e de uso benéfico dos sedimentos.

Nome	Formação	Área de atuação	Registro IBAMA	Registro Profissional
Fernando Luiz Diehl, MSc.	Oceanógrafo	Coordenador Geral	198583	AOCEANO 104
José Antonio Coelho, Esp.	Engenheiro Civil	Responsável Técnico	34233	CREA-SC 011921-7
João Thadeu de Menezes, Dr.	Oceanógrafo	Responsável Técnico pelo Projeto de Dragagem e Uso Benéfico dos Sedimentos Responsável Técnico pelo Estudo de Manobras de Navios	282673	AOCEANO 782
Antonio Henrique da Fontoura Klein, Dr.	Oceanógrafo	Consultor Externo, Projeto de Dragagem e Uso Benéfico dos Sedimentos	4012266	AOCEANO 554
Josiane Rovedder, MSc.	Bióloga	Responsável Técnica pelos Aspectos Bióticos e pela Reconstituição do Sistema de Dunas	355459	CRBio 45049-03D
Luciano Hermanns, Dr.	Oceanógrafo	Coordenação de Equipe e Revisão Técnica	622577	AOCEANO 677
Francelise Pantoja Diehl, MSc.	Advogada	Análise da Legislação	194575	OAB-SC 6641
Emilio Marcelo Dolichney, BSc.	Oceanógrafo	Coordenação Administrativa	204312	AOCEANO 1446
Vinicius Dalla Rosa Coelho, Esp.	Engº. Ambiental e de Segurança	Coordenador da Equipe Técnica	610896	CREA-SC 078574-9
Glaucio Vintem, MSc.	Oceanógrafo	Responsável Técnico pelos Levantamentos Hidrográficos	898644	AOCEANO 1919
Bruna Vivian Brites, MSc.	Bióloga	Elaboração de Aspectos Bióticos e Socioeconômicos	4083303	CrBio 63402-03-D
Kaue Barbosa Domingues	Engenheiro Civil Costeiro & Portuário	Equipe Técnica	8089045	CREA-SC 189171-9

3. CÓDIGOS, NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Abaixo são apresentados os códigos, normas e documentos de referência considerados na elaboração deste projeto:

- ✓ NBR 13246 - Planejamento Portuário – Aspectos Náuticos – Procedimento: 1995;
- ✓ NR 29 - Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário;
- ✓ NORMAM-25 - Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos;
- ✓ NORMAM-17 - Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação;
- ✓ NORMAM-11 – Obras, Dragagem, Pesquisa e Lavra de Minerais Sob, Sobre e às Margens das Águas sob Jurisdição Brasileira;
- ✓ PIANC 121 – *Harbour Approach Channels – Design Guidelines*: 2014;
- ✓ PIANC 144 – *Classification of Soils and Rocks for the Maritime Dredging Process*: 2014;
- ✓ CONAMA – Resolução Nº 454/2012 – Gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição brasileira;
- ✓ ACQUAPLAN – Levantamento hidrográfico multifeixe para a definição dos volumes de dragagem para a readequação da geometria do canal externo do Sistema Aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul
- ✓ ACQUAPLAN - Relatório de Atividades Consolidado do PBA da Operação do Porto de São Francisco do Sul, 2019;
- ✓ ACQUAPLAN – Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul. Fevereiro de 2019. 2ª Edição;
- ✓ CIRIA. R. N. Bray. A guide to cost standards for dredging equipment. 2009;
- ✓ CIRIA. R. N. Bray. A guide to cost standards for dredging equipment. Cost standards indexation. 2017;
- ✓ DNIT. Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO. Santa Catarina, outubro de 2019;
- ✓ Licença Ambiental Prévia – LP Nº 667/2022.

4. CRITÉRIOS E PREMISSAS

Este projeto de dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do complexo portuário de São Francisco do Sul, e do uso benéfico dos sedimentos para recuperação e proteção da Orla de Itapoá, foi elaborado considerando os critérios e premissas descritas abaixo:

- ✓ Referência planialtimétrica, Projeção UTM, Zona 22 Sul, Datum WGS84;
- ✓ Referência de altimetria, Zero hidrográfico da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) para o local;
- ✓ Sistema de unidades: Sistema Internacional de Unidades (SI);
- ✓ Profundidade definida para a cota de dragagem igual a -16m DHN, para toda a área do sistema aquaviário e para as armadilhas de sedimentos a serem instaladas a leste da porção retilínea do canal externo e a norte da curva do canal;
- ✓ Tolerância vertical adotada para o volume de dragagem igual a 0,5m, para toda a área de dragagem, exceto nas armadilhas, considerando a incerteza vertical dos equipamentos como a draga autotransportadora de sucção e arrasto (hopper), e da configuração do material a ser dragado (areia e silte inconsolidado);
- ✓ Razão adotada para o talude de equilíbrio de dragagem de 1:6, considerando as características sedimentológicas e hidrodinâmicas da área de dragagem;
- ✓ O período total previsto para as intervenções de dragagem e uso benéfico dos sedimentos *in situ* dependerá dos equipamentos (tipo e número) e das estratégias utilizadas pela empresa de dragagem a ser contratada para a execução da dragagem e disposição dos sedimentos;
- ✓ A(s) draga(s) autotransportadora(s) deverá(ão) ser obrigatoriamente dotada(s) de dispositivo de válvula verde (válvula ambiental) ou equipamento similar e de no mínimo mesma eficiência, a fim de reduzir a concentração de material em suspensão durante as atividades de *overflow*;
- ✓ O tempo máximo de *overflow* durante a atividade de dragagem deverá ser de no máximo 40 minutos por ciclo de dragagem, conforme definido pelo Parecer Técnico Nº 8/2020-NLA-SC/DITEC-SC/SUPES-SC, e na Licença Ambiental Prévia – LP Nº 667/2022;
- ✓ Obrigatoriedade de utilização de sistema de rastreamento e telemetria da(s) draga(s), bem como demais aspectos descritos na seção de RASTREAMENTO E TELEMETRIA DA DRAGA;

- ✓ A poligonal de interesse da dragagem compreende o canal projetado na readequação do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul;
- ✓ Quando da contratação da empresa para execução das obras, o volume de dragagem será atualizado mediante levantamento batimétrico (Batimetria Inicial) atualizado sob responsabilidade da CONTRATANTE, o qual será considerado como a batimetria primitiva para a medição das obras;
- ✓ A entrega da obra de dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo está condicionada à realização e entrega de um levantamento batimétrico multifeixe pós dragagem, com objetivo de registrar as cotas batimétricas no sistema aquaviário ao fim das obras, o qual ficará sob responsabilidade da empresa especialmente contratada pela SCPar Porto de São Francisco do Sul para realizar a fiscalização e o gerenciamento das obras de dragagem;
- ✓ A entrega da obra de recuperação e proteção da orla de Itapoá está condicionada à realização e entrega de um levantamento topobatimétrico pós alimentação artificial, com objetivo de registrar as cotas do sistema praial da orla de Itapoá, o qual ficará sob responsabilidade da empresa especialmente contratada para realizar a fiscalização e o gerenciamento das obras de dragagem;
- ✓ A entrega da obra de recuperação e proteção da orla de Itapoá está condicionada à entrega do sistema de dunas instalado e revegetado, assim como devidamente sinalizado e dotado de acessos à praia, conforme projeto que será disponibilizado à empresa executora da obra;
- ✓ A empresa a ser contratada para a fiscalização e o gerenciamento das obras de dragagem deverá realizar levantamentos batimétricos periódicos para o controle de dragagem, sendo que as plantas e os arquivos em XYZ gerados a partir dos levantamentos deverão ser disponibilizados ao empreendedor, para que este possa conduzir as devidas medidas de gerenciamento e fiscalização das obras de dragagem e de uso benéfico dos sedimentos;
- ✓ O projeto executivo da dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo e do uso benéfico executivo para a plena execução dos serviços será apresentado para a empresa vencedora previamente ao início das obras, após a assinatura do contrato.

5. PROJETO DE DRAGAGEM DE READEQUAÇÃO E APROFUNDAMENTO DO CANAL DE ACESSO EXTERNO DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

5.1. Introdução

O processo erosivo histórico instalado nas praias do Município de Itapoá vem ocorrendo a mais de 80 anos, conforme comprovado por diversos estudos realizados para a região, e largamente detalhado e discutido no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projeto de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul. No entanto, somente a partir de 1996 que o Laboratório de Estudos Costeiros - LECOST da Universidade Federal do Paraná - UFPR começou a investigar com mais intensidade as causas destes processos erosivos (LECOST, 2002). Este laboratório emitiu em 2002 um laudo técnico considerando algumas hipóteses para os processos erosivos observados nas praias de Itapoá, sendo uma delas o fato de que as dragagens do canal de acesso ao Porto de São Francisco do Sul pudessem estar potencializando a erosão decorrente da retirada de milhões de metros cúbicos de sedimentos do sistema costeiro.

No ano de 2009 foi movida pela OSCIP a Associação Paranaense de Preservação Ambiental dos Mananciais do Rio Iguaçu e da Serra do Mar – APPAM a Ação Civil Pública – ACP N° 2009.72.01.005505-6 SC, tendo como réus a Administração do Porto de São Francisco do Sul - APSFS; o Terminal de Santa Catarina – TESC; o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; e a União, através da Secretaria Especial de Portos da Presidência da República – SEP/PR no intuito de responsabilizar os réus por negligência quanto ao não monitoramento dos processos erosivos nas praias do Município de Itapoá.

Com embasamento no laudo técnico do LECOST (2002), a APPAM visava comprovar a hipótese do referido estudo do LECOST, e fundamentada na suposta correlação entre os eventos de dragagem do canal de acesso ao Porto de São Francisco do Sul e a erosão das praias de Itapoá, requerer ressarcimento ao Município de Itapoá dos prejuízos causados pelos processos erosivos.

Depois de sete anos de tramitação da ACP, com realização de perícia técnica e um longo “debate técnico” de estudos apresentados pelo Perito do Juiz e pelas Assistências Técnicas dos réus, em julho de 2016 o Juiz Federal Paulo Cristóvão de Araújo Silva Filho da 2ª Vara Federal de Joinville, proferiu a sua sentença:

*"(...) Por tudo acima apontado com base no vasto material probatório dos autos, o que se conclui e que os procedimentos de licenciamento questionados **atingiram seus objetivos** e, especificamente quanto aos efeitos das operações de dragagem, foram suficientemente motivados a ponto de não se identificar qualquer ilegalidade que justifique a invalidação, assim como que não houve dano indenizável que esteja causalística e significativamente vinculado à erosão no Município de Itapoá que justifique a condenação dos réus a qualquer reparação."*

Após todos os recursos, a ACP foi transitada em julgado no Tribunal Regional Federal da 4ª região em outubro de 2016, julgando improcedente a solicitação da Associação Paranaense de Preservação Ambiental dos Mananciais do Rio Iguaçu e da Serra do Mar – APPAM, não tendo sido possível estabelecer qualquer relação entre as obras de dragagem do canal de acesso ao Porto de São Francisco do Sul e o histórico processo erosivo observado na orla de Itapoá.

Em 2015, um estudo do INPH demonstrou que os principais motivos para a erosão das praias do Município de Itapoá seriam decorrentes da reorientação da direção do sistema de ondas e a consequente alteração morfológica do banco da Galharada, que compõe o delta de maré vazante da desembocadura da baía da Babitonga. Isso é, buscando atingir uma nova orientação de equilíbrio, observa-se uma tendência de rotação da linha de costa no sentido horário. Tal rotação tem como consequência a erosão da praia na região sul da praia próximo à desembocadura da baía e acreção na região próxima à Itapema do Norte. Em paralelo, o aumento da altura de onda residual indica que as condições de ondas se tornam cada vez mais severas, ocasionando a erosão da linha de costa durante os períodos de ressacas. É provável que outros fatores, como por exemplo, a morfodinâmica do delta de maré vazante em frente à foz da baía de Babitonga também exerça influência na evolução da linha de costa em decorrência da intensificação dos processos erosivos e acrescionais.

Durante o período de licenciamento do Projeto de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Sistema Aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, e como forma de minimizar os efeitos dos processos erosivos, o IBAMA solicitou, em junho de 2020, através do Parecer Técnico Nº 45/2020-NLA-SC/DITEC-SC/SUPES-SC, que analisou o EIA/RIMA do empreendimento, o que segue:

"Complementar o EIA no sentido de considerar a praia de Itapoá como um dos locais de disposição dos sedimentos, contemplando o uso benéfico do material dragado para o engordamento da praia, de forma a mitigar os impactos identificados relacionados à erosão da linha de costa. Deve ser explicado como seria realizada a disposição. Deve ainda considerar todos os desdobramentos decorrentes deste uso, incluindo a identificação e avaliação dos possíveis impactos e de novas medidas de mitigação e controles ambientais que venham a ser necessários para que a disposição dos sedimentos na praia seja realizada seguindo as melhores práticas ambientais."

Portanto, atendendo ao solicitado no referido parecer técnico, elaborou-se também projeto com o objetivo de subsidiar o uso benéfico dos sedimentos a serem dragados do canal de acesso externo, através da proposta de Recuperação e Proteção da Orla de Itapoá. É fato que esta medida atende aos anseios da população do Município de Itapoá, enfaticamente expressados nas Audiências Públicas de apresentação do EIA/RIMA da dragagem de readequação e aprofundamento do canal externo. Além disso, conforme apresentado no Parecer Técnico nº 45/2020-NLA-SC/DITEC-SC/SUPES-SC, houve uma série de manifestações ao IBAMA que pretendiam fazer uso do material dragado na recuperação da orla de Itapoá, tais como da Prefeitura Municipal de Itapoá através do Ofício nº 640/2019/SEMAI (SEI 5710504) e do Ofício nº 651/2019/SEMAI (SEI 5781858), da Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA) por meio do Ofício ADEA/014/2019 (SEI 5592371) e da Procuradoria da República no Município de Joinville através do Ofício nº 1324/2019-MPF/JOI/1 (SEI 6044317).

Com base neste histórico de eventos, a Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental, empresa de consultoria contratada por convênio de cooperação técnica entre a Itapoá Terminais Portuários S/A (Porto Itapoá) e a SCPar Porto de São Francisco do Sul para viabilizar o Estudo de Impacto Ambiental das Obras de Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, propôs conforme indicado pelo Parecer Técnico nº 45/2020 emitido pelo IBAMA, a gestão do uso dos sedimentos dragados do canal de acesso externo com base no conceito de "construir com a natureza", ou seja, fazer o uso benéfico de sedimentos dragados para recuperação e proteção de praias. Desta forma, estar-se-ia atendendo às expectativas da comunidade itapoense que vislumbra neste projeto de dragagem de readequação e

aprofundamento, mediante a possibilidade de uso benéfico dos sedimentos dragados, a mitigação dos efeitos erosivos ao longo da sua orla.

Cabe destacar que o presente projeto segue os anseios da comunidade de Itapoá manifestada na audiência pública, sendo que a obra tem o apoio da Prefeitura Municipal de Itapoá para distribuição dos sedimentos nas praias e para a recomposição do ambiente de dunas, conforme o Memorando de Entendimento assinado entre a Prefeitura Municipal de Itapoá e o Porto de São Francisco do Sul em 07 de dezembro de 2021. Este Memorando de Entendimento foi atualizado, e em 22 de julho de 2022, foi assinado entre os dois entes o Termo de Compromisso conforme ANEXO VIII. Também, em 28 de julho a Prefeitura de Itapoá protocolou no SPU o projeto de uso benéfico de sedimentos dragados, para a recuperação da orla de Itapoá através de técnicas de alimentação artificial e recomposição do sistema de dunas primárias (processo nº 10154.144000/2022-34).

Portanto, para realizar o projeto de recuperação e proteção da orla de Itapoá, através de técnicas de alimentação artificial da praia, e outros mecanismos de desenvolvimento de projeto para reserva técnica de sedimentos, é prevista a utilização de um volume aproximado de 6.420.300 m³ de sedimentos, deste volume 64.500 m³ serão utilizados para a recomposição do campo de dunas. É importante considerar que o volume total de sedimentos previsto para ser dragado nas obras de Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, atualmente, é de 12.829.223 m³. Observa-se que estes volumes são decorrentes de uma batimetria multifeixe realizada em abril de 2022.

Neste sentido, este capítulo apresenta os locais e volumes de dragagem para a readequação da geometria do canal de acesso externo ao Sistema Aquaviário ao Complexo Portuário de São Francisco do Sul, bem como, onde deverão ser depositados os sedimentos para uso benéfico oriundo da dragagem, indicando os volumes para cada trecho de praia a ser alimentada e as áreas e metodologia para recomposição das dunas embrionárias da Praia Figueira do Pontal e da Praia Pontal do Norte até a Praia da Princesa do Mar.

5.2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada no litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina, na região litorânea dos municípios de São Francisco do Sul e Itapoá, conforme ilustrado na Figura 1. . É composta pela área ocupada pelo projeto de dragagem de readequação e aprofundamento do canal externo do sistema aquaviário do Porto de São Francisco do Sul

(Tabela 2) e pela poligonal da área de despejo de sedimentos que não serão aproveitados no uso benéfico de sedimentos, no caso, o bota-fora Alfa (Tabela 3).

Tabela 2. Coordenadas dos vértices da área de dragagem, delimitada pelo sistema aquaviário proposto. *Datum* horizontal WGS-84, Zona UTM 22J, hemisfério sul.

Vértice	X (Leste, m)	Y (Norte, m)
C1	744667	7104483
C2	744449	7104672
C3	746650	7105098
C4	747930	7104303
C5	748686	7103499
C6	750847	7101085
C7	747684	7104192
C8	746579	7104827
C9	750658	7100908
C10	748492	7103331

Tabela 3. Localização dos pontos do polígono da área de descarte de sedimentos dragados (Bota-Fora Alfa). *Datum* horizontal SIRGAS-2000. Zona UTM 22J, hemisfério sul.

Vértices	X (E)	Y (N)
B1	755522,00	7108650,00
B2	757122,00	7108650,00
B3	755522,00	7107050,00
B4	757122,00	7107050,00

Na sequência são descritos os aspectos mais relevantes das condições de vento e de hidrodinâmica da área de estudo, com objetivo de subsidiar a operação segura dos equipamentos de dragagem na área de estudo frente aos seus limites operacionais.

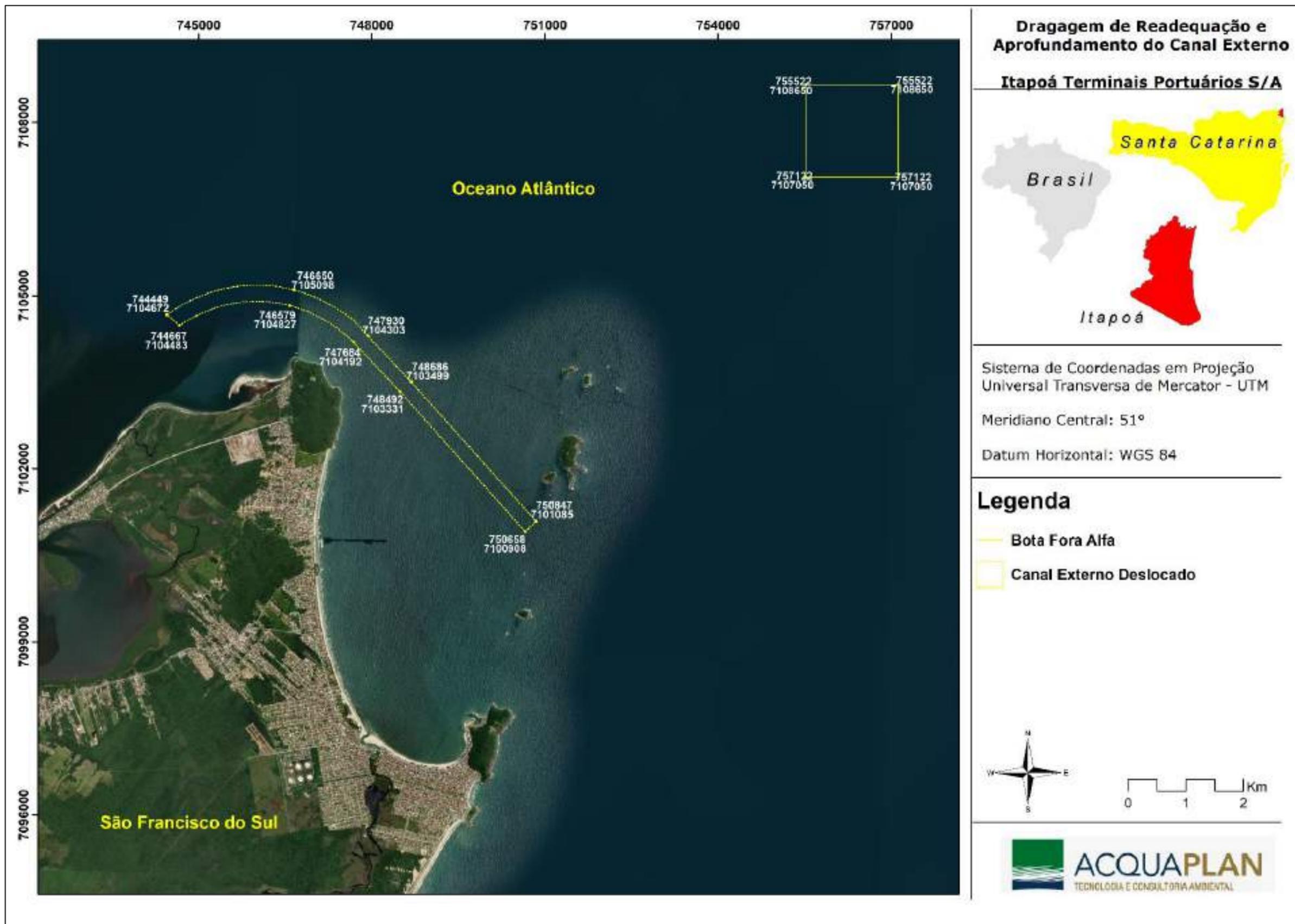


Figura 1. Poligonais e vértices da área de dragagem (sistema aquaviário readequado e aprofundado) e da área do bota-fora Alfa, onde serão depositados os sedimentos que não forem aproveitados para o uso benéfico.

5.2.1.1. Marés

O regime de marés para a área de estudo é do tipo misto, predominantemente semidiurno, com desigualdades de alturas para as preamares e baixa-mares consecutivas (TRUCCOLO & SCHETTINI, 1999). De acordo com Schettini *et al.* (1996), a maré astronômica varia em torno de 0,8m, sendo que a máxima pode atingir 1,2m. Os autores ainda sugerem que as marés meteorológicas exercem grande influência na dinâmica costeira regional, podendo elevar em até 1m a altura das marés astronômicas. Trucollo (1998) também considera como amplitude média o valor de 0,80 m.

5.2.1.2. Correntes

As correntes na área de estudo podem ser categorizadas como correntes costeiras. Na região costeira de São Francisco do Sul, por volta da isóbata de 18m (1.200m da costa), as correntes apresentam sentido predominante para norte, com comportamento semelhante no fundo e na superfície, convergindo para a região costeira nos meses de verão e velocidade média de 0,15 m/s. As velocidades são maiores nas correntes superficiais em decorrência do somatório da componente vetorial dos ventos, que sopram na área de estudo predominantemente da direção sul.

Ao largo da orla de Itapoá, em um levantamento de correntes realizado em maio de 2018, foram observadas velocidades médias de 0,10m/s e máxima de 0,45 m/s, com aproximadamente 94,36% dos valores registradas em até 0,20 m/s (Figura 2).

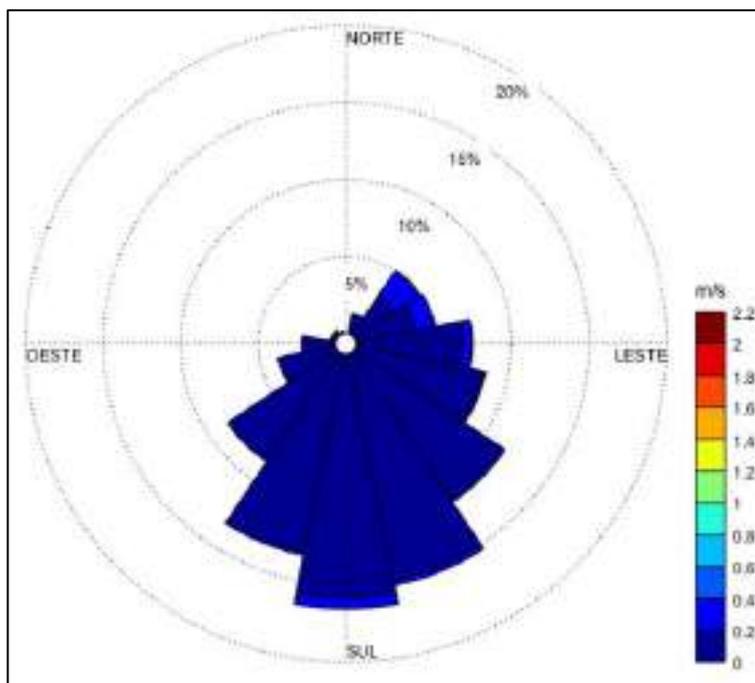


Figura 2. Diagrama em forma de rosa das direções e velocidades das correntes no ponto de medição ao largo da praia de Itapoá entre 06/05/18 e 28/05/18. Fonte: ACQUAPLAN (2018).

A ACQUAPLAN vem realizando um programa de monitoramento contínuo dos parâmetros oceanográficos da região costeira adjacente à desembocadura da baía da Babitonga, na região da curva do canal de acesso externo ao Porto de São Francisco do Sul, com profundidade local de aproximadamente 14 metros. Na região da desembocadura da baía as correntes são fortemente dominadas pelo regime das marés e apresentam característica bimodal marcada de forma evidente, variando conforme as condições de enchente e vazante, bem como dos ciclos maregráficos de sizígia e quadratura. As maiores intensidades das correntes na desembocadura são observadas nos ciclos de maré de sizígia e em condição de vazante (aproximadamente 1,5m/s), que é quando as velocidades são compostas pelos vetores da descarga estuarina da baía e do fluxo de vazante de maré (Figura 3). As velocidades na desembocadura são maiores do que na região interna da baía, em decorrência do estrangulamento fisiográfico que ocorre na desembocadura, onde o estreitamento da seção transversal do estuário resulta no aumento da intensidade das correntes.

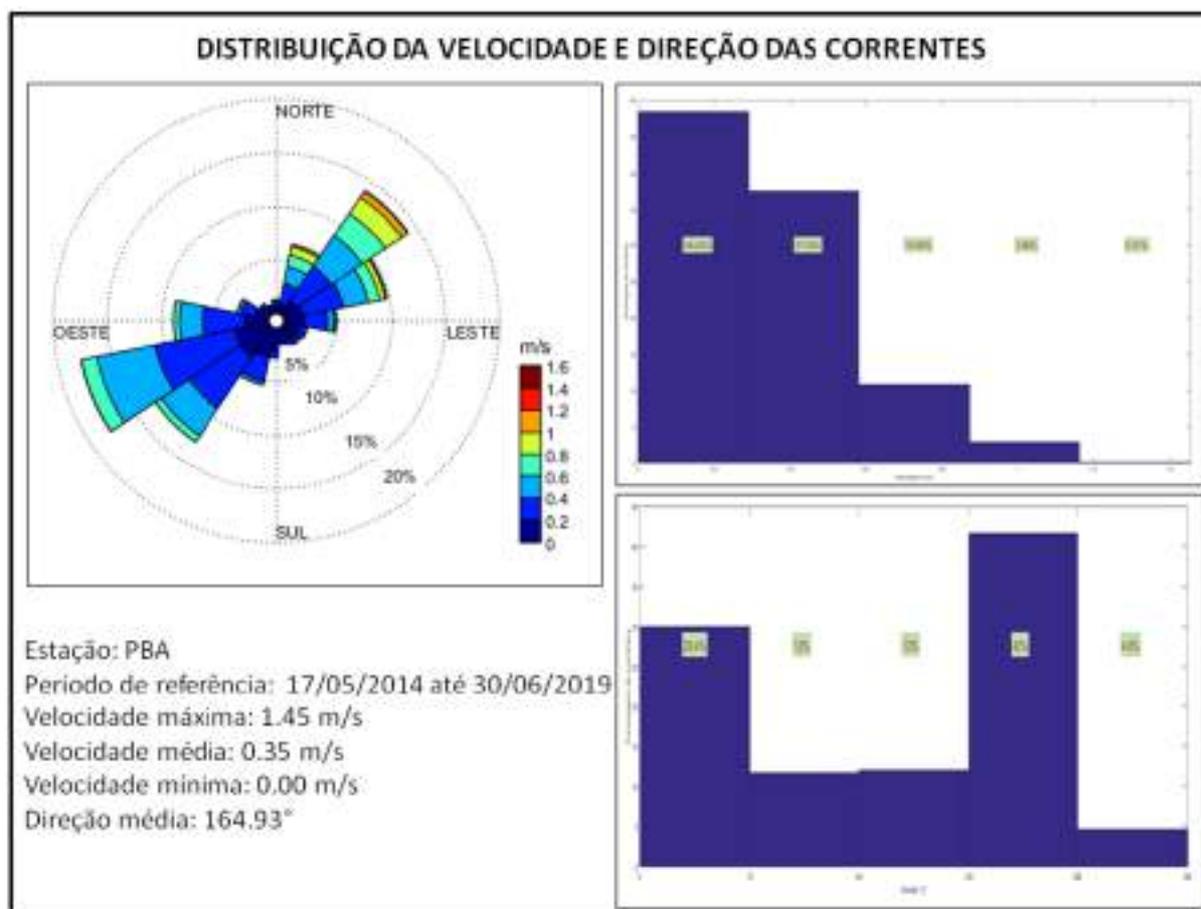


Figura 3. Rosa direcional da velocidade e direção média das correntes, histograma de direção e velocidade da corrente na coluna da água entre os dias 17/05/14 e 30/06/19, para a região da desembocadura da baía da Babitonga. Fonte: ACQUAPLAN (2019).

5.2.1.3. Ondas

Na região costeira de São Francisco do Sul e Itapoá as ondas mais frequentes são provenientes da direção leste e sudeste, sendo que as ondas de maior energia (variando entre 2,0 e 3,58m) são predominantemente provenientes da direção leste/sudeste e apresentam maiores períodos (entre 10 e 16s), e são geralmente associadas a eventos meteorológicos, como a passagem de sistemas frontais pela região oceânica adjacente. As ondas provenientes da direção de nordeste são de menor energia, predominam no período de verão e estão associadas aos ventos locais. À medida que adentramos a desembocadura da baía, na região ao largo do Porto Itapoá, as direções predominantes também são de leste e sudeste, porém, ocorre uma redução no aumento da altura de onda, em decorrência da dissipação da energia pelo atrito com o fundo, bem como uma reorientação das cristas de onda em relação aos contornos batimétricos do leito marinho. Análises estatísticas ainda indicam que eventos extremos com períodos de retorno de 30 anos podem gerar ondulações provenientes da direção sudeste com até 5,23m e períodos maiores do que 13 segundos.

Outro importante aspecto a ser considerado para o clima de ondas na região costeira adjacente à desembocadura da baía é a dissipação da energia de onda pelas feições geomorfológicas submarinas existentes nesta área. São diversos parcéis, ilhotes, ilhas e formações arenosas em forma de banco, as quais dissipam a energia de onda e reduzem a altura das mesmas à medida que estas se aproximam da linha de costa.

A altura significativa máxima, média e mínima das ondas para todo o período observado foi de 1,96 metros, 0,59 metros e 0,17 metros, respectivamente. Aproximadamente 83,19% das ondas registradas apresentam altura significativa de até 0,80 metros, e cerca de 98,57% dos registros apresentam altura de até 1,20 metros.

A direção média das ondas observadas é de 91° (leste). Cerca de 80,09% das ondas registradas são provenientes das direções leste/sudeste (entre 72° e 144°), e 18,83% da direção das ondas está entre 0° e 72° (Nordeste).

Em relação ao período das ondas, o valor médio, máximo e mínimo é de 5,52 segundos, 15,80 segundos e 2,07 segundos, respectivamente. Cerca de 97,04% dos registros de "período" das ondas incidentes ocorrem entre 3 segundos e 10 segundos, sendo que apenas em 1,64% dos casos o "período" é observado com valores menores do que 3 segundos, e os outros 1,32% com valores maiores que 10 segundos.

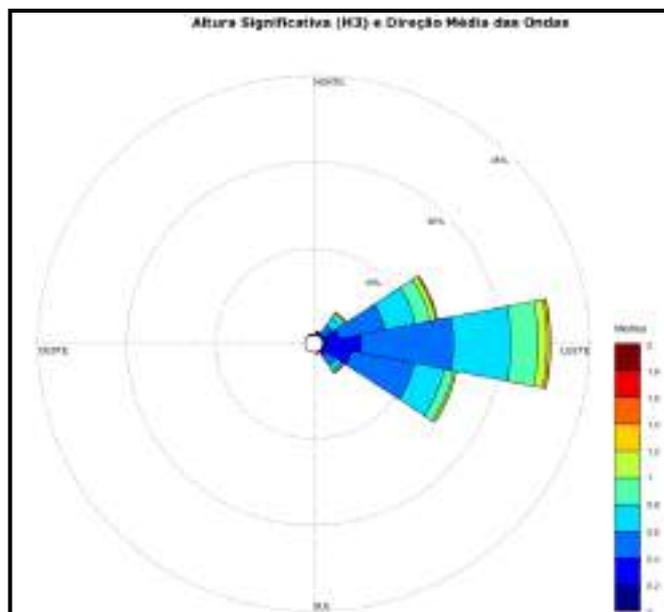


Figura 4. Frequência acumulada da altura significativa e direção de pico das ondas, entre os dias 17/05/14 e 30/06/19.

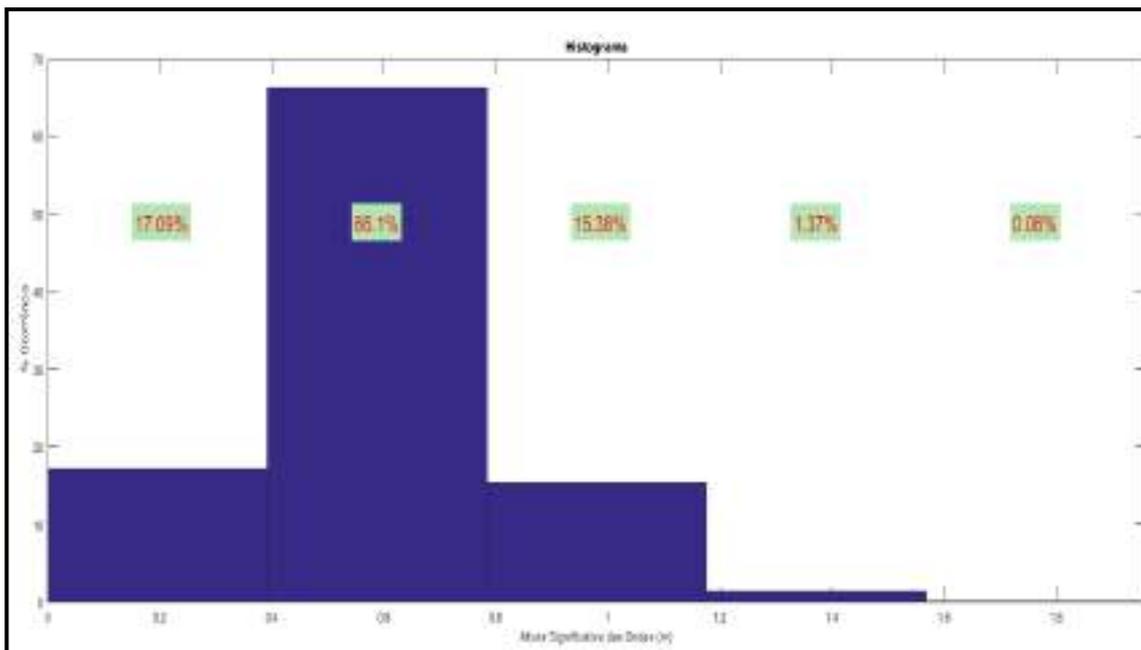


Figura 5. Histograma de distribuição da altura significativa das ondas entre 17/05/14 e 30/06/19.

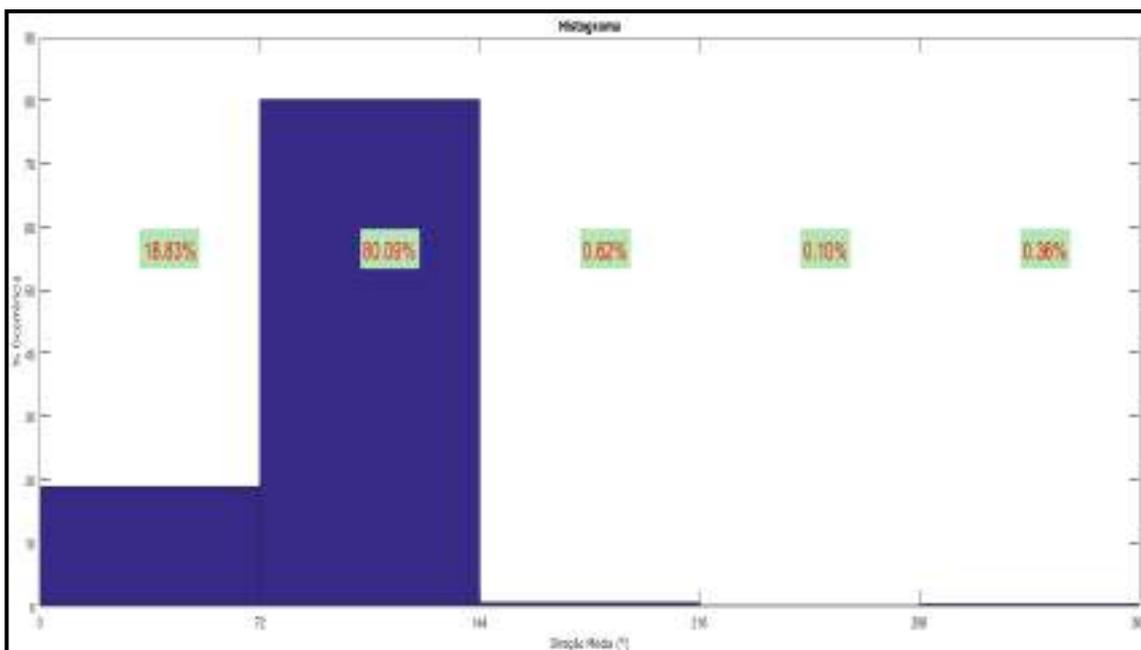


Figura 6. Histograma de distribuição da direção de pico das ondas entre 17/05/14 e 30/06/19.

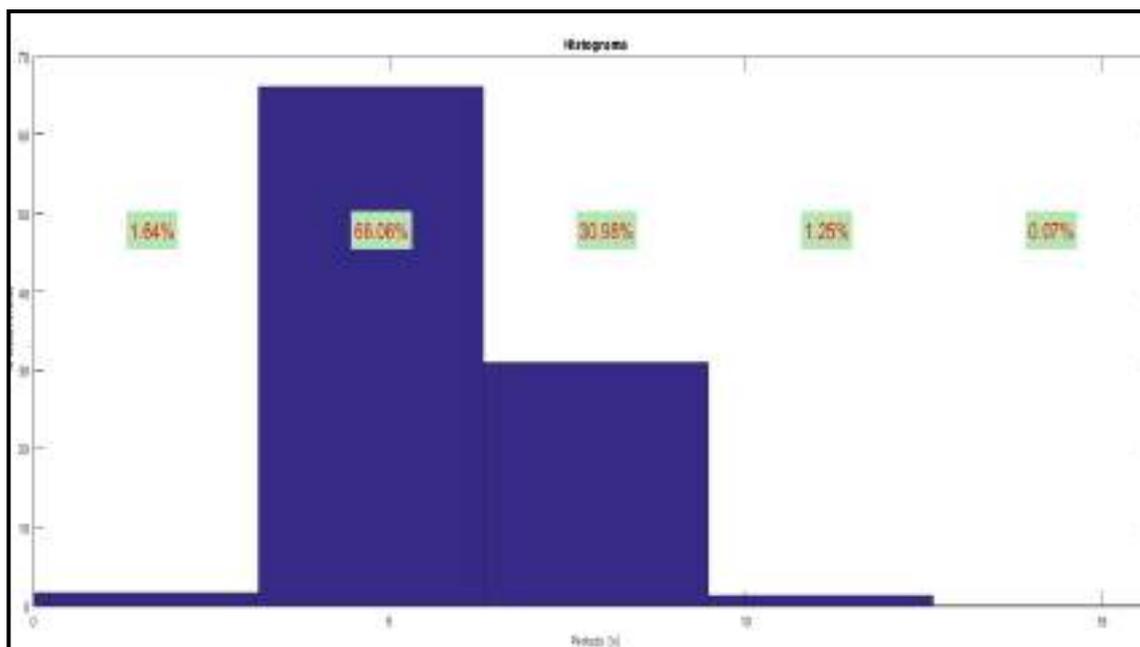


Figura 7. Histograma de distribuição do período de pico das ondas entre 17/05/14 e 30/06/19.

5.2.1.4. Ventos

Para a área de estudo, ventos provenientes do quadrante Sul (passagem de frentes frias) promovem um aumento do nível do mar na zona costeira, promovendo conseqüentemente uma elevação do nível da água dentro da baía da Babitonga; enquanto que os ventos do quadrante Norte promovem o rebaixamento do nível tanto na zona costeira quanto dentro da baía (TRUCCOLO, 1998) em decorrência do transporte de Ekman causado pelo efeito de Coriolis. A análise de dados meteorológicos e de altura do nível do mar coletados por Truccollo (1998) no período compreendido entre 14 de julho e 15 de dezembro de 1996, mostrou que na região de São Francisco do Sul há um atraso de 6 horas da variação do nível do mar em relação à ação do vento.

Os ventos com direção Norte-Nordeste são os mais constantes na região e apresentam intensidades entre 2 e 4 m/s. Ventos com direção Leste-Oeste que correspondem às brisas marinha e terra, perpendiculares à linha de costa, possuem intensidades de cerca de 2 m/s. Ventos com direção Sudeste estão associados à passagem de frentes frias e, portanto, atingem as maiores magnitudes, de 6 a 8 m/s, sendo que picos de até 16 e 17 m/s já foram observados na região (PETROBRAS, 1998; DNIT-IME, 2004), e são mais frequentes durante outono e inverno quando os sistemas de frentes frias tornam-se mais intensos.

5.3. Profundidades na Área de Dragagem

A batimetria da área a ser dragada é apresentada na Figura 8 e na Figura 9. A planta batimétrica é de abril de 2022, tendo sido gerada por levantamento de batimetria utilizando sistema multifeixe.

O levantamento hidrográfico foi realizado seguindo as orientações das Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos (NORMAM-25 2ª Rev.- DHN), e as profundidades estão reduzidas ao Zero da DHN para o Local (*Datum* vertical), referenciadas à Estação Maregráfica Clube Náutico Cruzeiro do Sul (F41 - 60 225).

Na área a ser dragada para a readequação da geometria do canal externo as profundidades variam em sua maior parte entre 3,77 e 20,40m. A região da curva a ser readequada apresenta profundidades entre 3,77 e 12,36m, sendo que as maiores profundidades ocorrem na porção final da curva (Figura 8).

Para a região da armadilha leste as profundidades variam de 4,14 a 12,69 metros; para a armadilha norte as profundidades variaram de 4,14 a 16,66 metros (Figura 9).

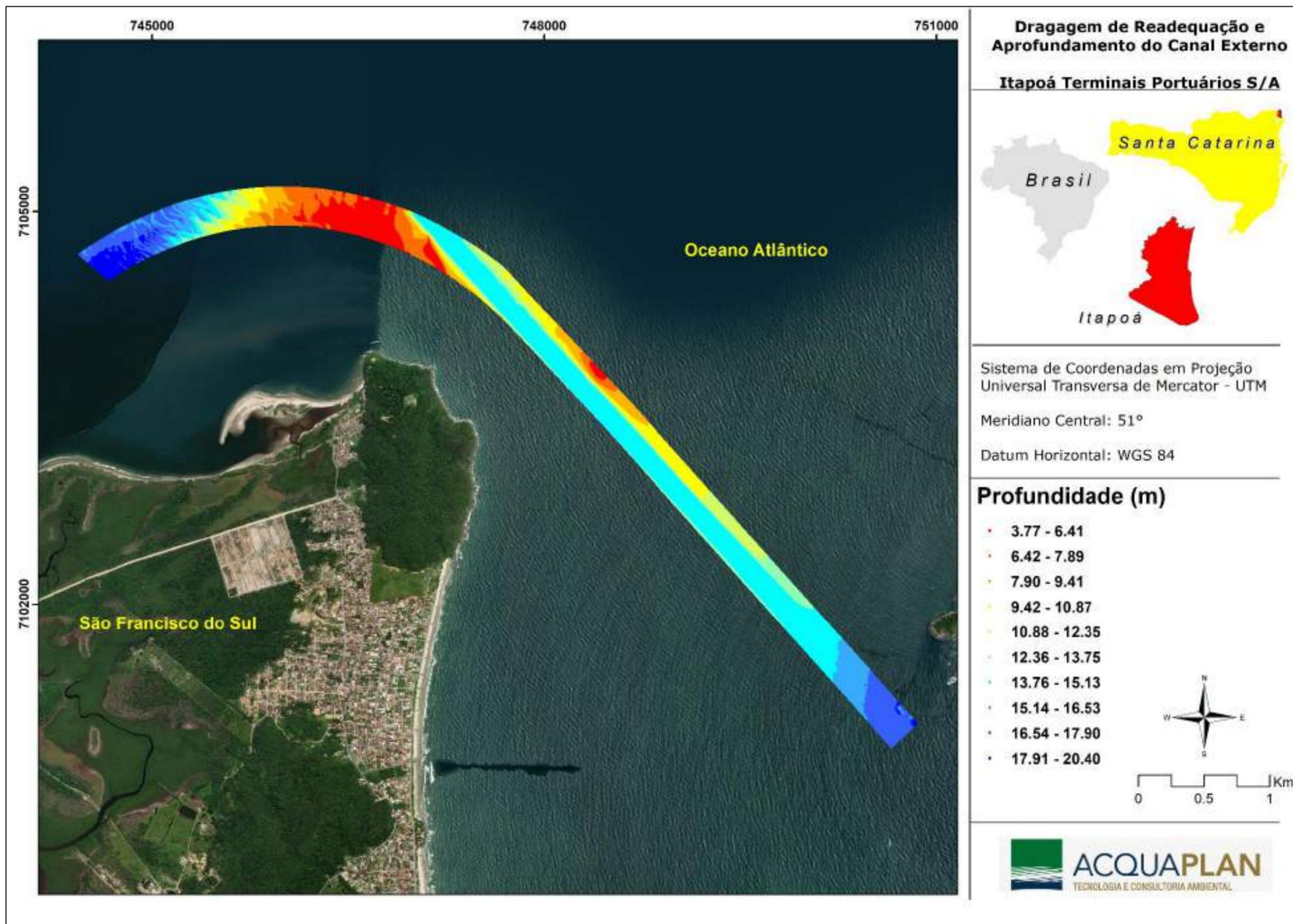


Figura 8. Levantamento batimétrico do novo sistema aquaviário realizado em abril de 2022. Datum vertical da DHN para o local. Datum horizontal WGS-84.

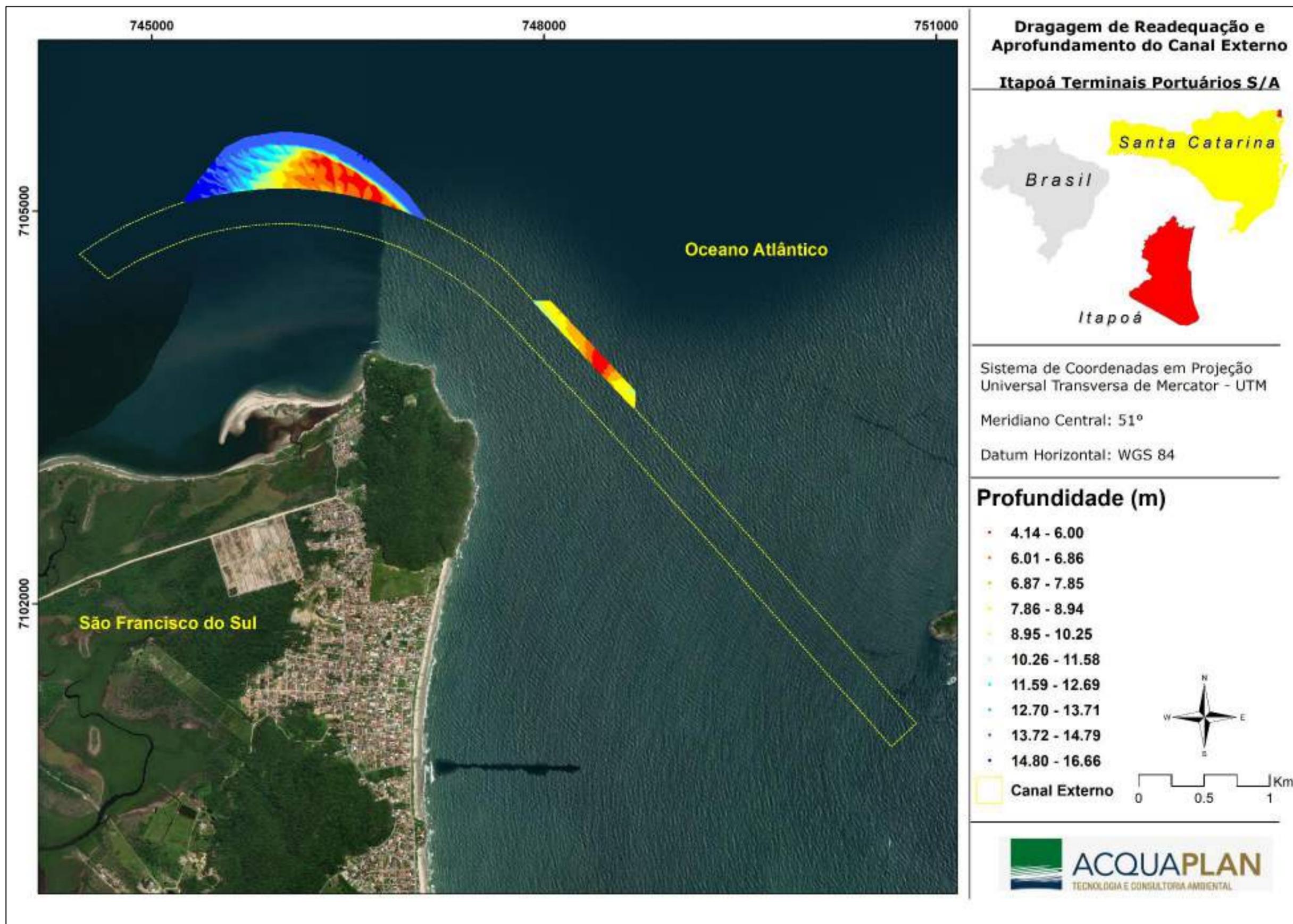


Figura 9. Levantamento batimétrico das armadilhas a serem dragadas para a readequação do sistema aquaviário realizado em abril de 2022. Datum vertical da DHN para o local. Datum horizontal WGS-84.

5.4. Área de Dragagem

A poligonal de dragagem consiste na área do projeto de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, conforme os vértices descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Setores, seções de dragagem e coordenadas georreferenciadas.

Área	Seções	Coordenadas			
		Início		Fim	
		E	N	E	N
Canal	1 - 797	744667	7104483	748492	7103331
Armadilha Leste	1 - 102	748690	7103504	747940	7104295
Armadilha Norte Externa	1 - 164	746940	7105530	745365	7105227
Armadilha Norte Interna	1 - 164	747078	7104940	745250	7105069

A máscara de dragagem consiste na representação em planta da espessura do pacote de material sedimentar a ser dragado para a readequação do canal de acesso externo para a cota de 14 e 16m DHN, conforme ilustrado na Figura 10.

A espessura de dragagem para a profundidade de 14 metros + 0,5 metros de sobredragagem varia entre 0.1m e 10.73m. As maiores espessuras de dragagem (10.01m a 10.73m) são observadas na região da nova curva do canal, onde hoje é a região mais rasa da área de dragagem (Figura 10).

A espessura de dragagem para a profundidade de 16 metros + 0,5 metros de sobredragagem varia entre 0.1m e 12.73m. As maiores espessuras de dragagem (10.01m a 12.73m) são observadas na região da nova curva do canal, onde hoje é a região mais rasa da área de dragagem (Figura 11).

A espessura de dragagem para as armadilhas para a profundidade de 14 metros + 0,5 metros de sobredragagem varia entre 0.1m e 9.96m. As maiores espessuras de dragagem (8.40 a 9.96m) são observadas na região da Armadilha Leste e na Armadilha Norte próximo da curva atual do canal (Figura 12).

A espessura de dragagem para as armadilhas para a profundidade de 16 metros + 0,5 metros de sobredragagem varia entre 0.1m e 11.96m. As maiores espessuras de dragagem (10.01 a 11.96m) são observadas na região da Armadilha Norte próximo da curva atual do canal (Figura 13).

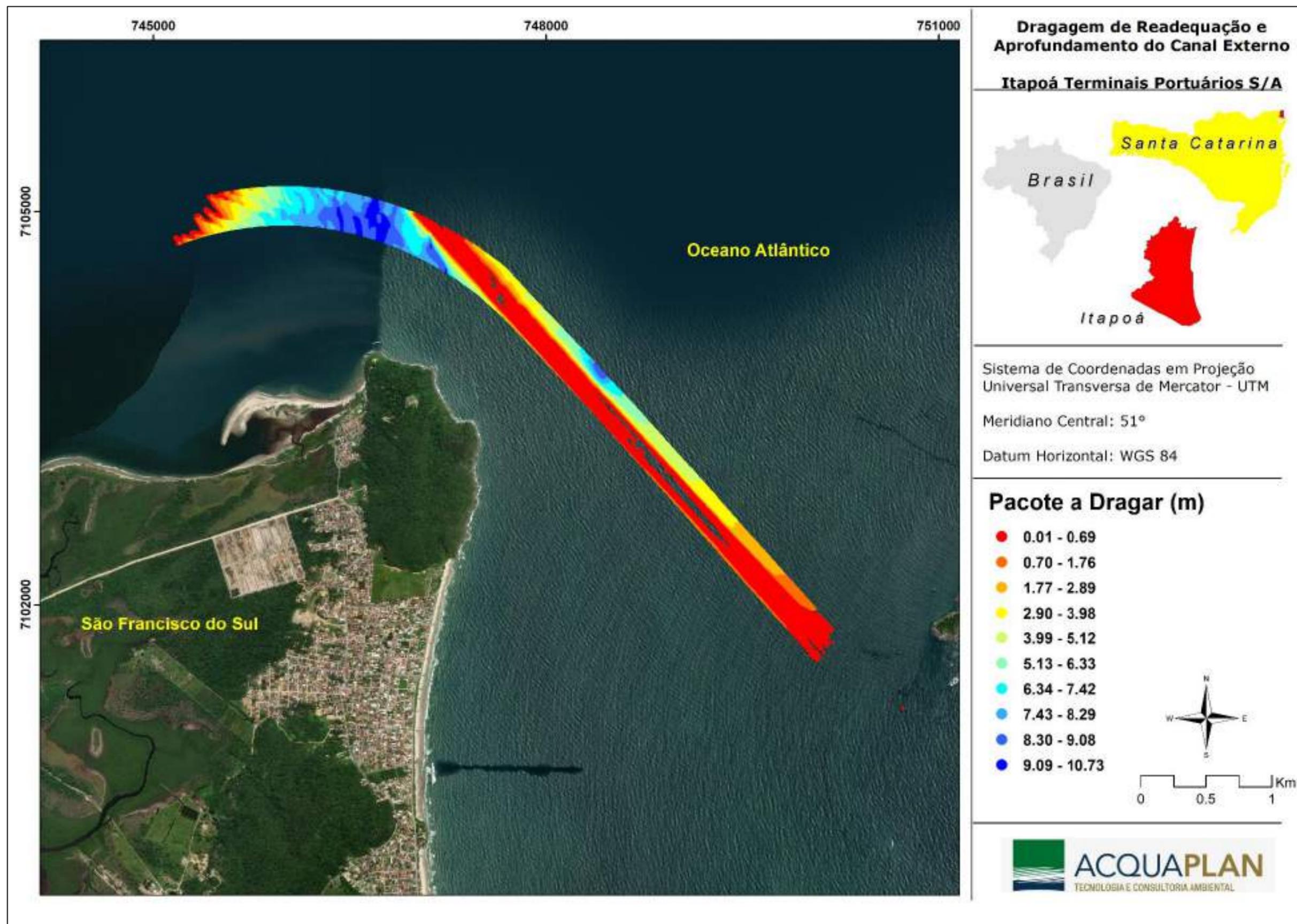


Figura 10. Máscara de dragagem para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -14m (DHN).

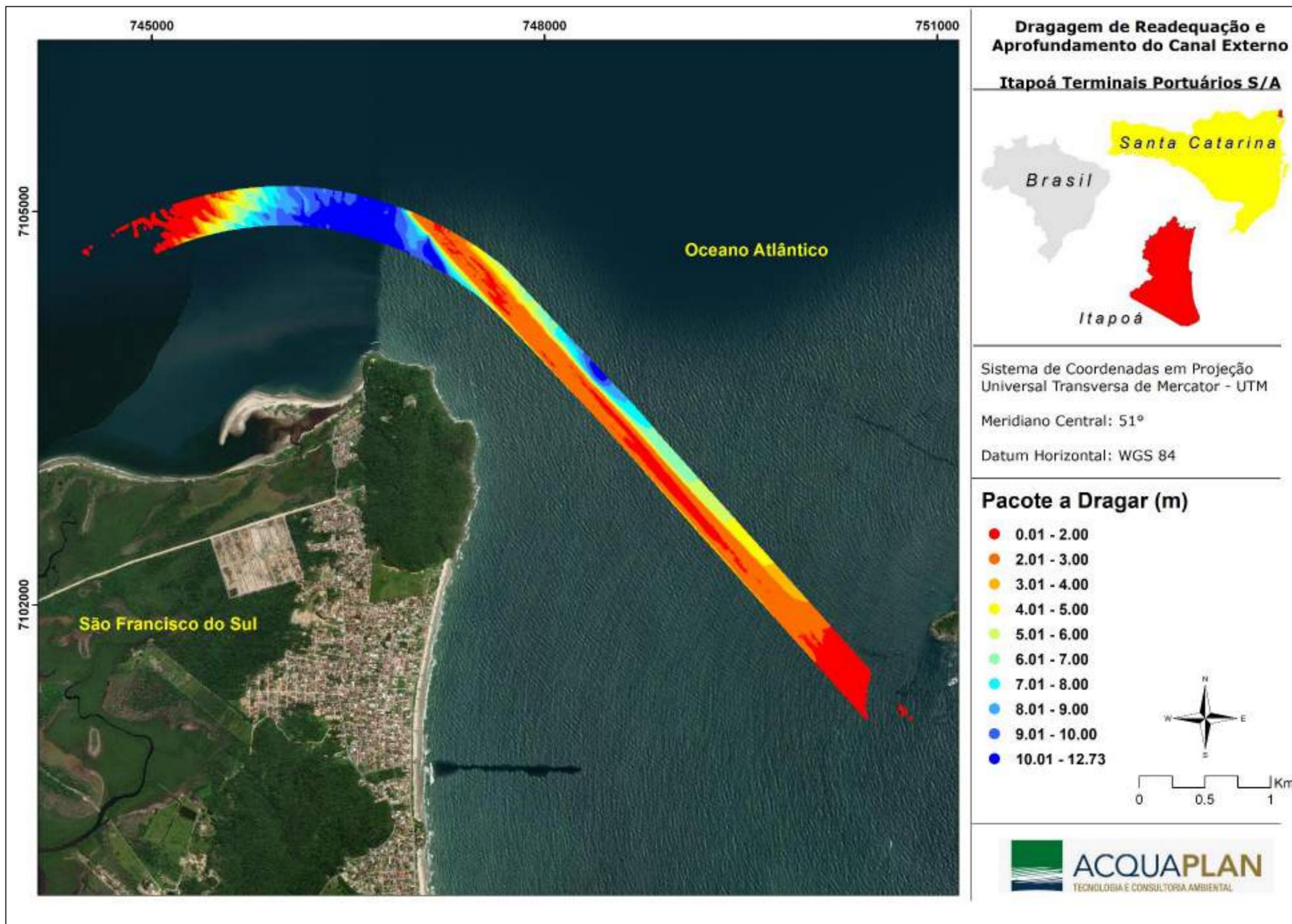


Figura 11. Máscara de dragagem para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -16m (DHN).

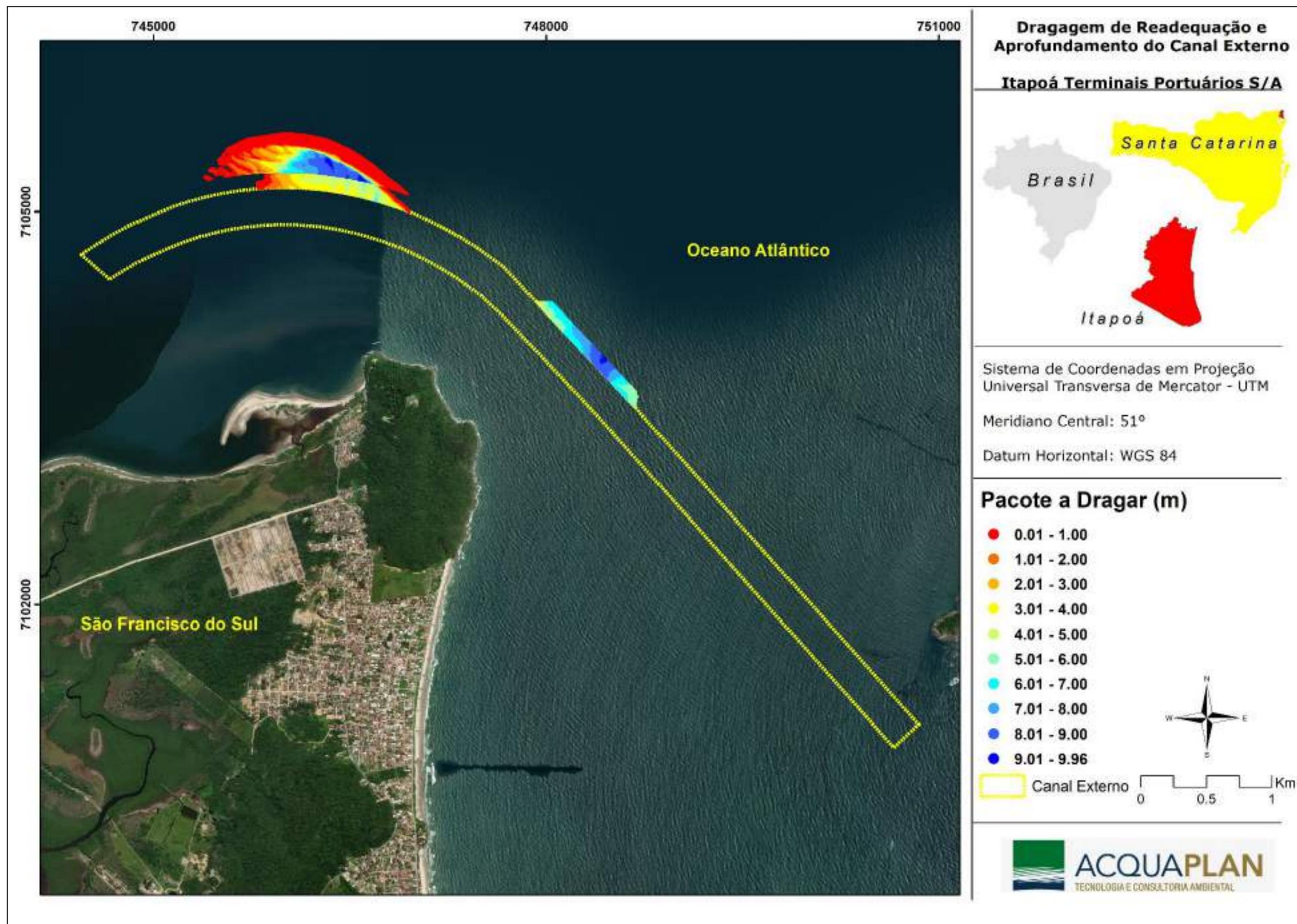


Figura 12. Máscara de dragagem das armadilhas para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -14m (DHN).

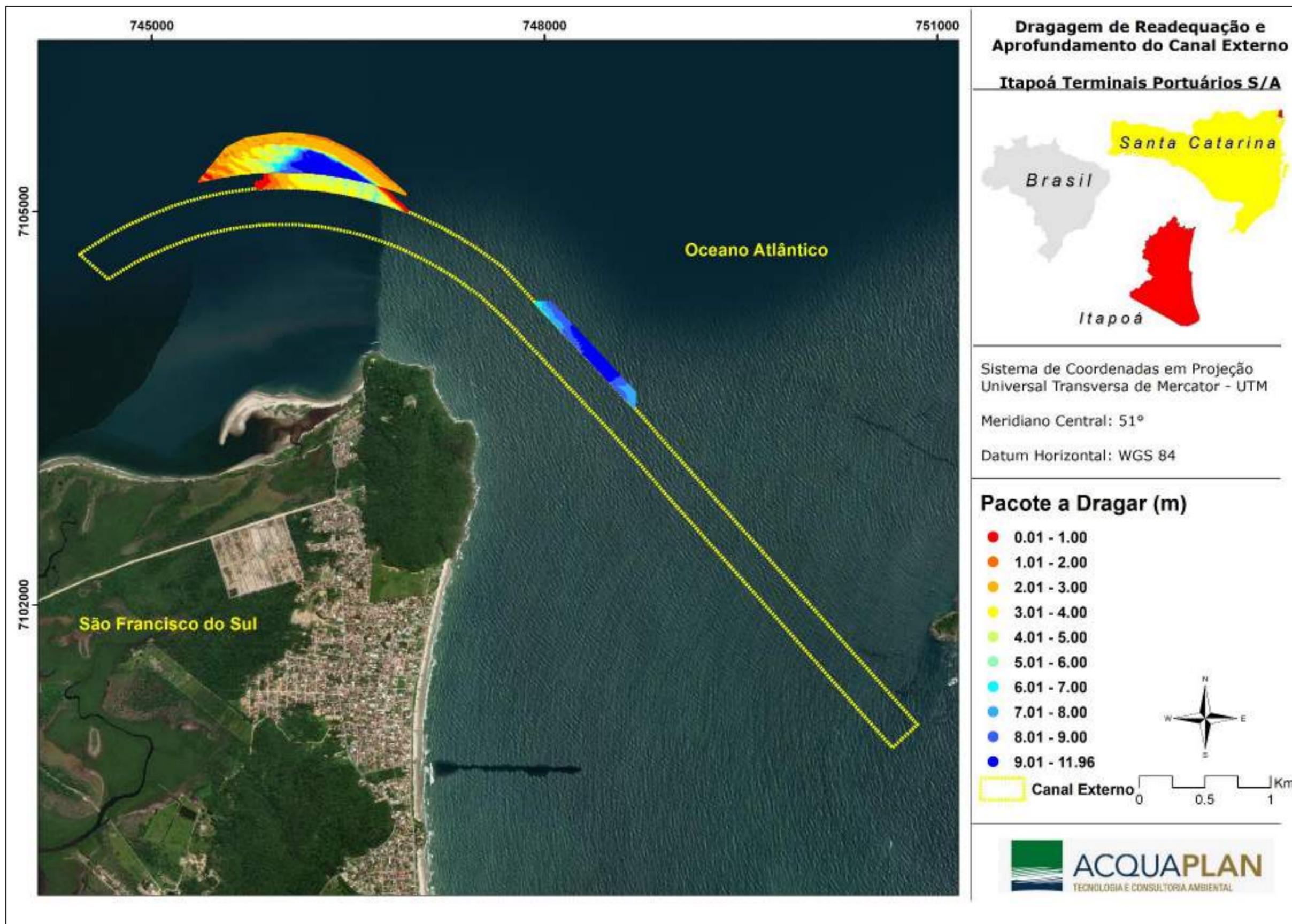


Figura 13. Máscara de dragagem para a readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul para a cota de -16m (DHN).

5.5. Volume a Ser Dragado

O cálculo do volume a ser dragado foi realizado considerando a configuração da nova geometria para o sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, conforme apresentado em detalhe no capítulo "ÁREA DE DRAGAGEM", na Figura 10. Para esta atualização do projeto foi considerado o levantamento batimétrico realizado em abril de 2022, ilustrado na Figura 8.

A cota de dragagem final é de -16m (DHN) para toda a área de readequação e aprofundamento da geometria do canal externo do sistema aquaviário. Para a tolerância vertical de sobredragagem foi adotado o valor de 0,5 m. O talude de estabilidade de dragagem, com razão de 1:6 para toda a área a ser dragada, foi definido considerando a caracterização do material a ser dragado, conforme apresentado em detalhe na Tabela 16, na seção de caracterização do material a ser dragado deste projeto.

As armadilhas leste e norte externa apresentam a mesma profundidade de dragagem da readequação do canal. Para a armadilha norte interna foi definida uma profundidade máxima de dragagem de 10 metros, para evitar se atingir um afloramento rochoso que existe no local, permanecendo inalterada para todos os cenários de dragagem.

Para a estimativa do volume de sedimentos a serem dragados foram definidas seções de dragagem espaçadas em 10 metros entre si (Figura 14 e Figura 15), conforme apresentado no documento "Representação em planta da localização das seções de dragagem" (ANEXO IV).

Para o cálculo de volume do canal de acesso externo foram utilizadas 797 seções (00+00 a 79+60); para a Armadilha Leste foram utilizadas 103 seções (00+00 a 10+20); e para a Armadilha Norte externa foram utilizadas 165 seções transversais ao canal (00+00 a 16+40) e para a Armadilha Norte Interna foram utilizadas 181 seções (00+00 a 18+10) (Figura 14 e Figura 15).

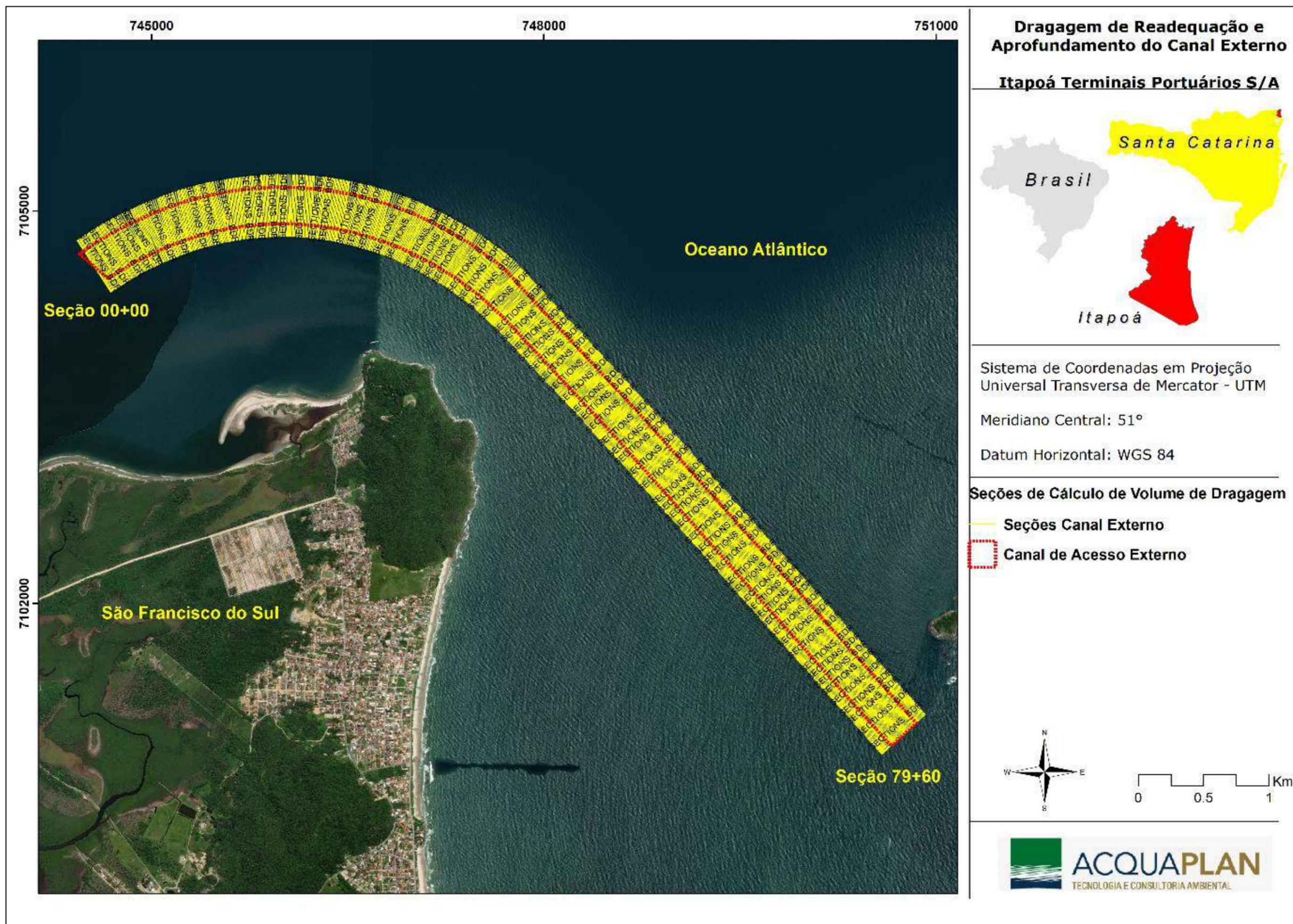


Figura 14. Seções de cálculo de volume de dragagem para o canal de acesso externo.

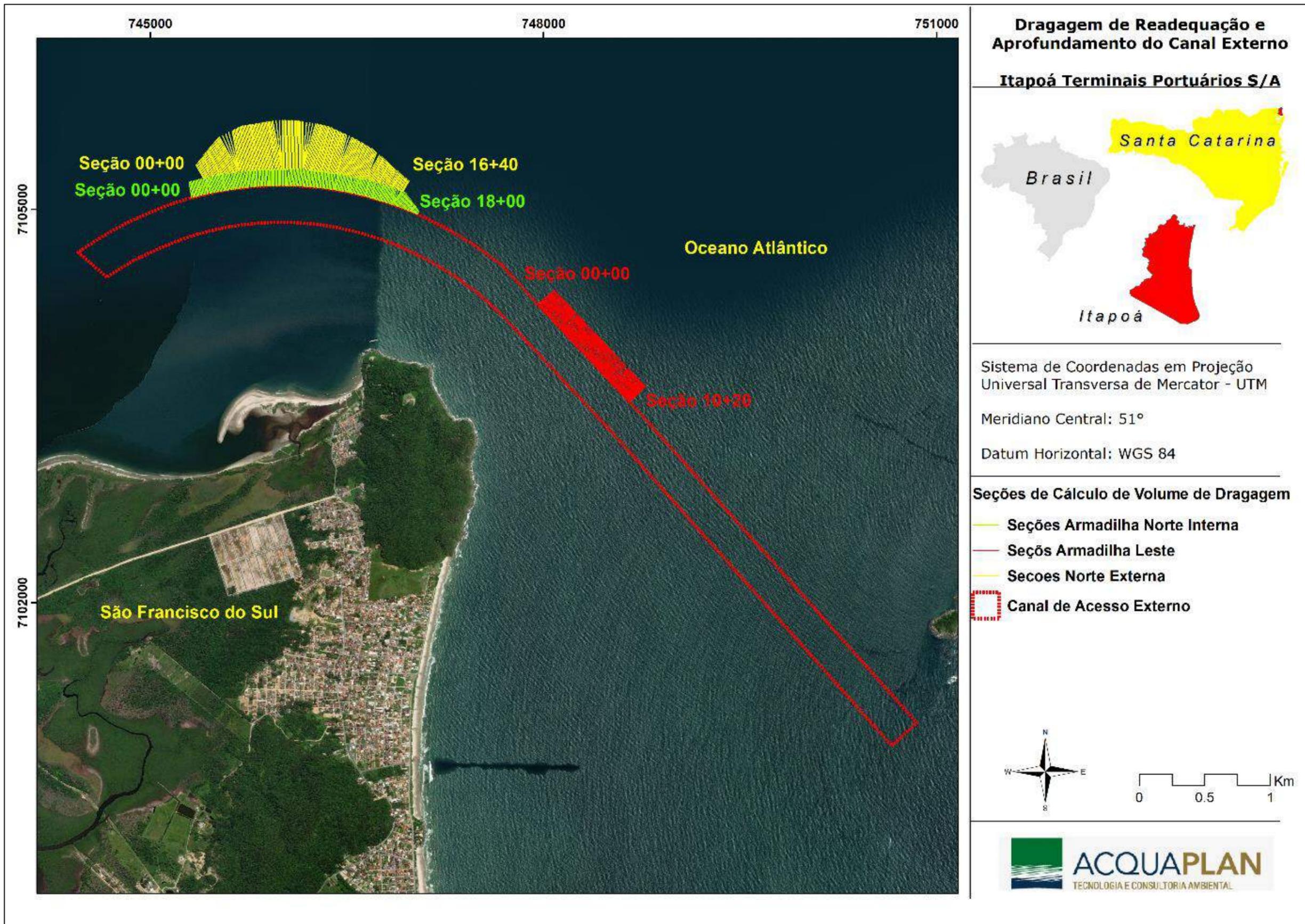


Figura 15. Seções de cálculo de volume de dragagem para as armadilhas de sedimentos.

Foi criada uma superfície interpolada da área a ser dragada utilizando o levantamento batimétrico multifeixe de abril de 2022 e o método de interpolação TIN do programa *Hypack*, com objetivo de representar a área a ser dragada de forma ininterrupta e com 100% de cobertura.

Utilizando a superfície interpolada da área a ser dragada foi utilizada a ferramenta *Cross Sections and Volumes* do programa *Hypack*, consagrado no segmento de engenharia costeira. Foi aplicado o algoritmo de cálculo denominado *Philly Post-Dredge*. Cada seção transversal é dividida em 100 fatias, onde é interpolado uma profundidade para cada vértice de cada uma dessas fatias. Posteriormente, é calculado o volume para cada fatia, e por fim é feita a integração dos volumes de todas as seções, resultando, assim, no volume total a ser dragado. O volume total, resultante do somatório de todas as seções, pode ser sintetizado pela equação descrita abaixo.

$$V = \Sigma (LA1 + A2) / 2$$

Onde:

V – Volume [m³];

L – Distância perpendicular entre duas seções transversais consecutivas [m];

A1 – Área da seção 1 [m²];

A2 – Área da seção 2 [m²].

As estimativas do volume a ser dragado são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Estimativas do volume a ser dragado para a readequação e aprofundamento da geometria do canal externo e armadilhas de sedimentos na cota de -14 e -16m DHN, tolerância vertical de 0,5m, e talude 1:6.

Cota	Área	Seções	Volume na Cota (m ³)	Vol. Tolerância (m ³)	Volume Total (m ³)
14 m	Canal	1 - 797	5.102.335,7	565.695,2	5.668.031,0
	Armadilha Leste	1 - 102	695.259,7	43.158,0	738.417,7
	Armadilha Norte Externa	1 - 165	792.350,4	128.874,9	921.225,3
10 m	Armadilha Norte Interna	1 - 181	330.968,9	45.132,1	376.101
	Total		6.920.915	782.860,2	7.703.775
16 m	Canal	1 - 797	8.974.854,5	903.539,8	9.878.394,3
	Armadilha Leste	1 - 102	965.053,3	43.158,0	1.008.211,3
	Armadilha Norte Externa	1 - 165	1.406.261,8	160.254,9	1.566.516,7
10 m	Armadilha Norte Interna	1 - 181	330.968,9	45.132,1	376.101
	Total		11.677.138,5	1.152.084,8	12.829.223

5.6. Considerações Finais sobre o Projeto de Dragagem

O projeto de readequação e aprofundamento do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul apresentou as profundidades, cotas e volumes de dragagem para estabelecimento de um novo canal de acesso externo, com larguras de 260 metros na reta e 280 metros na curva.

Para a profundidade de 14 metros, acrescidos de 0,5 metro de sobredragagem, o volume total a ser dragado será de 7.703.775 m³ de sedimentos, considerando as armadilhas de sedimento que tenderão a diminuir o assoreamento do canal, conforme estudos realizados pelo INPH. Para a profundidade de 16 metros, acrescidos de 0,5 metros de sobredragagem, o volume total de dragagem é de 12.829.223 m³.

As plantas batimétricas, plantas das seções de dragagem, perfis das seções de dragagem e a planilha dos cálculos dos volumes de dragagem estão apresentados nos ANEXOS deste documento.

6. PROJETO DE USO BENÉFICO DOS SEDIMENTOS PARA A RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DA ORLA DE ITAPOÁ DA PRAIA FIGUEIRA DO PONTAL E DA PRAIA PONTAL DO NORTE ATÉ A PRAIA DA PRINCESA DO MAR

6.1. Contextualização

As práticas de alimentação de praia, mundialmente aceitas como sendo a solução mais usual no termo de “trabalhando com a natureza”, vêm evoluindo continuamente desde os primeiros projetos desenvolvidos nos anos 1970 (BRAND *et al.*, 2022) (Figura 16). Originalmente, a areia era colocada diretamente onde era necessária e observado o processo erosivo, ou seja, na parte aérea da praia e nas dunas frontais. Agora é cada vez mais comum a realização de projetos de alimentação da parte submersa (antepraia ou *shoreface*) para influenciar a médio prazo (3 a 5 anos) a morfodinâmica costeira e deter a erosão praial.

Inovações recentes são os megaprojetos de alimentação de praia (mais de 20 milhões de metros cúbicos) e também aqueles que adicionam sedimentos nos deltas de maré vazante, como no caso de Itapoá. Estes são projetos pilotos que não fazem parte da manutenção regular do litoral, mas eles podem se tornar regulares quando comprovado que sejam eficazes. Além disso, eles podem fornecer informações valiosas que também podem ser aplicadas à projetos de alimentação de praias dentro da atual dinâmica das políticas nacional e internacional de conservação e sustentabilidade.

Um projeto de alimentação do delta de vazante foi realizado recentemente, em 2019, na desembocadura do rio Amelander Zeegat, Países Baixos, quando 5 milhões de metros cúbicos de areia foram colocados no delta de vazante (BRAND *et al.*, 2022). Esses deltas são altamente dinâmicos e são uma importante fonte de sedimentos para zona costeira (por exemplo, ELIAS *et al.*, 2019; ANGULO, 1999). Este tipo de projeto, por ser uma proposta de inovação, ainda está em desenvolvimento e deve ser devidamente monitorado para o entendimento do impacto da alimentação da costa (praia e antepraia) na morfodinâmica local.

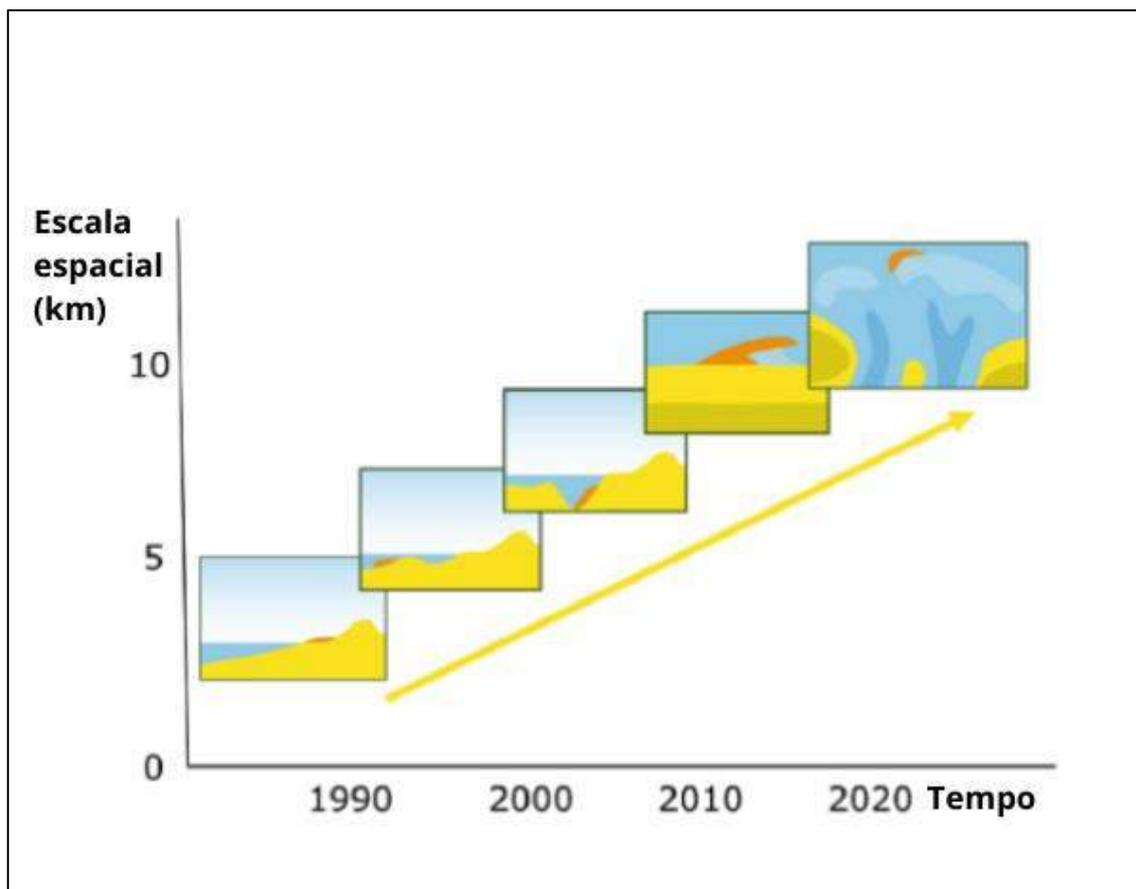


Figura 16. A evolução dos projetos de alimentação da praia/dunas frontais, antepraia (*shoreface*), parede dos canais, megaprojetos (20 milhões de metros cúbicos), e disposição de sedimentos sobre deltas de maré vazante (Modificado de BRAND *et al.*, 2022).

A combinação de técnicas de disposição do material sedimentar (praia-dunas frontais, antepraia-delta de vazante), como o uso de sedimentos de jazidas de oportunidade (dragagem de canais próximos – transporte; ou estuários), reduz a perturbação dos fundos marinhos intocados, restaura caminhos naturais de sedimentos e pode, onde possível, revelar-se como opção mais viável para mineração de areia e sua disposição na costa de um ponto de vista de sustentabilidade. Como envolve novas estratégias e desenhos inovadores, existem maiores incertezas sobre o dimensionamento do tempo de vida útil destes projetos, pois como qualquer outro tipo de obra costeira, necessita de manutenção de tempos em tempos. Os sedimentos de projetos onde a disposição da areia é feita na zona submersa (antepraia), dentro do prisma praial, ou seja, até a profundidade de fechamento, podem levar de 3 a 5 anos para chegarem à praia pela ação de ondas e correntes (HUISMAN *et al.*, 2019).

Além destes conceitos de projetos de alimentação da costa (que inclui alimentação da praia-duna-antepraia e delta de vazante) que por si só, representam um exemplo de

inovação mundial, destaca-se a possibilidade do uso benéfico de uma jazida de oportunidade. O uso de material arenoso compatível com o da praia de Itapoá (6.420.300 m³), oriundo da dragagem para aprofundamento e alargamento do canal de acesso externo do complexo portuário de São Francisco do Sul, para mitigar o efeito erosivo instalado em aproximadamente 15km de costa, a cerca de 80 anos na costa de Itapoá, representa uma quebra de paradigma e um marco em projetos desta natureza no Brasil.

A alternativa de uso benéfico de sedimentos mais apropriada para a proteção e recuperação das praias da orla de Itapoá, através de distintas técnicas de alimentação artificial, após vários estudos e análises realizadas, indicou três (3) áreas-destino para descarte dos sedimentos dragados. As alternativas de "área destino", ou seja, áreas com necessidade e possibilidade real de recebimento dos sedimentos da dragagem de aprofundamento e readequação do canal de acesso externo, são apresentadas e discutidas individualmente nesse capítulo.

6.2. Áreas de Disposição de Sedimentos

As áreas de disposição dos sedimentos dragados para uso benéfico, recuperação e proteção das praias da orla de Itapoá, estão apresentadas na Tabela 6 e na Figura 17.

Tabela 6. Coordenadas dos vértices das áreas de disposição dos sedimentos para uso benéfico dos sedimentos da dragagem, delimitada pelo sistema aquaviário proposto. *Datum* horizontal WGS-84, Zona UTM 22J, hemisfério sul.

Vértice	X (Leste, m)	Y (Norte, m)
Praia 1 – Início	737926	7101753
Praia 1 – Final	738609	7101653
Praia 2 - Início	741398	7102920
Praia 2 - Final	740579	7106287
Praia 3 - Início	740579	7106287
Praia 3 - Final	739982	7108735

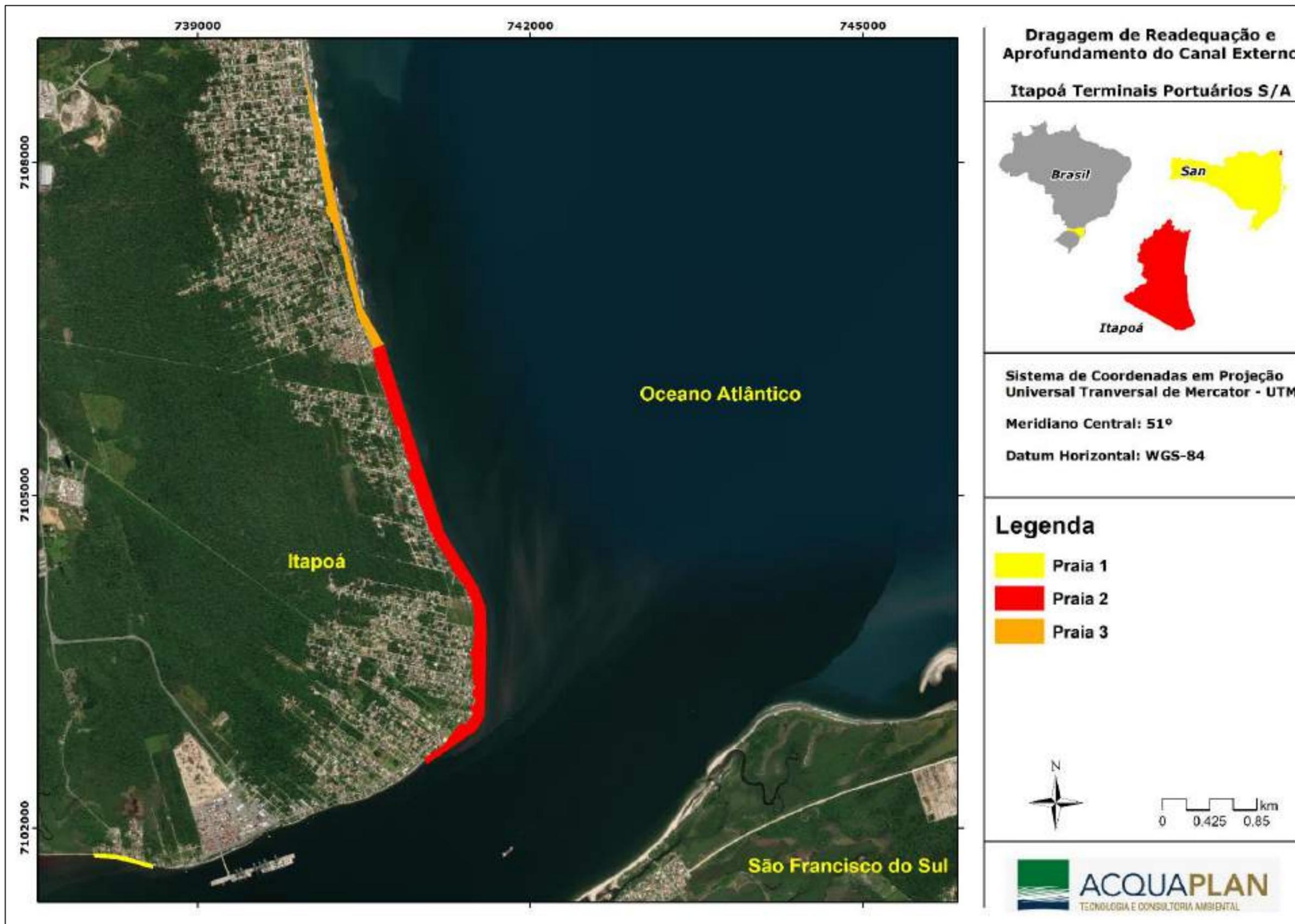


Figura 17. Áreas das praias de Itapoá selecionadas para receberem os sedimentos destinados ao uso benéfico para recuperação e proteção da orla de Itapoá.

6.2.1. Área de Destino 1 – Praia da Figueira do Pontal

O trecho denominado Praia 1 apresenta dois trechos, sendo o primeiro a montante do terminal da Itapoá Terminais Portuários (Porto Itapoá). Tem seu início na Figueira do Pontal, coordenadas 737.926E e 7.101.753N, e seu ponto final na mesma praia, coordenadas 738.609E e 7.101.653N; e o segundo trecho inicia na mesma praia com coordenadas inicial 740.466E e 7.102.252N e termina na praia do Pontal do Norte nas coordenadas 741.398E e 7.102.920N. Este segmento possui aproximadamente 3.750 m de extensão, entretanto, somente 1.750 metros de praia serão alimentados, numa largura média de 36.86 m, e uma área total de intervenção de 64.505 m². Para este trecho será necessário um volume aproximado de 577.800 m³ de sedimentos para se alcançar uma largura média de faixa de areia de 66 metros, considerando uma perda de 40% para a acomodação do sedimento após o término da alimentação. Destaca-se que um trecho de praia localizado nas proximidades do Porto Itapoá que não será alimentado, no intuito de evitar um possível assoreamento do cais do terminal.

O trecho Praia 1 apresenta alguns trechos com processos erosivos instalados a montante e a jusante ao Porto Itapoá, sendo que em alguns setores foram adicionadas rochas na linha de praia no intuito de conter a retração da linha de costa (Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21).



Figura 18. Rochas colocadas para conter a erosão na região a montante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1.



Figura 19. Região com erosão a jusante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1.



Figura 20. Região com erosão a jusante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1 observando-se a proteção de parte da praia com concreto.

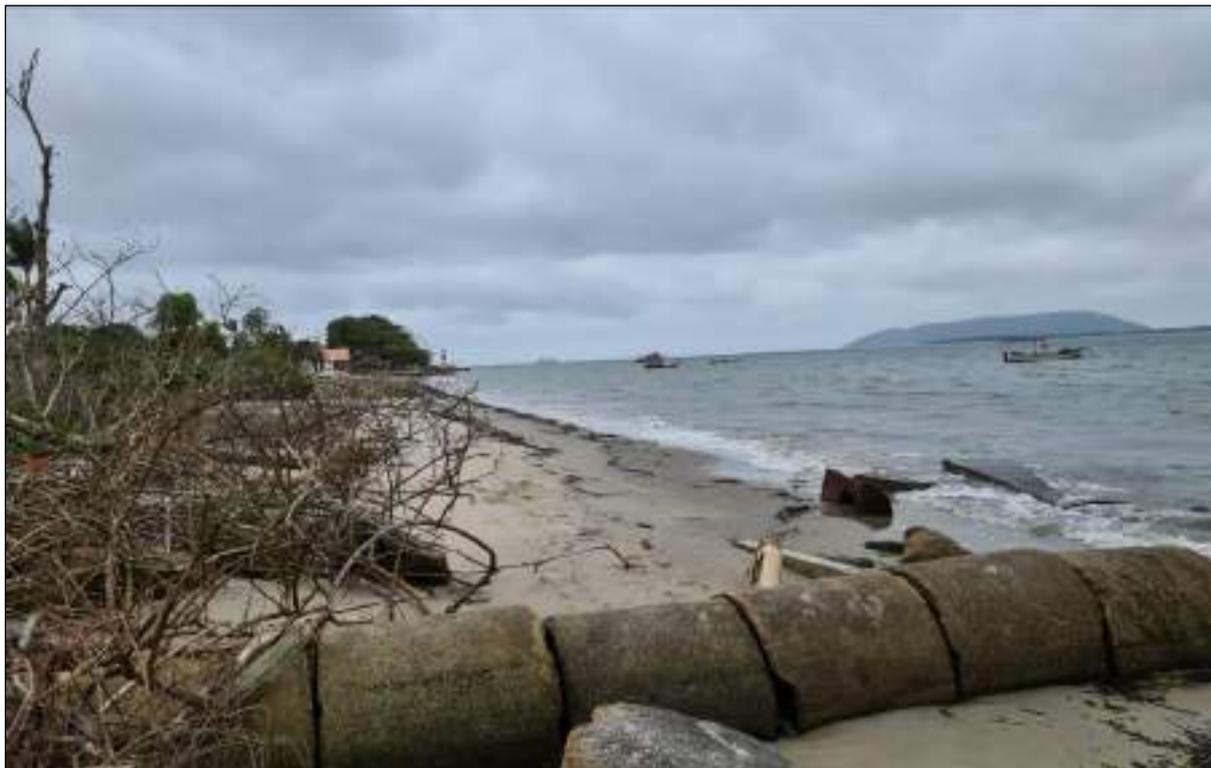


Figura 21. Região com erosão a jusante do Porto Itapoá pertencente ao trecho Praia 1.

A Figura 22 apresenta o esquema para a realização da alimentação artificial da Praia 1 considerando a dragagem da curva do canal externo por ser a região do canal com sedimento compatível ao sedimento da praia (areia fina). Estima-se que o percurso da draga da área de dragagem até a área de despejo dos sedimentos seja de aproximadamente 8.500 metros e serão necessários 1.000 metros de tubulação para a alimentação.

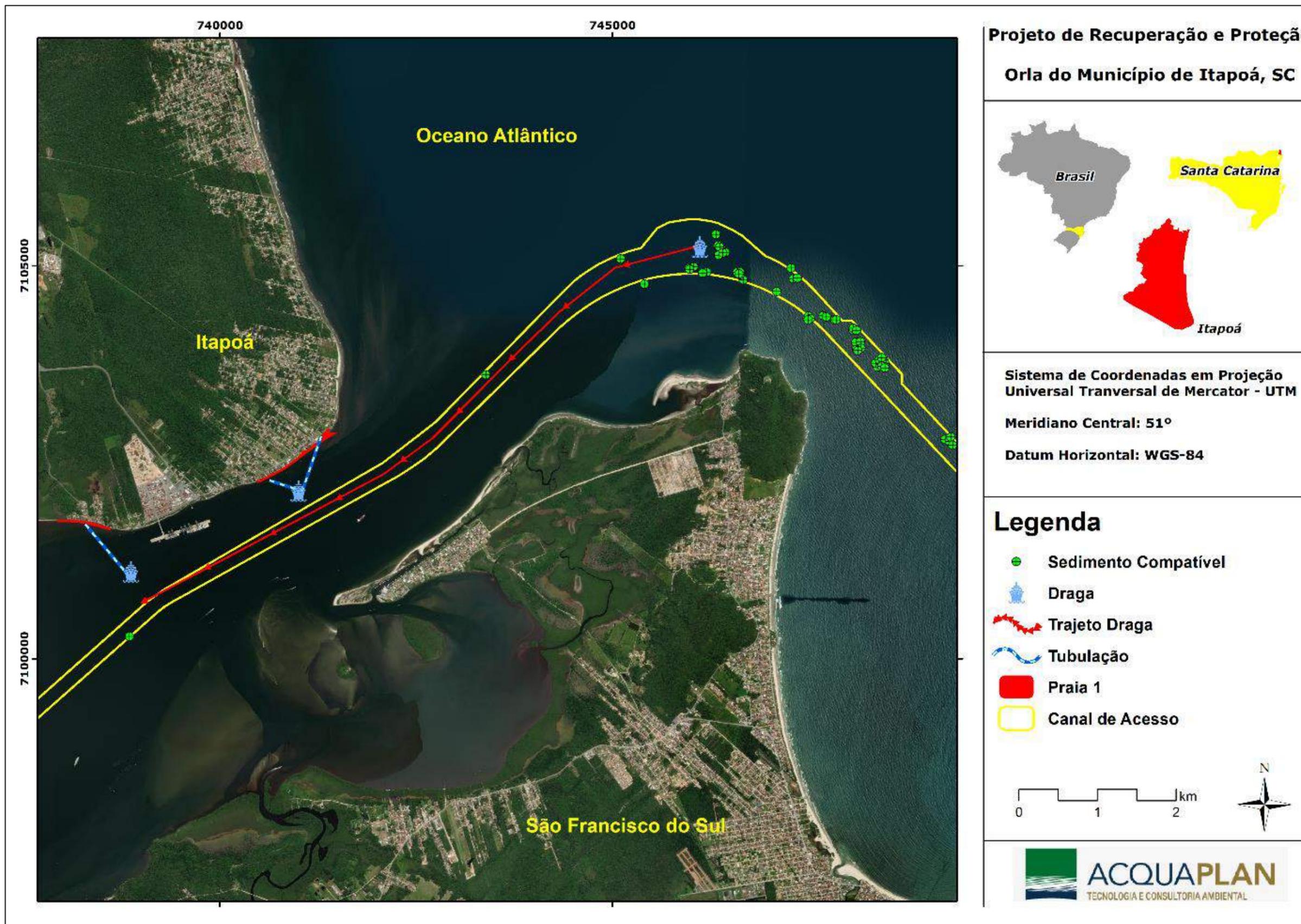


Figura 22. Esquema para a alimentação artificial da área destino Praia 1.

6.2.2. Praia 2 – Praia do Pontal do Norte

O trecho denominado Praia 2 tem seu início na Praia do Pontal do Norte, coordenadas 741.398E e 7.102.920N, e seu ponto final no Balneário Uirapuru, altura da rua Gralha Azul, coordenadas 740.579E e 7.106.287N. Este segmento possui 3.580m de extensão, uma largura média de 113,30 m, e uma área total de 405.607 m². Está localizado no primeiro trecho da orla de Itapoá, possui ocupação urbana, predominantemente residencial, de moradias de segunda residência, e ainda, com a presença de alguns comércios e pousadas. Para este trecho será necessário um volume aproximado de 3.842.500 m³ de sedimentos para se alcançar uma largura média de faixa de areia de 213,30m, considerando a perda de 40% durante acomodação do sedimento após o término da obra de alimentação. O trecho Praia 2 apresenta os trechos da orla de Itapoá com processos erosivos mais severos, sendo que neste setor os moradores locais adicionam rochas para proteger as benfeitorias e o patrimônio privado, como pode ser observado na Figura 23 e na Figura 24.



Figura 23. Região com erosão na região mediana do trecho Praia 2.



Figura 24. Local com erosão e rochas na linha de praia na região final do trecho Praia 2.

A Figura 25 apresenta o esquema para a realização da alimentação artificial da Praia 2, considerando a dragagem da curva do canal externo por ser a região do canal com sedimento compatível ao sedimento da praia (areia fina). Estima-se que o percurso da draga desde a área de dragagem até a área de bombeamento e despejo dos sedimentos seja, em média, de aproximadamente 4.800 metros e que serão necessários 5.000 metros de tubulação para realizar a alimentação através de técnicas de bombeamento.

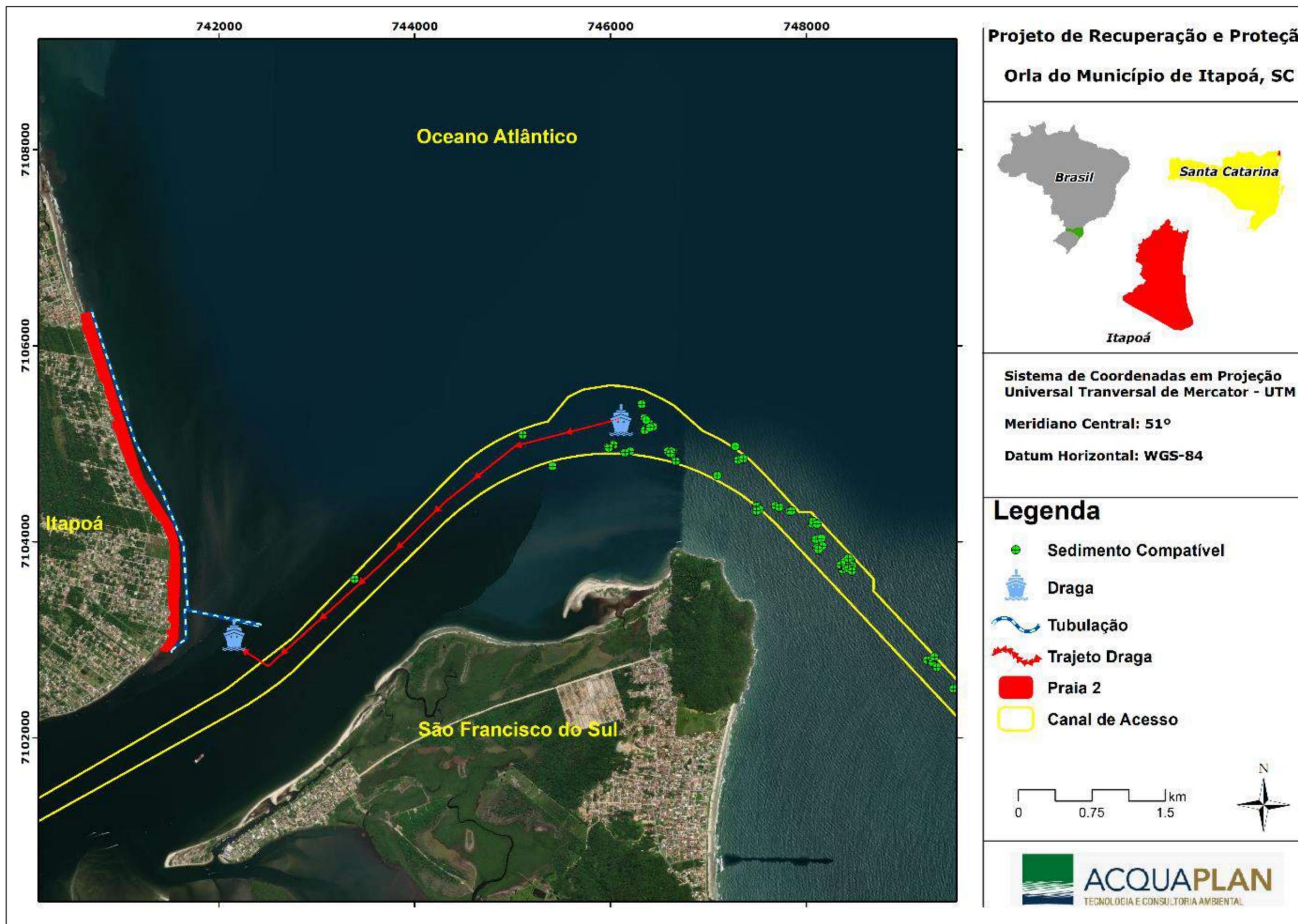


Figura 25. Esquema para a alimentação artificial da área destino Praia 2.

6.2.3. Praia 3 – Balneário Uirapuru - Praia da Princesa do Mar

O trecho denominado Praia 3 tem seu início Balneário Uirapuru, altura da rua Gralha Azul, coordenadas 740.579E e 7.106.287N, e seu ponto final na Praia da Princesa do Mar, coordenadas 739.982E e 7.108.735N. Porém, pretende-se alimentar somente um trecho deste segmento com 2.000 m de extensão, uma largura média de 60 m, e uma área total de 954.470 m². Possui ocupação urbana, predominantemente residencial, com a presença de alguns comércios e pousadas. Para este trecho será necessário um volume aproximado de 2.000.000 m³ de sedimentos para se alcançar uma largura média de faixa de areia de 160 m, considerando a perda de 40% de sedimento durante a acomodação do sedimento após o fim da obra de alimentação. O trecho Praia 3 intercala trechos com processos erosivos instalados com trechos sem erosão (Figura 26).



Figura 26. Região com processos de retração da linha de costa e rochas na praia no bairro Princesa do Mar no início do trecho Praia 3.

A Figura 27 apresenta o esquema para a realização da alimentação artificial da Praia 3, considerando a dragagem da curva e o trecho inicial do canal externo por ser a região do canal com sedimento compatível ao sedimento da praia (areia fina). Estima-se dois trajetos para a draga com o intuito de alimentar a Praia 3; o trajeto desde a curva do canal externo até um ponto para acoplamento da draga à linha de recalque localizado próximo à Praia

do Pontal do Norte, na profundidade de 12 metros, e serão necessários 6.000 metros de tubulação para realizar a alimentação neste setor praial.

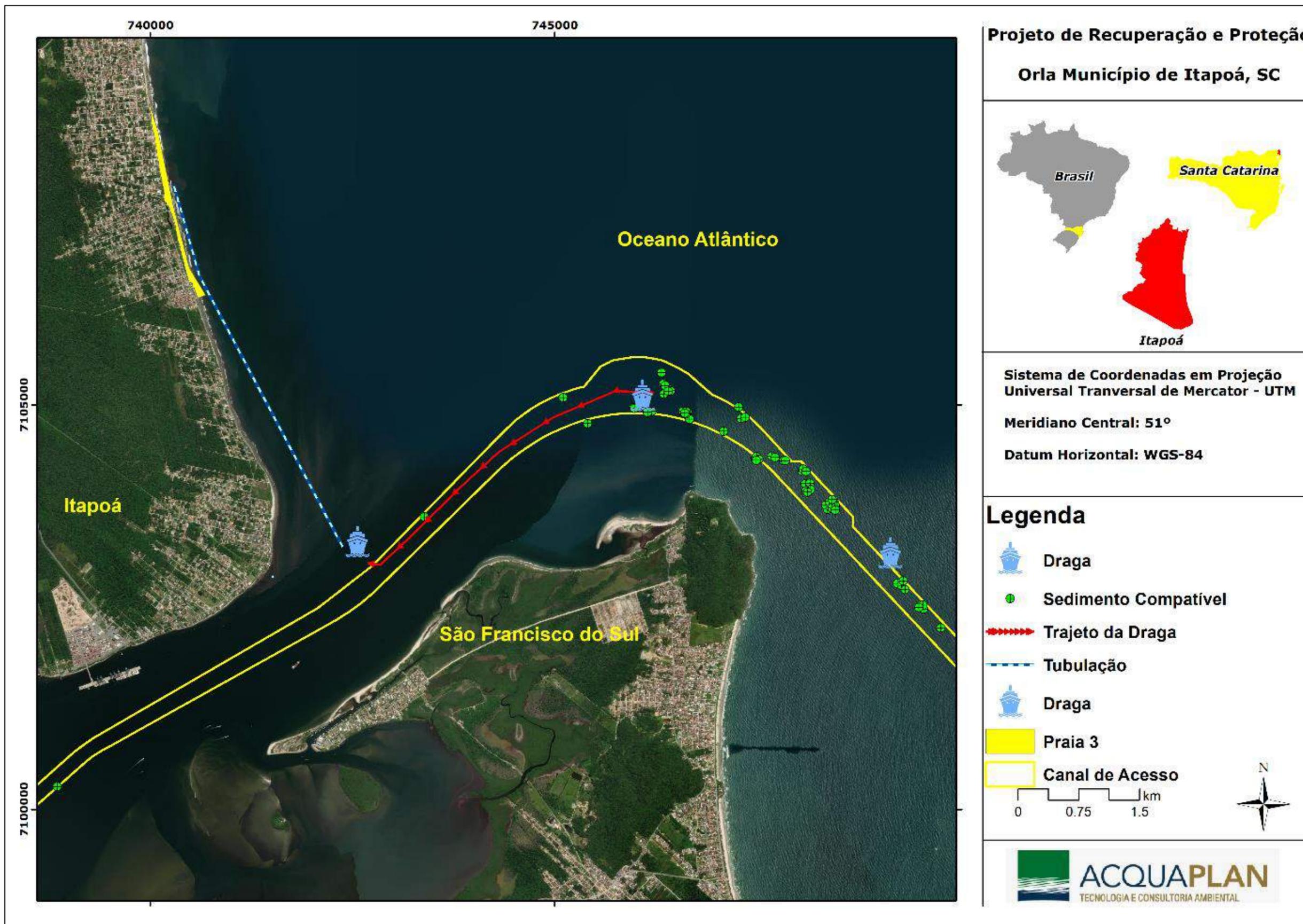


Figura 27. Esquema para a alimentação artificial da área destino Praia 3.

6.3. Projeto de Alimentação Artificial da Orla de Itapoá

Conforme já apresentado, a melhor opção de recuperação e proteção da orla de Itapoá seria a alimentação artificial dos setores Praia 1, Praia 2 e parte do setor Praia 3 (2,5 km) na porção imediatamente ao norte do setor Praia 2.

Inicialmente, para cada setor da praia de Itapoá a ser alimentado foram extraídos perfis de equilíbrio praial, tendo sido calculados três perfis de equilíbrio para o setor Praia 1 (Figura 28), 5 perfis de equilíbrio para o setor Praia 2 (Figura 29) e 2 perfis para o setor Praia 3 (Figura 30).

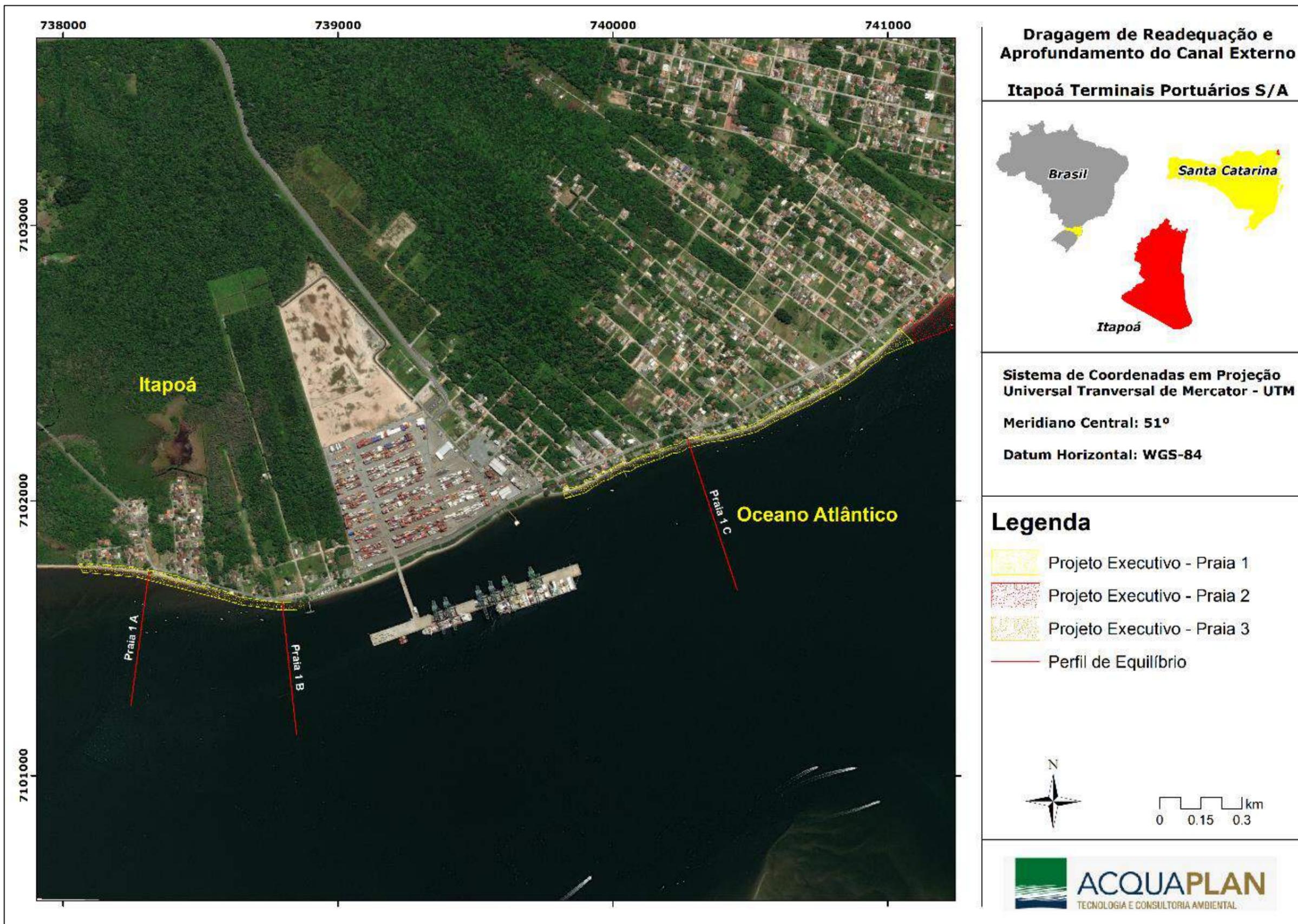


Figura 28. Perfis de Equilíbrio traçados para o cálculo de volume de alimentação no setor Praia 1.

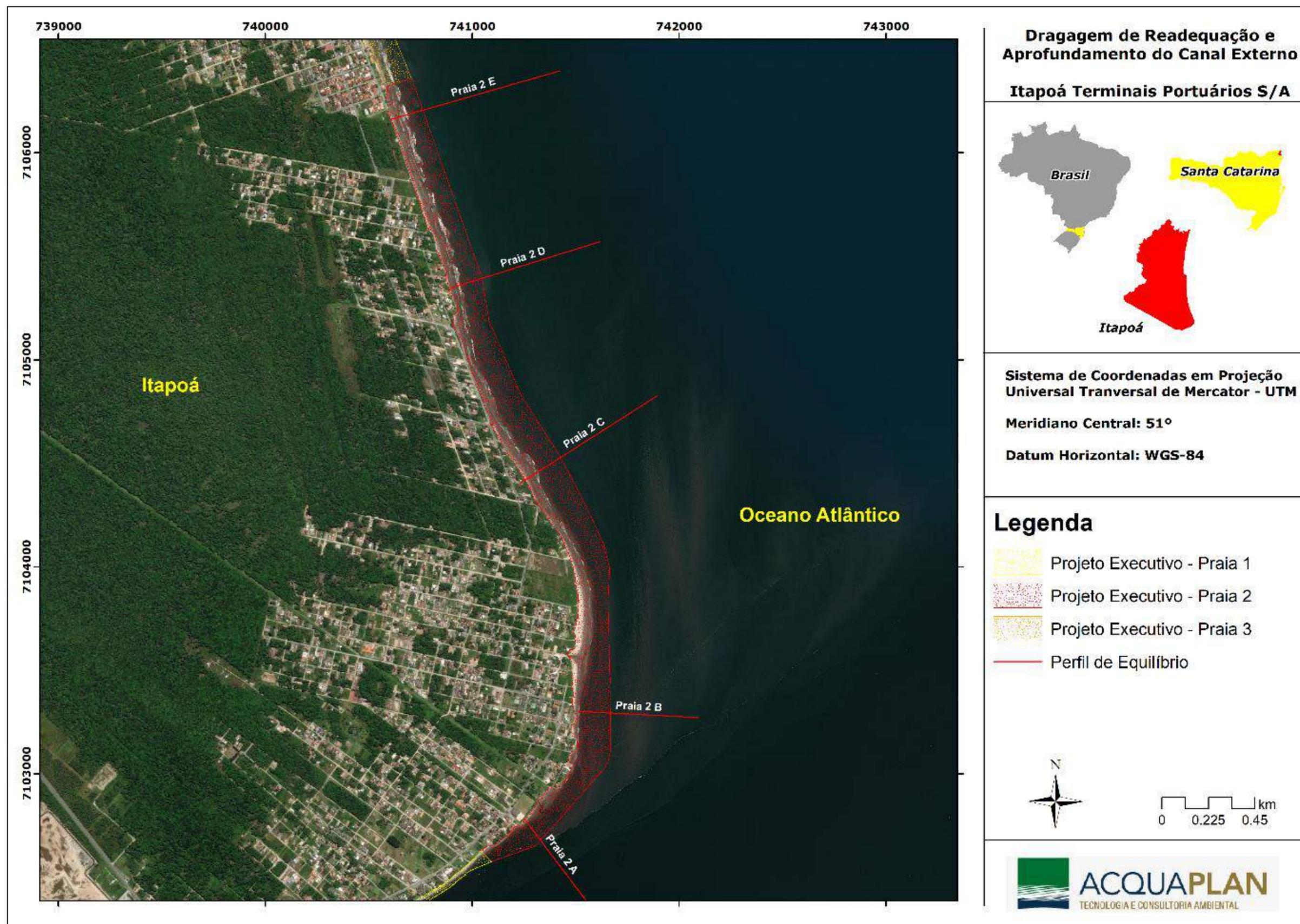


Figura 29. Perfis de Equilíbrio traçados para o cálculo de volume de alimentação no setor Praia 2.

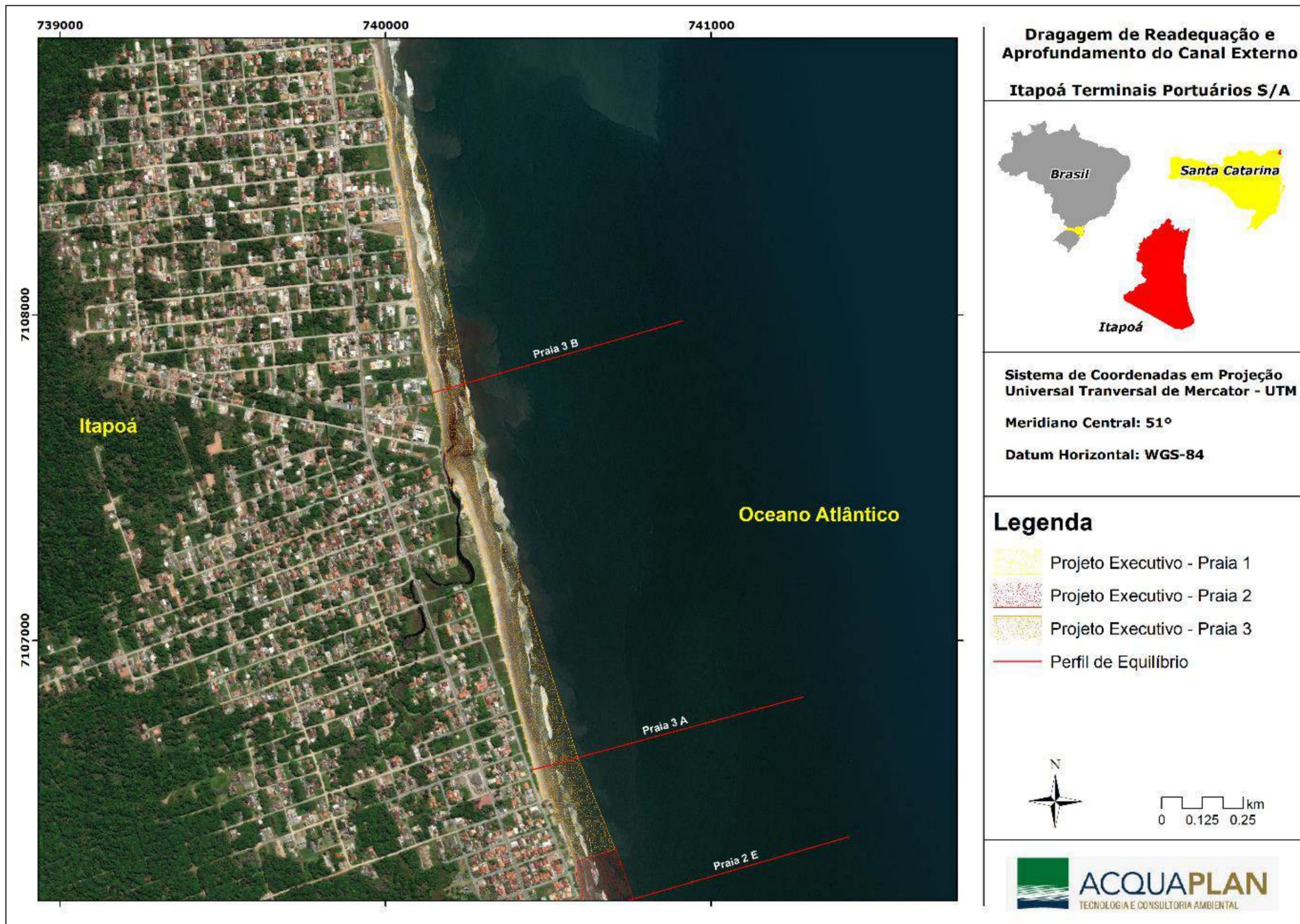


Figura 30. Perfis de Equilíbrio traçados para o cálculo de volume de alimentação no setor Praia 3.

6.3.1. Cálculo da Largura de Alimentação (W)

Para o cálculo da largura de alimentação, inicialmente, foi definida como linha de base para a alimentação praial a linha de costa de 1979, ou seja, a alimentação praial deverá reestabelecer a linha de costa de 1979, com o intuito de se obter um padrão da posição da linha de costa para futuras obras de realimentação. A Figura 31 apresenta a posição da linha de costa de 1979 (linha base) em relação a linha de costa atual (2022).

Para restabelecer a linha de costa de 1979 foi calculada a diferença, em metros, entre a posição da linha de costa atual (2022) e a posição da linha de costa de 1979 (Equação 2).

$$\text{Diferença da L. C. de 2022 e 1979} = \text{Posição da L. C. de 2022} - \text{Posição da L. C. de 1979} \quad (2)$$

Posteriormente, foi realizado o cálculo da taxa de retração anual média da linha de costa entre os anos de 2002 e 1979, através da divisão da Diferença de L. C. de 2022 e 1979, pelo tempo transcorrido neste período, 43 anos (Equação 3).

$$\text{Taxa de Retração Anual Média da Linha de Costa} = (\text{Diferença da L. C. de 2022 e 1979}) / 43 \quad (3)$$

O cálculo de vida útil da alimentação artificial foi feito multiplicando a taxa de retração anual média da linha de costa, pelo prazo que se pretende realimentar a praia (10 anos) (Equação 4).

$$\text{Vida Útil da Alimentação Artificial (10 anos)} = \text{Taxa de Retração Anual Média da Linha de Costa} * 10 \quad (4)$$

Adicionalmente, uma largura de 40% da Vida Útil da Alimentação Artificial foi incorporada à Largura de Alimentação para compensar a perda de sedimentos durante os processos de acomodação do perfil praial e/ou perda nas extremidades (difusão dos sedimentos), conforme preconizado pelo modelo de Verhagen (1992) (Equação 5).

$$\text{Perda devido a Acomodação do Perfil Praial} = \text{Vida Útil da Alimentação Artificial (10 anos)} * 0.40 \quad (5)$$

A Equação 6 apresenta o resumo do cálculo para se obter a Largura de Alimentação (W) do perfil praial a ser alimentado..

$$\text{Largura de Alimentação (W)} = \text{Equação 2} + \text{Equação 4} + \text{Equação 5} \quad (6)$$

A Tabela 7 apresenta os valores da largura de alimentação para cada setor da orla de Itapoá a ser alimentado.

Tabela 7. Largura de alimentação para cada setor da orla de Itapoá (praias a serem alimentadas).

Setor	Perfil de Equilíbrio	Largura de Alimentação W (m)
Praia 1	1A	30
Praia 1	1B	30
Praia 1	1C	30
Praia 2	2A	100
Praia 2	2B	120
Praia 2	2C	186
Praia 2	2D	135
Praia 2	2E	100
Praia 3	3A	100
Praia 3	3B	100

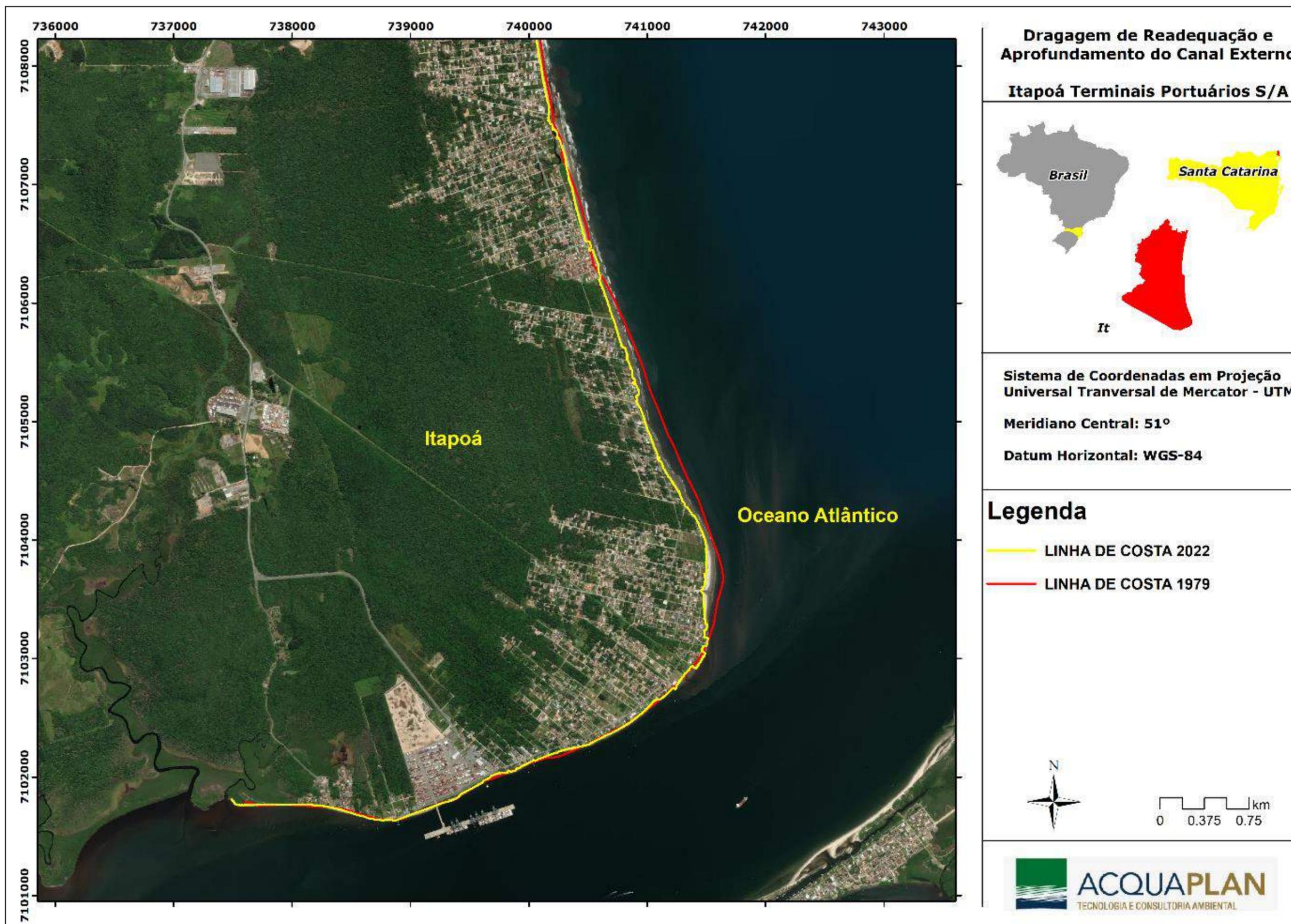


Figura 31. Linha de costa de 1979 em relação a posição da linha de costa atual, utilizada como linha de costa base para o cálculo do volume de alimentação.

6.3.2. Cálculo da Densidade de Alimentação (m³/m)

O cálculo da densidade de alimentação para os três setores analisados na orla de Itapoá foi realizado em função da altura do berma, da profundidade de fechamento e largura esperada da praia após a realização das obras de alimentação artificial (uso benéfico), conforme Equação 7 e conforme apresentado na Tabela 8.

$$\text{Densidade de Alimentação} = (B + dL) * W \quad (7)$$

onde, B é a elevação da berma, dL é a profundidade de fechamento do perfil praiial e W é a largura de projeto desejada para a praia.

Tabela 8. Volume e densidade de alimentação a ser utilizada para a orla de Itapoá (praias a serem alimentadas).

Setor	Perfil de Equilíbrio	B (m)	dL (m)	W (m)	Densidade de Alimentação (m ³ /m)
Praia 1	1A	2	7	30	270
Praia 1	1B	2	7	30	270
Praia 1	1C	2	10	30	360
Praia 2	2A	2	5	100	700
Praia 2	2B	2	5	120	840
Praia 2	2C	2	5	186	1.300
Praia 2	2D	2	5	135	945
Praia 2	2E	2	5	100	700
Praia 3	3A	2	6	100	800
Praia 3	3B	2	6	100	800

6.3.3. Cálculo do Volume de Alimentação

Para o cálculo do volume total de alimentação foi utilizado a metodologia de Campbell *et al.* (1990), que desenvolveram um modelo para estimar o volume de sedimentos a ser utilizado em um projeto de recuperação de praias (Equação 1).

$$VT = \text{Densidade de Alimentação} * L \quad (8)$$

onde, VT é o volume total, L é a extensão do projeto de alimentação.

A apresenta os parâmetros utilizados para o cálculo do volume de alimentação para cada setor da orla de Itapoá.

Tabela 9. Parâmetros utilizados para o cálculo do volume de alimentação para cada setor da orla de Itapoá (praias a serem alimentadas).

Setor	Perfil de Equilíbrio	Extensão da Alimentação (m)	Densidade de Alimentação (m ³ /m)	Volume de Sedimentos (m ³)
Praia 1	1A	220	270	59.400
Praia 1	1B	220	270	59.400
Praia 1	1C	1.275	360	459.000
Praia 2	2A	600	700	420.000
Praia 2	2B	965	840	810.000
Praia 2	2C	1.000	1.300	1.300.000
Praia 2	2D	1.000	945	945.000
Praia 2	2E	525	700	367.500
Praia 3	3A	1.250	800	1.000.000
Praia 3	3B	1.250	800	1.000.000

Para o projeto de recuperação e proteção da orla de Itapoá o volume necessário para a alimentação artificial é de 6.420.300 m³ de sedimentos, levando em consideração que sejam utilizados sedimentos compatíveis com aqueles da praia nativa, para que não haja perda excessiva de sedimentos quando da fase de adequação do perfil praial. Também, objetivam mitigar as perdas naturais de sedimentos a ocorrer pela continuidade de ação dos eventos erosivos (eventos episódicos de alta energia) ao longo deste litoral.

A Figura 32 apresenta o mapa do Setor 1 com a localização dos perfis de equilíbrio 1A e 1B e a densidade de alimentação de 270 m³/m para este trecho a ser alimentado. A Figura 33 e a Figura 34 apresentam os perfis atual, alimentado e de alimentação para os perfis de equilíbrio 1A e 1B, respectivamente.

O mapa do Setor 1 com a localização do perfil de equilíbrio 1C e a densidade de alimentação de 360 m³/m para este trecho a ser alimentado é apresentado na Figura 35. A Figura 36 apresenta o perfil atual, alimentado e de alimentação para o perfil de equilíbrio 1C.

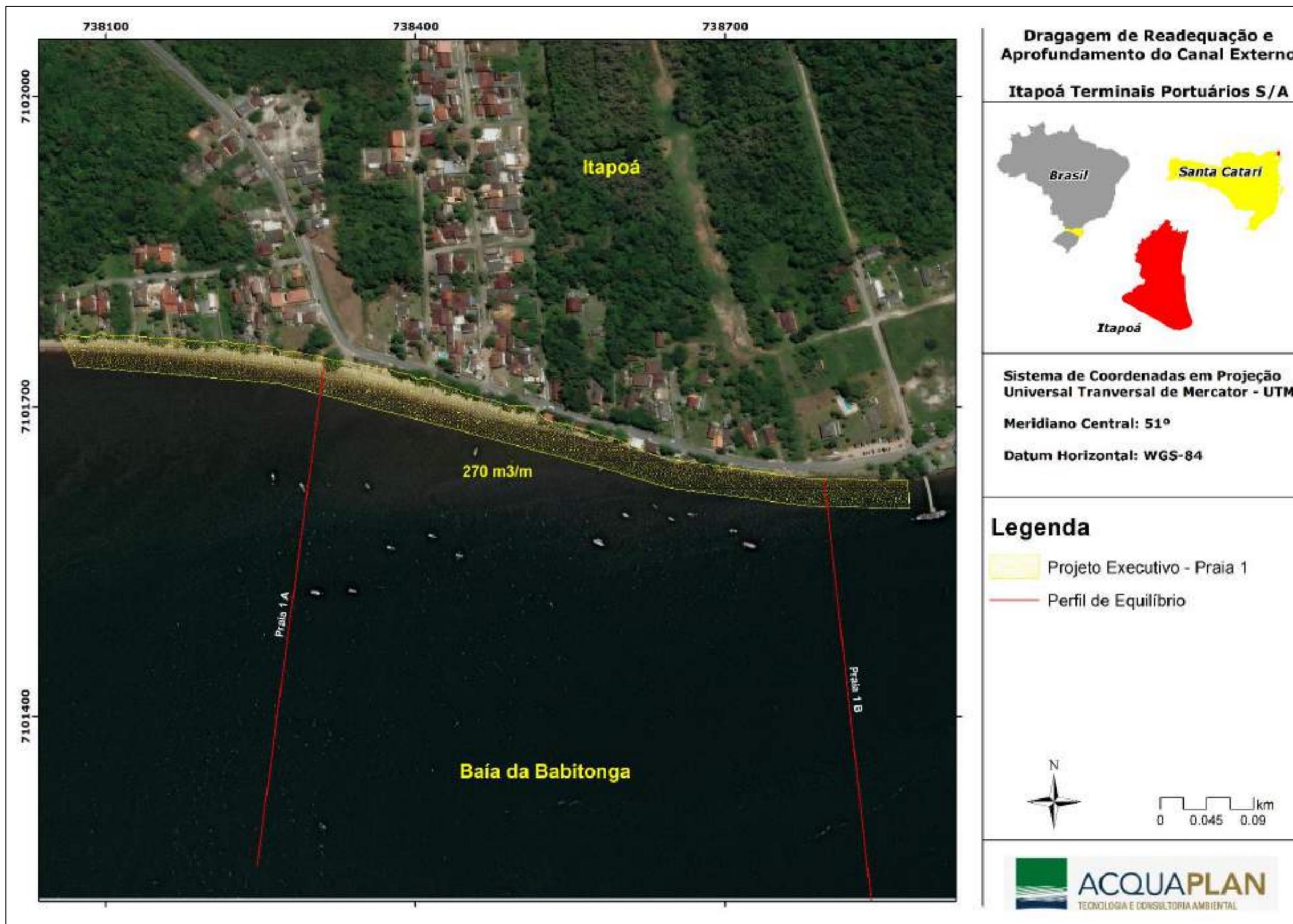


Figura 32. Densidade de alimentação para o Setor Praia 1, Perfis de Equilíbrio 1A e 1B.

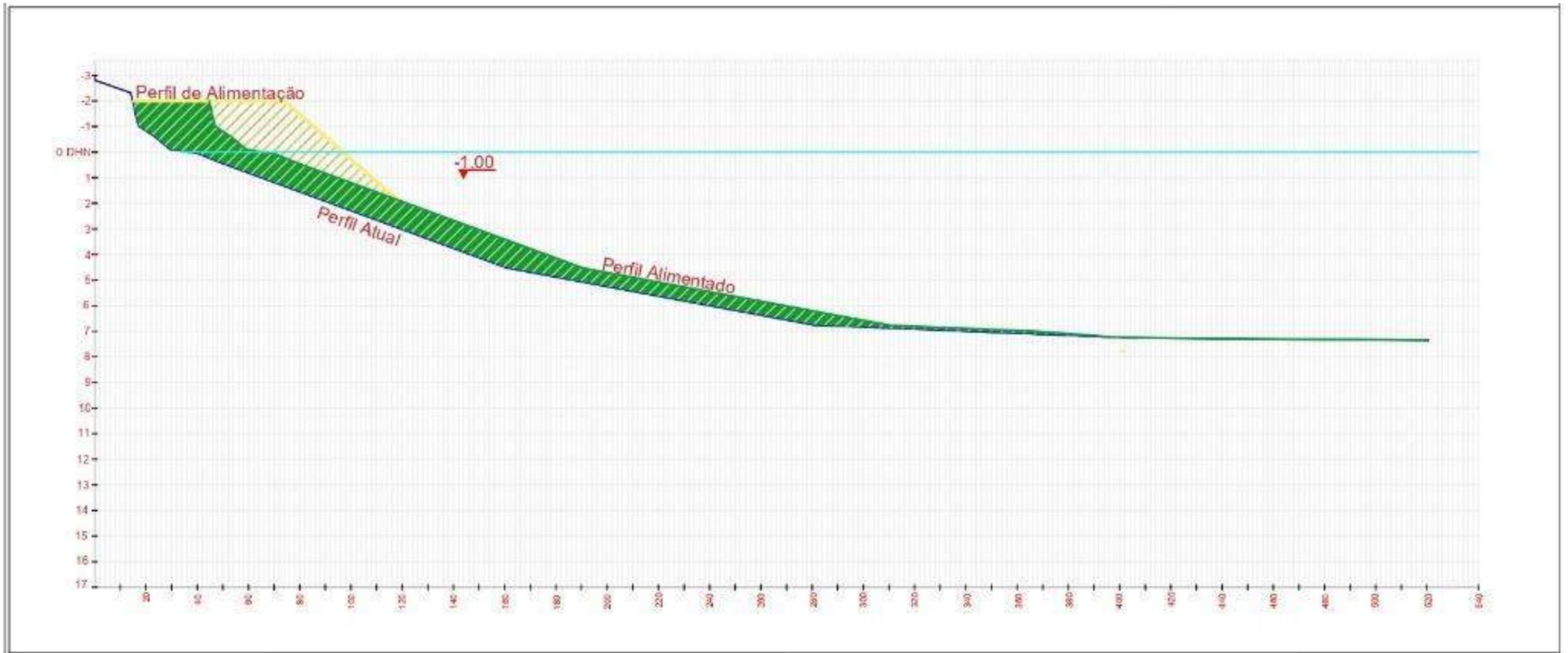


Figura 33. Perfil de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1A.

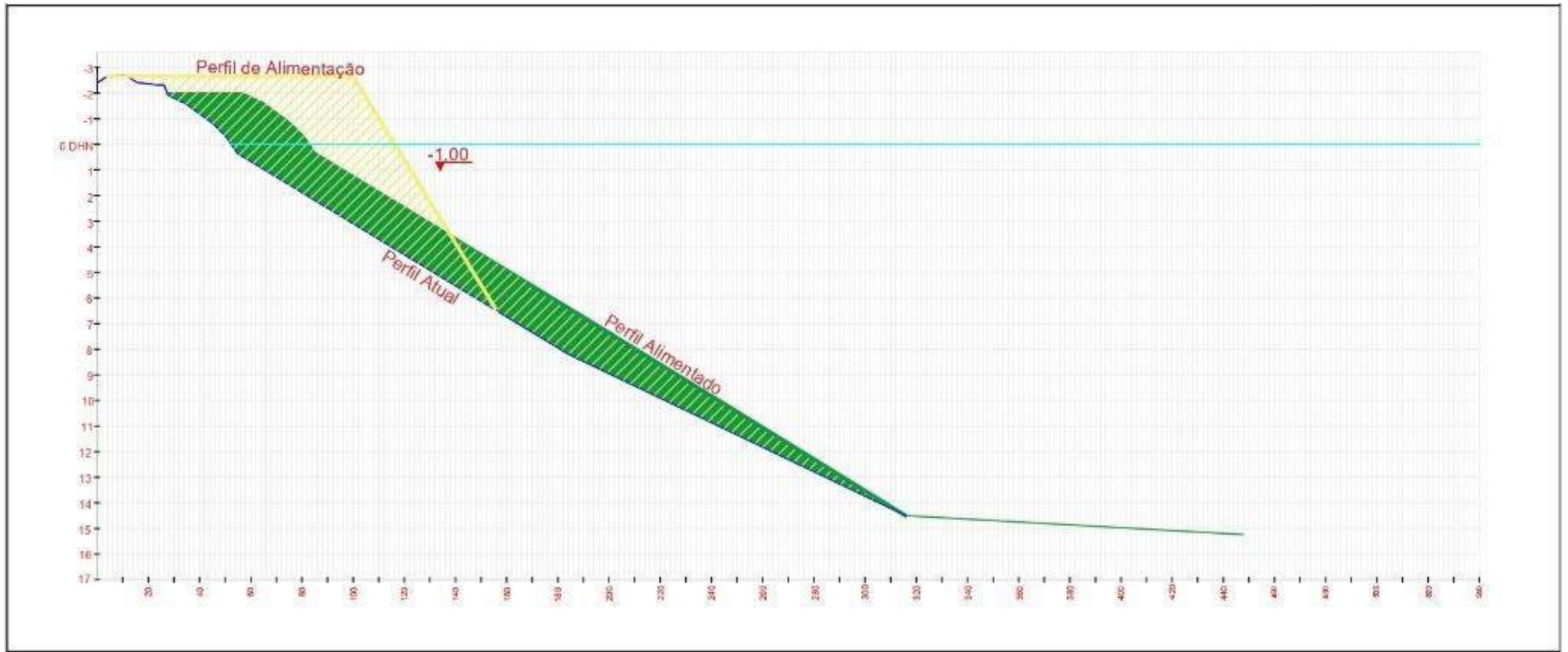


Figura 34. Perfil de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1B.

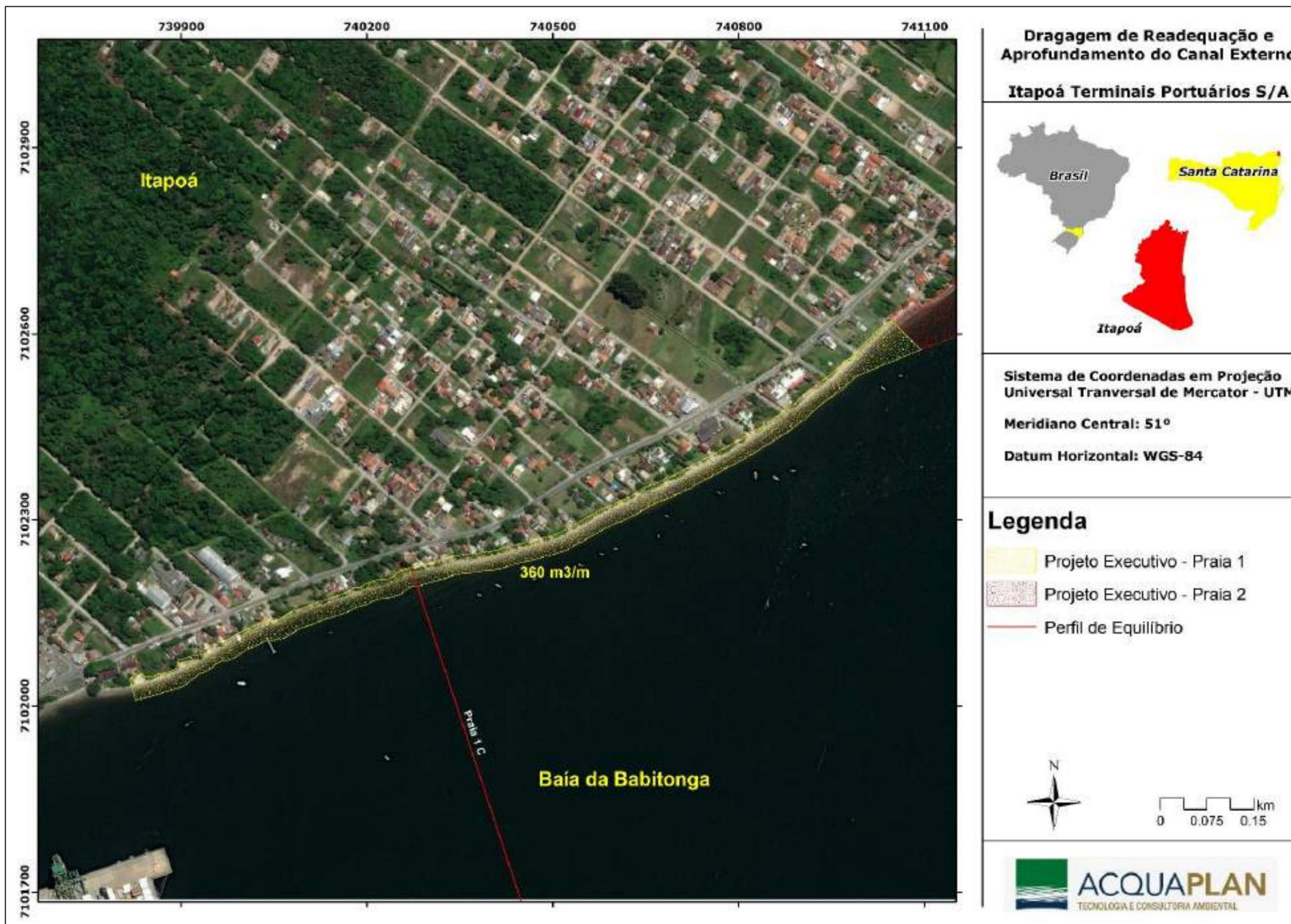


Figura 35. Densidade de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1C.

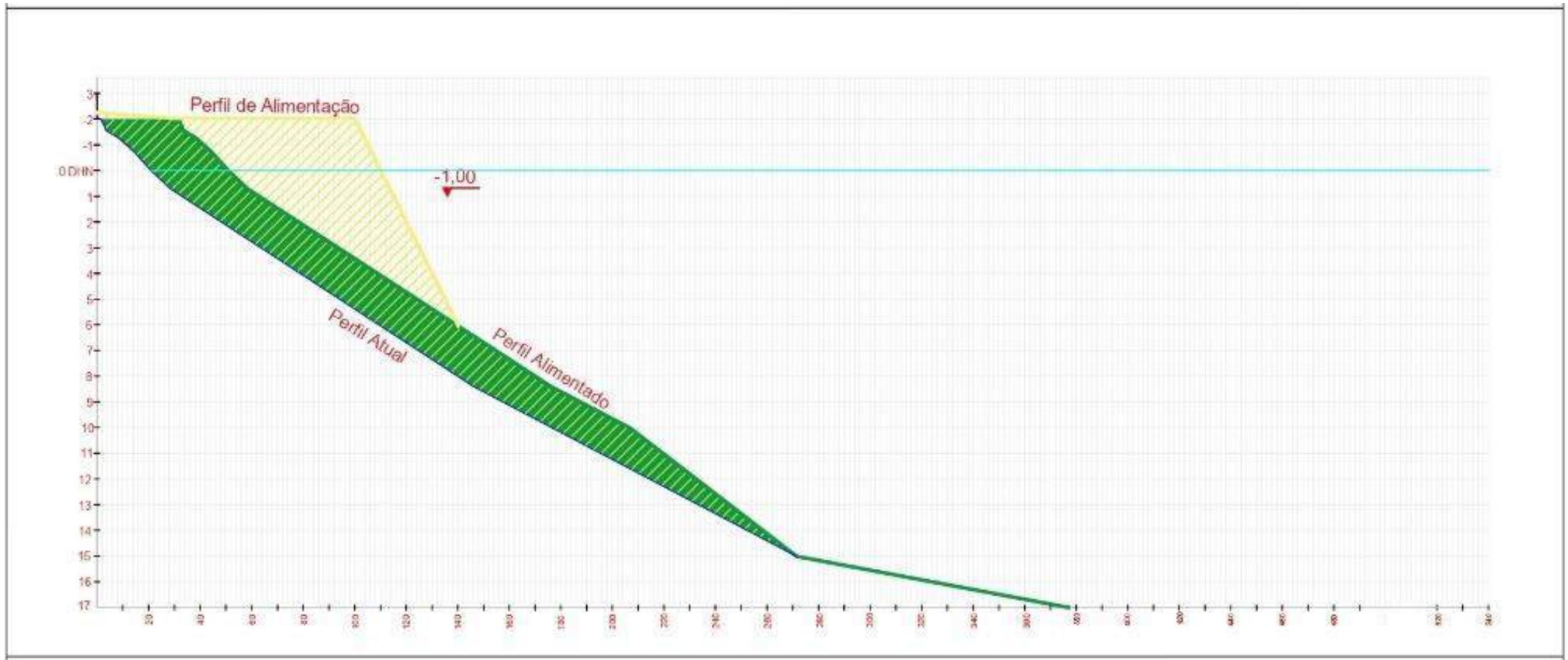


Figura 36. Perfil de alimentação para o Setor Praia 1, Perfil de Equilíbrio 1C.

A Figura 37 apresenta o mapa do Setor 2 com a localização do perfil de equilíbrio 2A e a densidade de alimentação de $700 \text{ m}^3/\text{m}$ para este trecho a ser alimentado. A Figura 38 apresenta o perfil atual, alimentado e de alimentação para o perfil de equilíbrio 2A.

A Figura 39 apresenta o mapa do Setor 2 com a localização do perfil de equilíbrio 2B e a densidade de alimentação de $840 \text{ m}^3/\text{m}$ para este trecho a ser alimentado. A Figura 40 apresenta o perfil atual, alimentado e de alimentação para o perfil de equilíbrio 2B.

A Figura 41 apresenta o mapa do Setor 2 com a localização do perfil de equilíbrio 2C e a densidade de alimentação de $1300 \text{ m}^3/\text{m}$ para este trecho a ser alimentado. A Figura 42 apresenta o perfil atual, alimentado e de alimentação para o perfil de equilíbrio 2C

A Figura 43 apresenta o mapa do Setor 2 com a localização do perfil de equilíbrio 2D e a densidade de alimentação de $945 \text{ m}^3/\text{m}$ para este trecho a ser alimentado. A Figura 44 apresenta o perfil atual, alimentado e de alimentação para o perfil de equilíbrio 2D

A Figura 45 apresenta o mapa do Setor 2 com a localização do perfil de equilíbrio 2E e a densidade de alimentação de $700 \text{ m}^3/\text{m}$ para este trecho a ser alimentado. A Figura 46 apresenta o perfil atual, alimentado e de alimentação para o perfil de equilíbrio 2E

A Figura 47 apresenta o mapa do Setor 3 com a localização dos perfis de equilíbrio 3A e 3B e a densidade de alimentação de $800 \text{ m}^3/\text{m}$ para este trecho a ser alimentado. A Figura 33e a Figura 49 apresentam os perfis atual, alimentado e de alimentação para os perfis de equilíbrio 3A e 3B, respectivamente.

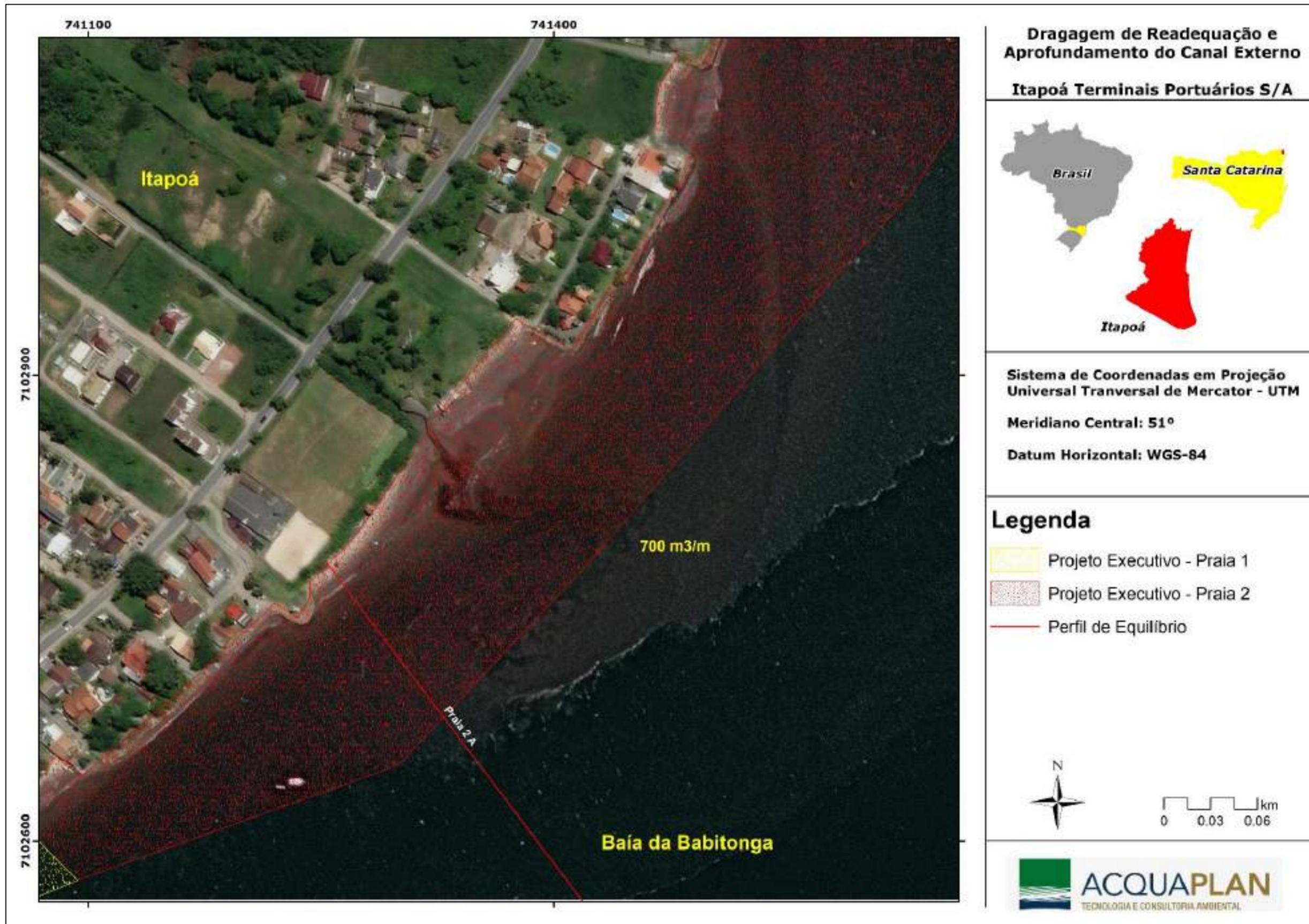


Figura 37. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2A.

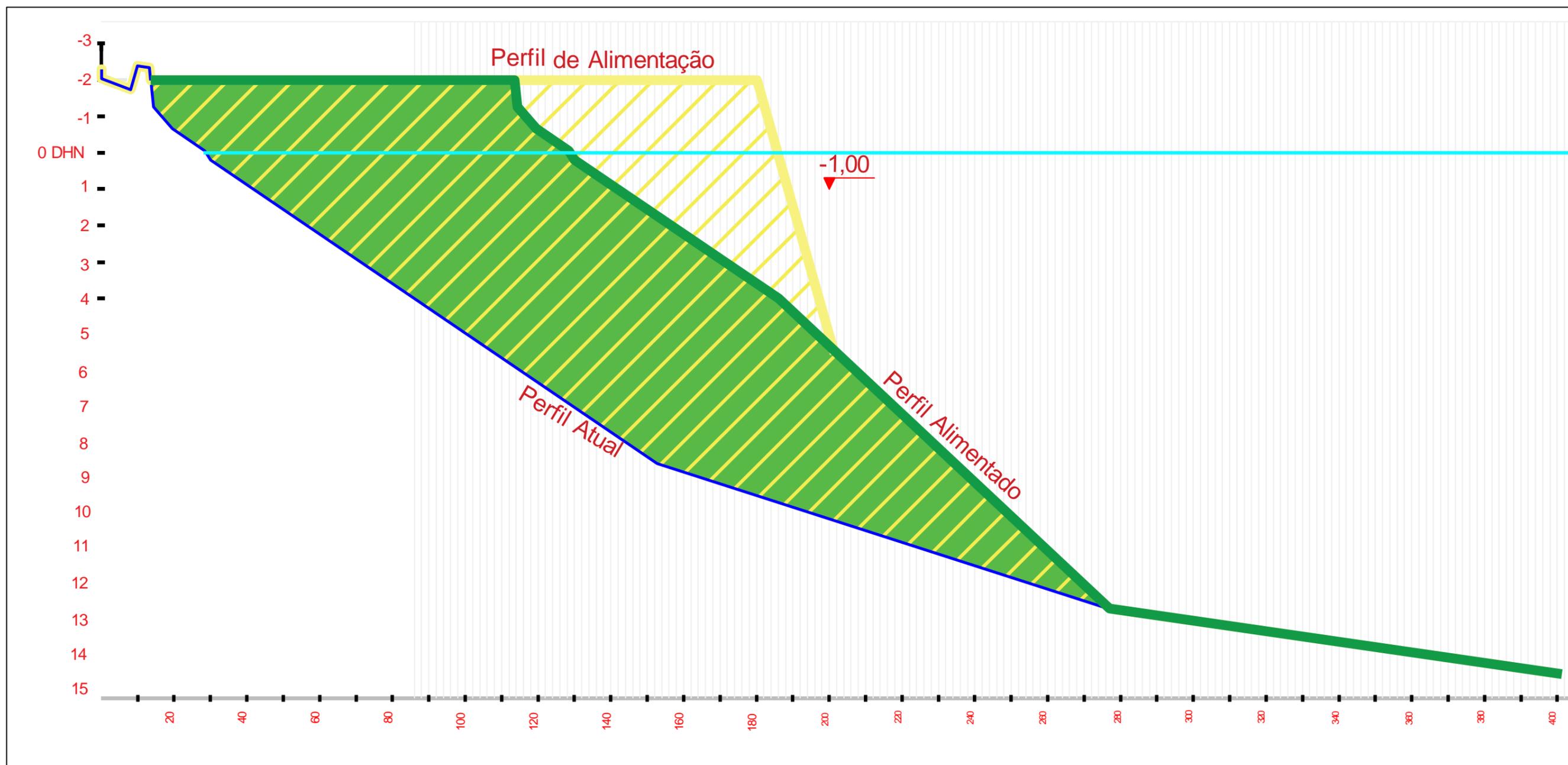


Figura 38. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2A.

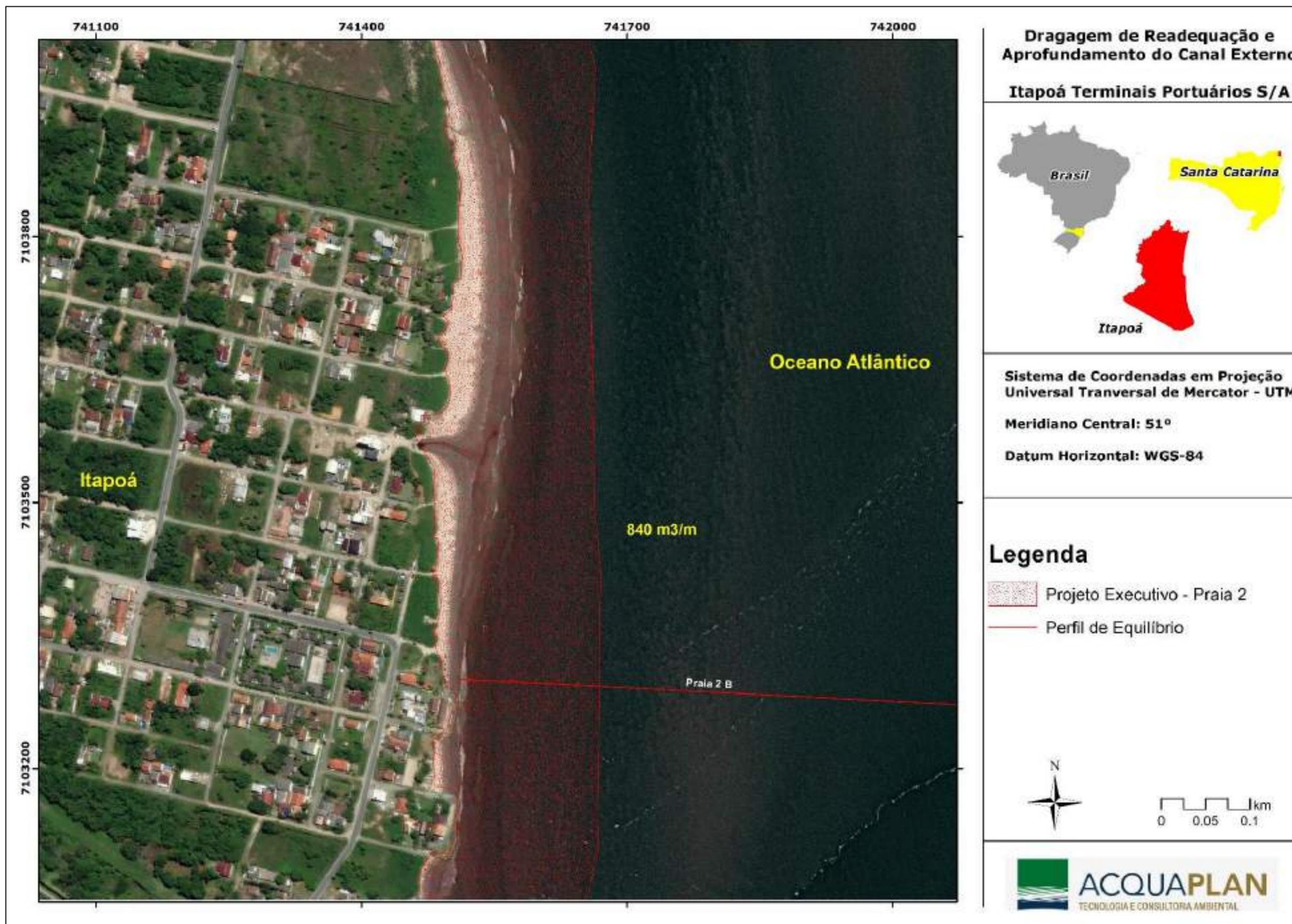


Figura 39. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2B.

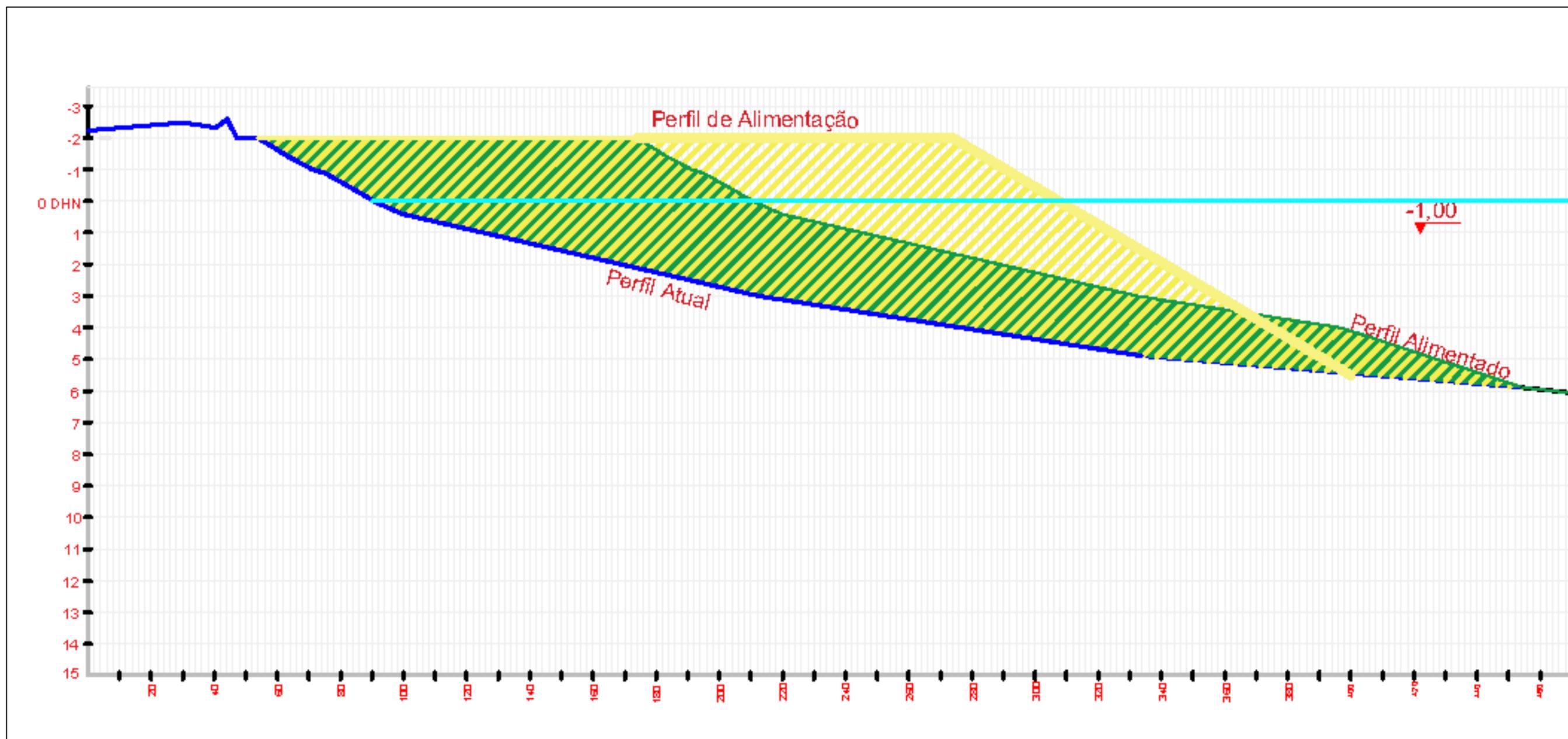


Figura 40. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2B.

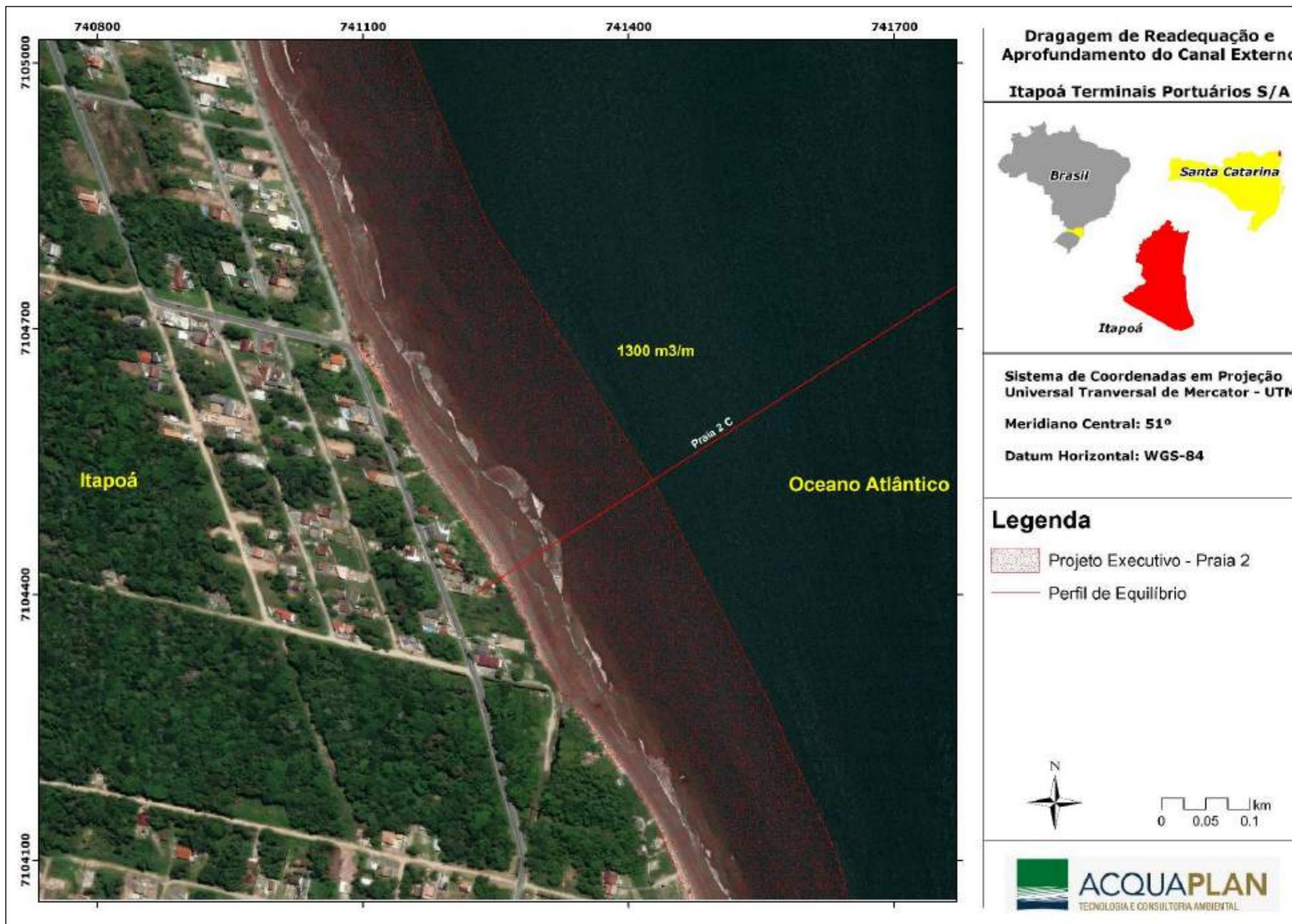


Figura 41. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2C.

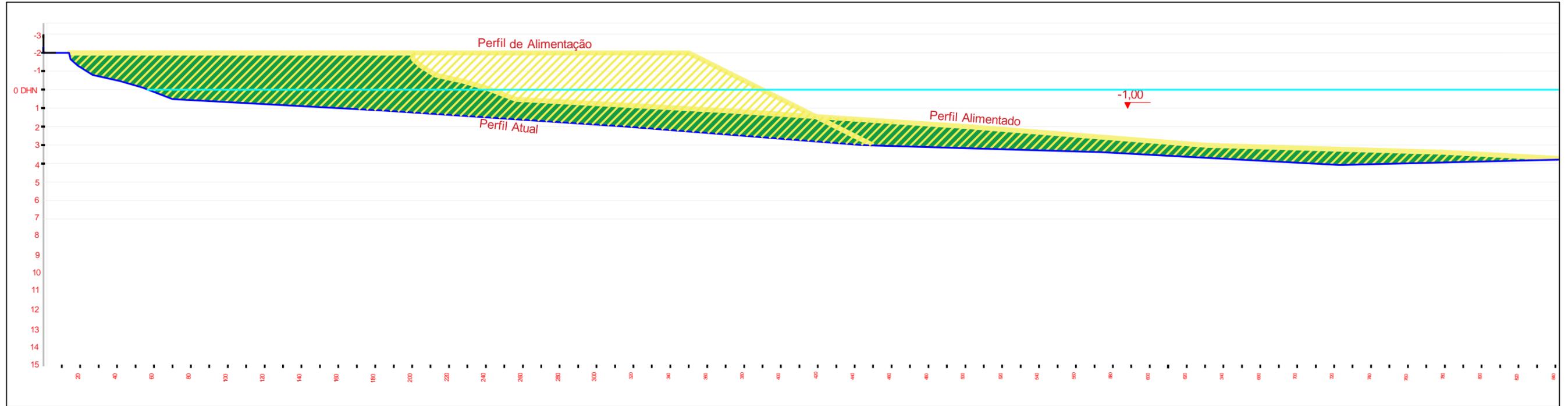


Figura 42. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2C.

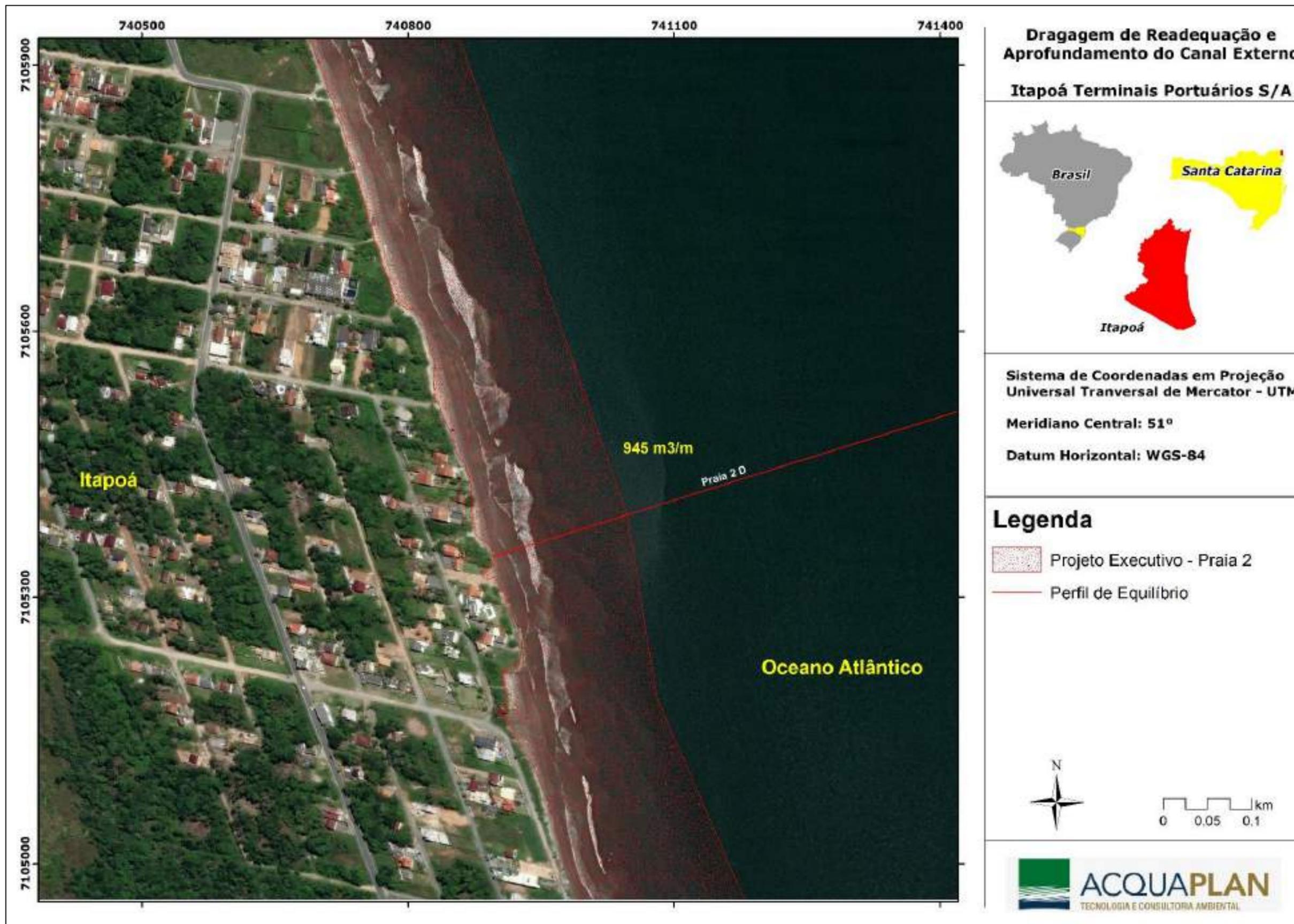


Figura 43. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2D.

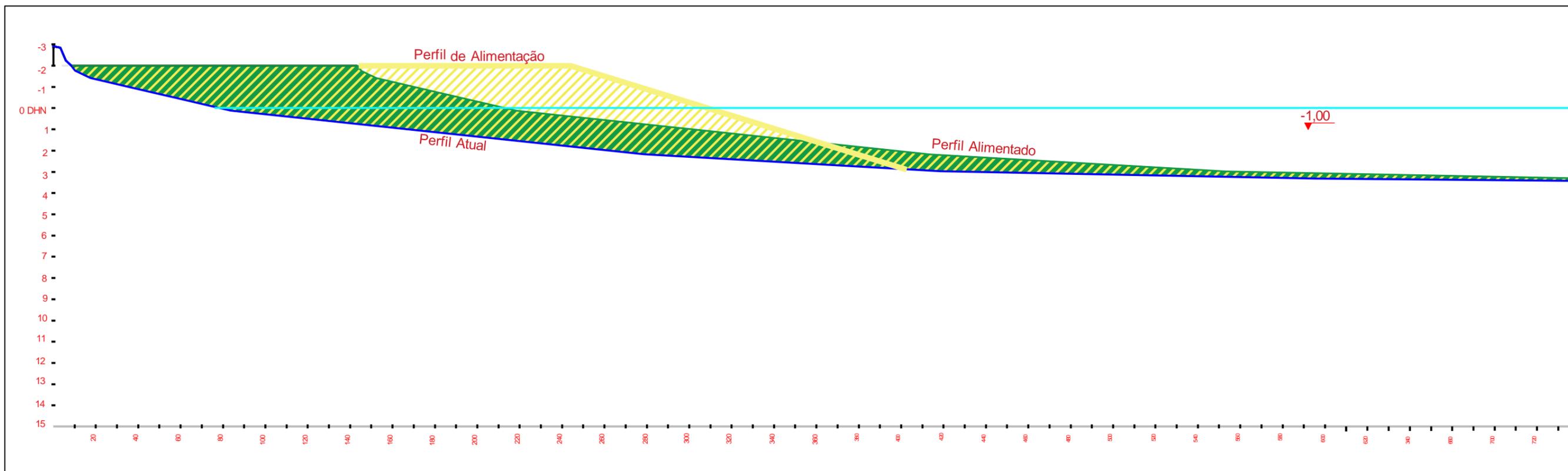


Figura 44. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2D.

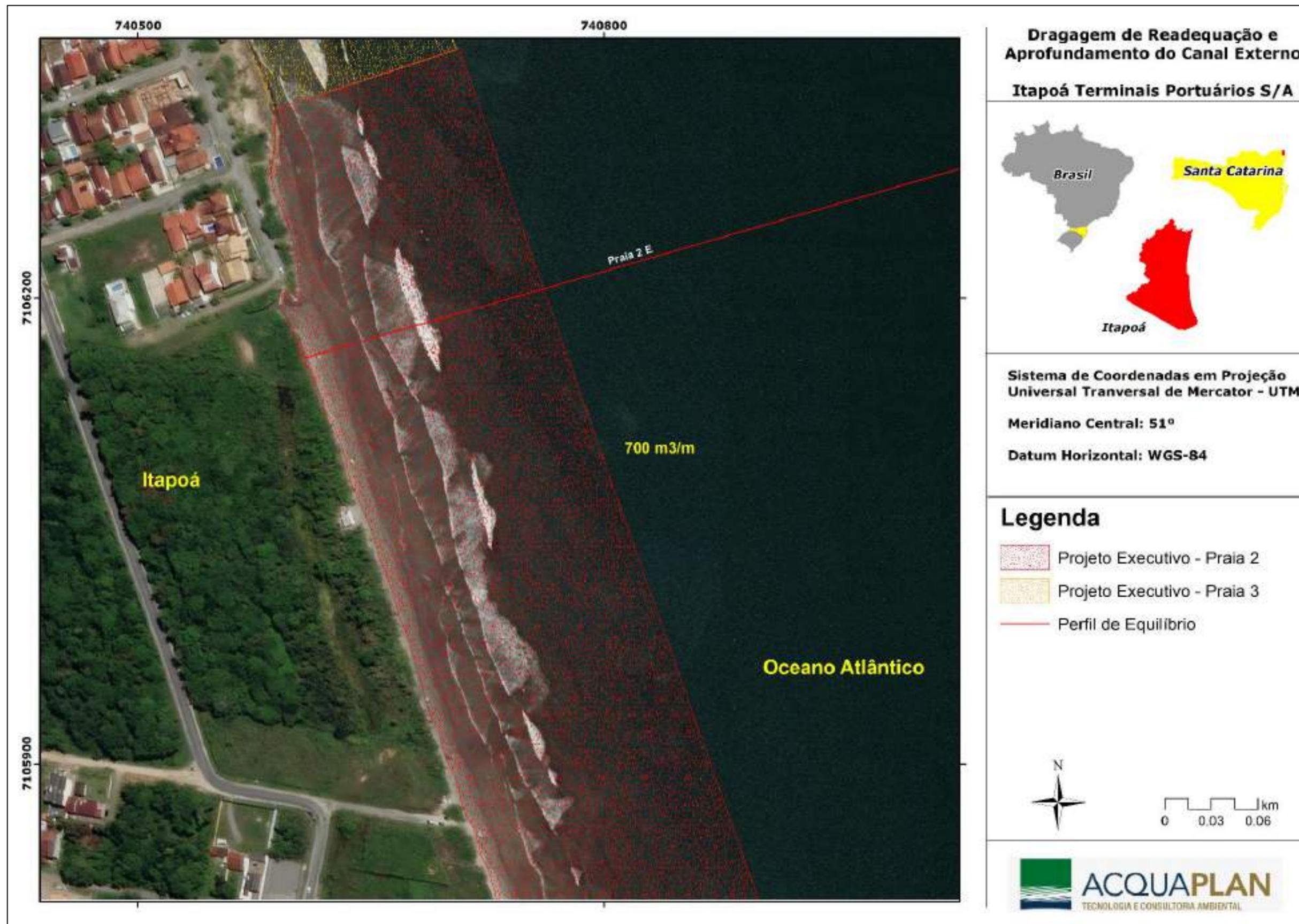


Figura 45. Densidade de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2E.

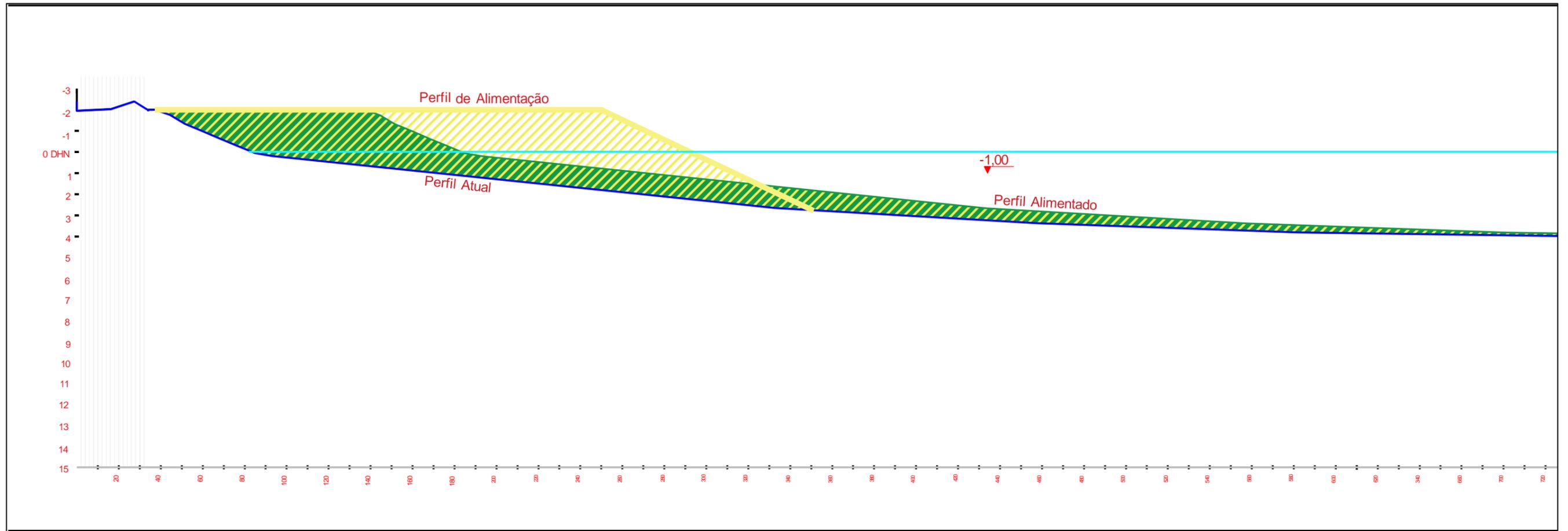


Figura 46. Perfil de alimentação para o Setor Praia 2, Perfil de Equilíbrio 2E.

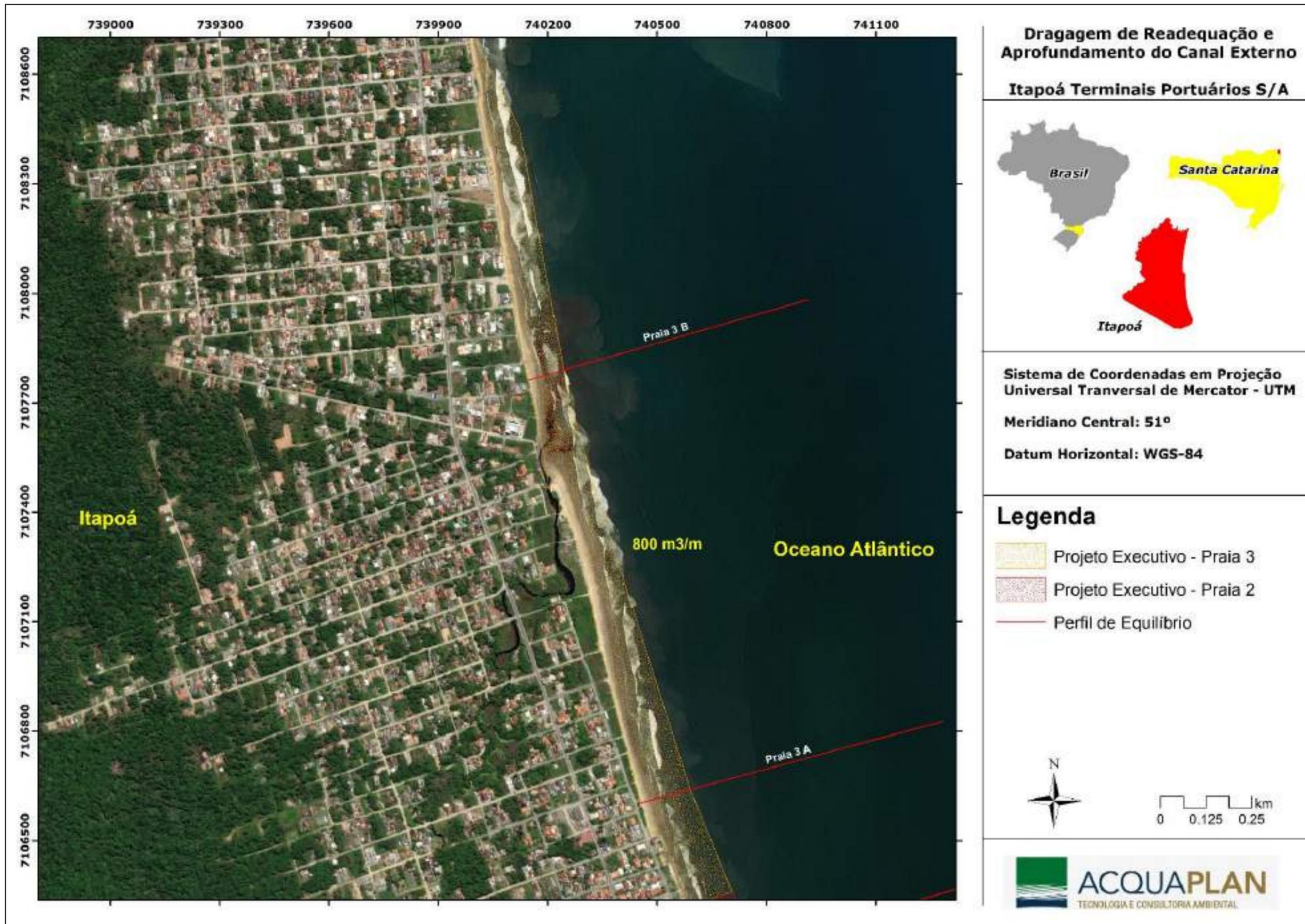


Figura 47. Densidade de alimentação para o Setor Praia 3, Perfis de Equilíbrio 3A e 3B.

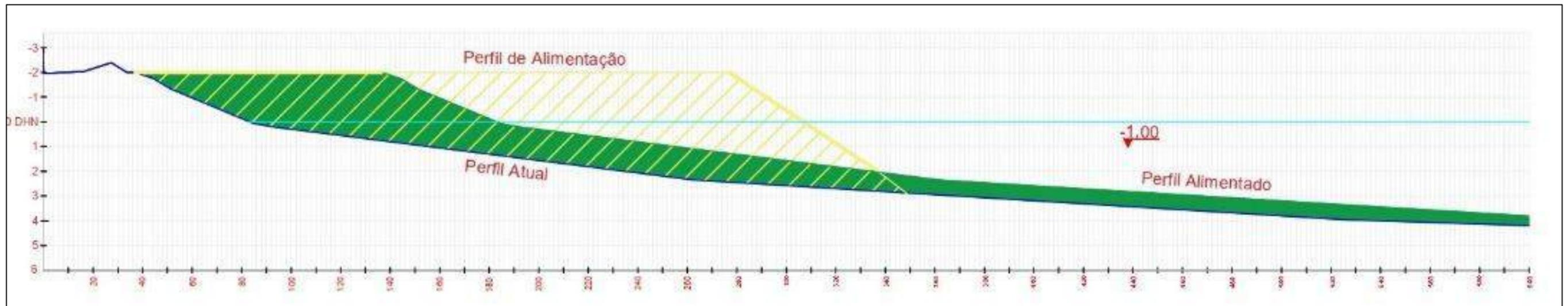


Figura 48. Perfil de alimentação para o Setor Praia 3, Perfil de Equilíbrio 3A.

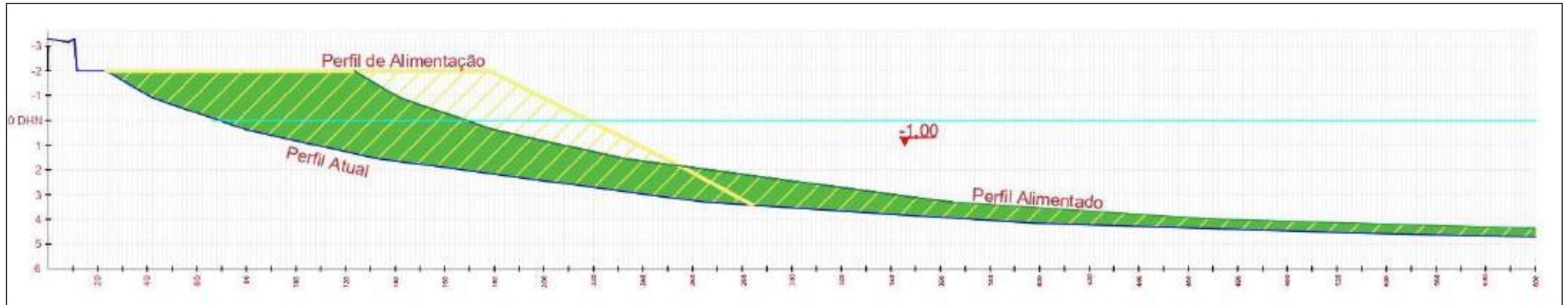


Figura 49. Perfil de alimentação para o Setor Praia 3, Perfis de Equilíbrio 3B.

6.4. Redistribuição de Areia e a Mobilidade do Projeto de Alimentação de Praia

Quando a areia é adicionada à praia com o propósito de a tornar mais larga e íngreme, gera conseqüentemente um desequilíbrio morfodinâmico alterando as correntes, ondas, vento e o transporte de sedimentos no local de adição dos sedimentos, bem como ao redor desta área de disposição. De Schipper *et al.* (2020) apresentam uma revisão sobre a forma de disposição da areia nas praias, a fim de manter o balanço sedimentar e a posição da linha de costa por um tempo maior, e propõem um modelo de evolução do perfil praial e redistribuição da areia, o qual é apresentado e discutido no presente documento.

Segundo estes autores, durante os meses ou anos seguintes após um projeto de alimentação de praia, a areia adicionada ao pós-praia se move desde a área de disposição em direção através da costa (em um momento para o mar, durante tempestades, e em outro para a praia, em condições normais de ondas), e com isso ocorre uma difusão (espalhamento) dos sedimentos ao longo da costa (para jusante e para montante do local de disposição inicial, dependendo da direção das ondas). Esta mobilidade faz com que a praia com o passar do tempo se adapte às novas condições dinâmicas, atingindo um novo equilíbrio do tamanho de grão adicionado com a dinâmica, tornando assim a praia mais estreita e a declividade mais suave, e, conseqüentemente, tornando a praia mais plana (Figura 50 a,b).

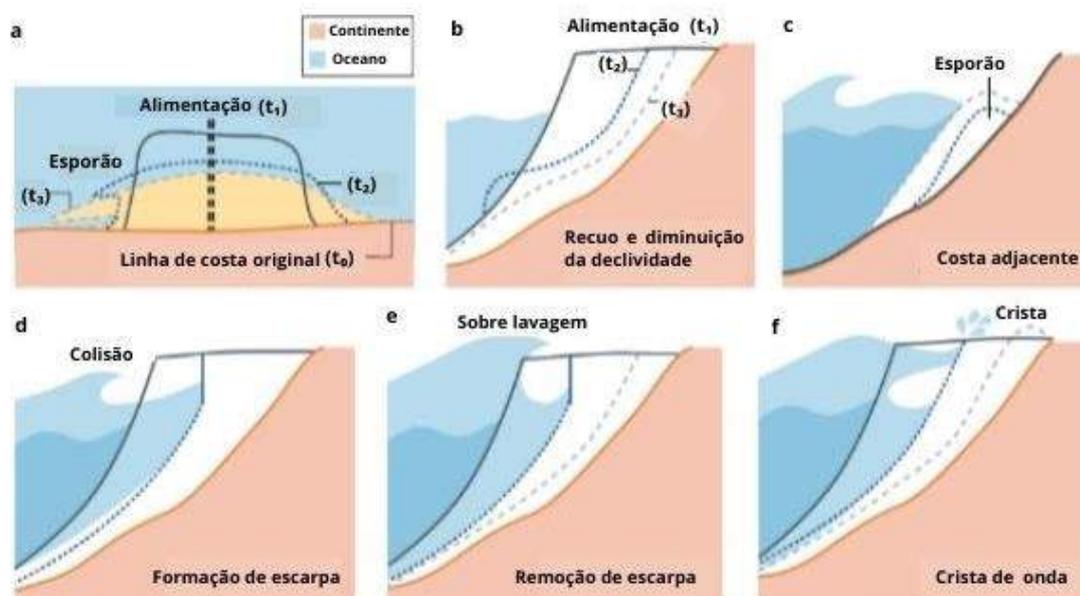


Figura 50. Evolução de um projeto de alimentação de praias arenosas (modificado de De Schipper *et al.*, 2020): (a) Evolução morfológica de uma alimentação de praia arenosa em planta (vista aérea) e perfil (vista em corte); (b) À medida que a berma e o pós-praia (porção aérea da praia) construída (t_1) recua (t_2 e t_3), a areia é redistribuída lateralmente, com possível desenvolvimento de esporão (*spit*) nos limites do aterro; (c) Na área original de adição dos sedimentos, a erosão da berma e do pós-praia (parte aérea da praia) coincide com uma diminuição geral da inclinação do perfil (t_2); (d) | No limite do aterro, seção adjacente, a areia alimentada que construiu o esporão, cria uma protuberância (saliência elevada) no perfil; (e) A erosão da praia alimentada perto da linha de água pode resultar na criação de escarpas; (f) As escarpas podem ser removidas quando ondas altas inundam a crista da escarpa. Uma crista (acúmulo de sedimento), devido ao transporte de sedimentos, pode se formar quando as ondas ultrapassam a altura da berma/pós-praia.

A erosão da areia na área de disposição na praia é rápida nos meses seguintes, logo após a realização do projeto de alimentação, especialmente durante as primeiras tempestades costeiras. Em outras palavras, quando grandes volumes de areia são adicionados apenas acima do nível médio do mar, na parte aérea da praia, cria-se um o perfil artificial íngreme resultando, assim, em grande transporte de sedimento em direção ao mar e ao longo da costa e uma rápida diminuição da largura da praia.

À medida que a areia do projeto de alimentação da praia é redistribuída, ela se torna parte do sistema costeiro como um todo e, geralmente, o local alimentado sofre erosão após a colocação, com sedimento sendo transportado para praias adjacentes, por difusão (espalhamento) lateral de sedimentos. O transporte de sedimento em direção ao mar (*offshore*) devido à ação das ondas pode formar grandes bancos submersos, comparativamente aos bancos naturais menores, atuando como estruturas que favorecem ao processo de quebra das ondas, diminuindo assim a energia das ondas junto à parte aérea da praia. Esta areia pode voltar mais tarde em direção à praia (*onshore*) durante

condições de ondas mais calmas, menor energia, aumentando novamente a largura da praia.

Neste processo morfodinâmico através da costa, a areia pode mover-se, também, pela ação do vento em direção às dunas frontais, acumulando-se nestes ambientes devido ao aumento da rugosidade pela vegetação ou estruturas físicas existentes, mas também pode ser um incômodo se cobrir propriedades e infraestruturas perto da praia. Da mesma forma, a areia adicionada à praia que se movimenta ao longo da costa para praias adjacentes pode resultar num processo benéfico, pois ampliará o espaço recreativo e protetor da praia adjacente, por exemplo; ou pode ter um efeito ao contrário, nocivo, levando ao preenchimento de canais na entrada de canais pluviais, portos ou estuários, localizados próximos.

Projetos de alimentação de praias que apresentam formato semelhante e que estejam localizados na mesma região geográfica e muitas vezes expostos à forças semelhantes, mas compostos de diferentes tamanhos de grão, podem apresentar diferenças significativas do tempo de vida útil ou de retenção dos sedimentos na parte aérea da praia (plataforma de recreação/proteção), levando muitas vezes a ocorrência de zonas de erosão acentuadas (*erosional hot spots*), onde então apresentar um valor de erosão acima da média do projeto. Em projetos de alimentação de praia com areia de grãos mais grossos que o nativo da praia, espera-se que resulte e mantenha uma maior inclinação da face praial e uma praia mais larga na berma e no pós-praia (parte aérea). Por outro lado, quando é adicionado areia que é muito mais fina do que a areia nativa da praia, pode servir no projeto para estimular o crescimento das dunas frontais através do transporte pelo vento. Por outro lado, este sedimento fino pode ser rapidamente transportado pela ação das ondas, e muitas vezes permanentemente, em direção ao mar (*offshore*) para a zona de surfe, mas ainda permanecendo dentro do prisma praial. Mesmo ao usar areias semelhantes/compatíveis à areia nativa, a modificação hidrodinâmica resultante pode exacerbar o transporte preferencial da fração mais fina de areia do projeto, mesmo durante períodos de ondas calmas, alterando o tamanho do grão na praia e os padrões de distribuição em uma região muito maior do que a área de adição dos sedimentos na praia alimentada.

À medida que a areia disposta na praia sofre retrabalhamento e é erodida, esta gera características morfológicas adicionais à praia alimentada, como escarpas, esporões e cristas (Figura 50 c-f). Escarpas, ou seja, variações abruptas - quase verticais de altura no perfil da praia, podem ser criadas por ondas de tempestade que erodem, mas não

ultrapassam por cima da crista da berma construída no projeto (Figura 50 d, e), principalmente quando a berma do projeto executado é maior que a berma natural da praia.

Semelhante às dunas frontais, as escarpas da praia são removidas durante as tempestades, quando os níveis de água total ultrapassarem a crista, pois são reservatórios de areia, como os bancos submersos, para serem remobilizados e ajudar a dissipar a energia das ondas durante eventos de alta energia.

A altura das escarpas algumas vezes pode atingir aproximadamente 2 m, dependendo da densidade do aterro e da altura do pós-praia projetado, criando um perigo para os banhistas e impedindo a nidificação de tartarugas, nos litorais onde se aplicam. Na porção plana do aterro construído com areia que é mais grossa que a areia nativa, as escarpas podem evoluir para cristas à medida que as ondas depositam areia sobre a plataforma (pós-praia - Figura 50 f). A elevação máxima das cristas previamente formadas pode fazer com que a água se acumule na praia durante eventos de tempestades.

Na direção ao longo da costa, junto às extremidades do projeto, feições semelhantes a esporões (*spits*) podem se formar (Figura 50 a,c). Estes se formam em decorrência de gradientes de transporte de sedimentos induzidos pelos ângulos na borda dos aterros, com respeito à orientação da linha de costa original. Para minimizar este problema, são geralmente projetados limites ou bordas triangulares ou cônicas para o projeto, diminuindo ou evitando o desenvolvimento de esporões de areia, principalmente quando é desejado uma maior retenção dos sedimentos no local de disposição.

Segundo De Schipper *et al.* (2020), o “sucesso” de um projeto de alimentação de praia visto em termos de como a areia é redistribuída pela ação das ondas e o vento, pode ser difícil de ser avaliado com precisão, pois não há um único conjunto de critérios amplamente aceitos, sendo que o sucesso depende do objetivo do projeto. Conseqüentemente, o uso do tempo de retenção de areia na região de disposição original como o principal critério para avaliar o sucesso pode levar a conclusão de que a alimentação falhou. Em especial em projetos cujo o objetivo for localmente aumentar a largura da praia para recreação ou fornecer um amortecedor/proteção temporário para impactos de tempestades na infraestrutura terrestre.

No entanto, o movimento de areia por ondas, correntes e vento é um processo esperado; por isso muitos especialistas defendem critérios de sucesso baseados em um balanço

regional de sedimentos mais amplo quando o objetivo é mitigar os problemas costeiros de erosão de longo prazo em uma célula costeira. Adicionalmente, em locais onde não há monitoramento sistemático de morfologia da praia da parte de trás da duna até a profundidade de fechamento (prisma praial) previamente à obra, o sucesso do projeto de alimentação de praia só poderá ser avaliado com a execução de um monitoramento sistemático de longo prazo (vida útil do aterro, prevista), mais frequente durante e logo após a obra de alimentação e primeiros anos, e mais espaçado no tempo posteriormente.

É importante lembrar e chamar a atenção para o fato de que locais que sofrem historicamente a ação de processos erosivos, estes continuarão a agir, mesmo após a sua mitigação através de um projeto de alimentação praial, pois as fortes dinâmicas (onda, nível do mar, etc.) continuarão a atuar da mesma forma ou até mesmo com mais energia. Portanto, um eficiente monitoramento será de grande importância para subsidiar novos projetos de alimentação de manutenção que porventura poderão ser executados, e avaliar os projetos inovadores (alimentação da antepraia e delta de maré enchente). Este é o caso do projeto de alimentação da orla de Itapoá (praia-dunas frontais - antepraia-delta de vazante), onde além dos processos erosivos instalados a cerca de 80 anos e bem reportados na literatura (LECOST, 2002; SOUZA & ANGULO, 2003; SILVEIRA *et al.*, 2012; BRIESE, 2016), a costa apresenta uma alta mobilidade resultante dos processos dinâmicos associados à desembocadura da baía da Babitonga (Figura 3). Estes processos dinâmicos continuarão a ocorrer na mesma intensidade ou poderão aumentar em decorrência das alterações do clima (Souza & Angulo, 2003; INPH, 2018). Sendo assim, salienta-se aqui que o projeto de alimentação da costa de Itapoá, mediante o uso benéfico de sedimentos, também estará submetido a esta mobilidade e dispersão dos sedimentos.



Figura 51. Exemplo de mobilidade da linha de costa entre os anos de 1957 e 2012 (transectos 36 a 71). Esta área equivale ao trecho 1 do projeto de uso benéfico dos sedimentos da dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo ao complexo portuário de São Francisco do Sul (ACQUAPLAN, 2013, 2018).

Para os projetos de alimentação de praias arenosas, De Schipper *et al.* (2020) recomendam que o monitoramento se estenda por pelo menos 500 m de cada lado do final do projeto, podendo ser trechos mais longos para grandes projetos de alimentação e praias de grande energia de ondas incidentes oblíquas (expostas), e deve-se incluir o monitoramento sobre as características dos sedimentos (tamanho de grão e distribuição) e sobre a hidrodinâmica local (ondas, correntes e níveis de água).

Além disso, é importante realizar o levantamento da área imediatamente após às obras, o que proporciona uma clara estimativa do volume de areia depositado in situ, em vez de

estimativas de registros de descargas no processo de dragagem. Depois destes primeiros levantamentos, intervalos curtos de tempo entre levantamentos consecutivos (por exemplo, separados por semanas e após cada tempestade) podem ser necessários para capturar a resposta inicial da obra de forma rápida.

Os levantamentos topobatimétricos devem ter alta resolução através da costa (1 m ou menor entre pontos) e ao longo das costas (perfis a cada 100 m ou menor), para poder-se capturar a presença de escarpas. Estes levantamentos devem ser realizados entre a região de trás da duna frontal e a profundidade de fechamento ou final do talude do canal quando da sua ocorrência.

6.5. Considerações Finais Sobre o Projeto de Uso Benéfico de Sedimentos

Para o projeto de uso benéfico dos sedimentos dragados na recuperação e proteção da orla do município de Itapoá serão utilizados 6.420.300 m³ de sedimentos oriundos da obra de dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul.

Este projeto pretende recuperar aproximadamente oito quilômetros de linha de costa, sendo dividida em 3 setores: Praia 1 - Praia da Figueira do Pontal que deverá ter acréscimo de 30 metros na largura praial; Praia 2 - Praia do Pontal do Norte que deverá ser alimentada com uma extensão de praia variando de 100 a 186 metros; e a Praia 3 - Balneário Uirapuru - Praia da Princesa do Mar que deverá receber 100 metros de extensão de praia.

Os sedimentos excedentes da dragagem da obra de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo ao Complexo Portuário de São Francisco do Sul deverão ser dispostos no bota-fora Alfa já licenciado. No entanto, está se encaminhando uma solicitação em atenção à condicionante 2.13 da LP 667/2022, fundamentada em um estudo de modelagem numérico realizado, para dispor de forma experimental um volume de sedimentos na região do "Banco da Princesa", como forma de alimentação da praia de forma indireta. Importante considerar que este método de alimentação praial nunca foi realizado no Brasil, e ainda, que esta proposta somente seria executada pelo empreendedor caso houver recursos financeiros para a sua execução.

Desta forma, conforme proposto no estudo de modelagem numérica sugere-se a colocação, de forma experimental, de até 2 milhões de metros cúbicos de sedimentos, entre a Praia 2 e a Praia 3, em sua porção submersa – região *off-shore* no banco da

Princesa. Recomenda-se também acompanhar/monitorar este método de proteção e evolução da linha de costa, bem como avaliar a possibilidade de se adotar tal estratégia em projetos futuros de alimentação.

7. PROJETO DE RECONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE DUNAS NAS PRAIAS FIGUEIRA DO PONTAL, PONTAL DO NORTE E PRINCESA DO MAR, MUNICÍPIO DE ITAPOÁ, SC

7.1. Introdução

Considerando que o projeto de alimentação artificial da orla do Município de Itapoá é uma condição sugerida pelo IBAMA por meio do Parecer Técnico N° 45/2020 e pela Licença Ambiental Prévia LP No 667/2022 (Processo IBAMA N° 02026.002110/2020-03) para o aproveitamento/uso benéfico do sedimento a ser dragado para as obras de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo ao complexo portuário de São Francisco do Sul, este projeto de recuperação de dunas embrionárias se torna de grande importância para o estabelecimento deste novo ecossistema na orla. Praias e dunas possuem seu próprio valor intrínseco, mas também fornecem muitos bens e serviços que beneficiam direta ou indiretamente o homem.

O projeto em questão, no caso, de reconstrução do sistema de dunas da orla de Itapoá, propõe a construção mecânica de dunas e sua posterior estabilização a partir de métodos de implantação de estruturas e métodos vegetativos. Isso é, propõe restaurar uma importante feição geomorfológica litorânea (dunas) com a intenção de garantir uma restauração paisagística e estrutural das Praias da Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar.

Para a execução das obras de alimentação artificial utilizando o material sedimentar a ser reaproveitado e proveniente da dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo ao Complexo Portuário de São Francisco do Sul, foram selecionados três (03) trechos da linha de praia de Itapoá, denominados como Praia 1 - Figueira do Pontal, Praia 2 - Pontal do Norte e Praia 3 - Princesa do Mar (Figura 51). Esta seleção se deu através da avaliação dos resultados apresentados no Estudo de Impacto Ambiental - EIA para o projeto Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, e demais diagnósticos complementares, apresentados em resposta ao Parecer Técnico N° 45/2020 (Processo IBAMA N° 02026.002110/2020-03), bem como pelo Parecer Técnico nº 13/2021-NLA-SC/DITEC-SC/SUPES-SC.

O trecho denominado como Praia 1 é uma praia calma, com baixa energia de ondas, com residências de veraneio e de moradores que vivem ali por mais de uma geração. Em relação as estruturas existentes, são encontrados somente um trapiche para atracadouro de barcos

de turismo e um píer de contemplação em frente ao Porto Itapoá. Devido ao fato de o Porto Itapoá estar instalado nesta praia (Praia 1), houve um aumento da visibilidade de suas estruturas, sendo que as pessoas foram atraídas e passaram a visitar mais a região da Praia da Figueira do Pontal com essa finalidade de contemplação da atividade portuária, atraindo também os turistas da região. Devido ao crescimento desta localidade em função do porto e de toda a sua cadeia produtiva, a região teve um incremento populacional significativo e com ela ampliou-se a utilização da área da praia para as atividades de lazer, uma faixa de área que antes era pouco explorada passou a ser bem disputada na alta temporada de verão.

O trecho de praia denominado Praia 2 possui uma dinâmica de turismo muito similar à Praia 1, com águas calmas e um turismo de veranistas. Nessa praia está localizado um dos cartões postais de Itapoá, o Farol do Pontal. Sua finalidade é sinalizar a entrada dos navios, mas se tornou um ponto turístico de Itapoá devido a beleza da área em que se encontra.

A Praia 3 tem seu início no Balneário Uirapuru, altura da rua Gralha Azul e seu ponto final na Praia da Princesa do Mar. Possui ocupação urbana, predominantemente residencial, com a presença de alguns comércios e pousadas. Este trecho da orla de Itapoá intercala locais onde são verificados a atuação de processos erosivos e faixas onde estes processos não são verificados.

Levando-se em consideração que um projeto de recomposição do sistema de dunas requer o conhecimento prévio de uma série de informações sobre os ambientes naturais presentes na área de interesse; sobre a sociedade que utiliza e se beneficia da orla; bem como sobre os aspectos de infraestrutura instalados, o presente projeto apresenta o delineamento metodológico conceitual necessário para a implantação e recuperação do sistema de dunas na orla de Itapoá.

7.2. Objetivos

Devido ao fato de ocorrência de processos hidrodinâmicos e morfológicos costeiros, associados ao processo de urbanização verificado ao longo das últimas décadas nas praias da Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar, que estão relacionadas aos processo de diminuição da faixa de areia (retração da linha de costa), incluindo a supressão do sistema de dunas, o projeto de alimentação artificial em parte da orla do Município de Itapoá tem como objetivo sanar as perdas ambientais e sociais atreladas ao desenvolvimento econômico e social da região. O projeto visa proporcionar mais conforto

e segurança aos frequentadores, além de ampliar as estruturas de mobiliário urbano e instalar equipamentos de lazer de uso comunitário junto à orla. Estas transformações nos setores Praia 1, Praia 2 e Praia 3 consistem em dar suporte à crescente demanda do Município em atender moradores e visitantes, uma vez que vem sendo observado um importante desenvolvimento econômico e especulação imobiliária em Itapoá nos últimos anos.

7.3. Origem do Sedimento Para Implantação das Dunas nas Praias de Itapoá

Para o projeto de proteção e recuperação da orla de Itapoá, através de técnicas de alimentação artificial da praia, e outros mecanismos de desenvolvimento de projeto para reserva técnica de sedimentos, é previsto a utilização de um volume aproximado de 6.420.300 m³ de sedimentos. É importante considerar que o volume total de sedimentos previstos para serem dragados nas obras de Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul é de 12.829.223 m³.

Haverá um saldo entre os sedimentos dragados e os sedimentos a serem utilizados na recomposição das faixas de areia, na ordem de 6.395.000 m³. Para o Projeto de Reconstituição do Sistema de Dunas é estimado a utilização de 64.500 m³ (sessenta e quatro mil e quinhentos metros cúbicos) de sedimentos para a execução do perfil topográfico para formar e recuperar o sistema de dunas. Aproximadamente 10.500 m³ serão utilizados na Praia Figueira do Pontal (Setor Praia 1), 31.500 m³ na Praia do Pontal do Norte (Setor Praia 2) e 10.500 m³ na Praia de Princesa do Mar (Setor Praia 3).

É importante destacar que todo o volume de areia a ser utilizado para construção do sistema de dunas das três praias mencionadas terá origem do volume total previsto para o projeto de recuperação e proteção da orla, ou seja, dos 6.395.000 m³ de areia.

Desta forma, objetiva-se aqui apresentar e definir a metodologia de restauração do sistema de dunas das praias da Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar, em Itapoá, a partir de sua implantação mecânica e estrutural, e posterior composição vegetativa.

7.4. Etapas Metodológicas Para Implantação do Sistema de Dunas nas Praias de Itapoá

Este item apresenta o delineamento metodológico das principais etapas a serem executadas para a implantação de dunas das praias da Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar. Cada uma das etapas e técnicas de implantação das novas dunas será criteriosamente definida e posteriormente aplicada para o estabelecimento deste novo sistema.

Uma vez que não existe ao longo da faixa litorânea das praias abrangidas pelo projeto uma fonte de areia para que ocorra a formação natural de um sistema de dunas, a construção do perfil topográfico para a sua implantação irá ocorrer sob a forma de um processo de engenharia costeira.

Com isso, o espalhamento do volume de areia necessário para reconstruir e compor o perfil topográfico do sistema de dunas deverá ser executado durante as obras de alimentação artificial das Praias da Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar. Assim, as dunas serão implantadas ao longo da faixa de areia por meio das máquinas utilizadas principalmente na construção civil, compostas basicamente por caminhões, tratores e retroescavadeiras. A areia terá a origem no uso benéfico dos sedimentos dragados do canal de acesso externo ao Complexo Portuário de São Francisco do Sul.

Após o processo de engenharia a ser aplicado para a formação do perfil topográfico praiial (sistema de dunas), serão aplicadas técnicas de ecologia objetivando auxiliar o processo de implantação e manutenção do sistema de dunas, como o plantio de espécies vegetais (vegetação costeira característica de ambiente de dunas), que irá agir de forma natural, auxiliando na fixação e manutenção do equilíbrio ambiental deste ecossistema, ou seja, na restauração deste ambiente costeiro. Além disso, medidas de proteção a este novo sistema de dunas serão efetuadas, como o cercamento, sinalização, e ainda, a construção de acessos específicos aos pedestres até à praia.

Conforme já abordado, os efeitos negativos da atuação humana sobre o ambiente de dunas são mitigados mediante a implantação de sistemas de proteção deste ambiente, sob a forma de passarelas, trilhas e/ou cercas, impedindo assim a passagem (pisoteio) de pessoas sobre as dunas, protegendo o desenvolvimento da vegetação e garantindo à população local e turística um acesso correto e seguro até a faixa de praia.

Além disso, a instalação e indicação de um acesso correto à praia tem como objetivo garantir a manutenção desta estrutura morfológica costeira, que irá desempenhar um importante papel de proteção da faixa de praia exposta a processos erosivos, atenuando a energia em eventos extremos que venham a ocorrer junto à linha de costa do município.

Portanto, dentre essas técnicas previamente selecionadas e possíveis de serem aplicadas no projeto de implantação das dunas nos trechos denominados Praia 1, Praia 2 e Praia 3 - Sul, que correspondem às praias Figueira do Pontal, Pontal do Norte e Princesa do Mar, estão:

- ✓ Delimitação da área de intervenção, que corresponde a aproximadamente 44.000 m²;
- ✓ Implantação/Preenchimento do perfil morfológico de dunas costeiras, correspondendo a aproximadamente 64.500 m³, a partir do uso de máquinas;
- ✓ Estabilização das dunas com métodos estruturais e vegetativos;
- ✓ Cercamento e proteção das dunas e implantação de trilhas de acesso à praia e posterior sinalização;
- ✓ Plantio de espécies vegetais selecionadas, típicas de dunas da região nordeste de Santa Catarina.

7.4.1. Delimitação da Área de Intervenção

Neste Projeto será considerada a região denominada "Cenário Futuro" como sendo a área disponível para a implantação do sistema de dunas ao longo das Praias da Figueira do Pontal (64.505 m²), Pontal do Norte (405.607 m²) e Praia de Princesa do Mar (143.459 m²), conforme apresentado, como exemplo, em destaque, na Figura 51 e na Figura 52 . O volume de areia de 64.500m³ necessário para fazer a recomposição do sistema de dunas das praias será subtraído do volume total a ser utilizado na alimentação artificial, ou seja, dos 6.420.300 m³.

Para o projeto de alimentação artificial da orla foram definidas 03 (três) etapas de execução das obras (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Estas etapas basicamente dividiram a área de abrangência do empreendimento (faixa de areia) em setores, com base em critérios técnicos descritos no citado projeto de alimentação artificial. Desta forma, foi definido o Setor Praia 1 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), que abrange a Praia da Figueira do Pontal, o Setor Praia 2 (**Erro! Fonte de referência não**

encontrada.), que contempla a região conhecida como Pontal do Norte e o Setor Praia 3 – Sul, que abrange a Praia de Princesa do Mar (Figura 55).

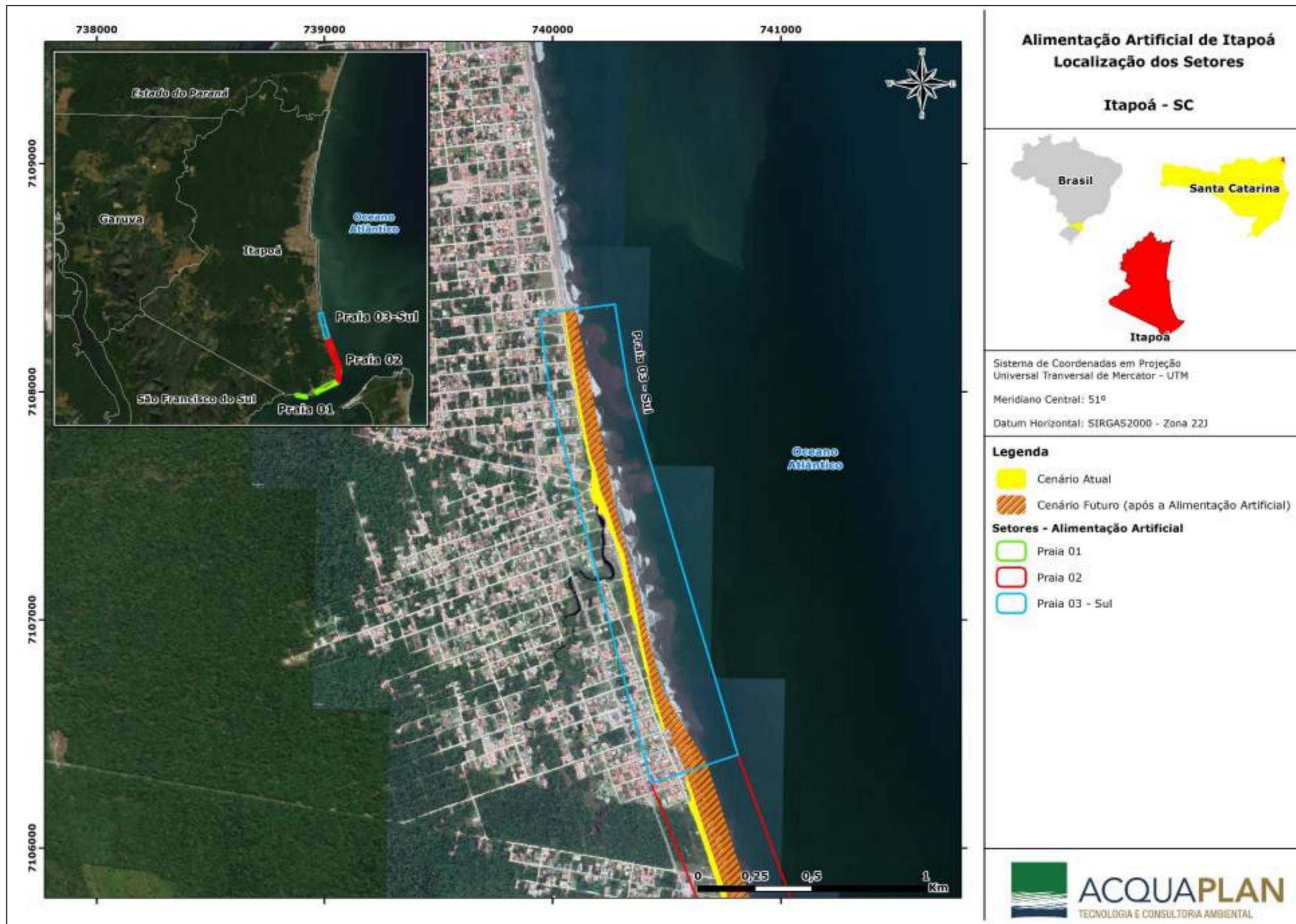


Figura 52. Linha de costa atual e cenário futuro esperado para a região da orla e da faixa de areia da Praia Figueira do Pontal, Praia Pontal do Norte, Princesa do Mar, após as obras de alimentação artificial da orla.

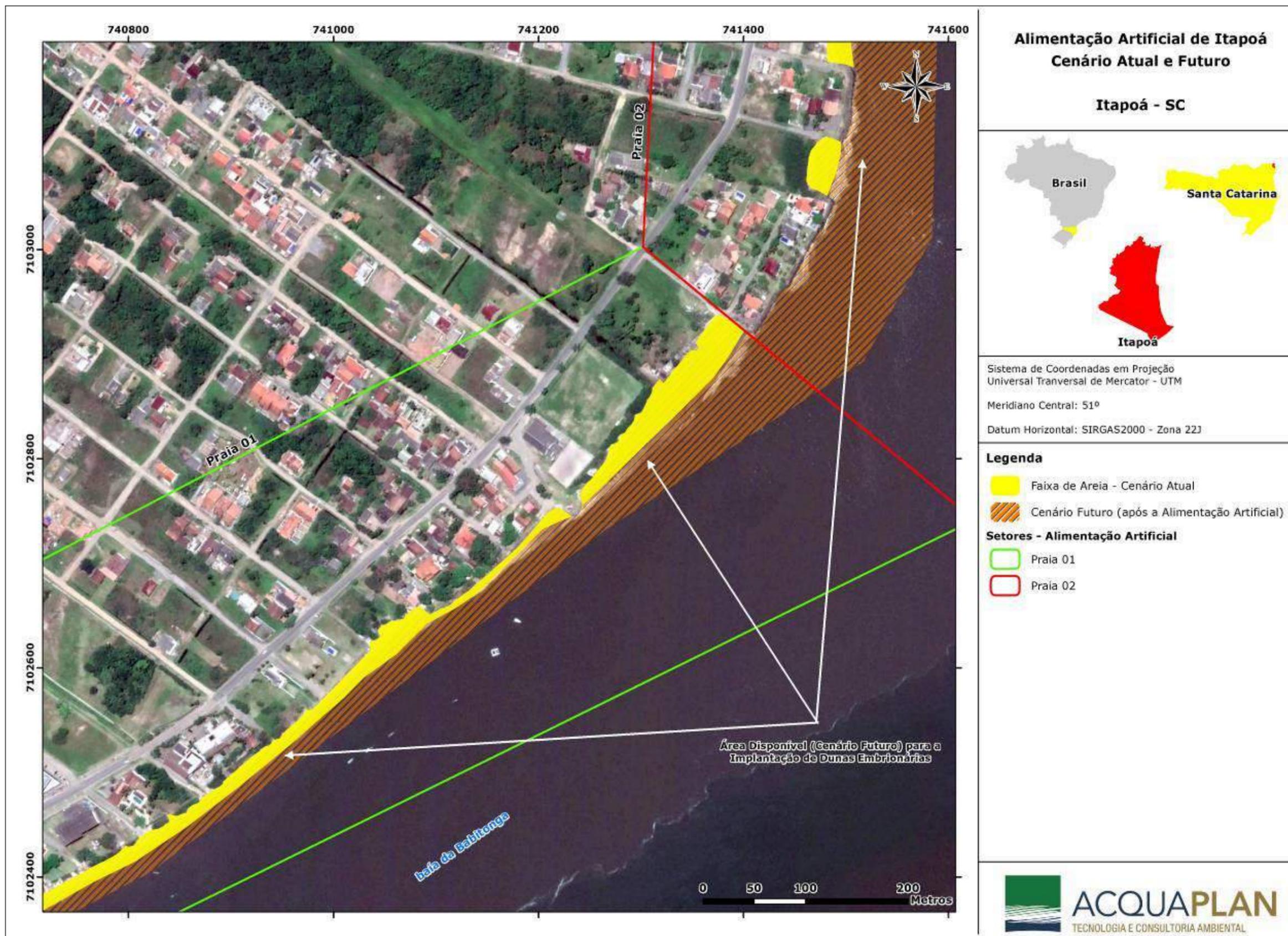


Figura 53. Exemplo da largura da faixa de areia em um "Cenário Futuro", após as obras de alimentação artificial, destacando que este será o espaço disponível para implantação do sistema de dunas previsto na orla da Praia Figueira do Pontal, da Praia Pontal do Norte e da Praia da Princesa do Mar, no Município de Itapoá.

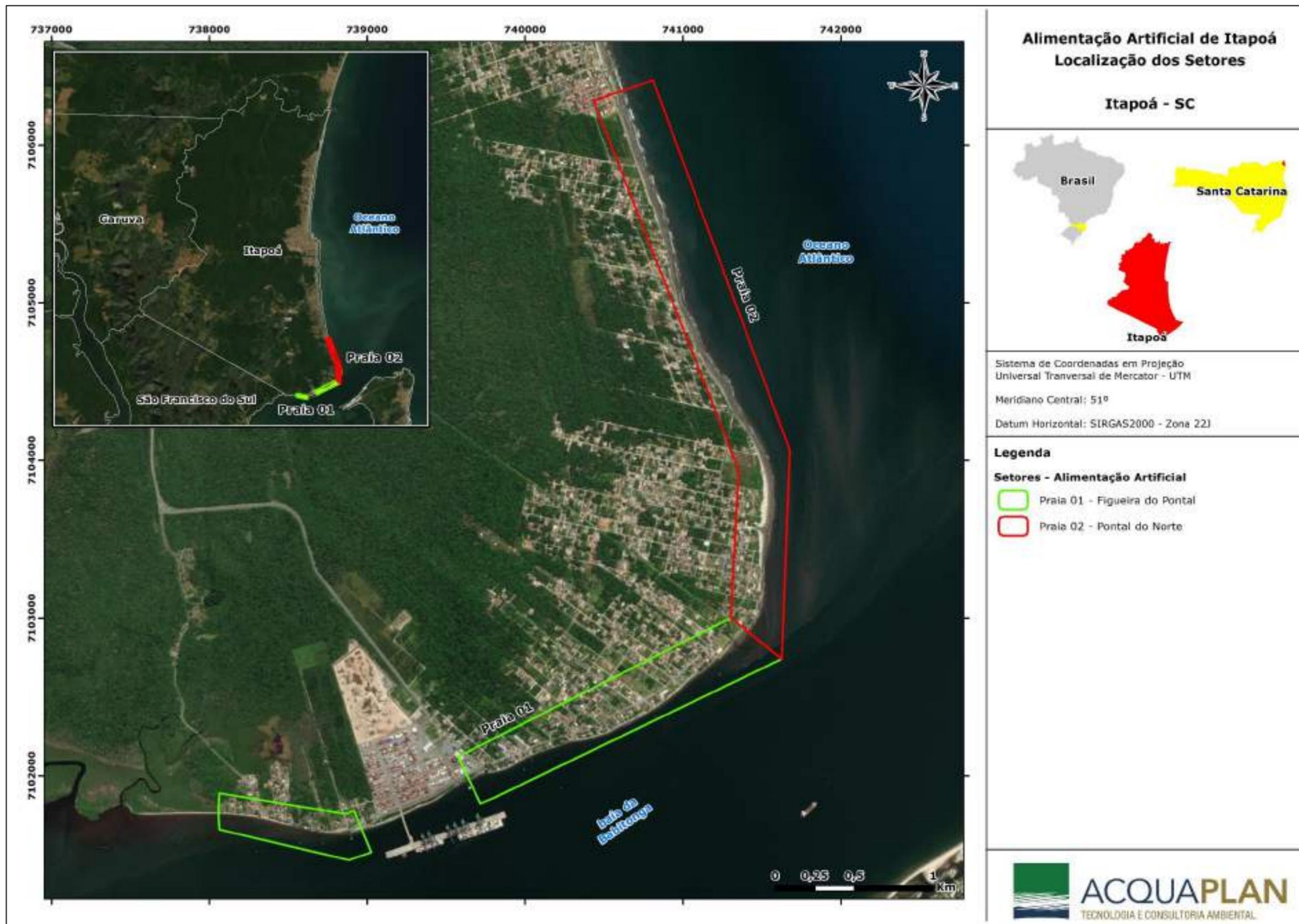


Figura 54. Etapas do projeto de alimentação artificial conforme o "Projeto de Alimentação Artificial", dividindo a faixa de areia a ser alvo do projeto de alimentação em dois setores: Setor Praia 1 – Figueira do Pontal e Praia 2 – Pontal do Norte.

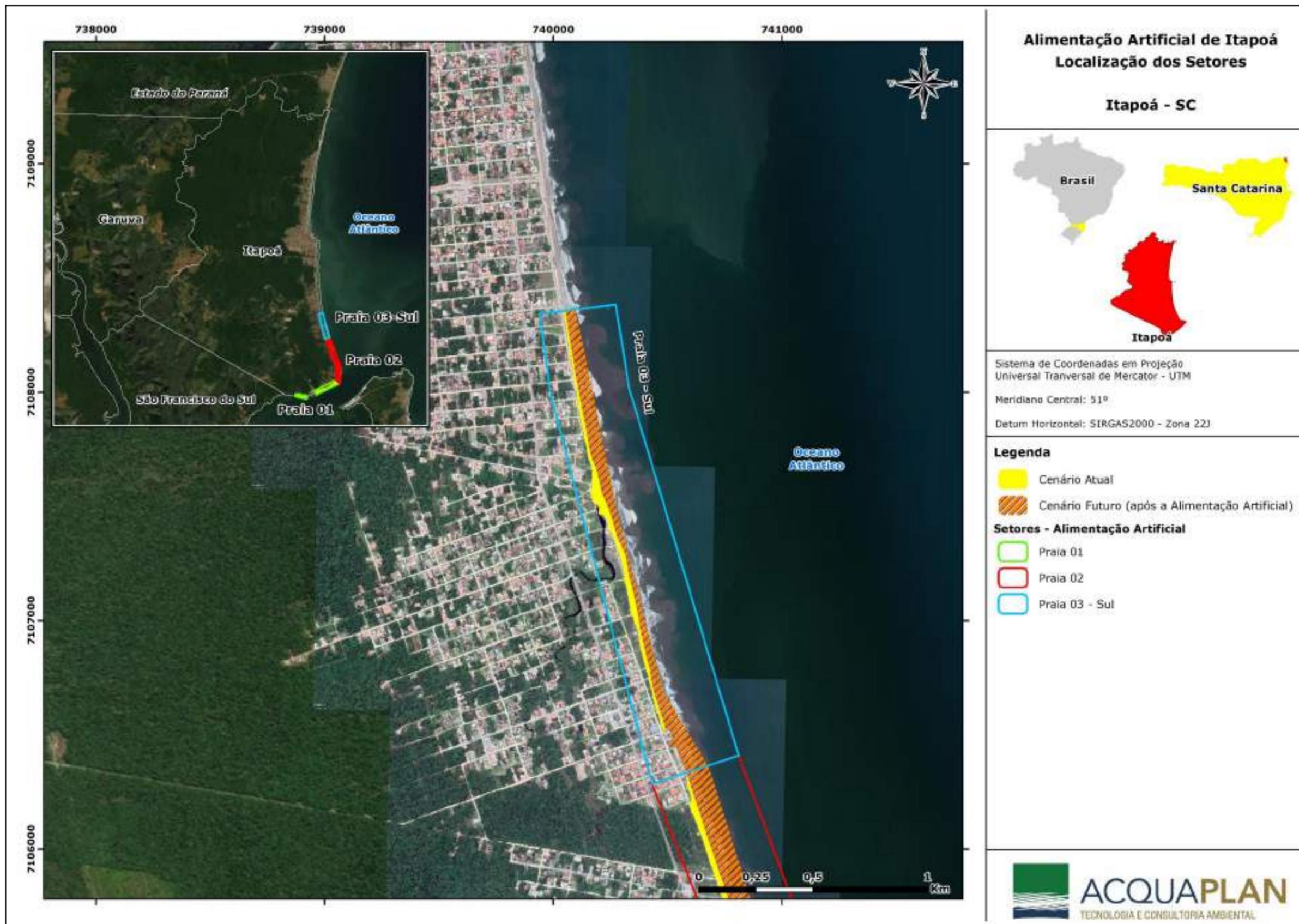


Figura 55. Setor 3 Sul – Praia de Princesa do Mar - Etapas do projeto de alimentação artificial conforme o “Projeto de Alimentação Artificial”, dividindo a faixa de areia a ser alvo do projeto de engordamento.

Para a projeção da área de implantação dos sistemas de dunas e trilhas de acesso naturais, deverá ser utilizada uma imagem ortorretificada (corrigida geometricamente) de Itapoá, disponível no banco de dados geográficos SIGSC – Sistema de Informações Geográficas do Estado de Santa Catarina. A utilização de uma imagem de alta resolução espacial e ortorretificada para execução do projeto proverá a elaboração de uma linha de costa em escala de detalhe (1:500), adequada para realizar as projeções das áreas onde se pretende implantar o sistema de dunas embrionárias e as trilhas naturais de acesso à praia.

O detalhamento de localização e características físicas e construtivas das trilhas de acesso naturais e artificiais a serem e implantadas ao longo da orla de Itapoá estão descritas e detalhadas nos itens a seguir.

7.4.2. Elaboração do Perfil Topográfico

A construção artificial dos cordões dunares consiste na criação de um aterro, com uma forma semelhante à de uma duna frontal ou cordão litoral, adjacente à praia. Esta deposição de sedimento será realizada com a utilização de tratores e retroescavadeira, concomitantemente com o processo de alimentação artificial da praia (Figura 56). Os sedimentos para a construção artificial das dunas serão da mesma composição e fonte aos sedimentos utilizados nas obras alimentação artificial do ambiente praial.



Figura 56. Exemplo de processo de alimentação artificial, mostrando a linha de recalque em terra para a distribuição de areia ao longo do perfil praiado desejado (à esquerda) e retroescavadeira atuando na distribuição de sedimentos na faixa de praia (à direita e abaixo).

A faixa de areia das Praia Figueira do Pontal, da Praia Pontal do Norte e da Praia Princesa do Mar tem o comprimento total aproximado de 8.305 m (oito mil trezentos e cinco metros). Os cordões de dunas nesta extensão deverão compor o “ecossistema sistema de dunas” e deverão ter 1 a 1,5 metros de altura e 6 metros de largura.

É importante ressaltar que com base nos diagnósticos elaborados para subsidiar tecnicamente este projeto de alimentação artificial da orla de Itapoá, foi identificada que a região da Praia 2 (Pontal do Norte) e a Praia 3 (praia da Princesa do Mar) se apresenta ao longo das últimas décadas como um trecho/região mais suscetível (sensível) a processos erosivos na faixa de areia, onde historicamente vem sendo observado uma maior sensibilidade da linha de costa devido a concentração de energia de ondas nesta área (“hotspot”). Por conta desta zona de erosão identificada, visando a manutenção do perfil topográfico que deverá compor o sistema de dunas a ser construído nesta região de aproximadamente 6.000 m (seis mil metros) de comprimento, onde foi identificada uma zona de erosão mais proeminente, será requerido um volume adicional de sedimento.

Sendo assim, estima-se que seja necessária a movimentação de 64.500 m³ (sessenta e quatro mil e quinhentos metros cúbicos) de sedimento para a construção do perfil topográfico para formar o sistema de dunas projetado (Tabela 10).

Tabela 10. Quadro resumo do volume de sedimento necessário para a reconstituição de dunas com 1 m metro de cota ao longo da faixa de areia da Praia Figueira do Pontal e 1,5 metros de cota na zona de erosão ("hotspot") identificada na Praia do Pontal do Norte e Praia da Princesa do Mar.

Projeto Básico (estimativa de volume)	Cota da duna (m)	Volume (m³)
Dunas (Praia 1 – Figueira do Pontal)		
Comprimento = 1750 m	1,0	10.500
Largura = 6 m		
Dunas (Praia 2 – Pontal do Norte)		
Comprimento = 3500 m	1,5	31.500
Largura = 6 m		
Dunas (Praia 3 – Princesa do Mar)		
Comprimento = 2500 m	1,5	22.500
Largura = 6 m		
Total de Sedimento Requerido pelo Projeto		64.500 m³

Nas áreas em que houver cursos d'água aportando sob a orla, o sistema de dunas será interrompido a uma distância de 10 metros antes e após o curso d'água, conforme pode ser visualizado na imagem a seguir (Figura 7). Destaca-se que após a construção das dunas haverá o plantio da vegetação típica desse sistema, com a função de fixação da duna, diminuindo as possibilidades de erosões e lixiviamento da areia em momentos de chuvas e tempestades.



Figura 57. Exemplo de implantação do sistema de dunas junto a cursos d'água que aportam sobre a praia.

7.4.3. Implantação dos Sistemas de Proteção e Trilhas de Acesso à Praia

Ao término da implantação/reconstituição morfológica das dunas será dado início ao cercamento das áreas e demarcação dos locais onde serão implantadas as trilhas de acesso à praia. Neste momento também serão inseridas as placas informativas do projeto (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Além de atuar como proteção, esse cercamento da área também servirá como uma trilha de acesso à praia (Figura 58 A). O cercamento e/ou trilhas de acesso consistirão de pontalotes de madeira/toras de madeira, trabalhadas/modeladas (de aproximadamente um metro de altura), inseridos a cada dois metros de distância, ligados por corda de sisal, circundando a duna formada. Além de atuar na proteção das dunas e indicarem o caminho por onde os usuários devem passar, os cercamentos com madeira e corda servirão também como prováveis poleiros artificiais atuando como pontos de repouso, forrageamento e caça para aves que atuarão na dispersão de sementes (Figura 58B).

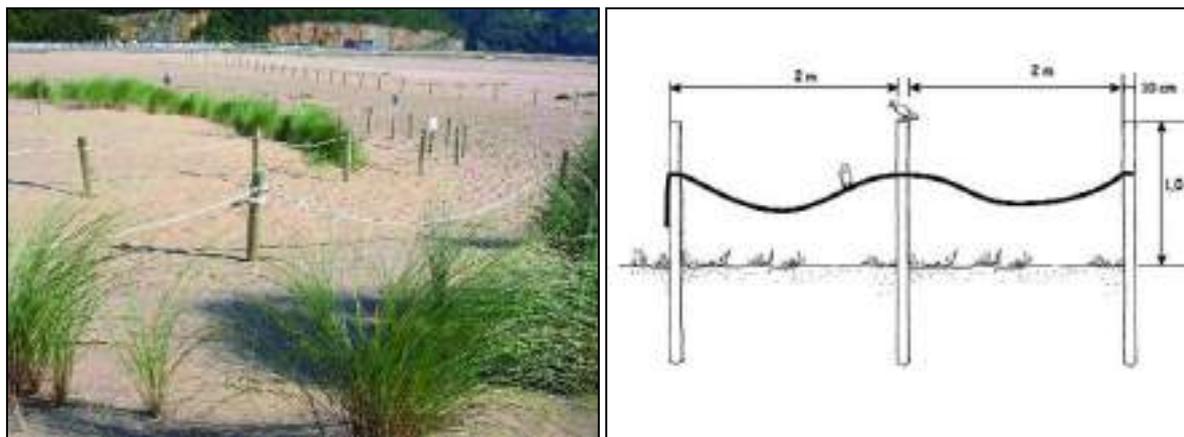


Figura 58. Esquema demonstrando como deverá ocorrer a implantação das estruturas de proteção das dunas e trilhas naturais de passagem que servirão como caminhos para as pessoas e como poleiros artificiais para a fauna. Fonte: Seoane *et al.* (2007).

Para execução do cercamento das dunas serão necessários um total aproximado de 3.674 pontaletes, sendo estimados 878 pontaletes para delimitação da Praia 1; 1.793 pontaletes para delimitação das dunas da Praia 2; e 1.000 pontaletes para delimitação das dunas da Praia 3.

Para o cercamento com corda sisal será necessário um total de 14.600 metros de corda de 20 mm de diâmetro.

Caso opte-se pela passagem do sisal através de argolas de ferro galvanizado, serão necessárias 3.674 argolas.

Na Figura 59 podem ser observados alguns modelos de placas e isolamento de áreas de manejo de dunas, assim como placas informativas de projetos. É previsto a instalação, ao longo dos 7.330 metros de comprimento da área de abrangência deste projeto, de uma (01) placa a cada 250 metros, totalizando a implantação de 30 (trinta) placas de sinalização visando informar a população local e os visitantes sobre a importância da proteção dos sistemas de dunas.

Para sinalização da área de implantação deste sistema deverão ser utilizadas placas informativas de material ACM, de tamanho 100 cm X 80 cm, com altura em torno de 1,80 m do chão. Na placa deverá constar:

- ✓ Nome do projeto: "Projeto de Reconstituição do Sistema de Dunas nas Praias Figueira do Pontal, Pontal Norte e Princesa do Mar, Município de Itapoá, SC."
- ✓ Número da Licença Ambiental de Instalação do IBAMA.

- ✓ Logotipo da Prefeitura de Itapoá, IBAMA, SCPar Porto de São Francisco do Sul e Porto Itapoá.

Todas as informações deverão estar contidas no retângulo central (fundo verde) e o conteúdo deve ser legível. As letras devem ser na fonte Arial, cor branca, tamanho 105 pt.



Figura 59. Exemplos de placas informativas e sistema de isolamento das áreas de manejo.

Esses modelos de trilhas de acesso à praia (barreiras de proteção) foram selecionados como um acesso alternativo, visto que haverá locais de inclusão de passarelas suspensas de madeira.

As trilhas de acesso à praia serão configuradas como caminhos de passagem, conforme ilustra a Figura 59 acima. Estas trilhas ou caminhos estarão dispostos em frente às ruas que dão acesso às Praias 1, 2 e 3, compondo um total de 68 (sessenta e oito) trilhas ao longo de todo o sistema de dunas embrionárias a ser implementado (Figura 61).

As passarelas de madeira serão implantadas a cada 1.800 (um mil e oitocentos) metros, ou seja, ao longo de toda extensão do projeto de recomposição das dunas está prevista a instalação de 4 (quatro) passarelas (Figura 61). Estas deverão ser suspensas com corrimão conforme modelos exemplificados na Figura 60.

As 04 (quatro) passarelas terão aproximadamente 20 metros de comprimento podendo este sofrer variações. Serão constituídas por pranchas de madeira tratada, apoiadas em tiras de mesmo material. Eles podem ser colocados acima do solo por meio de estacas que são enterradas na areia. Dependendo da nova topografia obtida, as passarelas deverão ser elevadas ou suspensas.



Figura 60. Modelo de passarela de madeira a serem implantadas nas praias da Figueira do Pontal e Pontal do Norte, no Município de Itapoá.

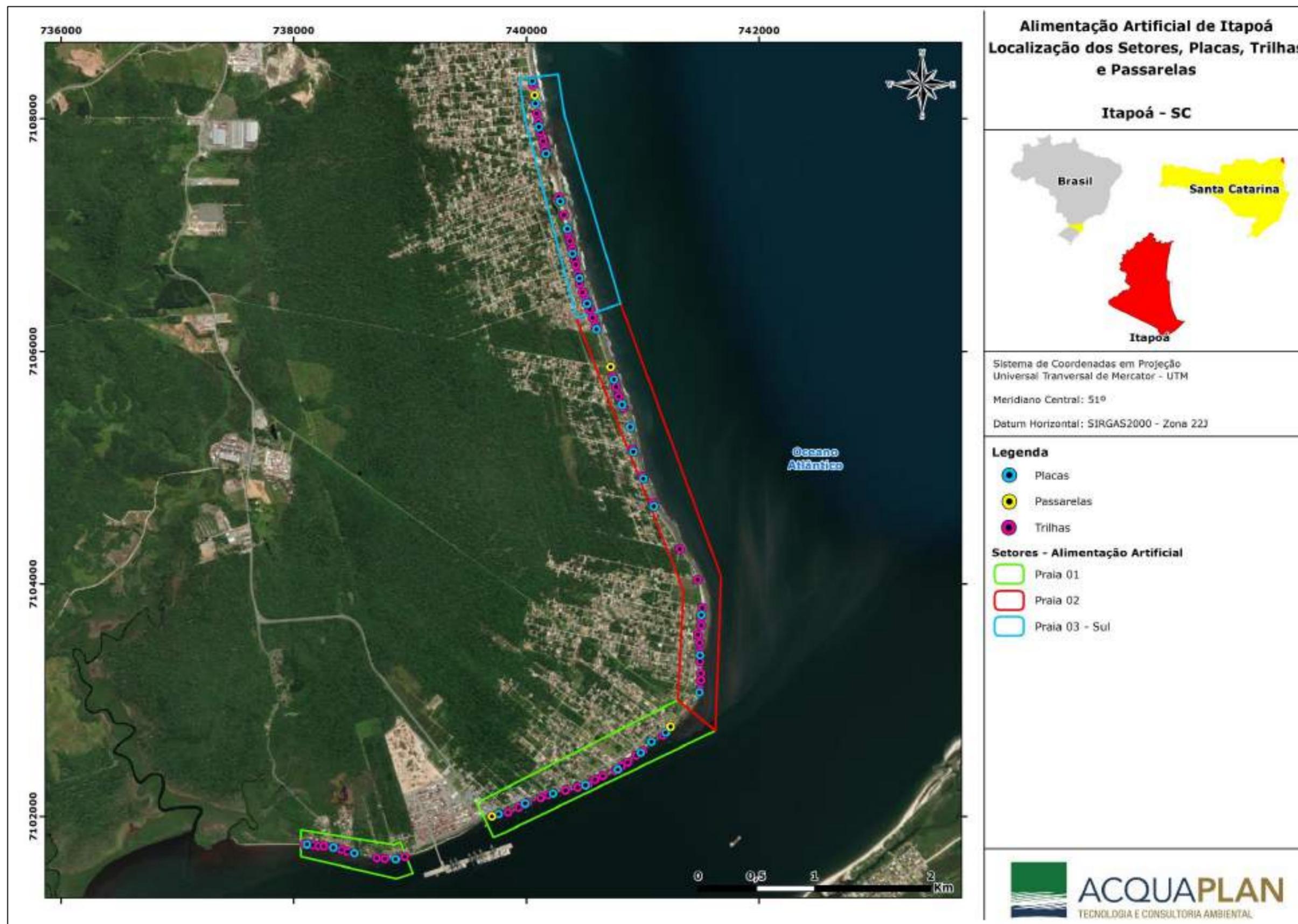


Figura 61. Localização das trilhas de acesso à praia, passarelas e placas informativas do Projeto de Recomposição das Dunas da Orla de Itapoá.

Tabela 11. Coordenadas geográficas de localização das trilhas de acesso à praia.

Trilha	UTM E (m)	UTM N (m)
1	738.093	7.101.764
2	738.125	7.101.763
3	738.162	7.101.759
4	740.058	7.108.291
5	740.080	7.108.130
6	740.090	7.108.046
7	740.105	7.107.965
8	740.122	7.107.885
9	740.145	7.107.807
10	740.160	7.107.735
11	740.281	7.107.328
12	740.325	7.107.176
13	740.359	7.107.026
14	740.376	7.106.949
15	740.395	7.106.875
16	740.414	7.106.795
17	740.427	7.106.746
18	740.442	7.106.664
19	740.570	7.106.288
20	740.546	7.106.360
21	740.514	7.106.435
22	740.485	7.106.509
23	740.458	7.106.586
24	740.595	7.106.219
25	740.742	7.105.785
26	740.772	7.105.696
27	740.795	7.105.612
28	740.833	7.105.518
29	740.913	7.105.158
30	740.999	7.104.926
31	741.088	7.104.696
32	741.321	7.104.302
33	741.473	7.104.037
34	741.514	7.103.796
35	741.503	7.103.711
36	741.505	7.103.646
37	741.475	7.103.568
38	741.490	7.103.493
39	741.492	7.103.417
40	741.497	7.103.335
41	741.503	7.103.235
42	741.505	7.103.174
43	741.495	7.103.093

Trilha	UTM E (m)	UTM N (m)
44	741.177	7.102.701
45	741.003	7.102.567
46	740.946	7.102.527
47	740.874	7.102.468
48	740.819	7.102.434
49	740.768	7.102.396
50	740.658	7.102.351
51	740.593	7.102.320
52	740.533	7.102.279
53	740.443	7.102.251
54	740.339	7.102.226
55	740.189	7.102.186
56	740.125	7.102.162
57	740.011	7.102.124
58	739.937	7.102.080
59	739.844	7.102.036
60	738.216	7.101.749
61	738.257	7.101.749
62	738.332	7.101.736
63	738.414	7.101.718
64	738.461	7.101.702
65	738.515	7.101.690
66	738.714	7.101.645
67	738.782	7.101.637
68	738.888	7.101.640

Tabela 12. Coordenadas geográficas de localização das placas informativas.

Placa	UTM E (m)	UTM N (m)
1	738.116	7.101.763
2	738.342	7.101.735
3	738.524	7.101.688
4	738.878	7.101.637
5	739.764	7.102.025
6	739.993	7.102.114
7	740.232	7.102.201
8	740.511	7.102.273
9	740.789	7.102.408
10	740.985	7.102.552
11	741.201	7.102.725
12	741.489	7.103.071
13	741.495	7.103.388
14	741.506	7.103.735
15	741.096	7.104.670
16	741.009	7.104.905
17	740.920	7.105.138
18	740.895	7.105.350
19	740.827	7.105.542
20	740.753	7.105.758
21	740.605	7.106.192
22	740.524	7.106.409
23	740.458	7.106.629
24	740.397	7.106.841
25	740.352	7.107.055
26	740.293	7.107.290
27	740.169	7.107.700
28	740.111	7.107.931
29	740.080	7.108.130
30	740.053	7.108.322
31	741.077	7.102.645

Tabela 13. Coordenadas geográficas de localização das passarelas suspensas de madeira.

Passarela	UTM E (m)	UTM N (m)
1	739.742	7.102.025
2	741.216	7.102.745
3	740.725	7.105.866
4	740.073	7.108.202

7.4.4. Estabilização das Dunas com Métodos Vegetativos

Após o estabelecimento do sistema de dunas serão realizadas as medidas de retenção e fixação dos sedimentos com introdução da vegetação para estimular o desenvolvimento das dunas. Esta etapa consiste no plantio de espécies dunares autóctones adequadas e que favorecem a estabilização dos cordões de dunas.

A introdução de espécies através do plantio de mudas é uma forma efetiva de ampliar o processo de nucleação. É recomendada uma introdução que caracterize um núcleo da espécie, com significativa variabilidade genética, capaz de formar uma população mínima viável.

7.4.5. Seleção das Espécies para Plantio

Conforme Resolução CONAMA Nº 261/1999, que trata dos estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina, para a formação da vegetação de praias e dunas frontais as espécies herbáceas mais características são: *Ipomoea pes-caprae* (batateira-da-praia); *Canavalia rosea* (feijão-de-porco); *Panicum racemosum*, *Paspalum vaginatum*, *Sporobolus virginicus*, *Stenotaphrum secundatum*, *Spartina ciliata* (capim-da-praia); *Blutaparon portulacoides*; *Polygala cyparissias*; *Acicarpa spathulata* (rosetão); *Cenchrus* spp. (capim-roseta); *Centella asiatica*; *Remirea maritima* (pinheirinho-da-praia); *Alternanthera maritima*; *Ipomoea imperati*; *Petunia littoralis*; *Vigna luteola*, *Vigna longifolia* (feijão-da-praia); *Oxypetalum* spp. (cipó-leiteiro).

De acordo com diversos autores, para a realização do plantio é importante a escolha de espécies pioneiras, que ocorram na região em questão e cujos métodos de propagação sejam conhecidos (CORDAZZO et al., 2006). Vários estudos evidenciam a importância das espécies pioneiras, principalmente *Panicum racemosum* e *Blutaparon portulacoides*, na formação de dunas embrionárias e recomposição de dunas frontais erodidas (SANTOS, 1995). Partindo de uma área completamente desnuda, Emerim (2003) indicou o plantio de espécies como *Hydrocotyle bonariensis*, *Paspalum vaginatum*, *Panicum racemosum*, *Dalbergia ecastaphyllum*, *Spartina ciliata*, entre outras, para serem utilizadas em projetos desta natureza.

Conforme Mello & Setubal (2012), a restinga herbáceo-arbustiva cobre uma pequena faixa da linha da praia, caracterizada pela predominância de algumas espécies de hábito herbáceo como *Blutaparon portulacoides*, *Hidrocotyle bonariensis*, *Spartina densiflora*,

Dalbergia ecastaphyllum, entre outras. Segundo dados da Prefeitura Municipal de Itapoá (2018), *Ipomoea* sp., *Hydrocotyle bonariensis*, *Smilax campestris* são comuns no ambiente de praia e dunas frontais de Itapoá.

No Município de Itapoá, associadas à desembocadura do rio Saí-Mirim, as dunas dômicas (Figura 62), ou seja, isoladas são parcialmente vegetadas por *Ipomea* e *Sporobolus* (PORTARIA SEMAI Nº 01/2019).

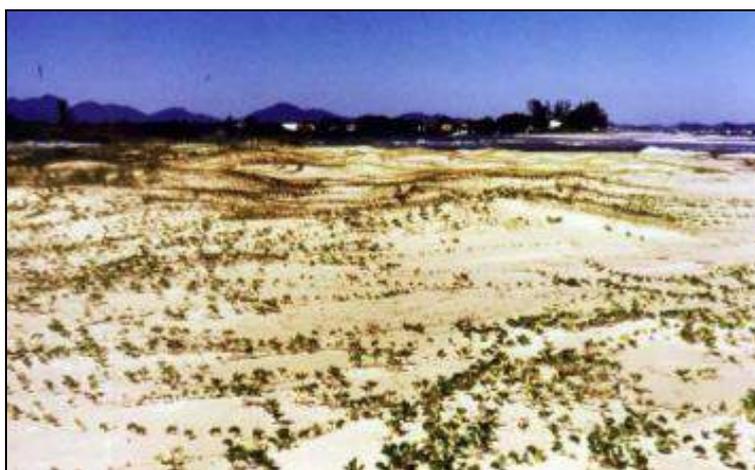


Figura 62. Dunas dômicas associadas à desembocadura do rio Saí-Mirim, parcialmente vegetadas por *Ipomea* e *Sporobolus*. Fonte: PORTARIA SEMAI Nº 01/2019/SOUZA, 1999.

Considerando a importância de *Ipomoea pes-caprae* (batateira-da-praia – **Erro! Fonte de referência não encontrada.**A) como fixadora de dunas (CORDAZZO et al., 2006) e a sua abundância no litoral catarinense (KLEIN, 1984 apud KLEIN et al., 2007), esta espécie apresenta um grande potencial para utilização (GOMES-NETO et al., 2004) em projetos de manejo. *Ipomoea pes-caprae* é uma planta pioneira, típica de dunas e com distribuição pantropical. Esta planta apresenta ramificações que tendem a fixar o pacote arenoso sob a área na qual se estabelece (DEVALL, 1992). É geralmente encontrada na porção frontal das dunas sendo uma das espécies retentoras de sedimento mais comum no litoral centro-norte de Santa Catarina. Seu potencial para utilização em projetos de reabilitação de dunas já foi enfatizado por alguns autores (DEWHURST, 2002; EPA, 2003). Considerando a importância de *Ipomoea pes-caprae* como fixadora de dunas e a sua abundância no litoral catarinense, esta espécie apresenta um grande potencial para utilização em projetos de recomposição da vegetação de dunas.

A espécie *Sporobolus* sp. (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** B) também é considerada fixadora de dunas (HUECK, 1955; PEREIRA, 1990).

Blutaparon portulacoides (capotiraguá) - **Erro! Fonte de referência não encontrada.** C - é uma planta característica do pós-praia, devido a sua capacidade de suportar os mais diferentes estresses característicos desse ambiente, como por exemplo, grandes variações de temperatura (CORDAZZO *et al.*, 2006). Torna-se pioneira nas dunas incipientes, além disso, tem grande plasticidade fenotípica em relação à mudança dos teores salinos do solo. Variações estas que induzem as alterações anatomo-morfológicas, adequando a planta a novas situações. As sementes podem se dispersar tanto pelo vento quanto pela água e tem grande capacidade germinativa, podendo germinar sobre uma grande gama de situações estressantes, como a variação de temperatura e salinidade (CORDAZZO *et al.*, 2006).

Hydrocotyle bonariensis – acariçoba (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** D) é espécie característica da região de dunas móveis, sujeitas à ação de ondas e ventos fortes. Apresenta caule subterrâneo e sistema radicular extenso, facilitando o rápido crescimento vegetativo (CORDAZZO & SEELIGER, 1993), o que permite sua resistência à movimentação de areia (ANDRADE, 1968; PFADENHAUER, 1978).



Figura 63. A = *Ipomoea pes-caprae*, B = *Sporobolus* sp., C = *Blutaparon portulacoides*, D = *Hydrocotyle bonariensis*, E = *Panicum rancemosum*, *Hydrocotyle bonariensis* e *Paspalum vaginatum* e F = *Ipomea* sp.

7.4.6. Origem das Mudanças

A origem das mudas selecionadas para o plantio nas dunas de Itapoá será melhor avaliada na medida que o projeto for sendo executado, com o devido acompanhamento de empresa especialmente contratada pelo empreendedor, podendo ser provenientes de viveiros, produtores da região ou mesmo de áreas doadoras, ou seja, coletadas em praias próximas.

7.4.7. Método de Plantio e Estimativa do Número de Mudanças

O plantio se dará por meio da abertura de covas na areia, nas quais os fragmentos serão dispostos. Caso também sejam utilizados estolões intercalados ao plantio de mudas, uma

das extremidades do fragmento deve ficar completamente enterrada, enquanto o restante será coberto apenas parcialmente com areia, de modo às folhas ficarem expostas. O plantio das touceiras (no caso da seleção de alguma Poaceae) também será realizado através da abertura de covas na areia (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), enterrando-se completamente as raízes e deixando a porção vegetativa exposta.

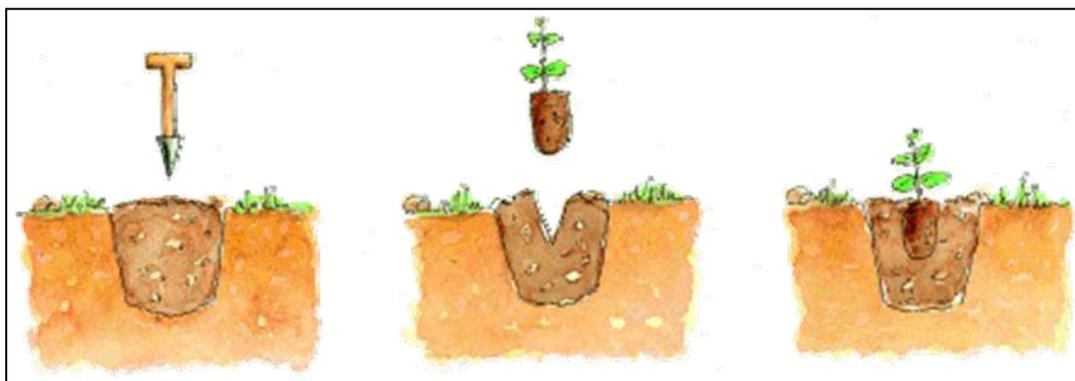


Figura 64. Modo correto de plantio. Fonte: DNIT (2013).

As touceiras poderão ser plantadas intercaladas com as espécies rasteiras, em fileiras com aproximadamente um metro de distância entre uma da outra, de forma a permitir a expansão dos estolões em crescimento por entre elas. Este tipo de plantio foi realizado em uma praia de Santa Catarina por Coral (2009) e este modelo irá formar um cordão como pode ser verificado Figura 65.



Figura 65. Exemplo de plantio com touceiras formando um cordão.

Deve ser depositada palha ao redor da muda e irrigar então abundantemente. A palha terá como finalidade manter a umidade do solo na fase inicial das mudas. Com a realização de deposição de palha seca, o impacto ambiental é bastante reduzido, impedindo que a totalidade do solo fique exposto à ação direta das intempéries, e conseqüentemente, a

lixiviação e erosão serão menores. Com isso, e no decorrer da recomposição, é gerado um microclima pela cobertura remanescente, que reduz a perda de umidade excessiva e os riscos com o vento, que podem prejudicar o desenvolvimento das mudas.

O plantio deverá ser realizado sequencialmente ao estabelecimento das dunas embrionárias, após a finalização do preenchimento com máquinas.

A quantidade de mudas necessárias para o plantio, que irão compor a flora associada ao sistema de dunas é estimada em 44.000 (quarenta e quatro mil) mudas.

7.4.8. Irrigação

Após o término do plantio, a irrigação deverá ser realizada com caminhão-pipa ou trator tracionando com um tanque-pipa. A captação de água deverá ser devidamente regularizada/autorizada. A periodicidade das irrigações irá depender da época do ano e das condições de precipitação.

8. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO DA ORLA DE ITAPOÁ E DA REGIÃO DO BOTA-FORA

A caracterização dos sedimentos a serem dragados foi realizada com o objetivo de orientar a empresa de dragagem que irá executar as obras quanto à configuração granulométrica do material a ser dragado, bem como para atendimento à Resolução CONAMA Nº 454/2012, com finalidade de avaliar a qualidade ambiental do material a ser dragado, de acordo com os limites estabelecidos pela referida resolução. Portanto, o número de amostras de sedimento analisadas deve atender ao disposto na Tabela I do Anexo da Resolução CONAMA Nº 454/2012 (Tabela 14).

Tabela 14. Tabela I da Resolução CONAMA Nº 454/2012, que fornece orientação acerca do número de amostras a serem coletadas para a caracterização dos sedimentos a serem dragados.

NÚMERO DE AMOSTRAS PONTUAIS PARA A CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS	
Volume a ser dragado (m³)	Número de Amostras
Até 25.000	3
Entre 25.000 e 100.000	4 a 6
Entre 100.000 e 500.000	7 a 15
Entre 500.000 e 2.000.000	16 a 30
Acima de 2.000.000	10 extras por 1 milhão de m ³

Conforme a exigência legal definida na Resolução CONAMA Nº 454/2012, o número de amostras para o volume total deste projeto de dragagem (12.829.223 m³) é de 140 (cento e quarenta) amostras. Porém, com objetivo de caracterizar de forma detalhada os sedimentos a serem dragados no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental – EIA para a dragagem de aprofundamento e readequação do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, foram coletadas cento e cinquenta (150) amostras na mesma área pretendida para esta dragagem, conforme localização apresentada na Figura 66, sendo as amostragens realizadas entre agosto e setembro de 2017 e em agosto de 2018.

Adicionalmente, foi caracterizado a granulometria do sedimento nativo da praia através de 33 (trinta e três) amostras de sedimentos coletadas em agosto de 2020, e 15 (quinze) amostras em setembro de 2020 nas Praias 01, 02 e 03 (Figura 67). As coletas nas praias foram feitas nos setores infra, meso e supralitoral em cada ponto amostral. Não foram realizadas análises químicas nos sedimentos coletados na praia.

Os dados secundários relativos à granulometria e contaminação dos sedimentos da área amostrada foram obtidos através dos trabalhos pesquisados para o EIA da Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, conforme estudos citados abaixo (Figura 68):

- ✓ Babitonga: Caracterização Ambiental e da Qualidade das Águas e dos Sedimentos da Região da Plataforma Interna Adjacente à Desembocadura da Baía da Babitonga (2014) – região do canal e plataforma interna adjacente à baía da Babitonga;
- ✓ Itapoá: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas e dos Sedimentos do Porto Itapoá (2017-2020) - região do entorno do Porto de Itapoá;
- ✓ NORSUL: Emborcamento do Comboio Oceânico da Norsul (2008) – região da desembocadura da baía da Babitonga e no seu entorno;
- ✓ TGB: EIA do Terminal Graneleiro da Babitonga (TGB) (2014) – região da baía da Babitonga;
- ✓ CPSFS: Caracterização de sedimentos superficiais na área de influência do Porto de São Francisco e na área alfa de descarte, após a dragagem de manutenção (2017) – região da área de influência do Porto de São Francisco e plataforma interna adjacente à baía da Babitonga;
- ✓ Souza: Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: subsídios à ocupação (1999) – região das praias analisadas.
- ✓ Porpilho: Análise da sedimentologia, variação da linha de costa e perfil praias de Itapoá-SC, Brasil (2012) - região das praias analisadas.

Foram também consideradas amostras superficiais de sedimentos para a área de descarte dos sedimentos dragados do Complexo Portuário de São Francisco do Sul (bota-fora Alfa, Figura 69) coletadas nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro de 2017, apresentadas no EIA da dragagem de aprofundamento, a fim de avaliar a qualidade ambiental dos sedimentos no local de descarte do material a ser dragado. De forma complementar, também são utilizadas as informações geradas em março de 2019 do Programa de Monitoramento da Qualidade de Sedimentos, do PBA da SCPar Porto de São Francisco do Sul.

A distribuição das cento e cinquenta (150) amostras coletadas para a caracterização do material a ser dragado foi definida objetivando representar da melhor forma possível o volume a ser dragado no âmbito da dragagem de aprofundamento e readequação, considerando a área horizontal e o perfil vertical da camada de sedimentos a ser removida, conforme localização apresentada na Tabela 15 e na Figura 66.

A metodologia detalhada da amostragem de sedimentos, incluindo os métodos de coleta, as profundidades, e o número de amostras em superfície e subsuperfície, é apresentada na sequência do documento, sendo que foram utilizadas técnicas de amostragem por

testemunho (*vibra-core*), trado copo e coleta superficial com draga *van Veen*, conforme método classificado na Tabela 15 e descrito em detalhe na sequência do documento.

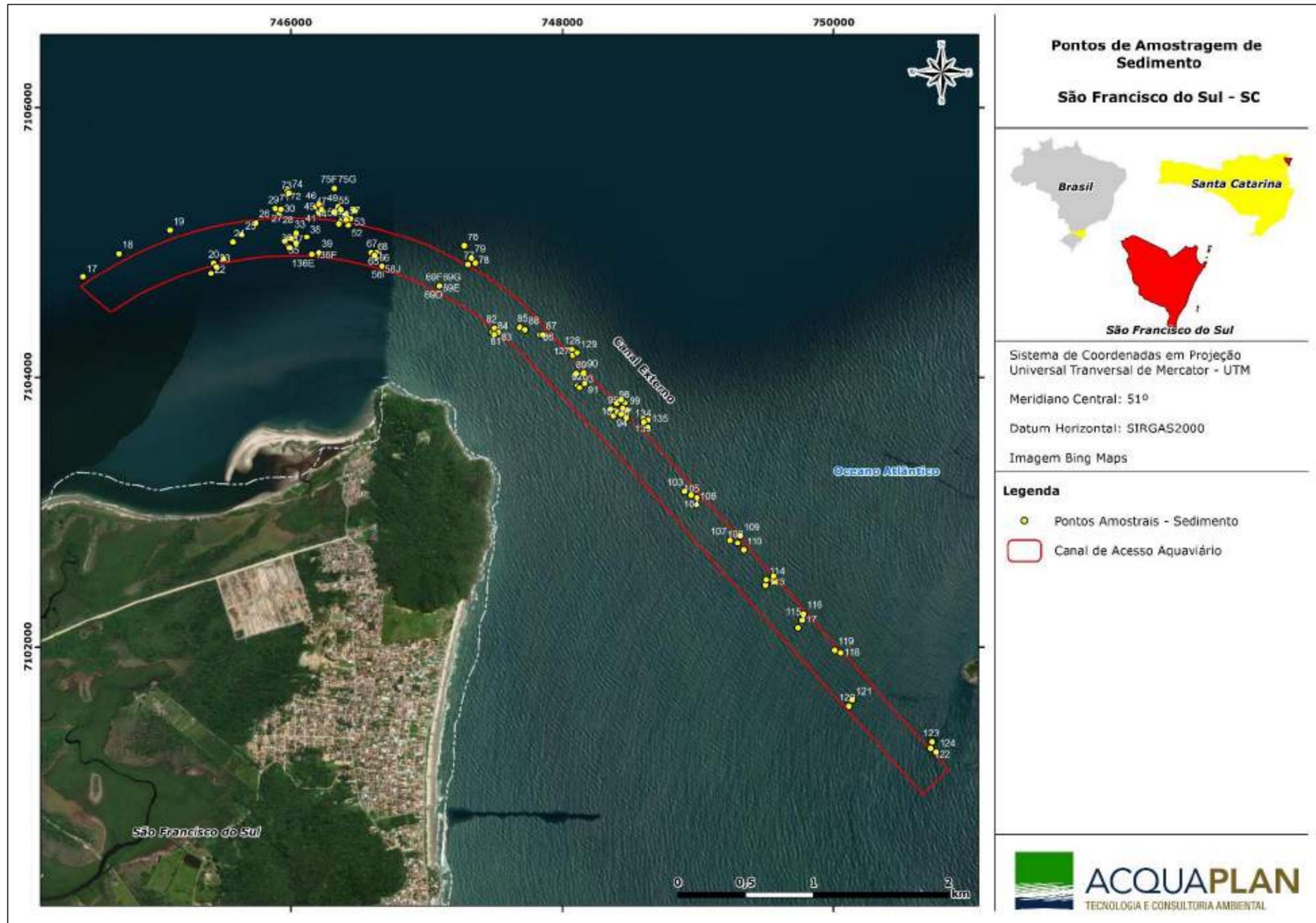


Figura 66. Distribuição espacial dos pontos utilizados na avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos a serem dragados para a readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul, SC.

Tabela 15. Identificação, localização em planta e vertical, data e método de amostragem das amostras consideradas para a caracterização ambiental dos sedimentos a serem dragados no âmbito da dragagem de aprofundamento e readequação do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, conforme Resolução CONAMA Nº 454/2012.

Nº	Amostra	x	y	Data Amostragem	Local	Prof, Topo Amostra (DHN)	Prof, Base Amostra (DHN)	Método
1	17	744467,00	7104742,00	29/09/17	Canal Externo	-15,78	-16,78	Trado Copo
2	18	744729,00	7104915,00	29/09/17	Canal Externo	-15,17	-16,17	Trado Copo
3	19	745106,00	7105091,00	29/09/17	Canal Externo	-16,19	-17,19	Trado Copo
4	20	745429,01	7104845,17	02/08/18	Canal Externo	-12,22	-12,72	Van Veen
5	21	745502,31	7104877,23	02/08/18	Canal Externo	-11,06	-11,56	Van Veen
6	22	745410,59	7104770,51	02/08/18	Canal Externo	-12,01	-12,51	Van Veen
7	23	745448,50	7104818,01	02/08/18	Canal Externo	-11,59	-12,09	Van Veen
8	24	745570,50	7105000,64	02/08/18	Canal Externo	-11,40	-11,90	Van Veen
9	25	745634,92	7105056,69	02/08/18	Canal Externo	-11,14	-11,64	Van Veen
10	26	745740,29	7105144,67	02/08/18	Canal Externo	-11,55	-12,05	Van Veen
11	27	745903,06	7105243,20	03/08/18	Canal Externo	-8,91	-9,41	Van Veen
12	28	745913,12	7105216,52	03/08/18	Canal Externo	-8,13	-9,13	Trado Copo
13	29	745883,84	7105249,40	03/08/18	Canal Externo	-10,08	-11,08	Trado Copo
14	30	745925,45	7105243,51	03/08/18	Canal Externo	-8,31	-9,31	Trado Copo
15	31	746014,46	7105033,07	02/08/18	Canal Externo	-7,38	-7,88	Van Veen
16	32	746003,50	7105026,44	02/08/18	Canal Externo	-7,40	-7,90	Van Veen
17	33	746035,67	7105069,98	02/08/18	Canal Externo	-6,91	-7,41	Van Veen
18	34	746035,15	7104989,81	02/08/18	Canal Externo	-7,22	-7,72	Van Veen
19	35	745954,26	7105006,31	02/08/18	Canal Externo	-7,45	-7,95	Van Veen
20	36	745976,73	7104969,12	02/08/18	Canal Externo	-7,74	-8,24	Van Veen
21	37	745986,54	7104958,40	02/08/18	Canal Externo	-7,30	-7,80	Van Veen
22	38	746112,93	7105038,04	02/08/18	Canal Externo	-6,72	-7,22	Van Veen
23	39	746202,93	7104922,16	03/08/18	Canal Externo	-7,14	-8,14	Trado Copo
24	40	746222,98	7105223,38	03/08/18	Canal Externo	-5,75	-6,75	Trado Copo
25	41	746187,97	7105242,81	03/08/18	Canal Externo	-6,03	-7,03	Trado Copo
26	42	746232,13	7105247,51	03/08/18	Canal Externo	-5,94	-6,94	Trado Copo

Nº	Amostra	x	y	Data Amostragem	Local	Prof, Topo Amostra (DHN)	Prof, Base Amostra (DHN)	Método
27	43	746180,67	7105263,71	03/08/18	Canal Externo	-5,84	-6,84	Trado Copo
28	44	746223,40	7105274,95	03/08/18	Canal Externo	-5,86	-6,86	Trado Copo
29	45	746199,84	7105224,62	03/08/18	Canal Externo	-6,31	-7,31	Trado Copo
30	46	746204,81	7105280,54	03/08/18	Canal Externo	-5,76	-6,76	Trado Copo
31	47	746224,31	7105241,46	03/08/18	Canal Externo	-5,81	-6,81	Trado Copo
32	48	746316,51	7105222,62	02/08/18	Canal Externo	-6,16	-6,66	Van Veen
33	49	746346,78	7105262,51	02/08/18	Canal Externo	-6,03	-6,53	Van Veen
34	50	746367,26	7105155,33	02/08/18	Canal Externo	-6,60	-7,10	Van Veen
35	51	746400,25	7105207,18	02/08/18	Canal Externo	-6,28	-6,78	Van Veen
36	52	746420,09	7105128,10	02/08/18	Canal Externo	-6,37	-6,87	Van Veen
37	53	746439,84	7105175,76	02/08/18	Canal Externo	-6,46	-6,96	Van Veen
38	54	746465,48	7105235,50	02/08/18	Canal Externo	-5,40	-5,90	Van Veen
39	55	746366,24	7105242,37	02/08/18	Canal Externo	-5,94	-6,44	Van Veen
40	56	746352,77	7105138,80	02/08/18	Canal Externo	-6,17	-6,67	Van Veen
41	57	746405,85	7105168,46	02/08/18	Canal Externo	-6,74	-7,24	Van Veen
42	58A	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-4,12	-5,46	Vibracore
43	58B	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-5,46	-6,71	Vibracore
44	58C	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-6,71	-7,33	Vibracore
45	58D	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-7,33	-7,96	Vibracore
46	58E	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-7,96	-8,61	Vibracore
47	58F	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-8,61	-9,26	Vibracore
48	58G	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-9,26	-10,01	Vibracore
49	58H	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-10,01	-10,76	Vibracore
50	58I	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-10,76	-11,93	Vibracore
51	58J	746668,60	7104824,46	14/08/18	Canal Externo	-11,93	-13,37	Vibracore
52	59	746619,52	7104909,26	03/08/18	Canal Externo	-6,41	-6,91	Van Veen
53	60	746610,33	7104920,15	03/08/18	Canal Externo	-6,42	-7,42	Trado Copo
54	61	746595,87	7104907,32	03/08/18	Canal Externo	-6,57	-7,57	Trado Copo

Nº	Amostra	x	y	Data Amostragem	Local	Prof, Topo Amostra (DHN)	Prof, Base Amostra (DHN)	Método
55	62	746615,45	7104911,25	03/08/18	Canal Externo	-6,51	-7,51	Trado Copo
56	63	746643,06	7104920,93	03/08/18	Canal Externo	-6,48	-7,48	Trado Copo
57	64	746629,20	7104900,03	03/08/18	Canal Externo	-6,18	-7,18	Trado Copo
58	65	746589,25	7104923,94	03/08/18	Canal Externo	-6,59	-7,59	Trado Copo
59	66	746623,48	7104891,17	03/08/18	Canal Externo	-6,27	-7,27	Trado Copo
60	67	746627,66	7104923,59	03/08/18	Canal Externo	-6,26	-7,26	Trado Copo
61	68	746612,23	7104901,76	03/08/18	Canal Externo	-6,43	-7,43	Trado Copo
62	69A	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-6,29	-7,21	Vibracore
63	69B	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-7,21	-8,19	Vibracore
64	69C	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-8,19	-9,42	Vibracore
65	69D	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-9,42	-9,94	Vibracore
66	69E	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-9,94	-10,47	Vibracore
67	69F	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-10,47	-10,69	Vibracore
68	69G	747092,78	7104676,17	15/08/18	Canal Externo	-10,69	-10,91	Vibracore
69	70	745978,70	7105380,89	03/08/18	Canal Externo	-11,01	-11,51	Van Veen
70	71	745969,60	7105396,01	03/08/18	Canal Externo	-11,66	-12,66	Trado Copo
71	72	745969,18	7105379,47	03/08/18	Canal Externo	-10,90	-11,90	Trado Copo
72	73	745970,51	7105356,79	03/08/18	Canal Externo	-9,99	-10,99	Trado Copo
73	74	745983,01	7105366,71	03/08/18	Canal Externo	-10,14	-11,14	Trado Copo
74	75A	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-4,97	-5,66	Vibracore
75	75B	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-5,66	-6,53	Vibracore
76	75C	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-6,53	-7,40	Vibracore
77	75D	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-7,40	-8,28	Vibracore
78	75E	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-8,28	-9,32	Vibracore
79	75F	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-9,32	-9,93	Vibracore
80	75G	746320,60	7105402,10	16/08/18	Canal Externo	-9,93	-10,58	Vibracore
81	76	747276,69	7104974,18	02/08/18	Canal Externo	-10,57	-11,07	Van Veen

Nº	Amostra	x	y	Data Amostragem	Local	Prof, Topo Amostra (DHN)	Prof, Base Amostra (DHN)	Método
82	77	747304,23	7104835,83	02/08/18	Canal Externo	-13,96	-14,46	Van Veen
83	78	747357,31	7104847,57	02/08/18	Canal Externo	-11,60	-12,10	Van Veen
84	79	747328,86	7104885,61	02/08/18	Canal Externo	-11,35	-11,85	Van Veen
85	80	747496,68	7104339,43	03/08/18	Canal Externo	-9,29	-9,79	Van Veen
86	81	747481,10	7104332,90	03/08/18	Canal Externo	-8,87	-9,87	Trado Copo
87	82	747497,22	7104362,76	03/08/18	Canal Externo	-9,92	-10,92	Trado Copo
88	83	747525,09	7104331,02	03/08/18	Canal Externo	-9,80	-10,80	Trado Copo
89	84	747495,35	7104315,30	03/08/18	Canal Externo	-8,86	-9,86	Trado Copo
90	85	747686,65	7104368,7	02/08/18	Canal Externo	-14,60	-15,10	Van Veen
91	86	747832,81	7104313,44	02/08/18	Canal Externo	-12,20	-12,70	Van Veen
92	87	747853,5	7104313,97	02/08/18	Canal Externo	-11,35	-11,85	Van Veen
93	88	747726,49	7104351,31	02/08/18	Canal Externo	-13,90	-14,40	Van Veen
94	89	748101,6	7104026,56	02/08/18	Canal Externo	-10,83	-11,33	Van Veen
95	90	748159,42	7104033,95	02/08/18	Canal Externo	-9,12	-9,62	Van Veen
96	91	748166,25	7103955,12	02/08/18	Canal Externo	-9,99	-10,49	Van Veen
97	92	748111,91	7103938,05	02/08/18	Canal Externo	-13,98	-14,48	Van Veen
98	93	748127,44	7103922,05	02/08/18	Canal Externo	-14,00	-14,50	Van Veen
99	94	748374,03	7103713,18	02/08/18	Canal Externo	-10,18	-10,68	Van Veen
100	95	748355,32	7103763,61	02/08/18	Canal Externo	-8,06	-8,56	Van Veen
101	96	748456,26	7103806,51	02/08/18	Canal Externo	-6,04	-6,54	Van Veen
102	97	748406,57	7103743,5	02/08/18	Canal Externo	-6,81	-7,31	Van Veen
103	98	748400,23	7103804,92	02/08/18	Canal Externo	-5,65	-6,15	Van Veen
104	99	748472,81	7103758,62	02/08/18	Canal Externo	-6,49	-6,99	Van Veen
105	100	748442,78	7103769,72	02/08/18	Canal Externo	-6,46	-6,96	Van Veen
106	101	748432,00	7103725,00	02/08/18	Canal Externo	-6,71	-7,21	Van Veen
107	102	748470,08	7103701,91	02/08/18	Canal Externo	-7,27	-7,77	Van Veen
108	103	748898,82	7103154,23	02/08/18	Canal Externo	-10,36	-10,86	Van Veen
109	104	748945,96	7103126,17	02/08/18	Canal Externo	-9,90	-10,40	Van Veen

Nº	Amostra	x	y	Data Amostragem	Local	Prof, Topo Amostra (DHN)	Prof, Base Amostra (DHN)	Método
110	105	748994,62	7103107,87	02/08/18	Canal Externo	-9,76	-10,26	Van Veen
111	106	748990,43	7103054,37	02/08/18	Canal Externo	-10,30	-10,80	Van Veen
112	107	749236,62	7102791,73	02/08/18	Canal Externo	-11,18	-11,68	Van Veen
113	108	749290,4	7102770,74	02/08/18	Canal Externo	-11,06	-11,56	Van Veen
114	109	749311,26	7102823,92	02/08/18	Canal Externo	-10,89	-11,39	Van Veen
115	110	749335,74	7102718,88	02/08/18	Canal Externo	-11,46	-11,96	Van Veen
116	111	749561,34	7102478,24	02/08/18	Canal Externo	-11,67	-12,17	Van Veen
117	112	749557,58	7102525,43	02/08/18	Canal Externo	-11,56	-12,06	Van Veen
118	113	749500,07	7102456,14	02/08/18	Canal Externo	-13,30	-13,80	Van Veen
119	114	749504,72	7102498,55	02/08/18	Canal Externo	-11,66	-12,16	Van Veen
120	115	749767,3	7102196,23	02/08/18	Canal Externo	-13,45	-13,95	Van Veen
121	116	749777,08	7102245,74	02/08/18	Canal Externo	-12,49	-12,99	Van Veen
122	117	749737,64	7102140,77	02/08/18	Canal Externo	-14,20	-14,70	Van Veen
123	118	750053,91	7101956,62	02/08/18	Canal Externo	-13,85	-14,35	Van Veen
124	119	750010,55	7101976,81	02/08/18	Canal Externo	-13,60	-14,10	Van Veen
125	120	750113,93	7101559,72	02/08/18	Canal Externo	-14,18	-14,68	Van Veen
126	121	750137,17	7101606,2	02/08/18	Canal Externo	-14,23	-14,73	Van Veen
127	122	750714,35	7101248,27	02/08/18	Canal Externo	-17,87	-18,37	Van Veen
128	123	750726,46	7101294,41	02/08/18	Canal Externo	-17,42	-17,92	Van Veen
129	124	750754,47	7101219,59	02/08/18	Canal Externo	-17,94	-18,44	Van Veen
130	125	748098,76	7104192,15	03/08/18	Canal Externo	-8,45	-8,95	Van Veen
131	126	748062,94	7104183,04	03/08/18	Canal Externo	-8,98	-9,98	Trado Copo
132	127	748077,80	7104160,97	03/08/18	Canal Externo	-8,70	-9,70	Trado Copo
133	128	748070,66	7104208,39	03/08/18	Canal Externo	-8,45	-9,45	Trado Copo
134	129	748111,48	7104180,05	03/08/18	Canal Externo	-8,20	-9,20	Trado Copo
135	130A	748431,67	7103832,72	17/08/18	Canal Externo	-5,38	-6,04	Vibracore
136	130B	748431,67	7103832,72	17/08/18	Canal Externo	-6,04	-7,04	Vibracore
137	130C	748431,67	7103832,72	17/08/18	Canal Externo	-7,04	-8,04	Vibracore

Nº	Amostra	x	y	Data Amostragem	Local	Prof, Topo Amostra (DHN)	Prof, Base Amostra (DHN)	Método
138	130D	748431,67	7103832,72	17/08/18	Canal Externo	-8,04	-9,04	Vibracore
139	130E	748431,67	7103832,72	17/08/18	Canal Externo	-9,04	-10,04	Vibracore
140	131	748614,54	7103666,09	03/08/18	Canal Externo	-8,65	-9,15	Van Veen
141	132	748596,33	7103694,42	03/08/18	Canal Externo	-8,71	-9,71	Trado Copo
142	133	748633,78	7103683,27	03/08/18	Canal Externo	-8,35	-9,35	Trado Copo
143	134	748601,79	7103667,77	03/08/18	Canal Externo	-8,65	-9,65	Trado Copo
144	135	748633,68	7103628,72	03/08/18	Canal Externo	-8,69	-9,69	Trado Copo
145	136A	746149,79	7104910,50	17/08/18	Canal Externo	-7,10	-7,80	Vibracore
146	136B	746149,79	7104910,50	17/08/18	Canal Externo	-7,80	-8,87	Vibracore
147	136C	746149,79	7104910,50	17/08/18	Canal Externo	-8,87	-9,97	Vibracore
148	136D	746149,79	7104910,50	17/08/18	Canal Externo	-9,97	-10,58	Vibracore
149	136E	746149,79	7104910,50	17/08/18	Canal Externo	-10,58	-11,20	Vibracore
150	136F	746149,79	7104910,50	17/08/18	Canal Externo	-11,20	-11,60	Vibracore

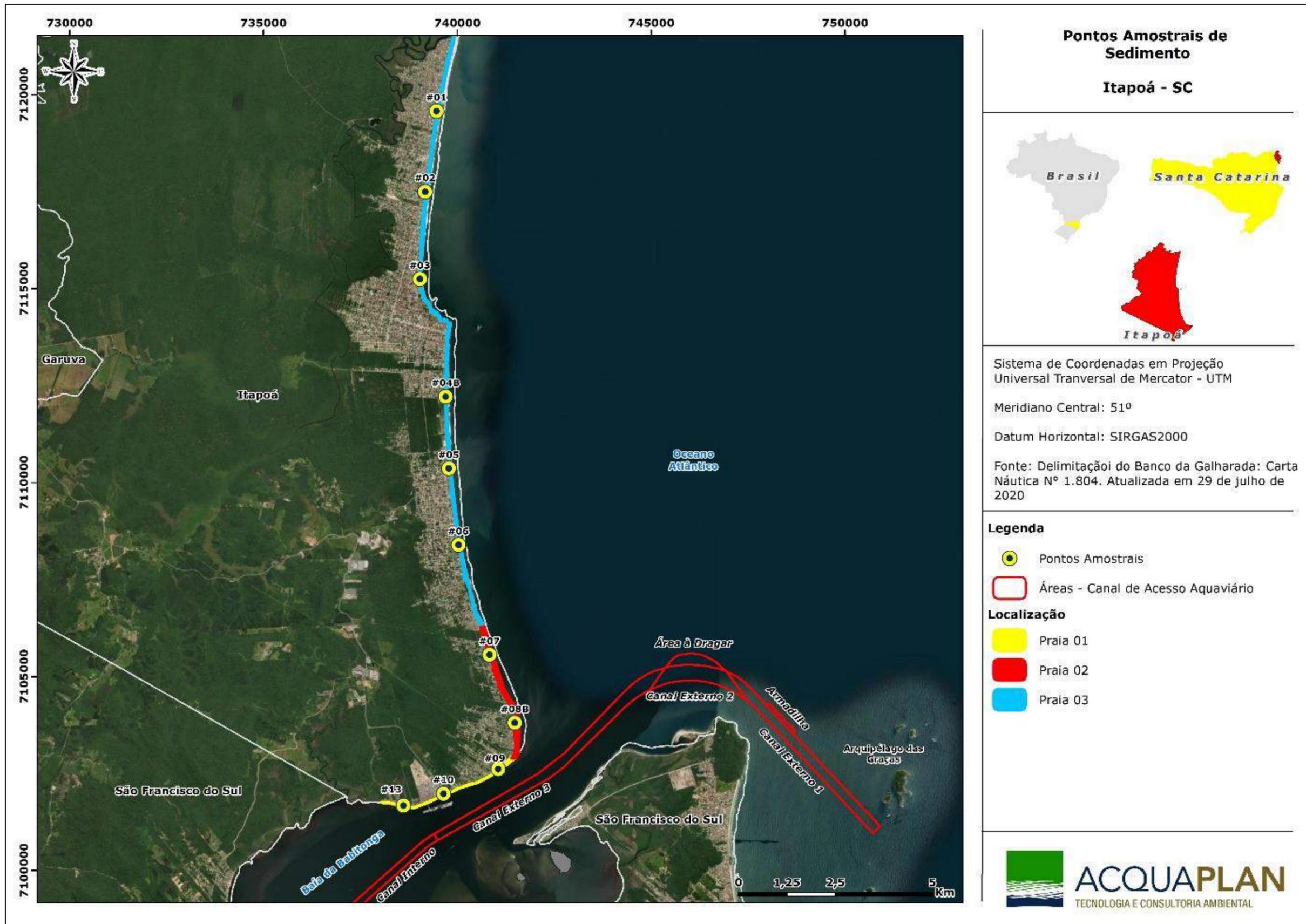


Figura 67. Localização dos pontos amostrais de sedimentos na orla do Município de Itapoá.

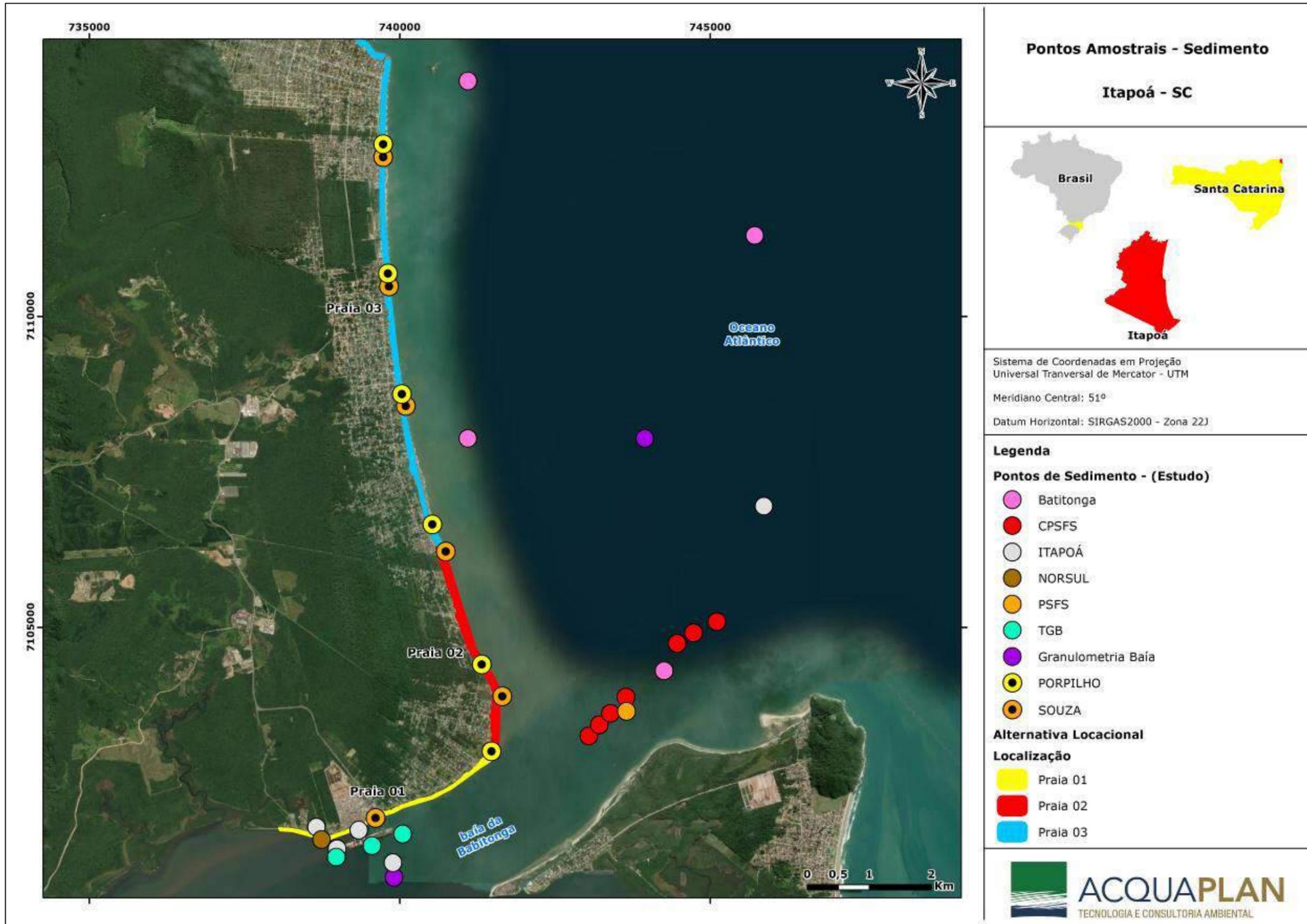


Figura 68. Distribuição das amostras avaliadas para a caracterização ambiental dos sedimentos através da análise de dados secundários realizados na área de estudo.

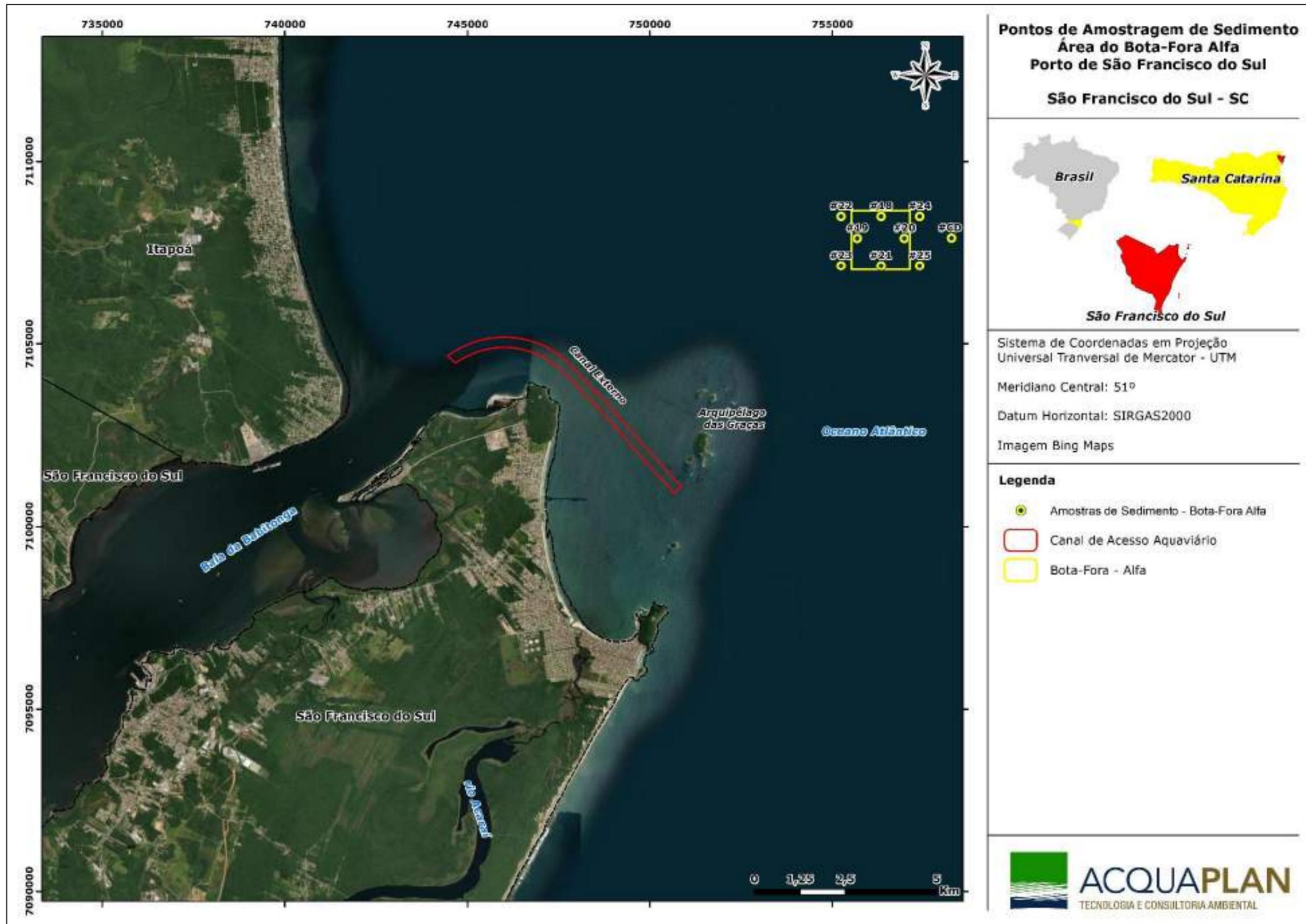


Figura 69. Distribuição espacial dos pontos do bota-fora Alfa a serem utilizados para descarte do material não compatível com o uso benéfico para recuperação e proteção da orla de Itapoá, SC.

8.1. Metodologia de Coleta dos Sedimentos

Os sedimentos a serem dragados foram coletados por meio de amostradores do tipo *van Veen* (55 amostras), Trado Copo (60 amostras), e *Vibracore* (35 amostras), sempre utilizando uma embarcação de apoio para a realização dos serviços de amostragem (Figura 70). As amostragens por Trado Caneco e *Vibracore* ainda contaram com o apoio de uma equipe de mergulhadores especializados nas respectivas técnicas de amostragem.

As amostras coletadas por meio dos amostradores *van Veen* e Trado Caneco foram acondicionadas em frascos identificados ainda em campo, para posterior envio ao laboratório (Figura 73). Para as amostras coletadas pela técnica de *Vibracore*, os testemunhos amostrados (Figura 81) foram congelados em *freezer* logo após a coleta, até a posterior abertura dos testemunhos em bancada (Figura 82), retirada das amostras e envio ao laboratório responsável pelas análises.

O posicionamento de todas as amostragens foi realizado por meio de Sistema de Posicionamento Global a Nível Diferencial (DGPS), referenciadas ao *datum* horizontal SiRGAS-2000, sendo que o ponto de amostragem em ambiente subaquático foi delimitado por boia de arrinque na superfície (Figura 71), a fim assegurar o posicionamento nos pontos predefinidos.



Figura 70. Embarcação utilizada para a realização das sondagens diretas.



Figura 71. Posicionamento da embarcação para realização das sondagens diretas.

O busca-fundo do tipo *van Veen* utilizado consiste em um amostrador confeccionado em aço inoxidável com volume de 1,4 L (Figura 72).

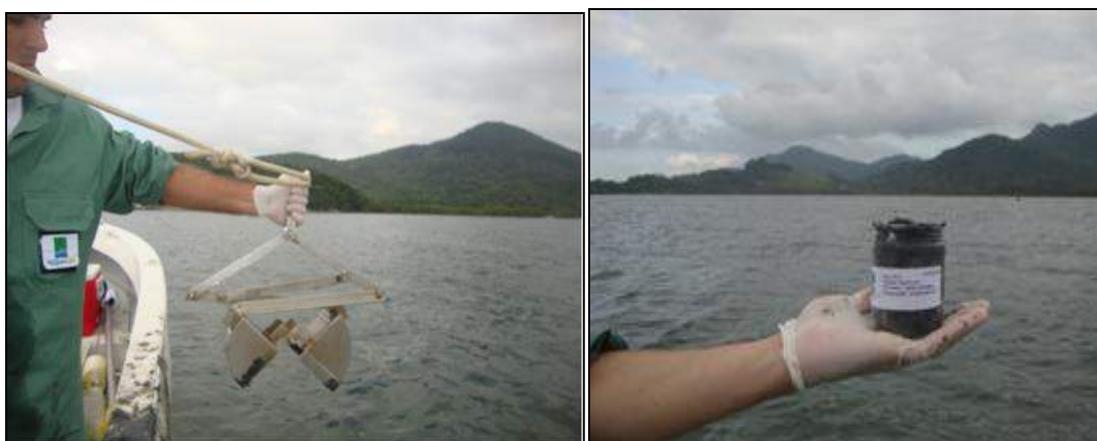


Figura 72. Amostrador tipo *van Veen* utilizado para a coleta de amostras de sedimento e acondicionamento do sedimento em frascos plásticos devidamente identificados.



Figura 73. Acondicionamento das amostras coletadas com *van Veen* e Trado Caneco e armazenamento em caixa térmica.

O Trado Caneco consiste em um amostrador construído em aço inoxidável, com volume de 0,01 m³. Este equipamento foi projetado para ultrapassar os primeiros 1,5 m do leito e amostrar o material presente neste extrato da camada sedimentar (Figura 74). O trado foi operado por um mergulhador profissional (Figura 76), que o introduziu no pacote sedimentar através de movimentos rotacionais até atingir a profundidade desejada (Figura 75A). Ao atingir a profundidade desejada, o equipamento foi extraído do pacote sedimentar, sendo recolhido até a embarcação (Figura 75B), onde a amostra foi devidamente acondicionada (Figura 75C).

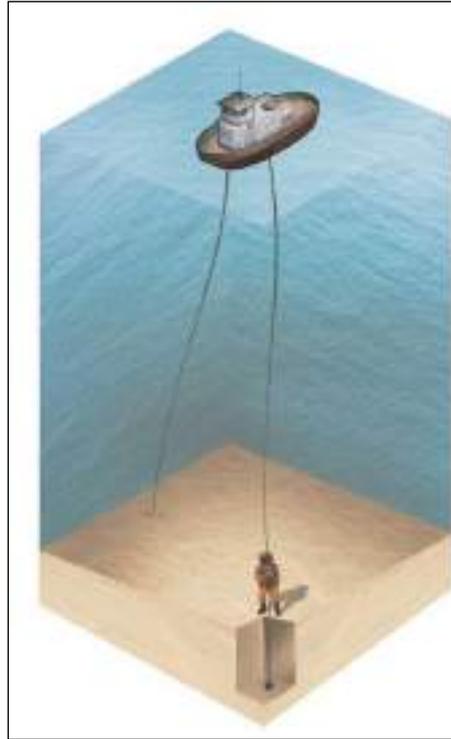


Figura 74. Ilustração da operação técnica da coleta com *Trado Caneco* operado por mergulhador profissional na amostragem dos sedimentos em subsuperfície.



Figura 75. Amostrador do tipo *Trado Caneco*: (A) sedimento coletado sendo extraído do amostrador; (B) amostra sendo acondicionada em embalagem plástica (C).



Figura 76. Mergulhador munido do amostrador do tipo *Trado Caneco* na região do sistema aquaviário.

A sondagem *Vibra Core* consiste da penetração no leito marinho de tubos de alumínio conduzidos por meio de mergulhadores e sistema de vibração instalado a bordo de uma embarcação (Figura 70), conforme apresentado, na Figura 77, na Figura 78, na Figura 79 e na Figura 80. Após a perfuração do leito marinho, os tubos são recuperados por meio de um sistema de guincho.

Esta técnica amostra de forma integral o pacote sedimentar penetrado em um testemunho (Figura 81), sem deformação da amostra, permitindo assim a descrição da sucessão vertical das fácies sedimentológicas. Após a coleta, os testemunhos foram abertos em bancada (Figura 82) para a retirada das amostras e descrição da sequência de fácies (Figura 83).



Figura 77. Ajustes no sistema de *Vibracore* previamente ao início das operações.



Figura 78. Conjunto de equipamentos que compõem o sistema *Vibracore* a bordo da embarcação.

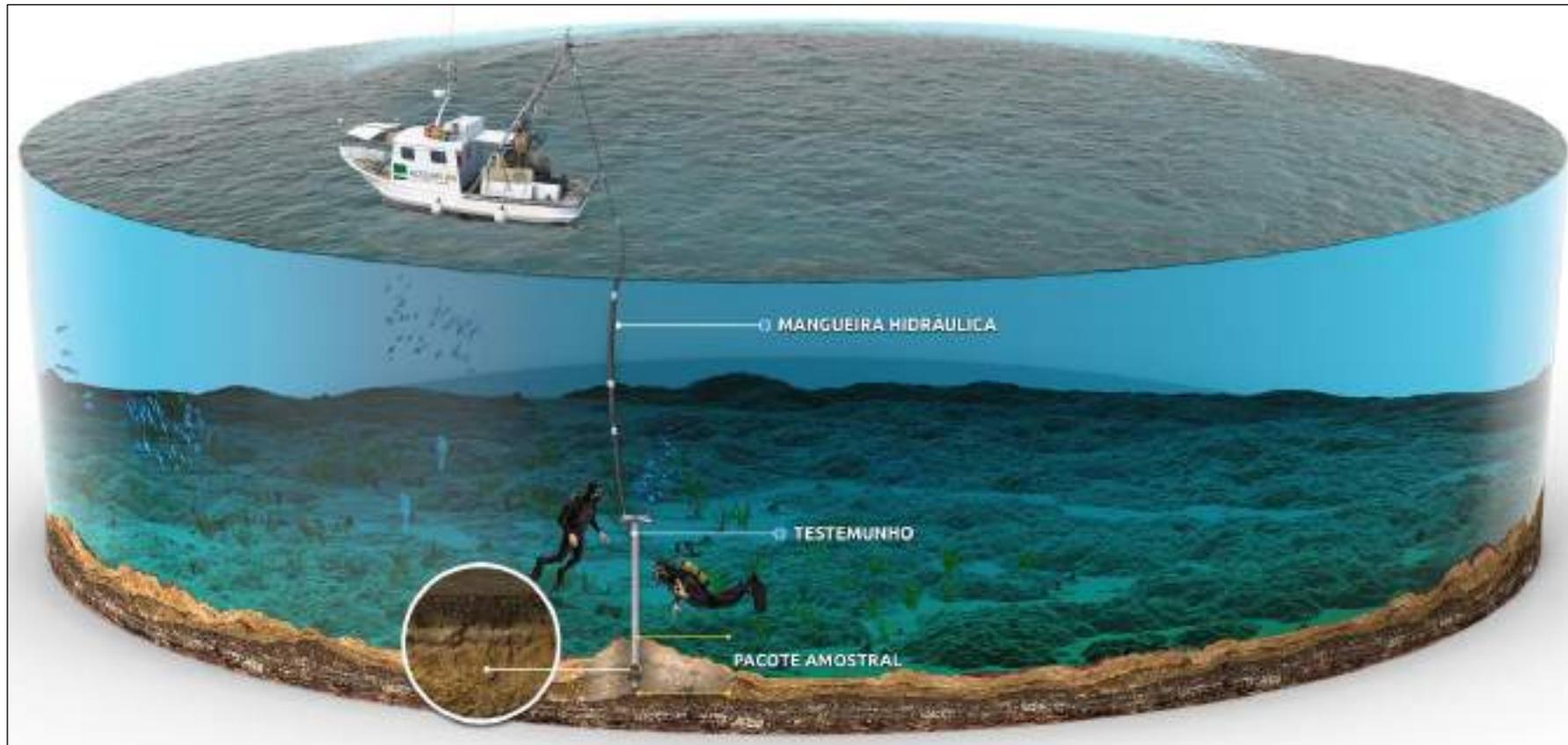


Figura 79. Ilustração esquemática do procedimento de amostragem de testemunho sedimentar por meio da técnica de *Vibracore*.



Figura 80. Procedimento de descida e içamento do tubo de alumínio pelo guincho no sistema de *Vibracore*.

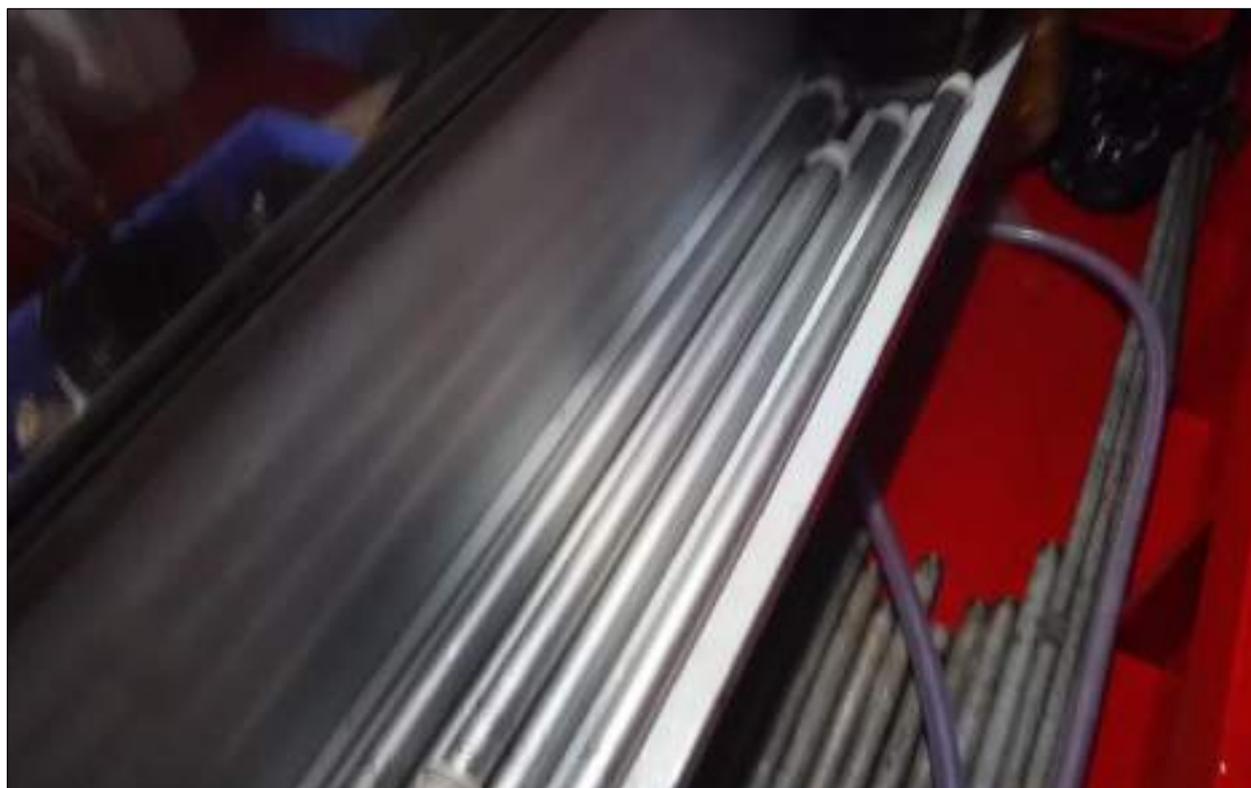


Figura 81. Testemunhos acondicionados a bordo da embarcação.



Figura 82. Procedimento de abertura dos testemunhos de sedimento em bancada.



Figura 83. Testemunho aberto para retirada das amostras e registro da sequência vertical de fácies.



Figura 84. Procedimento de registro das fácies sedimentares e retirada das amostras para envio ao laboratório de análises.

8.2. Caracterização Granulométrica dos Sedimentos a Serem Dragados

A caracterização granulométrica detalhada das amostras de sedimento coletadas ao longo da área do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul é apresentada na Tabela 16 e na Figura 85.

Em relação às amostras coletadas para a avaliação dos sedimentos a serem dragados, os resultados obtidos pelas análises granulométricas indicam um predomínio de sedimentos arenosos.

De forma geral, os pontos localizados na área do canal externo, as contribuições de sedimentos arenosos variaram, na maioria dos pontos amostrados, entre areias médias e finas, com contribuições próximas a 79% entre estas frações.

Importante destacar que a localização horizontal e vertical de cada uma das amostras caracterizadas em detalhe na sequência do texto é apresentada na Tabela 15 e na Figura

66, as quais devem seguir de orientação para a empresa que irá realizar as obras de dragagem de readequação do canal externo.

Tabela 16. Caracterização granulométrica das amostras de sedimento coletadas ao longo do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul.

Nº	Amostra	Local	Prof. Topo Amostra (DHN)	Prof. Base Amostra (DHN)	-1 phi	0 phi	1 phi	2 phi	3 phi	4 phi	% Total Fração Arenosa	5 phi	9 phi	Média phi	Classe Granulométrica
					2mm	1mm	0,5mm	0,25mm	0,125mm	0,0062mm		0,00098mm	Menor que 0,00098mm		
					Cascalho (%)	Areia muito grossa (%)	Areia grossa (%)	Areia média (%)	Areia fina (%)	Areia muito fina (%)		Silte (%)	Argila (%)		
1	17	Canal Externo	-15,78	-16,78	4,68	18,52	33,48	21,67	14,12	0,55	88,34	6,98	0,00	0,94	Areia grossa
2	18	Canal Externo	-15,17	-16,17	3,85	6,47	14,73	28,58	27,49	5,95	83,23	7,91	5,01	1,91	Areia média
3	19	Canal Externo	-16,19	-17,19	0,71	5,36	21,40	15,71	33,15	4,99	80,61	12,88	5,81	2,29	Areia fina
4	20	Canal Externo	-12,22	-12,72	2,26	3,73	19,97	46,13	26,21	1,64	97,68	0,06	0,00	1,49	Areia média
5	21	Canal Externo	-11,06	-11,56	0,21	0,47	10,63	66,51	9,33	12,83	99,78	0,02	0,00	1,77	Areia média
6	22	Canal Externo	-12,01	-12,51	0,76	0,45	4,18	40,57	51,73	2,28	99,21	0,03	0,00	2,03	Areia fina
7	23	Canal Externo	-11,59	-12,09	0,00	0,55	7,56	51,90	37,76	2,18	99,95	0,05	0,00	1,87	Areia média
8	24	Canal Externo	-11,40	-11,90	0,09	0,29	6,67	60,49	31,56	0,84	99,84	0,06	0,00	1,79	Areia média
9	25	Canal Externo	-11,14	-11,64	0,11	0,33	5,88	50,31	41,70	1,65	99,87	0,02	0,00	1,91	Areia média
10	26	Canal Externo	-11,55	-12,05	0,00	0,37	5,74	44,63	47,32	1,92	99,99	0,01	0,00	1,97	Areia média
11	27	Canal Externo	-8,91	-9,41	1,64	0,80	9,65	55,11	31,15	1,63	98,35	0,01	0,00	1,77	Areia média
12	28	Canal Externo	-8,13	-9,13	1,44	0,66	10,36	56,52	29,48	1,54	98,55	0,01	0,00	1,75	Areia média
13	29	Canal Externo	-10,08	-11,08	0,23	0,85	11,80	56,26	29,38	1,47	99,76	0,01	0,00	1,74	Areia média
14	30	Canal Externo	-8,31	-9,31	1,30	0,68	10,60	57,76	28,54	1,12	98,70	0,01	0,00	1,73	Areia média
15	31	Canal Externo	-7,38	-7,88	0,37	1,65	7,04	43,33	23,54	24,06	99,62	0,01	0,00	2,15	Areia fina
16	32	Canal Externo	-7,40	-7,90	1,33	1,27	10,04	50,16	36,16	1,03	98,67	0,01	0,00	1,80	Areia média
17	33	Canal Externo	-6,91	-7,41	1,00	1,21	10,09	45,68	17,88	24,13	98,99	0,01	0,00	2,08	Areia fina
18	34	Canal Externo	-7,22	-7,72	0,12	0,21	1,74	24,27	72,08	1,57	99,87	0,01	0,00	2,23	Areia fina
19	35	Canal Externo	-7,45	-7,95	3,48	7,18	14,05	44,46	29,72	1,10	96,51	0,01	0,00	1,48	Areia média
20	36	Canal Externo	-7,74	-8,24	1,24	2,58	10,98	32,37	51,82	1,00	98,75	0,01	0,00	1,93	Areia média
21	37	Canal Externo	-7,30	-7,80	1,73	2,13	7,89	31,58	54,08	2,58	98,26	0,01	0,00	2,00	Areia fina
22	38	Canal Externo	-6,72	-7,22	0,51	1,10	13,06	41,17	42,96	1,21	99,48	0,01	0,00	1,85	Areia média
23	39	Canal Externo	-7,14	-8,14	0,27	0,29	3,63	44,58	49,84	1,39	99,73	0,00	0,00	2,00	Areia média
24	40	Canal Externo	-5,75	-6,75	0,16	0,65	7,10	49,63	41,40	1,07	99,84	0,00	0,00	1,88	Areia média
25	41	Canal Externo	-6,03	-7,03	0,00	0,54	5,39	49,78	43,20	1,07	99,99	0,01	0,00	1,91	Areia média
26	42	Canal Externo	-5,94	-6,94	0,19	0,50	7,10	57,45	34,05	0,70	99,80	0,00	0,00	1,81	Areia média
27	43	Canal Externo	-5,84	-6,84	0,35	0,55	6,75	48,43	42,51	1,39	99,64	0,01	0,00	1,90	Areia média
28	44	Canal Externo	-5,86	-6,86	0,25	0,51	8,10	57,22	33,21	0,71	99,74	0,00	0,00	1,79	Areia média
29	45	Canal Externo	-6,31	-7,31	0,15	0,56	6,47	50,50	41,13	1,17	99,84	0,01	0,00	1,89	Areia média
30	46	Canal Externo	-5,76	-6,76	0,34	0,37	6,01	54,54	37,79	0,93	99,65	0,01	0,00	1,86	Areia média
31	47	Canal Externo	-5,81	-6,81	0,34	0,65	6,76	48,25	42,77	1,21	99,65	0,01	0,00	1,90	Areia média
32	48	Canal Externo	-6,16	-6,66	0,49	0,51	4,88	49,20	44,17	0,74	99,50	0,01	0,00	1,92	Areia média
33	49	Canal Externo	-6,03	-6,53	0,00	0,34	2,17	29,29	67,13	1,06	99,99	0,01	0,00	2,17	Areia fina
34	50	Canal Externo	-6,60	-7,10	0,13	0,06	0,84	23,10	73,55	2,32	99,86	0,01	0,00	2,27	Areia fina
35	51	Canal Externo	-6,28	-6,78	0,54	0,31	2,45	31,68	63,39	1,62	99,45	0,01	0,00	2,14	Areia fina
36	52	Canal Externo	-6,37	-6,87	0,50	4,18	17,40	28,63	47,52	1,74	99,48	0,02	0,00	1,78	Areia média
37	53	Canal Externo	-6,46	-6,96	0,15	0,43	3,28	27,29	66,34	2,49	99,83	0,02	0,00	2,18	Areia fina
38	54	Canal Externo	-5,40	-5,90	0,37	0,81	4,16	45,33	48,68	0,66	99,63	0,01	0,00	1,97	Areia média
39	55	Canal Externo	-5,94	-6,44	0,92	1,98	7,18	34,04	54,46	1,41	99,07	0,01	0,00	2,01	Areia fina

Nº	Amostra	Local	Prof. Topo Amostra (DHN)	Prof. Base Amostra (DHN)	-1 phi	0 phi	1 phi	2 phi	3 phi	4 phi	% Total Fração Arenosa	5 phi	9 phi	Média phi	Classe Granulométrica
					2mm	1mm	0,5mm	0,25mm	0,125mm	0,0062mm		0,00098mm	Menor que 0,00098mm		
					Cascalho (%)	Areia muito grossa (%)	Areia grossa (%)	Areia média (%)	Areia fina (%)	Areia muito fina (%)		Silte (%)	Argila (%)		
40	56	Canal Externo	-6,17	-6,67	0,43	0,75	8,39	40,35	48,86	1,20	99,56	0,01	0,00	1,95	Areia média
41	57	Canal Externo	-6,74	-7,24	0,00	0,94	6,89	28,98	61,54	1,63	99,99	0,01	0,00	2,09	Areia fina
42	58A	Canal Externo	-4,12	-5,46	0,32	0,64	5,34	32,29	60,74	0,66	99,67	0,01	0,00	2,08	Areia fina
43	58B	Canal Externo	-5,46	-6,71	0,00	0,04	0,11	1,15	87,11	11,21	99,63	0,37	0,00	2,56	Areia fina
44	58C	Canal Externo	-6,71	-7,96	0,13	0,40	1,22	19,12	76,81	2,29	99,84	0,03	0,00	2,32	Areia fina
45	58D	Canal Externo	-6,71	-7,96	0,00	0,10	0,75	10,79	85,18	3,16	99,97	0,03	0,00	2,45	Areia fina
46	58E	Canal Externo	-7,96	-9,26	0,08	0,34	0,68	6,34	86,20	6,32	99,88	0,04	0,00	2,49	Areia fina
47	58F	Canal Externo	-7,96	-9,26	0,00	0,07	0,29	2,06	87,66	9,46	99,54	0,46	0,00	2,54	Areia fina
48	58G	Canal Externo	-9,26	-10,76	0,00	0,05	0,16	1,23	89,05	9,48	99,97	0,03	0,00	2,55	Areia fina
49	58H	Canal Externo	-9,26	-10,76	0,02	0,03	0,13	0,88	85,25	13,45	99,74	0,24	0,00	2,57	Areia fina
50	58I	Canal Externo	-10,76	-11,93	0,23	0,28	2,00	35,13	61,41	0,93	99,75	0,02	0,00	2,11	Areia fina
51	58J	Canal Externo	-11,93	-13,37	0,00	0,03	0,10	1,07	83,76	14,89	99,86	0,14	0,00	2,58	Areia fina
52	59	Canal Externo	-6,41	-6,91	2,84	0,67	3,57	28,09	63,75	1,07	97,16	0,00	0,00	2,11	Areia fina
53	60	Canal Externo	-6,42	-7,42	0,57	0,98	4,25	25,46	51,52	17,22	99,43	0,01	0,00	2,28	Areia fina
54	61	Canal Externo	-6,57	-7,57	0,80	0,42	3,25	27,55	66,73	1,25	99,20	0,01	0,00	2,16	Areia fina
55	62	Canal Externo	-6,51	-7,51	1,94	0,67	4,03	24,49	67,40	1,47	98,05	0,01	0,00	2,15	Areia fina
56	63	Canal Externo	-6,48	-7,48	2,07	0,45	3,12	27,13	65,88	1,20	97,79	0,14	0,00	2,14	Areia fina
57	64	Canal Externo	-6,18	-7,18	1,00	0,71	3,85	25,30	68,14	0,99	98,99	0,01	0,00	2,16	Areia fina
58	65	Canal Externo	-6,59	-7,59	0,85	1,29	6,01	28,94	61,84	1,06	99,14	0,01	0,00	2,08	Areia fina
59	66	Canal Externo	-6,27	-7,27	0,95	0,45	3,30	27,15	66,66	1,48	99,04	0,01	0,00	2,16	Areia fina
60	67	Canal Externo	-6,26	-7,26	1,37	1,42	5,91	26,62	63,72	0,97	98,63	0,01	0,00	2,09	Areia fina
61	68	Canal Externo	-6,43	-7,43	1,03	1,51	6,63	30,96	58,87	1,00	98,95	0,01	0,00	2,05	Areia fina
62	69A	Canal Externo	-6,29	-7,21	0,00	0,27	5,63	55,73	36,98	1,37	99,98	0,02	0,00	1,86	Areia média
63	69B	Canal Externo	-7,21	-8,19	0,18	0,73	3,93	50,00	43,55	1,59	99,80	0,02	0,00	1,93	Areia média
64	69C	Canal Externo	-8,19	-9,42	0,08	0,36	5,19	50,61	41,12	2,63	99,90	0,02	0,00	1,92	Areia média
65	69D	Canal Externo	-9,42	-10,47	0,50	1,37	10,20	30,75	51,95	5,22	99,48	0,02	0,00	2,02	Areia fina
66	69E	Canal Externo	-9,42	-10,47	0,31	0,67	3,91	26,95	62,97	4,98	99,49	0,20	0,00	2,18	Areia fina
67	69F	Canal Externo	-10,47	-10,51	0,00	0,02	0,09	1,31	89,23	9,27	99,91	0,09	0,00	2,54	Areia fina
68	69G	Canal Externo	-10,47	-10,51	3,78	0,60	1,75	5,90	78,67	9,20	96,13	0,09	0,00	2,48	Areia fina
69	70	Canal Externo	-11,01	-11,51	0,57	2,25	24,06	49,17	22,79	1,12	99,39	0,04	0,00	1,46	Areia média
70	71	Canal Externo	-11,66	-12,66	0,22	1,02	13,31	62,28	22,31	0,86	99,77	0,01	0,00	1,64	Areia média
71	72	Canal Externo	-10,90	-11,90	0,37	1,55	18,97	58,53	20,05	0,52	99,62	0,01	0,00	1,49	Areia média
72	73	Canal Externo	-9,99	-10,99	2,02	0,87	13,85	60,15	22,20	0,90	97,97	0,01	0,00	1,61	Areia média
73	74	Canal Externo	-10,14	-11,14	0,76	0,63	14,94	55,68	26,83	1,14	99,23	0,01	0,00	1,68	Areia média
74	75A	Canal Externo	-4,97	-5,66	0,46	1,34	14,74	53,03	30,14	0,28	99,53	0,01	0,00	1,69	Areia média
75	75B	Canal Externo	-5,66	-6,53	1,84	1,06	7,23	43,77	45,48	0,61	98,15	0,01	0,00	1,90	Areia média
76	75C	Canal Externo	-6,53	-7,40	0,00	0,50	4,60	37,38	56,77	0,73	99,99	0,01	0,00	2,05	Areia fina
77	75D	Canal Externo	-7,40	-8,28	0,05	0,15	1,51	31,80	64,98	1,50	99,94	0,01	0,00	2,16	Areia fina
78	75E	Canal Externo	-8,28	-9,32	0,07	0,33	2,70	21,42	72,47	2,98	99,91	0,02	0,00	2,26	Areia fina
79	75F	Canal Externo	-9,32	-9,93	0,23	0,60	4,92	28,14	62,95	3,08	99,68	0,08	0,00	2,14	Areia fina

Nº	Amostra	Local	Prof. Topo Amostra (DHN)	Prof. Base Amostra (DHN)	-1 phi	0 phi	1 phi	2 phi	3 phi	4 phi	% Total Fração Arenosa	5 phi	9 phi	Média phi	Classe Granulométrica
					2mm	1mm	0,5mm	0,25mm	0,125mm	0,0062mm		0,00098mm	Menor que 0,00098mm		
					Cascalho (%)	Areia muito grossa (%)	Areia grossa (%)	Areia média (%)	Areia fina (%)	Areia muito fina (%)		Silte (%)	Argila (%)		
80	75G	Canal Externo	-9,93	-10,58	0,03	0,42	2,91	20,16	73,63	2,81	99,94	0,03	0,00	2,27	Areia fina
81	76	Canal Externo	-10,57	-11,07	1,37	0,95	6,11	41,47	47,23	2,86	98,61	0,02	0,00	1,97	Areia média
82	77	Canal Externo	-13,96	-14,46	0,93	0,83	2,87	9,62	63,07	22,54	98,93	0,14	0,00	2,63	Areia fina
83	78	Canal Externo	-11,60	-12,10	3,76	2,04	9,77	34,31	46,47	3,62	96,21	0,03	0,00	1,92	Areia média
84	79	Canal Externo	-11,35	-11,85	4,02	1,61	12,55	41,62	37,23	2,95	95,96	0,02	0,00	1,75	Areia média
85	80	Canal Externo	-9,29	-9,79	0,00	0,06	0,45	3,06	86,66	9,72	99,95	0,05	0,00	2,54	Areia fina
86	81	Canal Externo	-8,87	-9,87	0,00	0,40	1,18	1,84	84,02	12,30	99,75	0,25	0,00	2,55	Areia fina
87	82	Canal Externo	-9,92	-10,92	0,00	0,07	0,40	2,15	84,84	12,48	99,94	0,06	0,00	2,56	Areia fina
88	83	Canal Externo	-9,80	-10,80	0,00	0,13	0,42	1,34	85,05	12,87	99,81	0,19	0,00	2,57	Areia fina
89	84	Canal Externo	-8,86	-9,86	0,00	0,06	0,33	1,87	83,29	14,34	99,88	0,12	0,00	2,57	Areia fina
90	85	Canal Externo	-14,60	-15,10	1,16	1,50	2,60	6,11	74,00	14,52	98,72	0,12	0,00	2,52	Areia fina
91	86	Canal Externo	-12,20	-12,70	3,74	2,53	5,66	21,08	60,49	6,45	96,21	0,05	0,00	2,11	Areia fina
92	87	Canal Externo	-11,35	-11,85	7,52	2,86	4,46	17,81	63,42	3,91	92,45	0,03	0,00	2,05	Areia fina
93	88	Canal Externo	-13,90	-14,40	1,95	5,14	11,70	19,20	36,84	25,09	97,98	0,07	0,00	2,15	Areia fina
94	89	Canal Externo	-10,83	-11,33	0,03	0,37	1,24	7,21	87,33	3,79	99,94	0,03	0,00	2,47	Areia fina
95	90	Canal Externo	-9,12	-9,62	0,10	0,15	0,22	2,16	88,02	9,31	99,86	0,04	0,00	2,54	Areia fina
96	91	Canal Externo	-9,99	-10,49	1,40	1,82	3,25	5,74	83,29	4,40	98,49	0,12	0,00	2,45	Areia fina
97	92	Canal Externo	-13,98	-14,48	0,68	1,36	2,11	4,46	62,78	28,36	99,07	0,24	0,00	2,74	Areia fina
98	93	Canal Externo	-14,00	-14,50	0,27	0,34	0,88	2,14	75,22	17,17	95,75	3,98	0,00	2,69	Areia fina
99	94	Canal Externo	-10,18	-10,68	0,00	0,09	0,05	0,55	95,58	3,71	99,98	0,02	0,00	2,52	Areia fina
100	95	Canal Externo	-8,06	-8,56	0,02	0,09	0,30	3,04	93,94	2,60	99,96	0,02	0,00	2,50	Areia fina
101	96	Canal Externo	-6,04	-6,54	0,00	0,04	0,22	0,74	77,52	21,46	100,00	0,00	0,00	2,69	Areia fina
102	97	Canal Externo	-6,81	-7,31	0,03	0,13	0,22	1,37	94,08	4,16	99,96	0,02	0,00	2,51	Areia fina
103	98	Canal Externo	-5,65	-6,15	0,00	0,02	0,09	0,87	95,49	3,48	99,96	0,04	0,00	2,51	Areia fina
104	99	Canal Externo	-6,49	-6,99	0,00	0,01	0,05	0,44	92,75	6,74	99,98	0,02	0,00	2,53	Areia fina
105	100	Canal Externo	-6,46	-6,96	0,00	0,03	0,05	0,31	88,38	11,20	99,96	0,04	0,00	2,56	Areia fina
106	101	Canal Externo	-6,71	-7,21	0,00	0,01	0,06	0,23	86,42	13,22	99,94	0,06	0,00	2,58	Areia fina
107	102	Canal Externo	-7,27	-7,77	0,00	0,00	0,06	0,40	90,92	8,59	99,97	0,03	0,00	2,55	Areia fina
108	103	Canal Externo	-10,36	-10,86	0,12	0,08	0,33	1,86	39,73	49,67	91,68	8,20	0,00	3,12	Areia muito fina
109	104	Canal Externo	-9,90	-10,40	0,03	0,03	0,20	1,83	46,47	47,96	96,49	3,47	0,00	3,02	Areia muito fina
110	105	Canal Externo	-9,76	-10,26	0,00	0,06	0,23	2,16	37,09	57,85	97,39	2,61	0,00	3,11	Areia muito fina
111	106	Canal Externo	-10,30	-10,80	0,06	0,23	0,67	3,56	23,48	60,02	87,97	6,48	5,50	3,26	Areia muito fina
112	107	Canal Externo	-11,18	-11,68	5,44	0,41	1,31	5,18	56,54	29,98	93,42	1,14	0,00	2,75	Areia fina
113	108	Canal Externo	-11,06	-11,56	1,62	0,62	1,44	6,16	64,87	25,03	98,12	0,26	0,00	2,70	Areia fina
114	109	Canal Externo	-10,89	-11,39	10,24	0,74	1,80	6,39	49,71	30,80	89,45	0,31	0,00	2,54	Areia fina
115	110	Canal Externo	-11,46	-11,96	0,47	0,34	1,29	5,87	50,72	18,62	76,84	22,69	0,00	3,09	Areia muito fina
116	111	Canal Externo	-11,67	-12,17	3,98	2,27	5,47	14,45	34,48	33,94	90,61	5,41	0,00	2,56	Areia fina
117	112	Canal Externo	-11,56	-12,06	1,91	1,01	3,12	9,34	56,84	21,73	92,04	6,05	0,00	2,72	Areia fina
118	113	Canal Externo	-13,30	-13,80	0,16	0,23	0,34	0,70	17,94	46,70	65,91	19,27	14,66	3,80	Areia muito fina
119	114	Canal Externo	-11,66	-12,16	2,00	0,87	2,15	6,60	54,56	22,94	87,12	5,74	5,14	2,85	Areia fina

Nº	Amostra	Local	Prof. Topo Amostra (DHN)	Prof. Base Amostra (DHN)	-1 phi	0 phi	1 phi	2 phi	3 phi	4 phi	% Total Fração Arenosa	5 phi	9 phi	Média phi	Classe Granulométrica
					2mm	1mm	0,5mm	0,25mm	0,125mm	0,0062mm		0,00098mm	Menor que 0,00098mm		
					Cascalho (%)	Areia muito grossa (%)	Areia grossa (%)	Areia média (%)	Areia fina (%)	Areia muito fina (%)		Silte (%)	Argila (%)		
120	115	Canal Externo	-13,45	-13,95	0,31	0,52	1,19	3,75	26,88	43,84	76,18	12,93	10,59	3,45	Areia muito fina
121	116	Canal Externo	-12,49	-12,99	3,47	0,90	2,27	16,39	65,47	10,44	95,48	1,06	0,00	2,31	Areia fina
122	117	Canal Externo	-14,20	-14,70	0,00	0,08	0,19	0,68	18,55	44,43	63,94	20,45	15,61	3,83	Areia muito fina
123	118	Canal Externo	-13,85	-14,35	2,82	1,53	3,61	6,99	62,64	15,27	90,04	7,14	0,00	2,67	Areia fina
124	119	Canal Externo	-13,60	-14,10	6,14	1,59	4,52	9,80	60,29	11,98	88,17	5,69	0,00	2,33	Areia fina
125	120	Canal Externo	-14,18	-14,68	2,15	2,61	13,25	28,59	37,97	10,53	92,95	4,91	0,00	1,98	Areia média
126	121	Canal Externo	-14,23	-14,73	0,34	0,47	4,44	20,24	53,84	19,38	98,37	1,29	0,00	2,41	Areia fina
127	122	Canal Externo	-17,87	-18,37	0,00	0,10	0,25	2,49	46,32	22,44	71,60	19,00	9,40	3,33	Areia muito fina
128	123	Canal Externo	-17,42	-17,92	13,83	8,93	24,66	40,73	11,01	0,79	86,12	0,04	0,00	0,73	Areia grossa
129	124	Canal Externo	-17,94	-18,44	10,70	4,92	14,17	40,13	28,14	1,84	89,20	0,10	0,00	1,34	Areia média
130	125	Canal Externo	-8,45	-8,95	1,95	3,96	6,43	12,55	71,72	3,37	98,03	0,02	0,00	2,16	Areia fina
131	126	Canal Externo	-8,98	-9,98	4,54	5,75	13,14	13,69	59,64	3,24	95,45	0,01	0,00	1,81	Areia média
132	127	Canal Externo	-8,70	-9,70	4,12	12,75	20,47	13,04	47,63	1,97	95,86	0,01	0,00	1,54	Areia média
133	128	Canal Externo	-8,45	-9,45	4,65	5,04	15,88	17,07	53,73	3,62	95,33	0,02	0,00	1,77	Areia média
134	129	Canal Externo	-8,20	-9,20	5,14	6,98	15,32	13,51	55,52	3,52	94,83	0,03	0,00	1,73	Areia média
135	130A	Canal Externo	-5,38	-6,04	0,03	0,04	0,19	1,09	93,21	5,42	99,94	0,03	0,00	2,52	Areia fina
136	130B	Canal Externo	-6,04	-7,04	0,12	0,24	0,31	1,44	86,82	11,02	99,83	0,05	0,00	2,55	Areia fina
137	130C	Canal Externo	-7,04	-8,04	1,34	3,07	5,49	13,96	70,41	5,57	98,49	0,17	0,00	2,22	Areia fina
138	130D	Canal Externo	-8,04	-9,04	0,11	0,35	0,53	3,55	58,65	36,23	99,32	0,57	0,00	2,85	Areia fina
139	130E	Canal Externo	-9,04	-10,04	0,60	0,42	0,43	3,36	82,50	12,41	99,11	0,29	0,00	2,55	Areia fina
140	131	Canal Externo	-8,65	-9,15	3,81	9,69	28,16	48,27	9,07	0,98	96,18	0,01	0,00	1,05	Areia média
141	132	Canal Externo	-8,71	-9,71	3,20	13,64	31,03	40,16	10,62	1,34	96,80	0,01	0,00	0,96	Areia grossa
142	133	Canal Externo	-8,35	-9,35	6,53	12,23	29,87	41,41	8,84	1,11	93,46	0,02	0,00	0,89	Areia grossa
143	134	Canal Externo	-8,65	-9,65	3,45	15,40	32,62	39,59	8,14	0,79	96,54	0,01	0,00	0,86	Areia grossa
144	135	Canal Externo	-8,69	-9,69	4,94	12,39	29,28	42,07	9,92	1,39	95,05	0,01	0,00	0,95	Areia grossa
145	136A	Canal Externo	-7,10	-7,80	0,26	0,37	1,47	33,94	60,95	3,00	99,73	0,01	0,00	2,14	Areia fina
146	136B	Canal Externo	-7,80	-8,87	1,56	0,34	2,13	26,09	67,23	2,63	98,42	0,02	0,00	2,19	Areia fina
147	136C	Canal Externo	-8,87	-9,97	0,19	0,26	2,21	24,36	68,12	4,84	99,80	0,02	0,00	2,24	Areia fina
148	136D	Canal Externo	-9,97	-11,20	0,46	0,51	4,04	20,02	69,81	5,11	99,49	0,05	0,00	2,25	Areia fina
149	136E	Canal Externo	-9,97	-11,20	0,57	1,22	11,16	35,60	45,22	5,62	98,81	0,62	0,00	1,97	Areia média
150	136F	Canal Externo	-11,20	-11,60	2,05	1,68	5,40	24,89	61,34	4,56	97,87	0,08	0,00	2,12	Areia fina

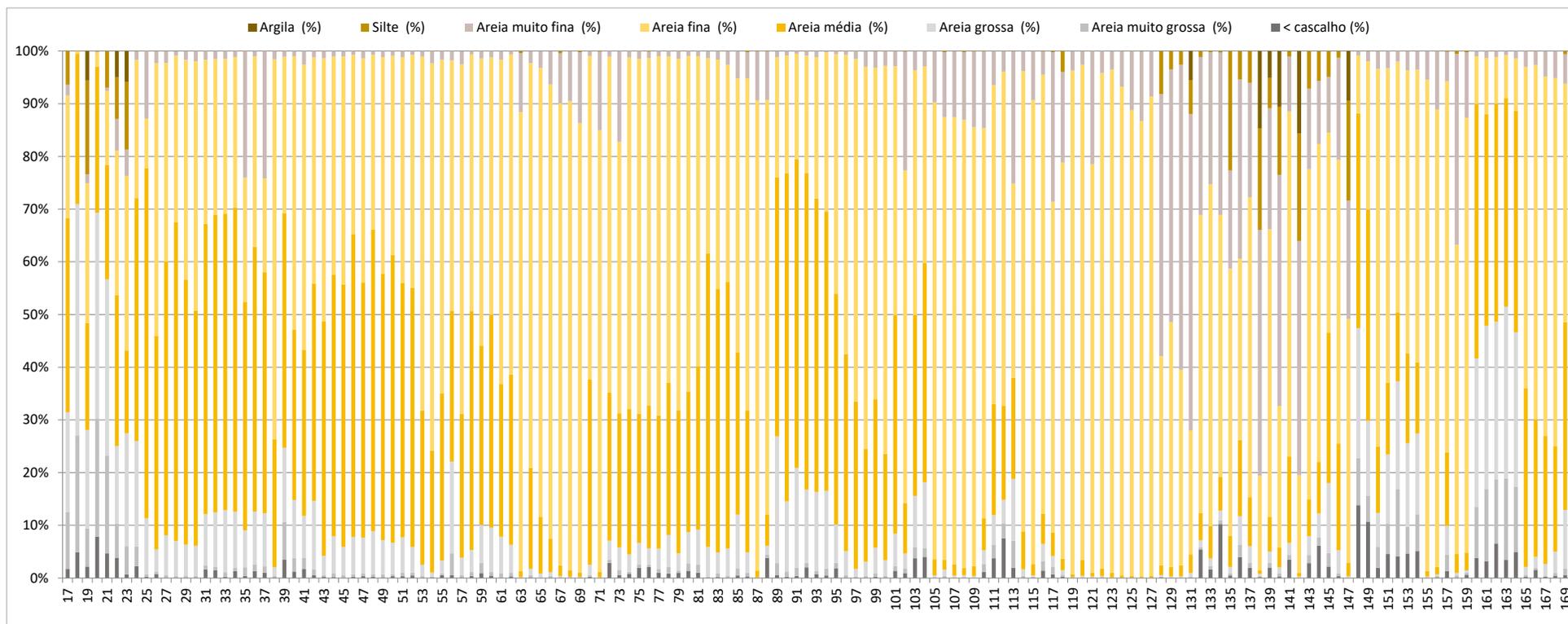


Figura 85. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na área da readequação do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul.

8.2.1. Matéria Orgânica, Carbonatos e Parâmetros Químicos

Com relação aos teores de matéria orgânica nos sedimentos, estes acompanharam as características granulométricas de cada amostra, com maiores valores de MO nos pontos onde os sedimentos lamosos foram predominantes. Esta relação entre sedimentos finos e matéria orgânica pode ser verificada na Figura 87, onde se observa uma forte relação entre os teores de lama (silte + argila) e as concentrações de matéria orgânica verificadas nas amostras, indicando que 98% da concentração de MO nos sedimentos pode ser explicada pelos percentuais de sedimentos lamosos ($r=0,98$). Destaca-se que no canal externo foram observados maiores percentuais de matéria orgânica nos pontos amostrais que apresentaram incremento de sedimentos mais finos. Além disso, é importante observar que a concentração média de matéria orgânica na área do canal externo é de 0,582%, sendo que o maior valor é de 5,82%, observado para a amostra #113.

Para os teores de carbonatos, não foi verificada uma relação linear forte com os teores de sedimentos finos, sendo observada em geral a ocorrência de maiores concentrações de carbonatos em amostras com maiores percentuais de sedimentos entre areia média e cascalho (Figura 87).

Os maiores teores de carbonatos verificados podem estar relacionados com a batimetria local, uma vez que, de acordo com Vieira *et al.* (2008), os maiores teores de carbonatos na baía de Babitonga estão relacionados a areias bem selecionadas do canal central e que possuem relação com áreas de maior profundidade. Cabe ressaltar, no entanto, que de acordo com o estudo citado acima, os sedimentos da baía alcançariam concentrações de carbonatos superiores a 30%, nível superior aos verificados nos resultados apresentados no presente estudo.

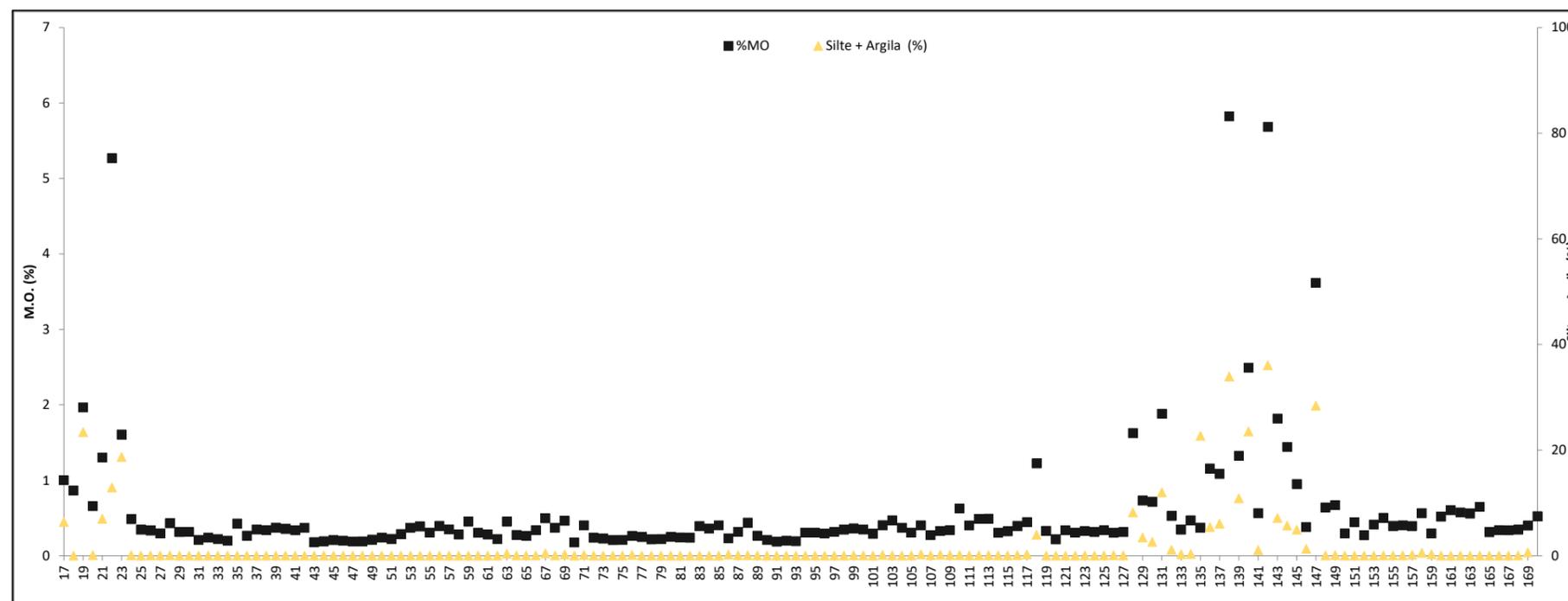


Figura 86. Relação entre sedimentos finos – silte e argila (%) e matéria orgânica nas amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada para a readequação e aprofundamento do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul.

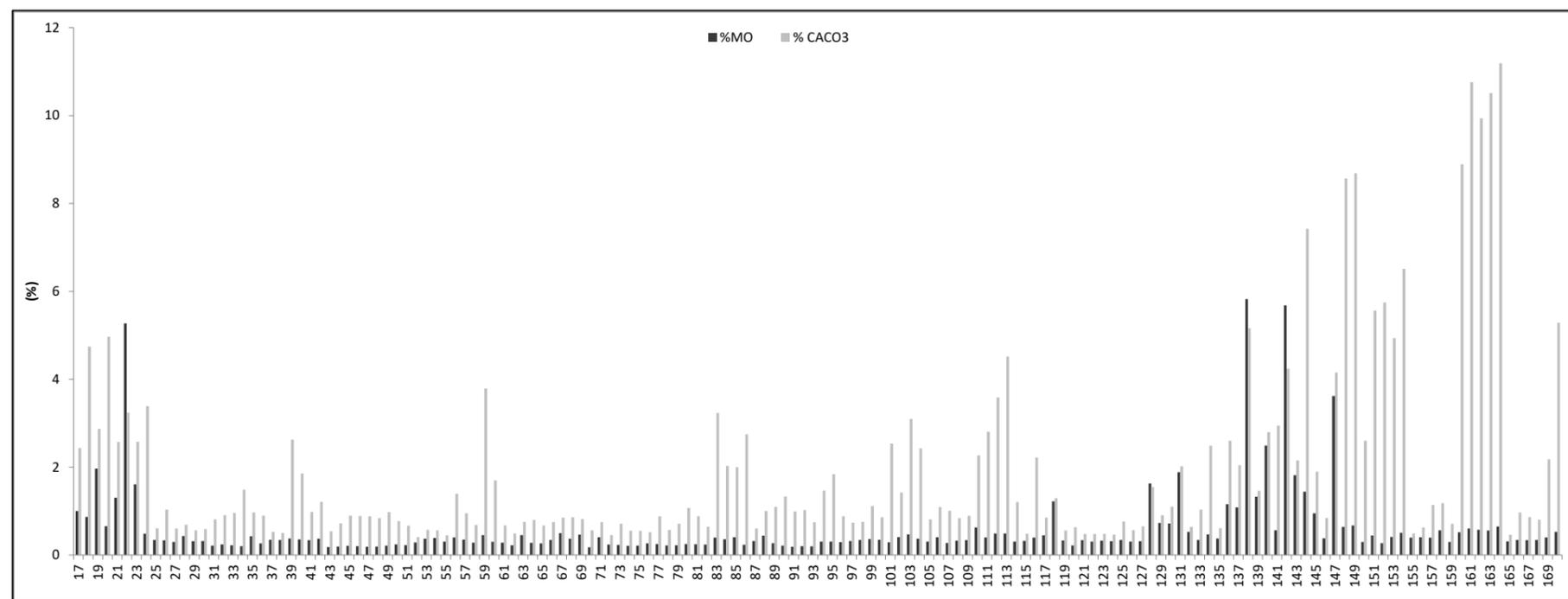


Figura 87. Percentuais de matéria orgânica e carbonato de cálcio nas amostras de sedimento coletadas na área de na área a ser dragada para a readequação e aprofundamento do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco de Sul.

As concentrações de carbono orgânico total (COT), nitrogênio Kjeldahl total e de fósforo total apresentaram valores inferiores aos respectivos valores orientadores definidos pela Resolução CONAMA 454/2012 (10%, 4.800 mg/kg e 2.000 mg/kg, respectivamente), para as amostras das áreas do canal externo. Importante destacar que para algumas amostras não é possível visualizar as concentrações de carbono orgânico total única e exclusivamente em função da escala gráfica de representação, uma vez que a grande maioria das amostras apresentou concentrações muito pequenas, abaixo do limite de verificação (Figura 88). Além disso, a fim de otimizar a representação da figura, não foram inseridos todos os rótulos de amostras, os quais estão apresentados em um intervalo de cinco (5) amostras.

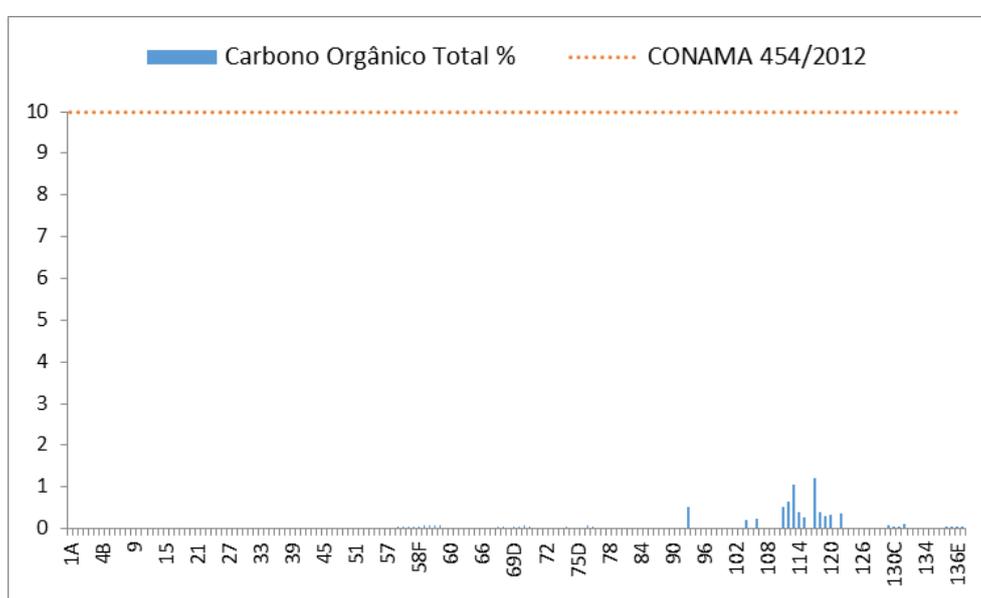


Figura 88. Percentuais de Carbono Orgânico Total (%) para as amostras de sedimentos coletadas na área a ser dragada.

Os maiores percentuais de carbono orgânico total nas amostras dos sedimentos a serem dragados foram observados nos pontos amostrais do canal externo, porém, mantendo-se em concentrações muito pequenas, inferiores a 2%.

Em relação aos valores de nitrogênio Kjeldahl total, observou-se uma correlação positiva com os percentuais de matéria orgânica observados nos sedimentos a serem dragados ($r=0,56$). Os maiores valores foram observados nas amostras onde se observou uma maior contribuição de sedimentos finos (Figura 89).

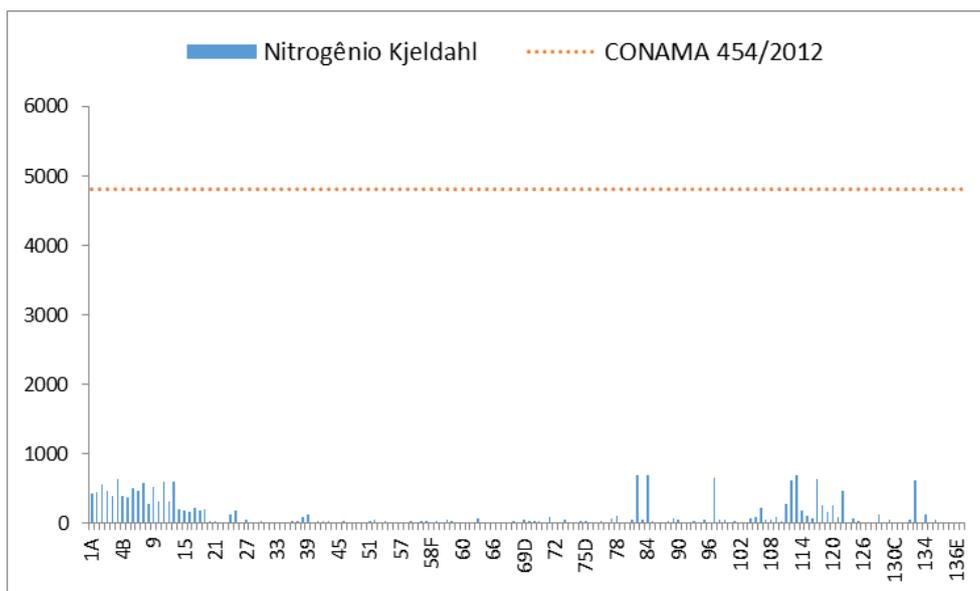


Figura 89. Percentuais de Carbono Orgânico Total (%) para as amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada.

As concentrações de fósforo total observadas nas amostras dos sedimentos a serem dragados apresentaram os maiores valores nos pontos amostrais do canal externo onde houve maior contribuição de sedimentos finos e matéria orgânica, com uma correlação positiva de $r=0,69$.

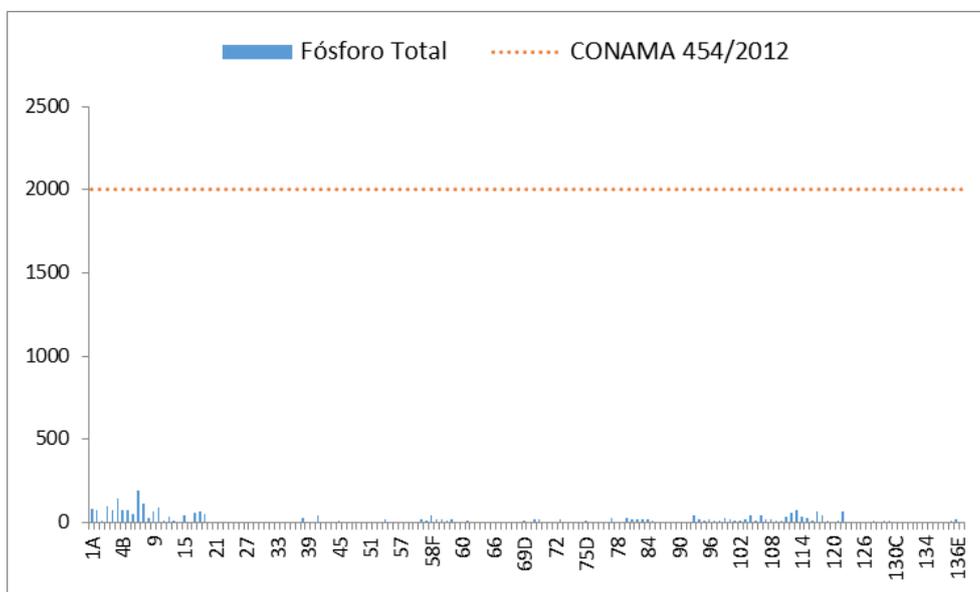


Figura 90. Concentração de Fósforo total (mg/Kg) para as amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada.

Outros elementos avaliados, segundo recomendações da Resolução CONAMA N° 454/2012, e conforme apresentado abaixo, não apresentaram valores detectáveis nos sedimentos analisados nas 150 (cento e cinquenta) amostras coletadas na área de dragagem do sistema aquaviário:

- ✓ Pesticidas organoclorados: HCH (Alfa-HCH), HCH Beta, HCH (Delta-HCH), Lindano (g-HCH), Clordano (Alfa), Clordano (Gama), DDD, DDE, DDT, Dieldrin, Endrin.
- ✓ Bifenilas Policloradas – PCBs.
- ✓ Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAPs): Grupo A - Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno; Grupo B - Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, 2-Metilnaftaleno, Naftaleno, Pireno.
- ✓ TBT – Tributilestanho.

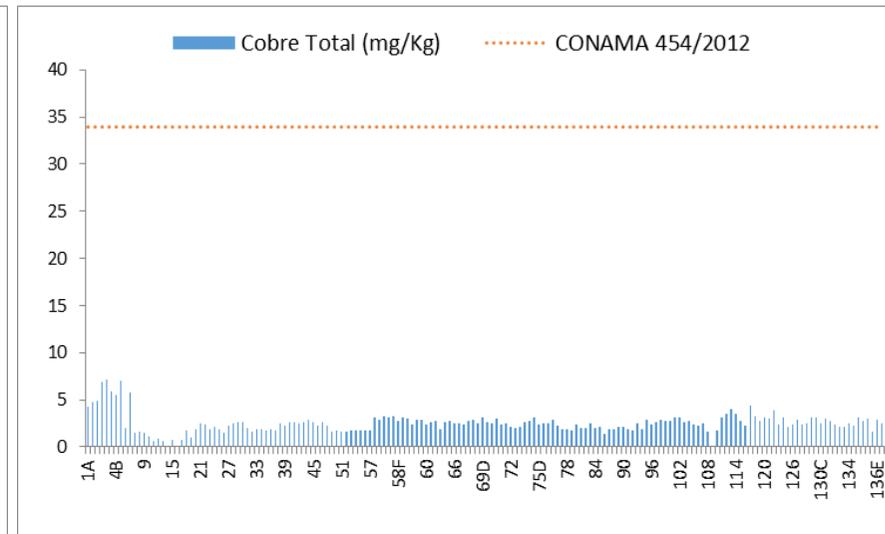
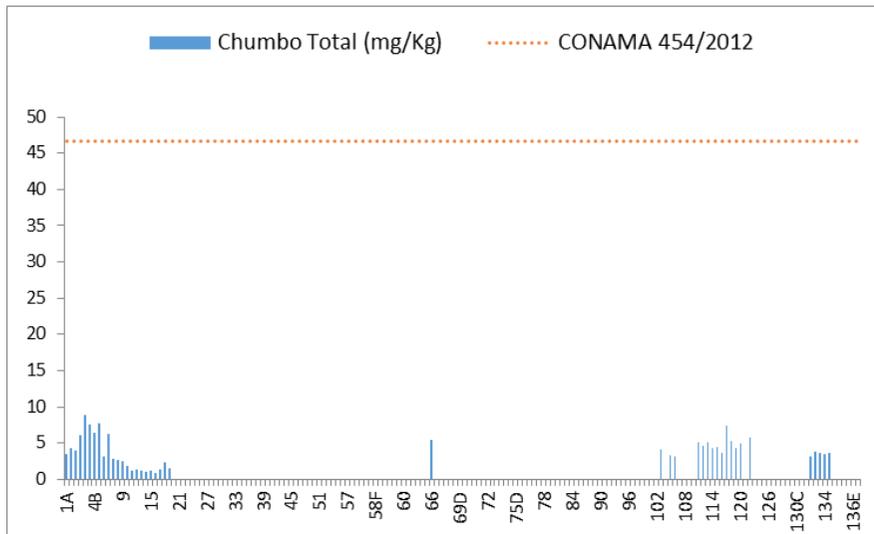
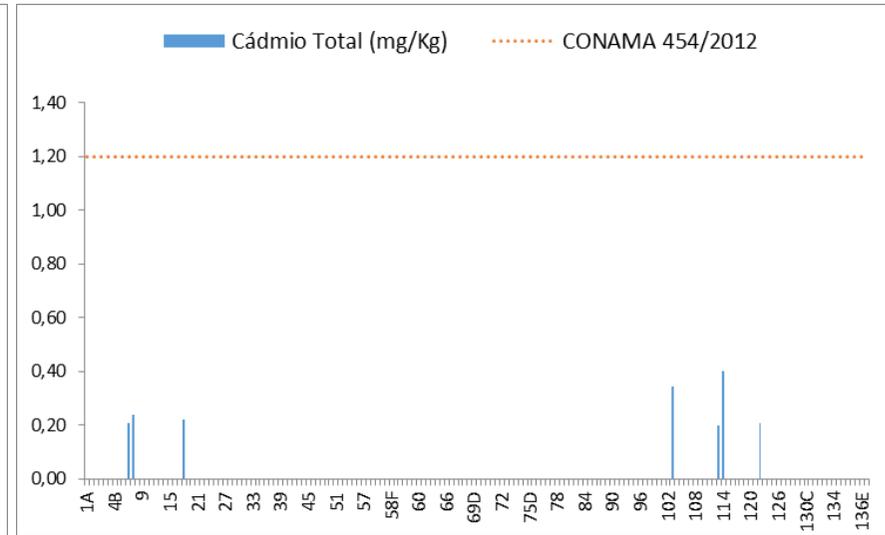
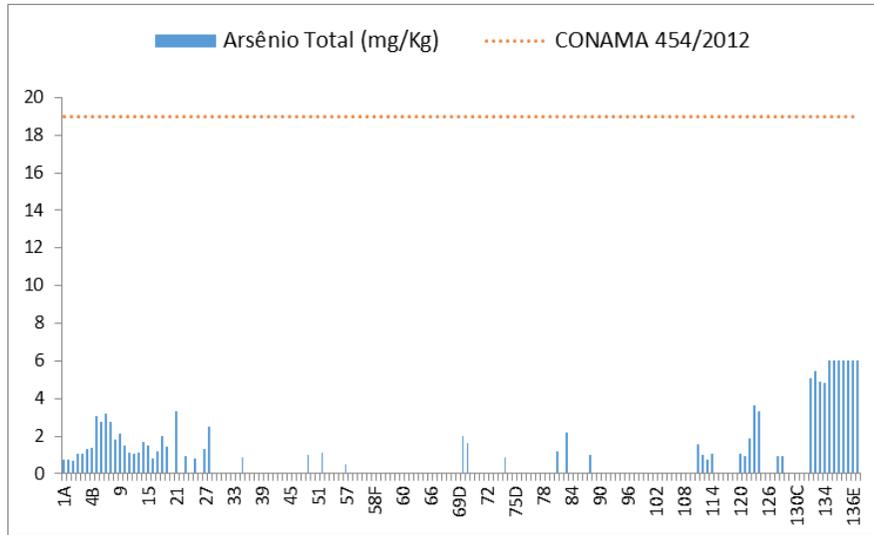
As concentrações observadas nas amostras consideradas para a avaliação da qualidade dos sedimentos a serem dragados, foram inferiores aos limites de quantificação dos métodos e inferiores ao nível 1 para águas salinas e salobras de todas as substâncias analisadas. Este mesmo resultado foi observado para as amostras de sedimentos superficiais coletados na área do bota-fora Alfa entre fevereiro e novembro de 2017, apresentado na sequência do texto.

As concentrações dos metais e semimetais analisados mantiveram-se em valores consideravelmente inferiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 454/2012 para o nível 1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota) em águas salinas/salobras. Importante observar que para o mercúrio, nenhuma amostra apresentou valor acima dos limites de quantificação.

Em relação às amostras coletadas para avaliação da qualidade dos sedimentos a serem dragados, para os metais chumbo e cromo, observou-se uma correlação positiva entre os percentuais de matéria orgânica, sedimentos finos e as concentrações destes metais nos sedimentos. Para os metais arsênio, cádmio e níquel não foram observadas relações entre a granulometria dos sedimentos e as concentrações observadas. As concentrações de cobre e zinco apresentaram pouca variação das concentrações entre todas as amostras analisadas. Ressalta-se que todas as concentrações dos metais e semimetais analisados, mantiveram-se em valores consideravelmente inferiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 454/2012 para o nível 1.

Desta forma, conforme os resultados apresentados acima para a caracterização da qualidade ambiental do material a ser dragado, conforme a Resolução CONAMA Nº 454/2012, não existem concentrações relevantes, acima dos limites legais, de compostos químicos que inviabilizem a dragagem e o uso benéfico do material dragado para a

recuperação da orla do Município de Itapoá, bem como o seu descarte em área de bota-fora marinho (Alfa).



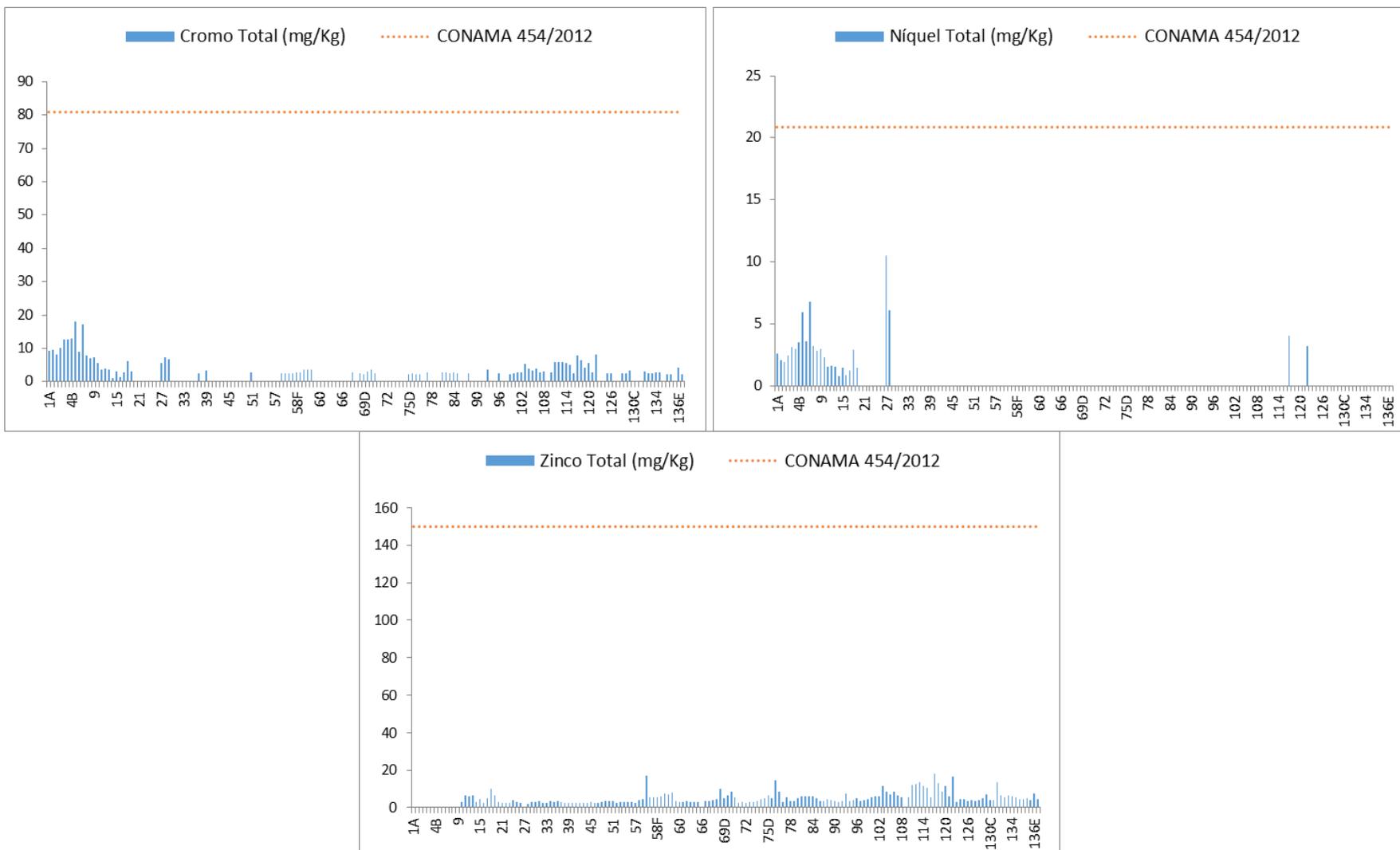


Figura 91. Concentração de metais (mg/Kg) analisados nas 150 (cento e cinquenta) amostras coletadas para avaliação da qualidade dos sedimentos a serem dragados no escopo do Estudo de Impacto Ambiental – EIA para a dragagem de aprofundamento e readequação do sistema aquaviário do Porto de São Francisco do Sul.

8.3. Caracterização Granulométrica dos Sedimentos Nativos da Orla de Itapoá

Abaixo é apresentada a descrição granulométrica detalhada das áreas amostradas para a caracterização dos sedimentos das áreas locais

8.3.1. Praia 1 - (2,0 Km de extensão)

Em agosto e setembro de 2020 foram coletadas doze amostras de sedimentos ao longo da área denominada Praia 1 - Figueira até o Pontal do Norte (pontos #09, #10 e #13). Os sedimentos que compõem esta área, são predominantemente do tamanho areia fina, moderadamente selecionados, com curvas simétricas e assimétricas e, curtose platicúrtica a leptocúrtica.

As amostras coletadas no supralitoral nos pontos #09 e #10 apresentaram areias finas, moderadamente e bem selecionadas. Já o ponto amostral #13 apresentou areias médias, moderadamente selecionadas.

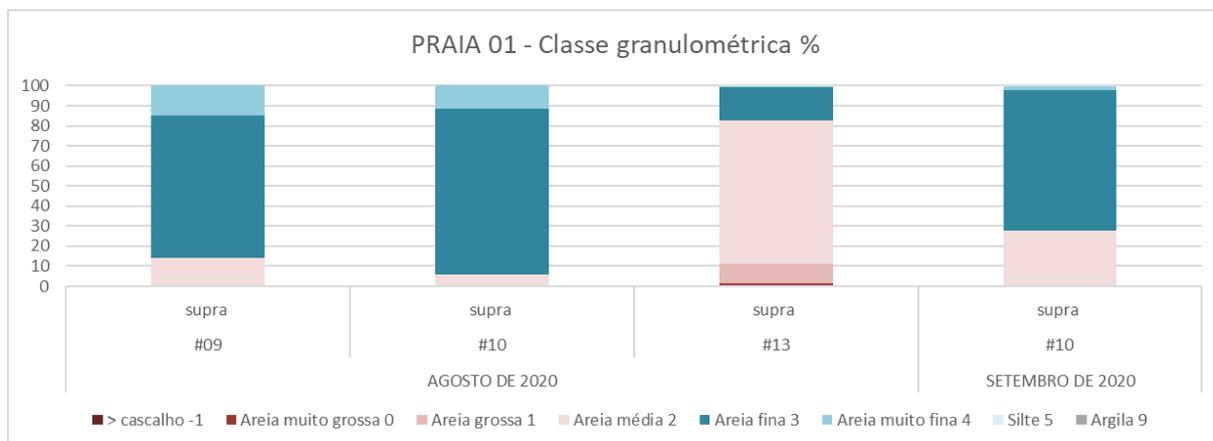


Figura 92. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 – Supra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

Para a região do mesolitoral, os pontos amostrais #09 e #10 apresentaram sedimentos predominantemente do tamanho areia fina, moderadamente selecionados. O ponto amostral apresentou areias médias, moderadamente selecionadas.

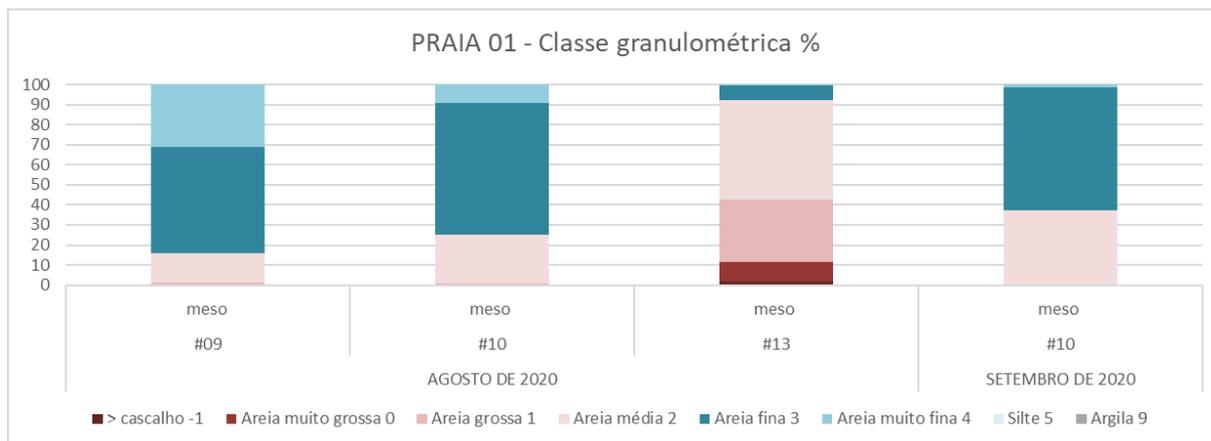


Figura 93. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 – Meso nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

As amostras coletadas no infra litoral apresentaram sedimentos do tamanho areias muito finas a finas, de moderadamente a pobremente selecionados.

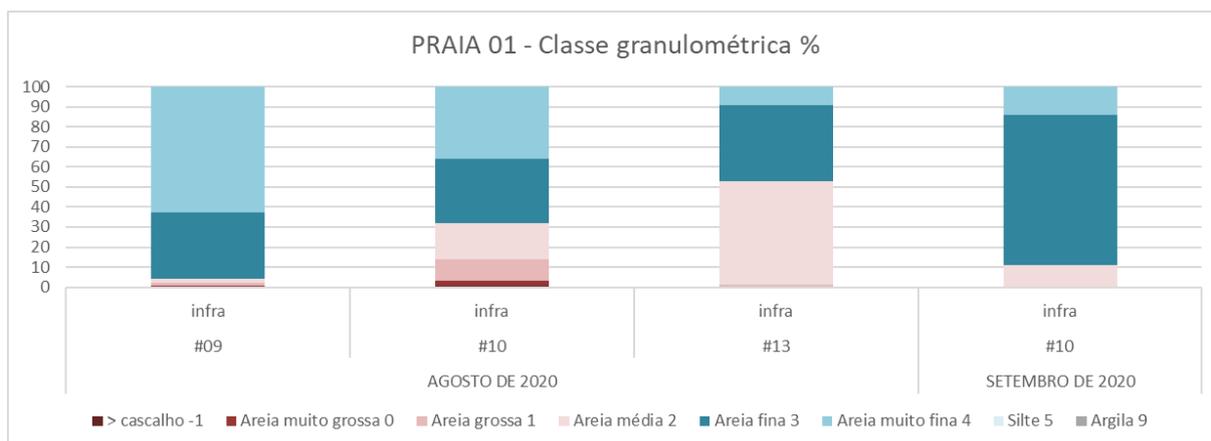


Figura 94. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 – Infra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

Os resultados das análises de Souza (1999) para esta área mostraram que os sedimentos são constituídos por areia fina, média do diâmetro médio 2,50φ, moderadamente selecionada, desvio padrão médio 0,72, assimetria muito negativa (-0,69) e curva muito leptocúrtica. Comparando os períodos analisados neste estudo (inverno e verão) observa-se que no verão as amostras apresentam baixos teores das frações grossas e são melhor selecionadas.

Em relação aos teores de matéria orgânica (%MO) verificados nas amostras de sedimentos da Praia 01, observa-se que os valores variaram entre 0,06 e 0,88%, com uma média de 0,29% (Figura 95). Os maiores valores foram observados na parte infralitoral de cada ponto amostral, diminuindo em relação as amostras coletadas na parte supralitoral (Figura 95). No geral, os maiores valores foram observados no ponto amostral #09.

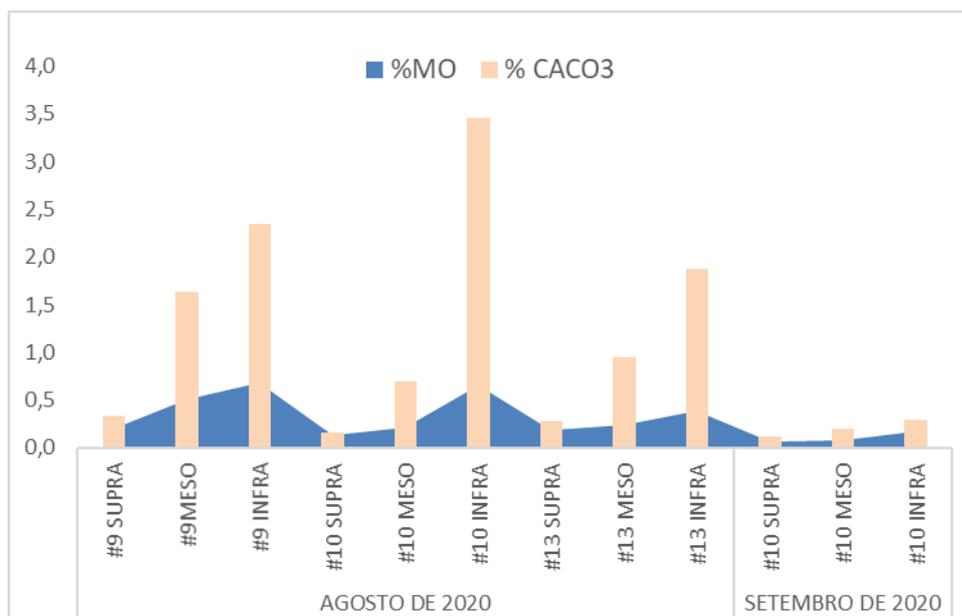


Figura 95. Percentuais de matéria orgânica (M0) e carbonato de cálcio (CACO₃) nas amostras de sedimento coletadas na Praia 1 nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

Já em relação aos percentuais de Carbonato de Cálcio, foram observados valores entre 0,11 e 3,46%, com uma média de 1,03%. O maior valor observado foi no ponto amostral #10 Infra, que apresentou grãos predominantemente do tamanho areia fina (Figura 95).

8.3.2. Praia 2 – (3,58 Km de extensão)

Em agosto e setembro de 2020 foram coletadas nove amostras de sedimentos ao longo da área denominada Praia 02 (pontos amostrais #07 e #08). Os sedimentos que compõem a área denominada Praia 02, são predominantemente do tamanho areia fina, moderadamente selecionados, com curvas simétricas e assimétricas e, curtose platicúrtica a leptocúrtica. As amostras coletadas no supra e mesolitoral nos pontos #07 e #08 apresentaram areias finas, de moderadamente a bem selecionadas.

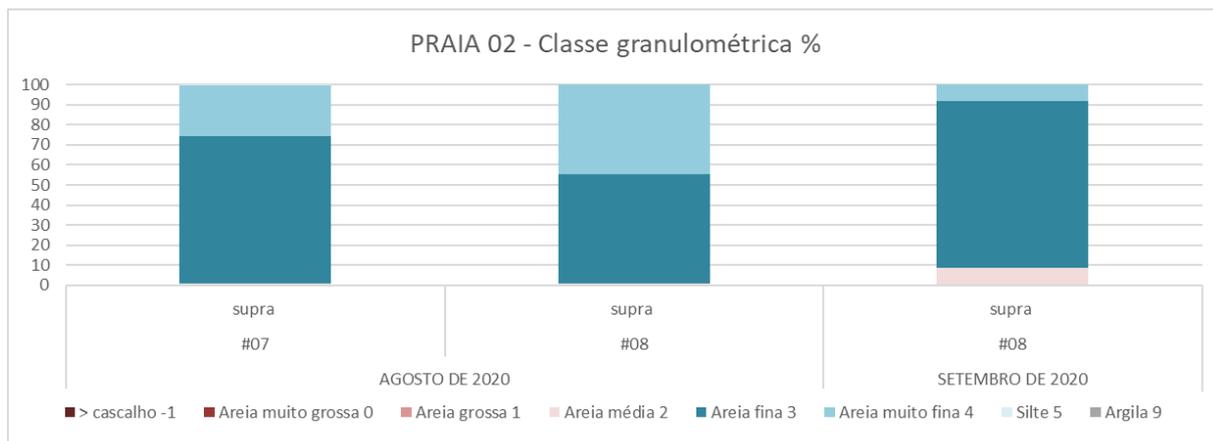


Figura 96. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 – Supra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

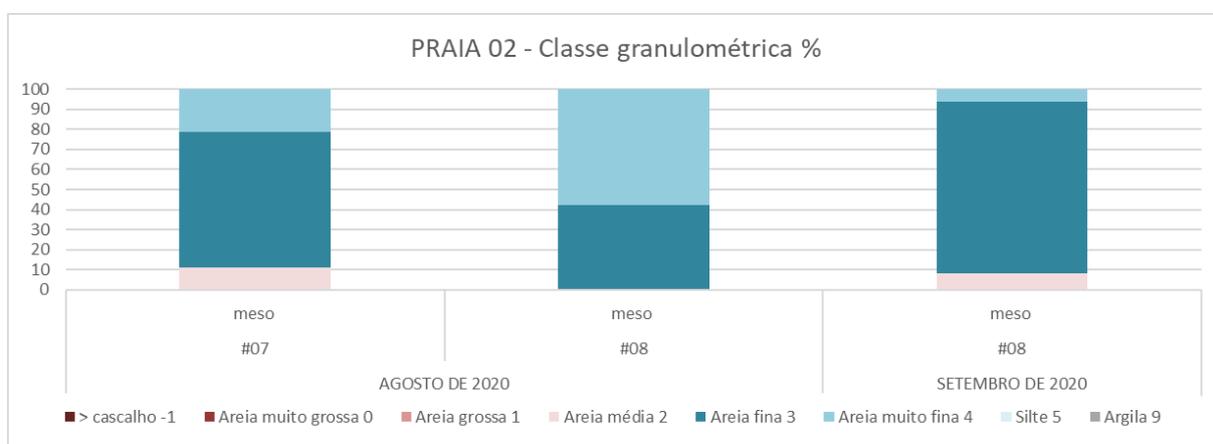


Figura 97. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 – Meso nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

As amostras coletadas no infra litoral apresentaram sedimentos do tamanho areias finas, de moderadamente a pobremente selecionados.

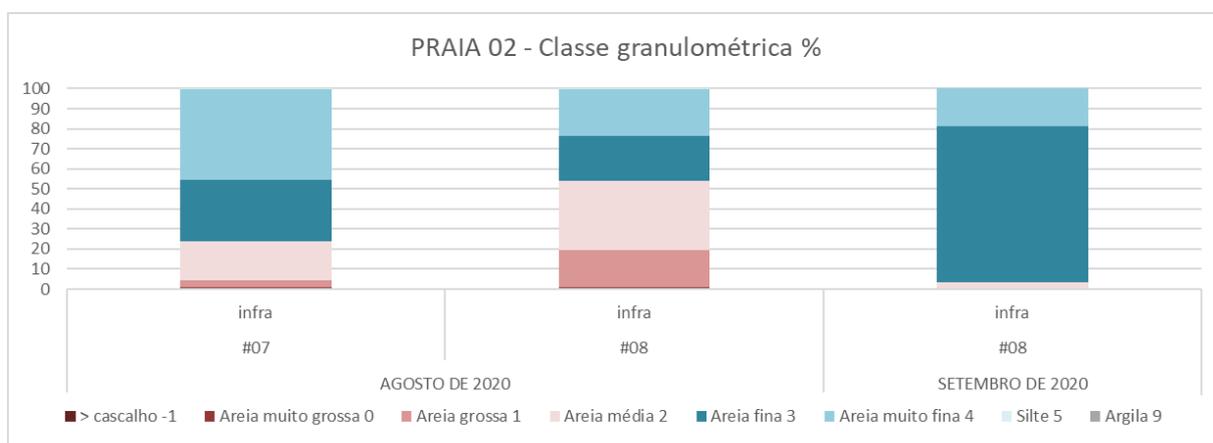


Figura 98. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 – Infra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

Os resultados das análises de Souza (1999) para esta área mostraram que as amostras são constituídas por areia fina, com diâmetro médio variando entre 2,29 e 2,52φ, moderadamente selecionada, assimetria negativa (-0,22) e curva muito leptocúrtica, curtose entre 2,69 e 4,61. Porpilha (2012) relata para esta área a ocorrência de sedimentos de granulometria menor, com grãos bem selecionados, assimetria variando entre proximamente simétrica (20%) e positiva (10%), curtose leptocúrtica (10%) e mesocúrtica (20%).

Em relação aos teores de matéria orgânica (%MO) verificados nas amostras de sedimentos da Praia 2, observa-se que os valores variaram entre 0,06 e 0,58%, com uma média de 0,26% (Figura 99). Os maiores valores foram observados na amostra #07 Infra e #08 supra (agosto de 2020) (Figura 99). Já em relação aos percentuais de carbonato de cálcio, foram observados valores entre 0,17 e 2,53%, com uma média de 0,74%. O maior valor observado foi no ponto amostral #07 Infra, que apresentou grãos predominantemente do tamanho areia fina.

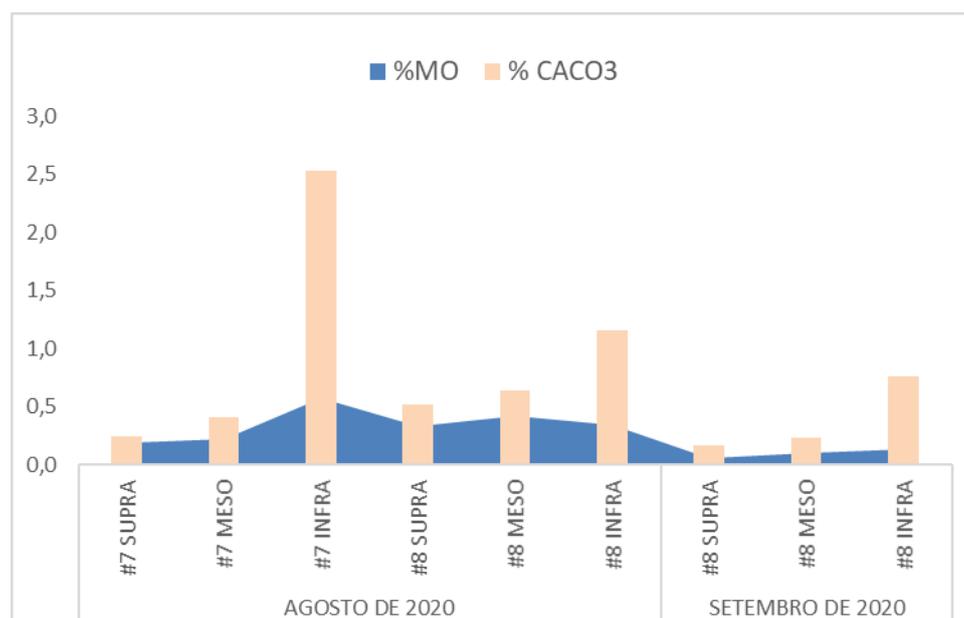


Figura 99. Percentuais de matéria orgânica (M0) e carbonato de cálcio (CACO₃) nas amostras de sedimento coletadas na Praia 2 nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

8.3.3. Praia 3 – (2 Km de extensão)

Em agosto e setembro de 2020 foram coletadas vinte e sete amostras de sedimentos ao longo da área denominada Praia 03 (pontos amostrais #01, #02, #03, #04, #05 e #06). Os sedimentos que compõem a área denominada Praia 03, são predominantemente do tamanho areia fina, moderadamente selecionados, com curvas simétricas e, curtose

platicúrtica a leptocúrtica. As amostras coletadas no supra litoral entre os pontos #01 e #06 apresentaram areias finas, de moderadamente a bem selecionadas, com contribuições de areias médias nos pontos amostrais #01, #02, #04 e #06.

Os resultados das análises de Souza (1999) para esta área mostraram que as amostras são constituídas por areia fina, com variação de diâmetro médio entre 2,16 e 2,61φ, moderadamente selecionadas, com simetrias variando de aproximadamente simétricas a assimetria muito negativa, curva leptocúrtica, e curtose variando de 3,65 a 5,73. Porpilha (2012) aponta para esta área a presença de sedimentos de tamanho de grão entre 2,58 e 2,17, maiores, de moderadamente a bem selecionados.

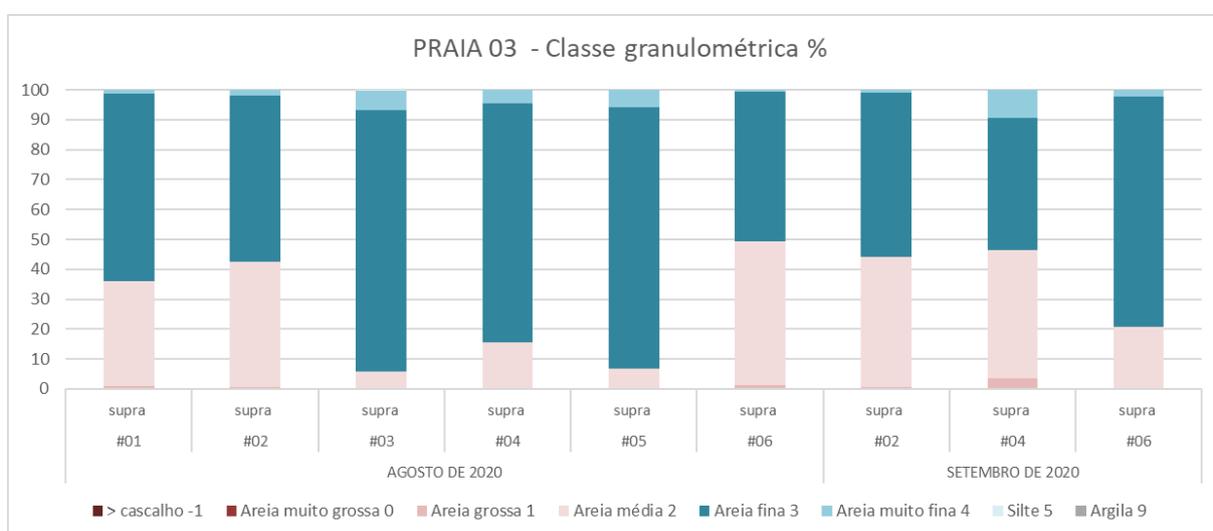


Figura 100. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 – Supra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

Para a região do mesolitoral, os pontos amostrais apresentaram de areias médias (#01 e #02) a areias finas, de moderadamente a bem selecionados.

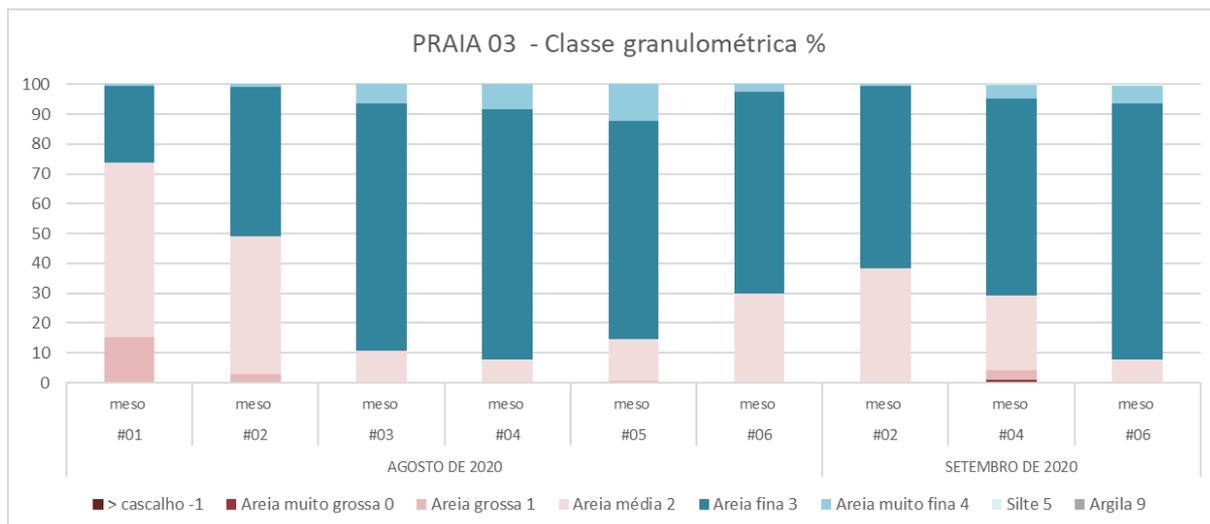


Figura 101. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 – Meso nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

As amostras coletadas no infralitoral apresentaram sedimentos do tamanho areias finas em sua maioria, com exceção do ponto amostral #02, que apresentou areias médias, de moderadamente a bem selecionados, com contribuições variáveis de sedimentos de maiores granulometrias.

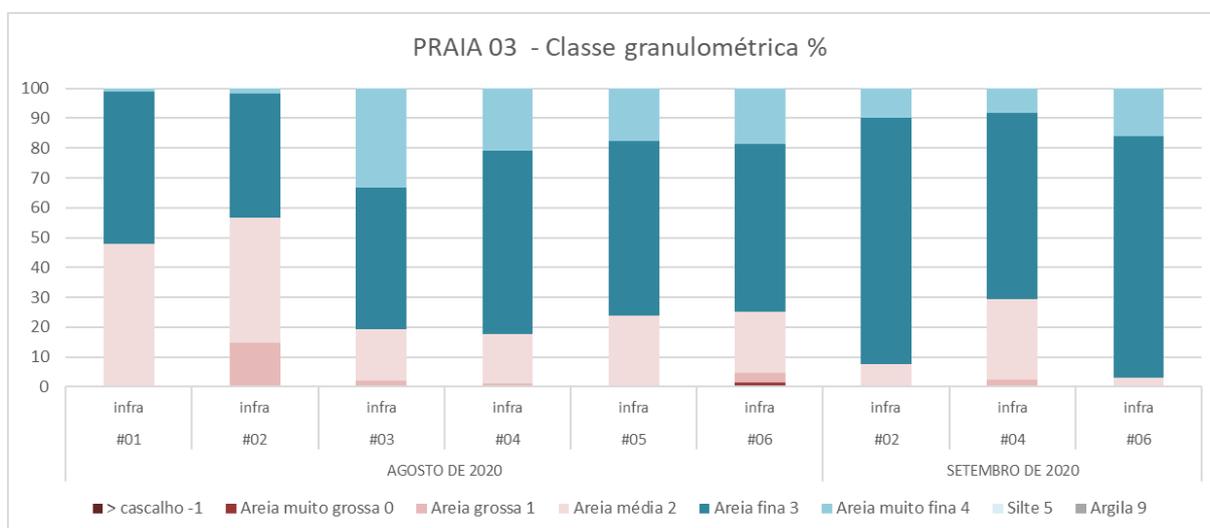


Figura 102. Distribuição das classes granulométricas nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 – Infra nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

Em relação aos teores de matéria orgânica (%MO) verificados nas amostras de sedimentos da Praia 03, observa-se que os valores variaram entre 0,03 e 0,36%, com uma média de 0,14% e os maiores valores observados no infralitoral (Figura 103). Os maiores valores foram observados na amostra #03 Infra e #06 supra (agosto de 2020) (Figura 103). Já em relação aos percentuais de carbonato de cálcio, foram observados valores entre 0,05 e 1,84%, com uma média de 0,31%. O maior valor observado foi no ponto amostral #04

mesolitoral (setembro de 2020), que apresentou grãos predominantemente do tamanho areia fina.

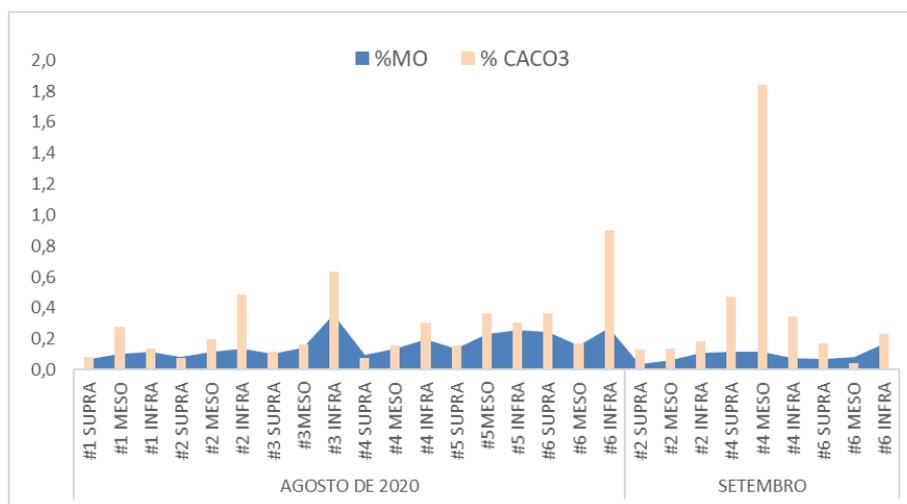


Figura 103. Percentuais de matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio (CaCO₃) nas amostras de sedimento coletadas na Praia 3 nas coletas realizadas em agosto e setembro de 2020.

De modo geral, os sedimentos que compõem as áreas selecionadas previamente como alternativas locais para deposição dos sedimentos dragados são predominantemente do tamanho areia fina, tendo em média um tamanho de grão variando de 2,26 a 2,64 fi. Os percentuais de matéria orgânica médio variaram de 0,14 a 0,43% e os teores de carbonato de cálcio (CaCO₃) médios variaram de 0,31 a 1,88%.

Observando os valores médios apresentados na Tabela 17, pode-se verificar que os valores mais compatíveis de tamanho de grãos com as áreas locais, seriam encontrados nas regiões do Canal Externo 1. O Canal Externo 2 também apresenta um percentual de areias finas predominante, porém com um tamanho do grão médio de 2,06 fi. As coletas realizadas entre o Canal Externo 2 e o Canal Externo 3 apresentaram sedimentos predominantemente do tamanho areia grossa. Já o Canal Interno apresentou sedimentos predominantemente do tamanho areia muito fina, com valor médio de 3,38 fi. Em relação as análises químicas, tanto a área amostrada para a deposição dos sedimentos dragados, quanto a área a ser dragada apresentaram baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local, atestando a qualidade dos sedimentos na região.

Tabela 17. Resumo dos valores médios observados nas áreas locais selecionadas para despejo dos sedimentos e áreas a serem dragadas avaliadas no EIA da Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul. Legenda: AF: areia fina; AM: areia média; AMF: areia muito fina; AG: areia grossa; AMG: areia muito grossa; CC: cascalho; ST: silte; AL: argila.

Alternativas locais				Áreas a serem dragadas		
Local	Praia 01	Praia 02	Praia 03	Canal Externo 1	Canal Externo 2	Entre Canal Externo 3 e 2
Tamanho predominante	AF: 50,48%; AM: 27,20%; AMF: 16,12%; AG: 4,70%; AMG: 1,22%; CC: 0,22%; ST: 0,07%	AF: 59,66%; AMF: 27,80%; AM: 9,76%; AG: 2,40%; AMG: 0,19%; ST: 0,15%; CC: 0,05%	AF: 64,33%; AM: 26,04%; AMF: 7,46%; AG: 1,92%; AMG: 0,13%; ST: 0,08%; CC: 0,03%	AF: 55,98%; AMF: 15,8%; AM: 13,16%; AG: 6,36%; ST: 2,92%; AMG: 2,524%; CC: 2,142%; AL: 1,107%	AF: 53,68%; AM: 32,62%; AG: 6,65%; AMF: 4,51%; AMG: 1,22%; AL: 0,114%; CC: 0,873%; ST: 0,335%;	AG: 30,12%; AM: 28,33%; AMG: 15,67%; AF: 13,25%; ST: 6,086%; CC: 4,15%; AL: 1,404%; AMF: 0,97%
Média	2,26	2,64	2,27	2,36	2,06	1,17
MO%	0,29	0,26	0,14	0,88	0,39	1,12
CaCO ₃ %	1,02	0,74	0,31	3,02	1,23	3,75
Status de contaminação	baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local	baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local	baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local	baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local	baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local	baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local

*tamanho de grão esperado para a área em análise.

9. DESCARTE DO MATERIAL NÃO COMPATÍVEL COM O USO BENÉFICO DE SEDIMENTOS OU EXCEDENTE

A área de descarte de sedimentos que não forem compatíveis com o uso benéfico, ou então sejam excedentes para o projeto de alimentação das praias, é aquela denominada Bota-Fora Alfa e devidamente licenciada pelo IBAMA. Está situada em média, a aproximadamente 11 quilômetros de distância da área a ser dragada e a aproximadamente 10 quilômetros da linha de costa. O bota-fora possui profundidades que variam entre 19m e 23,5m, conforme apresentado na Figura 104 e na Figura 105, e vértices descritos na Tabela 18. O último levantamento batimétrico desta área deu-se em 22 de junho de 2022, conforme apresentado na Figura 101 abaixo.

Tabela 18. Vértices área marinha de descarte (Bota-Fora Alfa). Datum horizontal SIRGAS-2000. Zona UTM 22J, hemisfério sul.

Vértices	X (E)	Y (N)
B1	755522	7108650
B2	757122	7108650
B3	755522	7107050
B4	757122	7107050

O descarte do material dragado na área marinha deverá ser realizado por meio da abertura da cisterna de uma draga autotransportadora (TSHD) ou batelão sobre a área de bota-fora.

O descarte deverá ser realizado em locais alternados da área do bota-fora Alfa, a fim de evitar acumulações isoladas na área de descarte, para que se garanta a redução da profundidade no local de forma uniforme. Esta garantia será atestada pela empresa fiscalizadora das obras especialmente contratada pelo empreendedor através da realização de batimetrias constantes do sistema aquaviário dragado assim como da área de bota-fora Alfa.

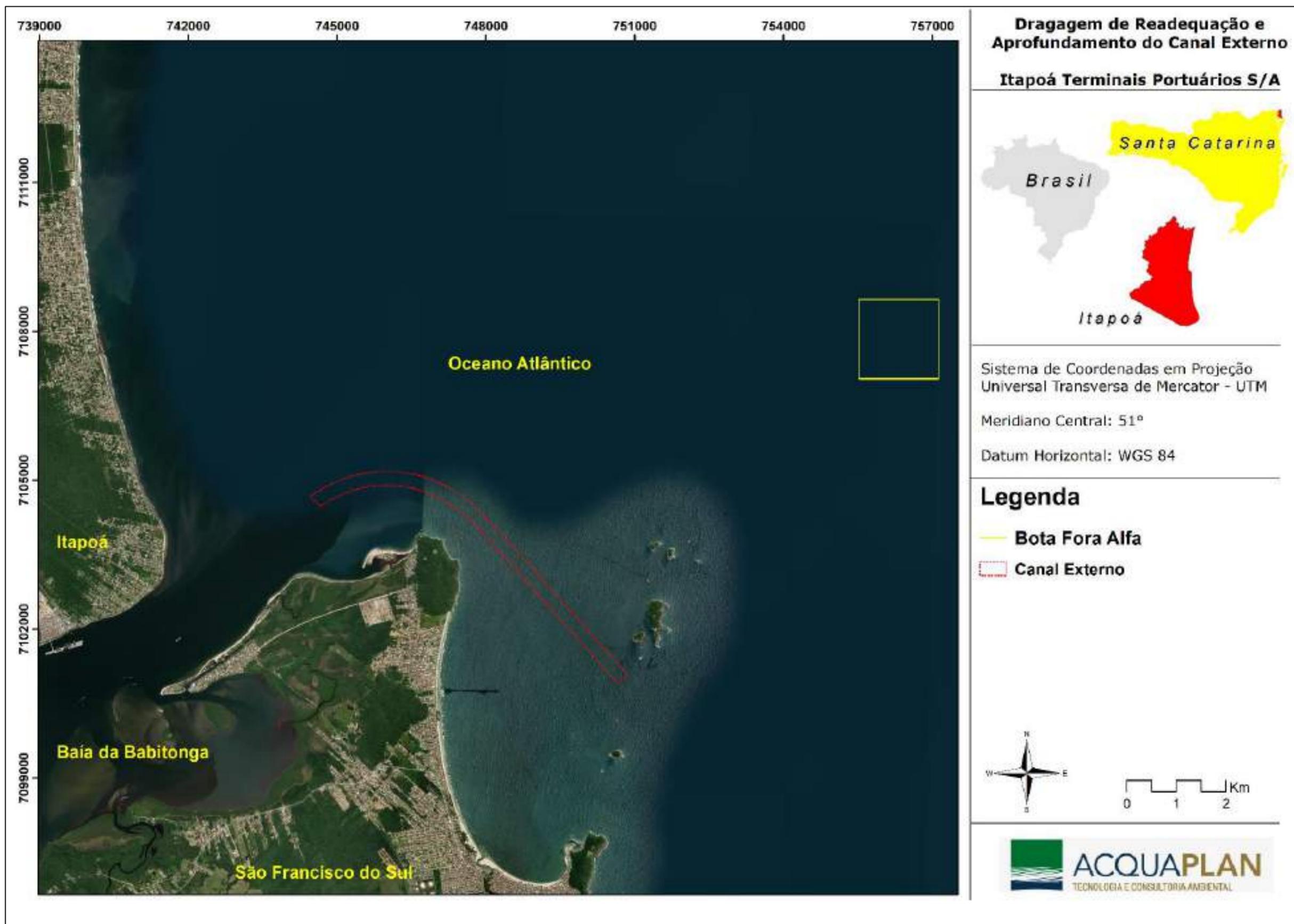


Figura 104. Localização e poligonal do bota-fora Alfa, posicionado na região costeira adjacente à desembocadura da baía da Babitonga.

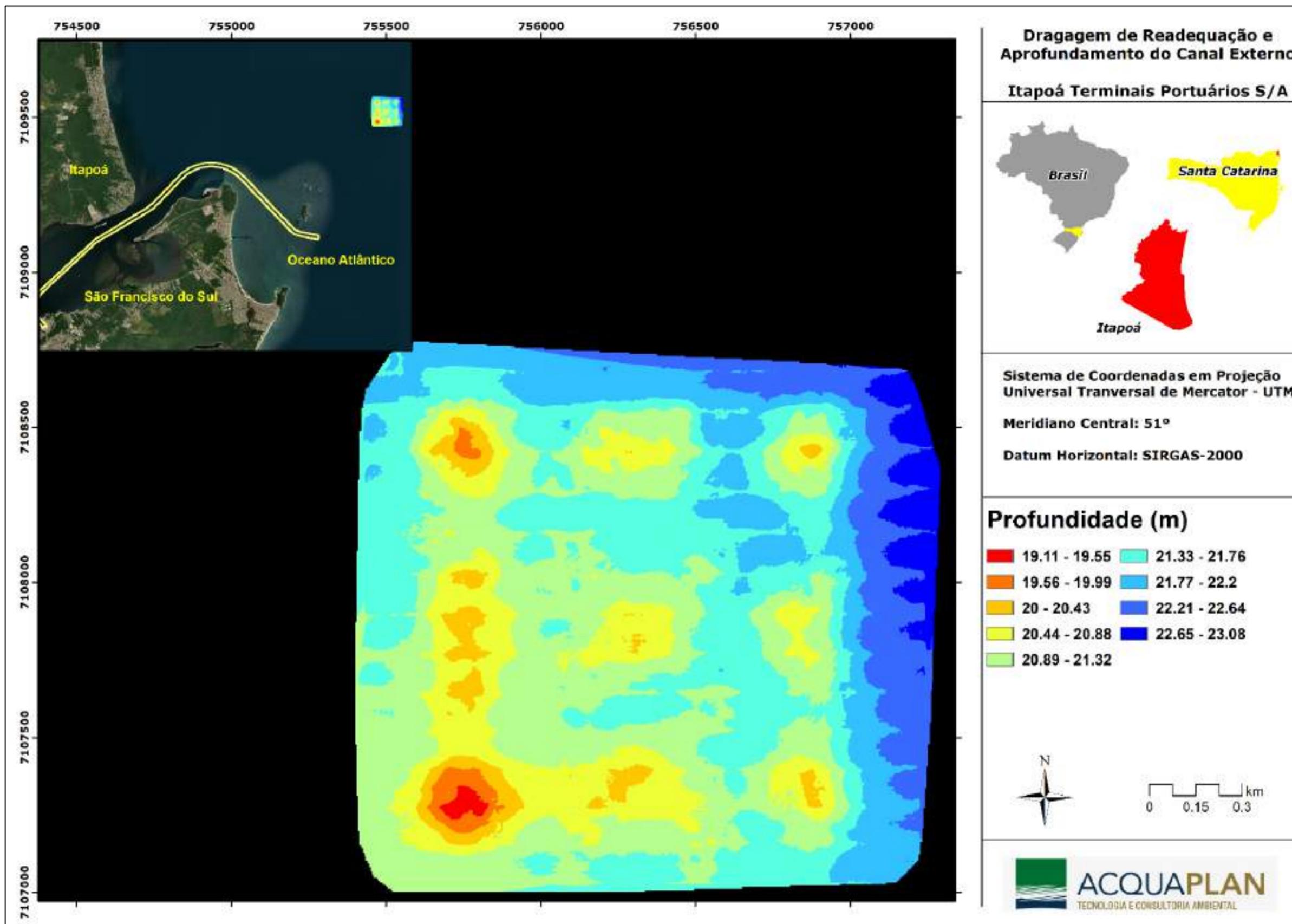


Figura 105. Batimetria da área marinha de descarte de sedimentos (Bota-Fora Alfa). Levantamento realizado em 22 de junho de 2022 pela empresa Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental Ltda.

10. EQUIPAMENTOS E TÉCNICAS DE DRAGAGEM E DESCARTE

Para a execução das obras de dragagem de readequação da geometria e de aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul e do uso benéfico dos sedimentos, o tipo e número de dragas deverá ser apresentado pela empresa de dragagem, assim como as estratégias de dragagem e uso benéfico do sedimento para recuperação e proteção da orla do Município de Itapoá.

10.1. Dragas Autotransportadoras de Sucção e Arrasto (Hopper)

Para a obra de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo ao Complexo Portuário de São Francisco do Sul, assim como o uso benéfico de sedimentos, é previsto a utilização concomitante de duas dragas de autotransportadoras sucção e arrasto (hopper), sendo uma de menor porte para dragar as áreas de menor profundidade e outra maior para realizar a dragagem das profundidades maiores, ambas com capacidade de bombeamento do material para a praia (Figura 106).



Figura 106. Draga autotransportadora de sucção e arrasto (hopper) fazendo o bombeamento do sedimento para a praia.

Importante salientar que a condicionante 2.1 da LP N° 667/2022 do IBAMA, que definiu:

A(s) draga(s) contratadas deverão dispor de no mínimo:

- a) equipamento de rastreamento por satélite que permita o acompanhamento do percurso da draga e indique a forma automatizada o momento da abertura da cisterna;
- b) sistema de válvula verde, com o objetivo de diminuir a entrada de ar e os efeitos de geração de plumas de sedimentos;
- c) defletores de tartarugas na cabeça de dragagem, de forma a reduzir a probabilidade de captura incidental de quelônios;
- d) conjunto de sensores e de capacidade de obtenção de dados requisitados no Parecer Técnico 029/2017 – COMAR/CGMAC/DILIC, relativo ao monitoramento da dragagem a partir dos sensores da draga.

10.2. Escavadeiras, Trator de Esteira e Carregadeira

Para a obra de alimentação da praia e reconstrução do sistema de dunas frontais serão utilizados equipamentos na praia que têm a função posicionar os tubos ao longo da praia, como as carregadeiras e as escavadeiras (Figura 107 e Figura 108). Ainda, os tratores de esteira que têm a função de espalhar o sedimento na praia após o bombeamento para a praia, bem como serem utilizados na construção das dunas. Da mesma forma os tratores de esteiras têm a função de reconstruir o perfil praiial conforme definido em projeto (Figura 109 e Figura 110).



Figura 107. Escavadeira posicionando a tubulação na praia. Foto: Rodrigo Luft.

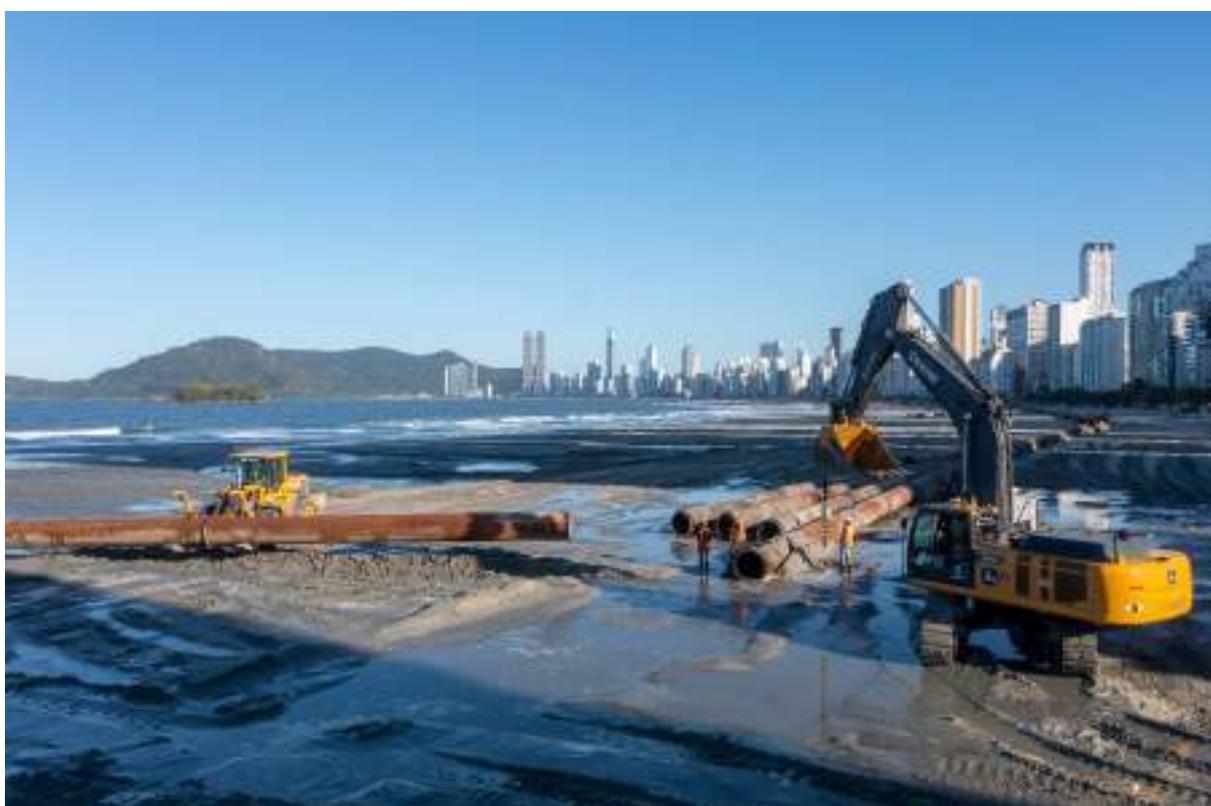


Figura 108. Carregadeira transportando a tubulação na areia da praia. Foto: Rodrigo Luft.



Figura 109. Trator de esteira ajudando a modelar o perfil praial. Foto: Rodrigo Luft.



Figura 110. Trator de esteira ajudando a modelar o perfil praial. Foto: Rodrigo Luft.

11. REGIME E CONDIÇÕES OPERACIONAIS

As operações de dragagem no canal de acesso externo do sistema aquaviário estão previstas para ocorrerem em regime contínuo de 24 horas, sete dias por semana.

As operações poderão ser suspensas mediante às condições abaixo:

- ✓ Fechamento do canal de navegação do Complexo Portuário de São Francisco do Sul por motivos diversos relacionados à segurança da navegação bem como das operações de dragagem e todos os envolvidos, ou conforme determinação da Autoridade Marítima, da Autoridade Portuária ou outro órgão competente;
- ✓ Suspensão temporária em função do tráfego aquaviário inerente à operação portuária;
- ✓ Condições meteorológicas e oceanográficas limitantes que variam conforme o equipamento considerado, conforme descrito abaixo, ou conforme especificação técnica a ser definida considerando os limites operacionais dos equipamentos a serem definidos quando da contratação das obras.

A liberação para a operação em condições mais severas deverá ser anuída pela Autoridade Portuária e/ou pela Autoridade Marítima de São Francisco do Sul.

12. RASTREAMENTO E TELEMETRIA DA DRAGA AUTOTRANSPORTADORA

Os equipamentos de dragagem (dragas) e o batelão (caso utilizado) deverão ser equipados com sistema AIS (*Automatic Identification System*), conforme requerimento SOLAS (*Safety of Life at Sea Convention*). Este sistema deverá ser disponibilizado a Contratante, que poderá assim acompanhar o percurso e operação da(s) draga(s) em tempo real.

Além disso, a(s) draga(s) autotransportadora(s) de sucção e arrasto e o batelão (caso utilizado) deverão ser equipados com um sistema que possibilite o rastreamento da posição geográfica, e as atividades do equipamento de dragagem, a fim de rastrear todo o ciclo produtivo executado.

Os impactos ambientais associados ao processo de dragagem e despejo do material dragado podem ser caracterizados por apresentarem efeitos diretos sobre habitats e organismos, ou indiretos, atribuídos a alterações na qualidade da água. Alterações físicas, associados à remoção e realocação de sedimentos, provocam a destruição de habitats bentônicos, podendo aumentar a mortalidade destes organismos através de ferimentos causados por ação mecânica durante a dragagem, ou por asfixia devido ao soterramento ou entupimento das vias respiratórias pelo aumento da concentração de material particulado no meio aquático (KENNISH, 1994; PORTO GENTE, 2016).

Os potenciais impactos ambientais da dragagem, diretos ou indiretos, podem ser prejudiciais ao ambiente de forma categórica e, por este motivo, estas atividades devem ser controladas para que estes impactos possam ser reduzidos. Uma das formas de controle da atividade de dragagem é o rastreamento do equipamento via satélite. Este método tem por intuito balizar a obra, garantindo a operação da atividade conforme previamente planejado, sendo dragadas apenas as áreas necessárias e havendo o depósito do material dragado somente em local determinado, executando o projeto de forma eficiente e com o menor grau intervenção possível sobre o meio ambiente.

O monitoramento constante via satélite, além de se configurar como uma ação de controle, também pode ser utilizado para fins de fiscalização da obra por parte de outros agentes. Uma vez que grande parte das obras de dragagem são contratadas, a empresa contratante pode exercer seu direito de fiscalização de todo o processo operacional deste serviço através da utilização da mesma ferramenta de rastreamento.

Assim, os dados gerados pelo rastreamento, ou "*tracking*" do inglês, possuem finalidades multipropósitos, onde se pode obter dados relativos à localização do veículo em instante determinado, a rota percorrida, velocidade média de deslocamento, bem como outras informações de interesse da empresa que, no caso de obras de dragagem, cita-se o registro dos eventos de abertura das cisternas. Considerando que estes dados são obtidos por tecnologia satelital, de forma contínua e em tempo real, a taxa de geração e recebimento de informações incorretas cai a praticamente a zero, oferecendo dados com alto grau de exatidão e confiabilidade.

Através da série de dados que são registrados sobre um mesmo equipamento é possível, por exemplo, rever onde estava situado este equipamento em momento de algum eventual acontecimento ou situação de interesse, retrazendo rotas que permitam analisar o itinerário percorrido pelo equipamento, bem como o tipo de movimento e ação que este estava realizando.

Para acessar esta série de dados armazenados, vários prestadores este tipo de serviço os disponibilizam em plataformas *web* e aplicativos, permitindo o acesso remoto por celulares, tablets ou computadores, deixando estes prontamente disponíveis aos interessados, em tempo real. Contando com este tipo de monitoramento, preciso e em tempo real, têm-se uma ferramenta de controle e fiscalização do equipamento de dragagem, podendo ser acompanhada toda a rotina de funcionamento da embarcação. O sistema de rastreamento e telemetria da draga autotransportadora tem como objetivo

- ✓ Monitorar em tempo real o posicionamento e o trajeto do equipamento de dragagem por meio sistema de GPS;
- ✓ Registrar de forma automatizada e informar em tempo real as coordenadas geográficas do ponto de abertura e de fechamento da cisterna do equipamento de dragagem;
- ✓ Consolidar de forma organizada, clara e objetiva, o histórico dos trajetos realizados pelo equipamento de dragagem bem como os locais de abertura e fechamento da cisterna durante todo o período das obras de dragagem de manutenção;
- ✓ Subsidiar o Subprograma de Supervisão Ambiental da Dragagem com informações acerca dos trajetos e pontos de abertura e fechamento da cisterna do equipamento de dragagem. Destaca-se que o programa de supervisão ambiental será realizado por empresa a ser contratada pela SCPar Porto de São Francisco do Sul

A partir destes registros também é possível verificar que o equipamento de dragagem trafegou de forma segura e consciente pelo canal de acesso do Porto de São Francisco do Sul para alcançar o bota-fora, evitando assim qualquer conflito de uso do espaço aquaviário, conforme rota previamente definida pela Autoridade Marítima.

O acesso a estes dados em tempo real permite que as partes interessadas pela fiscalização da obra possam acompanhar os dados de rastreamento da embarcação, sejam eles de localização geográfica ou de sensores, tornando possível o monitoramento efetivo das atividades executadas.

Conforme descrito na seção de SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE, também será necessário a permanência de um profissional observador de bordo em cada um dos equipamentos de dragagem.

13. SINALIZAÇÃO NÁUTICA

A sinalização náutica da área a ser dragada será de responsabilidade da empresa executante dos serviços de dragagem, condição esta que será estabelecida contratualmente entre o empreendedor e a empresa contratada. De qualquer forma, o empreendedor contratará empresa de consultoria técnica com o objetivo de fiscalizar as obras de dragagem e uso benéfico dos sedimentos, que terá também a função de verificar o sistema de sinalização náutica estabelecido, que deverá obrigatoriamente atender ao especificado pelas normas da autoridade marítima.

Para obras de dragagem situadas em local de tráfego de navios ou tráfego intenso de outras embarcações, deve ser procedida a delimitação da área a ser dragada por boias luminosas, de acordo com o previsto nas Normas da Autoridade Marítima para a Sinalização Náutica – NORMAM-17 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Conforme é previsto na alínea 0203 da NORMAM-17/DHN, “a sinalização náutica é o conjunto de sinais náuticos visuais, fixos ou flutuantes, externos à embarcação, especificamente estabelecidos com o propósito de garantir uma navegação segura e econômica nas vias navegáveis”.

A sinalização náutica deverá ser dimensionada de modo a delimitar todo o perímetro que sofrerá influência com a operação da draga durante a realização das obras de dragagem no sistema aquaviário, inclusive na área de bota-fora do material dragado.

O Brasil, como país membro da Associação Internacional de Autoridades em Auxílios à Navegação Marítima e Faróis (AISM/IALA), adotou para as Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), por meio do Decreto 92.267/86, o Sistema de Balizamento Marítimo - Região “B”. Esse sistema de balizamento marítimo obedece à “Direção Convencional do Balizamento”, e possuem cinco (5) categorias básicas de sinais náuticos que compõem o referido sistema:

- a) Sinais Laterais;
- b) Sinais Cardinais;
- c) Sinais de Perigo Isolado;
- d) Sinais de Águas Seguras; e,
- e) Sinais Especiais.

As obras de dragagem se enquadram na categoria de 0313 - Sinais Especiais, cegos ou luminosos, que apresentam características descritas abaixo e exemplo ilustrado na Figura 111. As boias serão caracterizadas como sinal especial, de cor amarela e marca de tope em forma de "X", sendo como sinal luminoso amarelo para o período noturno, conforme indicação da alínea 0313 da NORMAM-17/DHN.

- 1 – Marca de tope em forma de "X", opcional;
- 2 – Estrutura na cor amarela;
- 3 – Formato opcional, porém, não conflitante com os outros sinais náuticos existentes onde for instalado; e
- 4 – Luz amarela, se houver, com um dos seguintes ritmos:
 - ✓ Grupo de ocultação; lampejo simples, exceto lampejo longo a cada 10 (dez) segundos;
 - ✓ Grupo de lampejo com 04 (quatro), 05 (cinco) ou excepcionalmente 06 (seis) lampejos;
 - ✓ Grupo de lampejo composto; ou código Morse, com exceção das letras "A" e "U".



Figura 111. Exemplo de boia luminosa para identificação de área de dragagem.

Desta forma, no presente projeto recomenda-se a utilização de 04 boias luminosas delimitando os vértices do trecho com dragagem em curso, e a utilização de 04 boias luminosas delimitando os vértices da área de descarte em bota-fora marinho (Alfa), bem como onde a draga for posicionada para fazer o lançamento do sedimento para a recuperação da orla do Município de Itapoá.

Por fim, quando da contratação das obras de dragagem, deverão ser atendidas todas as orientações pertinentes à sinalização náutica em áreas a serem dragadas, de acordo com as Normas da Autoridade Marítima para Obras, Dragagens, Pesquisa e Lavra de Minerais sob, sobre e às margens de Águas Jurisdicionais Brasileiras (NORMAM-11 - DPC), e as Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM-17 - DHN).

14. CANTEIRO DE OBRAS, INFRAESTRUTURA DE APOIO E INSUMOS

A SCPar Porto de São Francisco do Sul S/A irá disponibilizar, sem custo à empresa executora, uma ou mais áreas para estabelecer o(s) canteiro(s) de obras e manter suas estruturas de apoio. Estas áreas dos canteiros de obras ficarão instaladas no Município de Itapoá, considerando o projeto de alimentação das praias da orla. Estas áreas serão disponibilizadas através da Prefeitura Municipal de Itapoá, interessada direta nas obras de uso benéfico dos sedimentos, conforme definido em termo de compromisso assinado entre as partes.

A empresa executora será responsável pela manutenção das infraestruturas e pela reparação de qualquer dano ou impacto causado pelas suas operações em infraestruturas públicas municipais e/ou de particulares e/ou seus prestadores de serviço.

A empresa executora será responsável pelas instalações, manutenção e despesas com o fornecimento de água, energia elétrica, coleta e destinação adequada de efluentes e resíduos, serviços de comunicação (telefonia e Internet), dentre outros serviços de utilidade para o(s) canteiro(s) de obras e frentes de trabalho.

A empresa executora deverá proceder à desmobilização de seus equipamentos, tubulações, materiais, resíduos, sinalizações, edificações e instalações provisórias e deverá entregar a(s) área(s) do(s) canteiro(s) de obra(s) de acordo com as condições iniciais, no máximo 15 dias depois o aceite da obra pela SCPar Porto de São Francisco do Sul S/A.

15. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

Neste capítulo são descritas ações e os requisitos a serem adotados para assegurar a segurança e a qualidade ambiental das atividades a serem realizadas para as obras de dragagem de readequação e aprofundamento do canal externo. As responsabilidades são definidas nos itens descritos na sequência do texto.

Além dos requisitos apresentados neste documento, também deverão ser observadas as ações que serão executadas e sob a responsabilidade da empresa de consultoria ambiental contratada pela SCPar Porto de São Francisco do Sul S/A, no âmbito do Plano Básico Ambiental (PBA) da Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal Externo, e, também, no âmbito do Plano Básico Ambiental (PBA) da Alimentação das Praias da Orla de Itapoá.

15.1. Observador a Bordo do Equipamento de Dragagem

A empresa executora das obras de dragagem deverá fornecer acomodação e alimentação para um profissional observador de bordo, que irá permanecer no(s) equipamento(s) de dragagem durante todo o período das obras, o qual deverá ser contratado pela empresa responsável pelo gerenciamento ambiental e fiscalização das obras de dragagem. No caso de existir mais de um equipamento de dragagem deverá haver mais de um observador de bordo.

O profissional observador de bordo terá atribuição de realizar a supervisão ambiental das atividades de dragagem, assim como acompanhar as atividades vinculadas aos programas ambientais que podem ser desenvolvidas a bordo conforme planos e programas ambientais condicionados no processo de licenciamento. Este observador de bordo terá a autonomia de, juntamente com o comandante da draga, suspender temporariamente a dragagem no caso da detecção de não conformidades ou de situações que gerem riscos inaceitáveis para o meio ambiente, tendo como escopo de trabalho as atividades descritas abaixo:

- ✓ Supervisionar e acompanhar os demais subprogramas relacionados ao Programa de Gestão Ambiental da Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, visando à adequada condução das obras de dragagem nos aspectos ambientais;
- ✓ Reduzir não conformidades ou situações que gerem riscos inaceitáveis para o meio ambiente;

- ✓ Monitorar a macrofauna marinha no entorno do equipamento de dragagem, especialmente cetáceos e quelônios;
- ✓ Monitorar a pluma de sedimentos durante a dragagem e deposição na área de bota-fora;
- ✓ Assegurar a gestão dos resíduos gerados pela tripulação embarcada no equipamento de dragagem bem como dos resíduos retirados do leito marinho (se for o caso);
- ✓ Verificar que o descarte do material, no bota-fora, seja efetivamente concretizado na poligonal do referido bota-fora Alfa;
- ✓ Verificar a disposição dos sedimentos na orla de Itapoá mediante técnica de bombeamento, avaliando os ciclos de viagens da draga e o tipo de sedimentos transportados pelas cisternas da draga;
- ✓ Evitar possíveis conflitos com a atividade de pesca, registrando os mesmos quando ocorrer.

Para satisfazer aos objetivos predeterminados, abaixo são descritas as ações a serem executadas pelo profissional observador de bordo que irá permanecer no equipamento de dragagem durante todo o período das obras:

- ✓ Descrever em relatório a execução dos ciclos de dragagem, contemplando data e hora de início e fim da dragagem bem como dos processos de *overflow*;
- ✓ Realizar registro fotográfico da pluma de sedimentos da dragagem e do processo de *overflow*;
- ✓ Descrever em relatório as atividades de despejo do sedimento na orla de Itapoá, registrando a data e hora do início e fim da atividade, bem como as coordenadas geográficas do local de despejo;
- ✓ Descrever em relatório as atividades de despejo, registrando a data e hora do início e fim da atividade, bem como as coordenadas geográficas do local de despejo;
- ✓ Assegurar que a atividade de despejo seja realizada apenas nos limites da área de bota-fora predeterminada no processo de licenciamento ambiental da obra;
- ✓ Descrever em relatório e por meio de fotografias a aproximação de cetáceos e quelônios do equipamento de dragagem;
- ✓ Orientar por meio de pequenas palestras a tripulação da draga sobre as boas práticas a serem seguidas para o gerenciamento dos resíduos a bordo da embarcação, registrando esta atividade por meio de fotos e relatório;
- ✓ Registrar e informar possíveis conflitos com a atividade de pesca;
- ✓ Em caso de observação de não cumprimento da deposição dos sedimentos inservíveis para o uso benéfico na área da poligonal do bota-fora Alfa licenciado, bem como do

lançamento de resíduos no mar, o observador de bordo deverá informar o ocorrido imediatamente à SCPar Porto de São Francisco do Sul, para que sejam adotadas as ações cabíveis.

16. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E EFLUENTES DA DRAGA

O gerenciamento de resíduos e efluentes da draga será realizado pela empresa de dragagem, com fiscalização a ser realizada pela empresa de consultoria ambiental a ser contratada pelo empreendedor. Os dados e informações que deverão ser disponibilizadas pela empresa de dragagem e que serão acompanhados pela empresa de consultoria ambiental a ser contratada, seguem listadas abaixo. Importante destacar que a empresa executora das obras de dragagem deverá fornecer as informações solicitadas e permitir o acesso de profissionais da empresa de consultoria ambiental, além do observador de bordo mencionado no item anterior, caso necessário para a coleta de informações, realização de vistorias e elaboração de relatórios relacionados ao gerenciamento de resíduos e efluentes cujas demandas são requeridas pelo órgão ambiental licenciador (IBAMA) no âmbito do Plano Básico Ambiental - PBA. Seguem as informações mínimas requeridas:

- ✓ Gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pela operação do(s) equipamento(s) de dragagem, que consistem de resíduos sanitários e de alimentação, gerados pela tripulação embarcada;
- ✓ Gerenciamento dos resíduos provenientes da atividade de dragagem, isto é, removidos do leito marinho pela draga;
- ✓ Descrição da forma de acondicionamento, transporte e destinação final dos resíduos gerados;
- ✓ Registrar os volumes e tipos de resíduos e efluentes gerados na draga e capturadas durante a dragagem;
- ✓ Assegurar o credenciamento necessário às empresas responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos e efluentes.

16.1. Metodologia e Descrição Detalhada das Ações

As atividades descritas abaixo serão desenvolvidas pelo observador a bordo do(s) equipamento(s) de dragagem, a ser indicado pela empresa de consultoria ambiental.

- ✓ **Identificação das Áreas Geradoras:** primeiramente, deverão ser identificadas as fontes geradoras de resíduos sólidos dentro da embarcação, sejam elas referentes aos materiais provenientes das atividades de dragagem, bem como dos escritórios, refeitório, cozinha, banheiros, locais de manutenção, ambulatório, etc.;
- ✓ **Segregação e Acondicionamento:** a segregação e o acondicionamento dos resíduos necessitam da cooperação de todos os colaboradores envolvidos na geração

dos mesmos, que devem ser orientados e sensibilizados quanto à destinação adequada. Esta atividade depende dos programas de comunicação social e educação ambiental a serem desenvolvidas paralelamente a este programa. No equipamento de dragagem deverá haver recipientes adequados para atender à coleta seletiva, com a sinalização específica quanto ao tipo de resíduo a ser acondicionados àquele local, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 275/2011 e/ou normas internacionais. Com relação aos resíduos provenientes da atividade de dragagem ("boca" da draga), estes devem ser acondicionados em caçambas localizadas dentro da draga, de acordo com as instruções provindas da empresa especializada, mediante contrato específico, que fará para o recolhimento, transporte e descarte final destes. O tamanho e o número de caçambas disponíveis na draga deverão ser compatíveis com a taxa que estas são preenchidas com os resíduos provenientes da atividade de dragagem;

- ✓ **Transporte Interno e Armazenamento Temporário:** o transporte interno dos resíduos oriundos das partes administrativas e das áreas de vivência da draga deve ser realizado diariamente por um colaborador responsável, devidamente equipado com todos os equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários. Os resíduos provenientes da atividade de dragagem serão coletados diretamente do local de acondicionamento inicial, por se tratar de grandes volumes dispostos em caçambas específicas para este fim. O armazenamento temporário deverá ocorrer nos locais próximos às fontes de geração, de forma a minimizar a atividade de transporte interno. Os recipientes devem ser dispostos de forma compatível com seu volume, e preservados de forma a manter uma boa organização do local destinado a este uso.
- ✓ **Coleta, transporte e destinação final por empresa(s) especializada(s):** a coleta, o transporte externo e a destinação final dos resíduos deverá ser realizada por empresa especializada, com licença válida para tal tipo de operação. A empresa deverá emitir documentos de controle das quantidades produzidas, denominados manifestos de transporte de resíduos – MTRs e/ou certificados de destinação de resíduos – CDRs para a comprovação do devido encaminhamento. Os mesmos devem ser arquivados para apresentação ao órgão ambiental licenciador nos relatórios de acompanhamento deste programa;
- ✓ Registrar em relatório as ações realizadas no que diz respeito à identificação das áreas geradoras, dos processos de segregação e acondicionamento dos resíduos, do transporte interno e armazenamento temporário na draga, e da coleta, transporte e destinação final por empresas especializadas, apresentando as licenças ambientais das respectivas empresas contratadas para esta atividade.

- ✓ Caso a(s) draga(s) seja(m) equipada(s) com equipamento próprio de gestão de efluentes, as planilhas de controle do equipamento deverão ser fornecidas, devendo constar data, hora e volume do eventual descarte realizado, e comprovando que o equipamento realiza o tratamento para níveis aceitáveis antes de seu lançamento no mar, em cumprimento às normativas da Organização Marítima Internacional (IMO) e da convenção MARPOL 73/78.

17. VÁLVULA VERDE

A empresa executora das obras de dragagem deverá, obrigatoriamente, adotar o dispositivo de “válvula verde” (válvula ambiental) ou similar no sistema de *overflow* do equipamento de dragagem (draga autotransportadora). Conforme diagrama esquemático apresentado na Figura 112, a válvula verde (*green valve*) tem como objetivo reduzir a entrada de ar no fluxo de material aspirado pelo equipamento durante a atividade de dragagem, reduzindo assim a turbulência na mistura dragada, reduzindo o tempo de suspensão do material resultante do *overflow*.

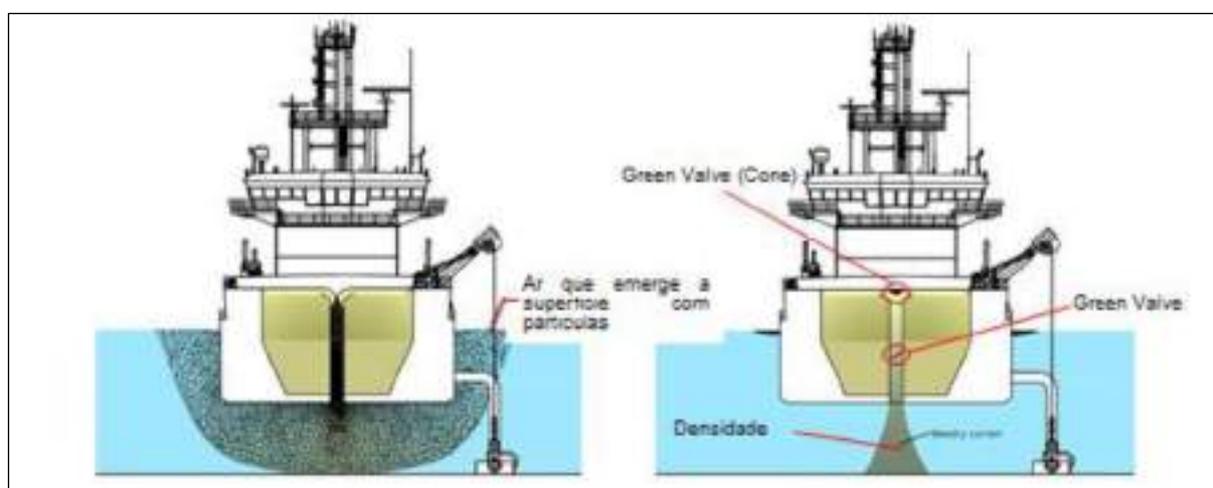


Figura 112. Ilustração esquemática do uso da válvula verde no sistema de *overflow*. À esquerda situação sem o uso da válvula. A direita situação com o uso da válvula verde.

18. COMUNICADO À CAPITANIA DOS PORTOS

A empresa executora das obras de dragagem deverá, obrigatoriamente, antes do início das atividades de dragagem, entregar todos os documentos pertinentes à Delegacia da Capitania dos Portos em São Francisco do Sul, entre eles, o plano de balizamento (sinalização náutica) para a atividade e a área a ser determinada como "Aviso aos Navegantes" para restrição de navegação, que corresponde às regiões de dragagem, navegação da draga e descarte.

O comunicado deverá ser realizado com antecedência mínima de cinco dias úteis à data de início das atividades de dragagem, informando as coordenadas do trecho da área a ser inicialmente dragada e as respectivas áreas de despejos, bem como o término da dragagem, para divulgação em "Avisos aos Navegantes". Será também comunicado a Delegacia da Capitania dos Portos em São Francisco do Sul sobre o ritmo, período e fase detalhada das boias luminosas a serem empregadas na sinalização da área de dragagem.

19. GERENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DAS OBRAS

O gerenciamento e a fiscalização das obras de dragagem serão realizados por uma empresa independente da executora das obras, a ser contratada pela SCPar Porto de São Francisco do Sul S/A, a qual deverá realizar as atividades descritas abaixo durante todo o período das obras de dragagem e do uso benéfico dos sedimentos.

19.1. Controle de Manutenção de Equipamentos

Para o controle de manutenção dos equipamentos deverão ser realizadas as ações descritas abaixo.

- ✓ Realizar vistoria quinzenal nos equipamentos utilizados, visando assegurar condições operacionais, sistemas de segurança, condições de máquinas e comando elétrico-hidráulico, bem como da capacitação técnica da tripulação a bordo dos equipamentos.
- ✓ Apresentar procedimentos realizados na forma de relatório e registro fotográfico, bem como planilhas de controle documental.
- ✓ Realizar a cobrança e controle dos registros de manutenção dos equipamentos.

20. CONTROLE EXECUTIVO DA OBRA

Deverá ser enviado diariamente um Relatório Diário das Operações do dia precedente, incluindo, pelo menos, informações sobre:

- i. Produções diárias e por ciclo de dragagem, por equipamento, caso seja empregado mais de uma draga;
- ii. Ciclos de dragagem com horário de início e fim e local dos equipamentos durante cada fase (dragagem – dragagem com *overflow* – navegação – descarte – início de recalque e fim de recalque), por equipamento, caso seja empregado mais de uma draga;
- iii. Enchimento das cisternas, tempo, volume e concentração do *overflow*, funcionamento das bombas;
- iv. Operações de descarte em área marinha e bombeamento para alimentação de praia e execução do projeto de recuperação e proteção da orla, bem como do projeto de recuperação do sistema de dunas;
- v. Manobras de terceiros, paralizações, operações de abastecimento;
- vi. Tópicos relacionados à saúde, segurança e meio ambiente; e,
- vii. Atualização do cronograma executivo de atividades.

Uma reunião semanal será realizada onde serão apresentados dados atualizados, os avanços físicos, as produções, cronograma, da metodologia de dragagem e obra de proteção costeira.

Deverá ser produzido um Relatório Mensal, consolidando as informações coletadas nos Relatórios Diários e atualizando o cronograma de execução das obras.

Todos os relatórios e descrição de equipamentos deverão estar em língua portuguesa.

21. CRONOGRAMA

O cronograma de dragagem deverá ser apresentado pela empresa que executará o serviço, juntamente com as estratégias de dragagem de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo e da recuperação e proteção da orla do Município de Itapoá no Plano de Execução das Obras.

No entanto, estima-se que todo o processo de dragagem e uso benéfico dos sedimentos deva ser realizado em um período de 10/12 meses.

22. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresentou o projeto de readequação e aprofundamento do canal de acesso externo do sistema aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, e do uso benéfico dos sedimentos, e tem como objetivo permitir a operação de navios da nova geração, com comprimento de 366 m de LOA (comprimento máximo do navio).

A geometria proposta para o sistema aquaviário de forma resumida, tem-se que a largura do canal será alterada: atualmente varia entre 160 m (trechos retilíneos) e 244 m (curva), passando a adotar larguras variando entre 260 m (trechos retilíneos) e 280 m (curva).

Além da readequação da geometria da largura do canal e da curva, o projeto prevê o aprofundamento do canal para 14 ou 16 m (DHN) + 0,5 metros de sobredragagem (tolerância).

O projeto propõe ainda duas áreas adicionais a serem dragadas no canal externo, com o objetivo de minimizar o seu assoreamento, aumentando sua vida útil e concentrando os esforços de dragagem para as próximas dragagens de manutenção que se fizerem necessária. Estas áreas são denominadas "Armadilhas" para sedimentos.

As estimativas do volume de sedimentos a serem dragados nas obras do projeto de Dragagem de Readequação e Aprofundamento do Canal de Acesso Externo do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, atualmente, é de 7.703.775 m³ (sete milhões, setecentos e três mil e setecentos e setenta e cinco metros cúbicos) para a profundidade de 14 metros e 12.829.223 m³ (doze milhões oitocentos e vinte e nove mil e duzentos e vinte e três metros cúbicos) para a profundidade de 16 metros, fundamentados em um levantamento hidrográfico de abril de 2022.

Os resultados das análises granulométricas de 150 (cento e cinquenta) amostras coletadas para a caracterização do sedimento a ser dragado demonstraram que 80% das frações granulométricas variam de areia fina a areia média, e as análises químicas atestam a boa qualidade dos sedimentos a serem dragados, apresentando todas as concentrações das substâncias químicas indicadas pelo órgão ambiental licenciador e da Resolução CONAMA 454/2012, abaixo do Nível 1, indicando baixa probabilidade de efeitos adversos à biota local. Sendo assim, não há impeditivos às atividades de dragagem no que se refere à qualidade ambiental dos sedimentos a serem dragados e dispostos em terra para uso benéfico da recuperação da orla.

Para o projeto de recuperação e proteção da orla de Itapoá, através de técnicas de alimentação artificial da praia, e outros mecanismos de desenvolvimento de projeto para reserva técnica de sedimentos, é previsto a utilização de um volume aproximado de 6.395.900 m³ de sedimentos para a alimentação de aproximadamente 10 quilômetros da linha de costa de Itapoá, sendo que o volume restante deverá ser depositado no bota-fora Alfa.

Adicionalmente, o projeto prevê a recuperação das dunas frontais em aproximadamente 7 quilômetros da linha de costa de Itapoá, tendo as dunas 6 metros de largura e altura variando de 1 a 1,5 metros, sendo necessário um volume de 64.500 m³ de sedimentos.

Foi definida uma largura de projeto de 6 m (seis metros), bem como uma cota de +1,0 m (um metro) de altura para a implantação do sistema de dunas ao longo de toda a faixa de areia da Praia Figueira do Pontal, sendo que na faixa de areia da Praia Pontal do Norte, na zona identificada como um "hotspot" de erosão, foi definida uma cota de +1,5 m (um metro e cinquenta centímetros) de altura para a construção do perfil topográfico do sistema de dunas.

Após esta etapa inicia-se o monitoramento do sucesso da implantação e restauração das dunas, avaliando-se os indicadores de desempenho, e sempre que necessário tomando as medidas necessárias de adaptação. Na etapa de monitoramento será avaliada a necessidade de implantação de outras barreiras de contenção de areia, além da que está projetada na área de "hotspot" identificada, e, a necessidade da implantação das passarelas ao longo da orla.

Por fim, é importante destacar que este projeto se constitui em pioneiro no Brasil no uso benéfico de sedimentos dragados de um canal de acesso portuário para recuperação e proteção da orla de um município costeiro. Ainda, além de viabilizar um sistema aquaviário moderno, que permitirá a operação de navios de 366 metros de comprimento, irá também viabilizar a recuperação de mais de oito quilômetros de praias do Município de Itapoá que vem sofrendo há mais de 80 anos com problemas de erosão costeira. No entanto, salienta-se que os processos erosivos continuarão ocorrendo, sendo que este projeto de recuperação e proteção foi projetado para uma vida útil de aproximadamente 10 anos, mas que poderá ser reduzida como consequência da intensificação dos processos de alta energia incidentes ao longo de todo litoral catarinense.

23. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ACQUAPLAN & PROSUL. Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Alimentação Artificial da Praia Central de Balneário Camboriú. Balneário Camboriú, SC. 2014.

ACQUAPLAN. Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV para a Implantação do Terminal de Transatlânticos BC Ports (PDBS – Ports Developed by Shiphandlers), Balneário Camboriú, SC. 2018.

ALFREDINI, P. 2005. Obras e gestão de portos e costas: a técnica ao enfoque logístico e ambiental. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

ALLEANZA. Projeto Executivo – Alimentação Artificial – Faixa de Praia Original (sem acréscimo de reserva nos pontais). Balneário Camboriú. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PESCA E DA AQUICULTURA – MPA. Boletim do Registro Geral da Atividade Pesqueira – RGP. Brasília, 50p. 2012.

Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional

CUR, 1987. Manual on Artificial Nourishment. In: Pilarczyk, K. W. & Overeem, J. (Eds.). Centre for Civil Engineering Research. Codes and Specifications. Delft Hydraulics. 195p.

CORAL, V. N. 2009. Análise da Recomposição da Cobertura Vegetal, após a Aplicação de Técnicas de Recuperação, na Restinga de Jurerê Internacional, Florianópolis, SC. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

CORDAZZO, C. V.; PAIVA, J. B. & SEELIGER, U. Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica. 1º Ed. Brasil, Pelotas. 2006.

COSTA, CSB. 1987. Aspectos da ecologia populacional das plantas dominantes das dunas costeiras do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado, Universidade do Rio Grande, Rio Grande, RS.

DE SCHIPPER, M., LUDKA, B.C., RAUBENHEIMER, B., LUIJENDIJK, A.P., SCHLACHER, T.A., 2020. Beach nourishment has complex implications for the future of sandy shores. Nat. Rev. Earth & Environ. 1–15.

DEAN, R. G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: Proc. Of. Conf. On Engineering Dynamics in the Surf Zone, Sydney, 208-214.

DEAN, R. G. 2002. "Beach Nourishment: Theory and Practice", World Scientific Press, v.18, 324p.

DEAN, R. G. & DALRYMPLE, R. A. 2004. Coastal Processes with Engineering Applications. Cambridge University Press.

DEVALL, M. S. 1992. The biological flora of coastal dunes and wetlands. 2. Ipomoea pes-caprae (L.) Roth. Journal of Coastal Research. 8(2):442-456.

DEWHURST, D. (Comis.) 2002. Coastal Dunes: Dune protection and improvement manual for the Texas Gulf Coast. 2nd ed. Ed. Texas General Land Office.

ELIAS, E.P.L., VAN DER SPEK, A.J.F., PEARSON, S.G., CLEVERINGA, J., 2019. Understanding sediment bypassing processes through analysis of high-frequency observations of Ameland Inlet, The Netherlands. *Mar. Geol.* 415, 1–19.

EMERIM, E. G., 2003. Proposta metodológica para recuperação ambiental de fragmentos de restingas fixadoras de dunas em áreas urbanas Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 117p.

EPA (Environmental Protection Agency – The State of Queensland). 2003. Goat's foot convolvulus (*Ipomoea pes-caprae*). Description of major dune plants IV-03 Coastal sand dunes: their vegetation and management 4.

FAMAI, 2017. Projeto de Recuperação da Vegetação Fixadora de Dunas da Praia Brava – Itajaí.

FRACASSO, P. Sistemas de dunas do Parque das Dunas e Barreira do Infer, Natal, RN: levantamento geológico/geofísico, elaboração do modelo determinístico e avaliação da vulnerabilidade/suscetibilidade frente às pressões antrópicas. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – Brasil. 2005.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos river bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sedimentary Petrology.* 27(1):2-26.

GRAVENS, M., EBERSOLE, B., WALTON, T., WISE, R., 2006. Beach Fill Design. In: Ward, D. (editor). *Coastal Engineering Manual. Part V. Coastal Project Planning and Design. Chapter IV. Engineer Manual 1110-2-1100 U.S. Army Corps of Engineers.* Washington, DC.

GRUBER, N. L. S. Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. Porto Alegre: GRAVEL. p. 81 – 89. 2003.

HESP, P. A. A Gênese de Cristas de Praias e Dunas Frontais. *In: Mercator – Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 02, 120-125p.* 2002.

HESP, P. A. The Beach-Backshore and Beyond. *In: Beach and Shoreface Morphodynamics. Coastal Depositional Environments.* Department of Geography and Marine Studies Centre. University of Sydney. p. 48-76. 1999

KLEIN, A. S.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. dos. 2007. Florística e estrutura comunitária de restinga herbácea no município de Araranguá, Santa Catarina. *Biotemas, Florianópolis, v.20, n.3, p.15-26, set.* 2007.

LARANJEIRA M.M.C., 1997. Vulnerabilidade e gestão dos sistemas dunares. O caso das dunas de Mira. Tese de Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 148p.

MORAES, L. F. D. [et al.] Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro /– Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 84 p.: il. ISBN 978-85-60035-11-3. 2013.

NORDSTROM K.F., *Beaches and Dunes of Developed Coasts.* Cambridge University Press. Cambridge, 2000.

NORDSTROM, K.F. *Recuperação de Praias e Dunas.* São Paulo: Oficina de Textos, 263p. 2010.

OLIVEIRA, J. P. de, & SANTOS JÚNIOR, A. 2000. Análise da Urbanização de Balneário Camboriú e a Preservação do seu Sítio Histórico: O Sítio da Barra. Turismo Visão e Ação. Ano 3, Nº6.

PEREIRA, O.J. 1990. Levantamento florístico fitossociológico de uma área de restinga do Estado do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PFADENHAUER, J. Contribuição ao conhecimento da vegetação e de suas condições de crescimento nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, 38: 827-836. 1978.

PIANC - PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES. Harbour Approach Channels – Design Guidelines. Bruxelles, 2014. Disponível em: <<http://www.pianc.org/downloads/publications>>.

POLETTE, M. 1997. Gerenciamento costeiro integrado: proposta metodológica para a paisagem da microbacia de Mariscal Bombinhas, SC. (Tese de Doutorado). São Carlos: PPGERN/UFSCar.

POLETTE, M.; RAUCCI, G.D. & CARDOSO, R.C. 2001. Proposta metodológica para análise da capacidade de carga recreacional em praias arenosas: estudo de caso da praia central de Balneário Camboriú-SC (Brasil). I Congresso Sobre Planejamento e Gestão do Litoral dos Países de Expressão Portuguesa, Açores/Lisboa, meio magnético (CD).

PORPILHO, D. 2012. Análise da sedimentologia, variação da linha de costa e perfil praias de Itapoá-SC, Brasil. Monografia. Universidade do Vale do Itajaí. Santa Catarina.

SANTOS, C.R. 1995. Interrelação entre a dinâmica da vegetação "pioneira" e os padrões morfosedimentológicos sazonais na praia da Joaquina, ilha de Santa Catarina, Brasil. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis. 207p.

SANTOS, U. F. *et al.* 2014. Níveis de sombreamento na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). Bioscience Journal, v. 30, n. 1, p. 129-136.

SCUSSEL, C. 2012. Recuperação Ambiental Das Dunas Frontais De Um Trecho Da Praia De Morro Dos Conventos, Araranguá (Sc). Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.; BARCELLOS, L. 2004. Areias do Albardão – um guia ecológico ilustrado do litoral no extremo sul do Brasil. Rio Grande, Editora Ecoscientia. 96p.

SEELIGER, U.K.; ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. (Eds.) 1997. Subtropical convergence marine ecosystem. The coast and the sea in the warm temperate southwestern atlantic. Springer Verlag, Heidelberg, New York, 308p.

SEOANE, C. L. V; FERNÁNDEZ, J. B. G & PASCUAL, C. V. Manual de Restauración de Dunas Costeras. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas. 2007.

SHERMAN, D. J. Problems of scale in the modelling and interpretation of coastal dunes. *Marine Geology* 124. pp. 339-349. 1995.

SKALEE, M. 2008. Construção e apropriação do espaço público: estudo do traçado urbano do Centro de Balneário Camboriú. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa

Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade.

SOUZA, M. C. 1999. Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: Subsídios à ocupação. Dissertação, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SUGUIO K. 1973. Introdução à sedimentologia. Editora Edgard Blucher Ltda. EDUSP, 317p.

TABAJARA, L.L.C.A. & WESCHENFELDER, J. Recuperação de Dunas Frontais em Área Degradada por Sangradouro na Praia de Xangri-lá/RS. GRAVEL, V.9-Nº1, 69-85, Porto Alegre. 2011.

TEIXEIRA, S.B., 2011. A alimentação artificial de praias com dragados no Algarve. In: Coelho C, Silva OA, Pinheiro LM, Gonçalves DS (Eds). Dragagens – Fundamentos, Técnicas e Impactos. Universidade de Aveiro, Lusoimpress, pp. 221-240.

TOLDO Jr., E. E.; ALMEIDA, L.; NICOLODI, J.; ABSALONSEN, L.; GRUBER, N. L. S. O Controle da Deriva Litorânea no Desenvolvimento do Campo de Dunas e da Antepraia no Litoral Médio do Rio Grande do Sul. Pesquisas em Geociências 33: 35-42. 2006.

WENTWORTH, C. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. The Journal of Geology, 30(5), 377-392.

24. ANEXOS

- (I) Estudo de manobras de navio porta-contêiner de 366 metros de loa para análise da viabilidade de navegação e manobra na nova proposta de canal de acesso para o Sistema Aquaviário do Complexo Portuário de São Francisco do Sul.
- (II) Plantas batimétricas do levantamento hidrográfico realizado em abril de 2022.
- (III) Plantas com a máscara e a localização das seções de dragagem.
- (IV) Perfis das seções de dragagem.
- (V) Planilha de cálculos e volumes de dragagem por seção.
- (VI) Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).
- (VII) Termo de Compromisso entre a SCPar Porto de São Francisco do Sul e a Prefeitura de Itapoá.
- (VIII) Publicação em Diário Extra Oficial do Termo de Compromisso entre SCPar Porto de São Francisco do Sul S/A e a Prefeitura Municipal de Itapoá.
- (IX) Estudo de Modelagem Numérica Hidrodinâmica, de Ondas e Morfológica para Avaliação e Alternativas de Áreas de Despejo para Uso Benéfico dos Sedimentos a Serem Dragados do Canal de Acesso Aos Portos de São Francisco do Sul e Itapoá.



Assinaturas do documento



Código para verificação: **E5T9J4E2**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



EDUARDO BARÃO BATISTA (CPF: 089.XXX.799-XX) em 20/03/2025 às 11:28:03

Emitido por: "SGP-e", emitido em 26/06/2024 - 12:15:04 e válido até 26/06/2124 - 12:15:04.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/UFNGU18xNjU1OV8wMDAwMDYzOF82MzhfMjAyNV9FNvQ5SjRfMg==> ou o site

<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **PSFS 0000638/2025** e o código **E5T9J4E2** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.