UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

NOAH NAHAS EVARISTO CABRAL

UTILIZAÇÃO DO SONAR DE VARREDURA LATERAL NO MONITORAMENTO DE UMA ÁREA DE DESPEJO DE MATERIAL DRAGADO NA PLATAFORMA CONTINENTAL

Niterói
2018

NOAH NAHAS EVARISTO CABRAL

UTILIZAÇÃO DO SONAR DE VARREDURA LATERAL NO MONITORAMENTO DE UMA ÁREA DE DESPEJO DE MATERIAL DRAGADO NA PLATAFORMA CONTINENTAL

Trabalho apresentado ao curso de graduação em Geofísica da Universidade Federal Fluminense como parte da disciplina de Projeto Final II e requisito para obtenção do título de Bacharel em Geofísica.

Niterói
2018

NOAH NAHAS EVARISTO CABRAL

UTILIZAÇÃO DO SONAR DE VARREDURA LATERAL NO MONITORAMENTO DE UMA ÁREA DE DESPEJO DE MATERIAL DRAGADO NA PLATAFORMA CONTINENTAL

Trabalho apresentado ao curso de graduação em Geofísica da Universidade Federal Fluminense como parte da disciplina de Projeto Final II e requisito para obtenção do título de Bacharel em Geofísica.

Niterói ,

BANCA EXAMINADORA

José Antonio B. Neto
Universidade Federal Fluminense - LAGEMAR

Gilberto T. Macedo Dias
Universidade Federal Fluminense - LAGEMAR

Allan Sandes de Oliveira
Universidade Federal Fluminense - LAGEMAR

Dedico este trabalho aos meus pais e amigos que sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

A vida é muito rápida, agradeço a oportunidade de estar vivo e compartilhar esse momento com pessoas que amo e admiro. Obrigado vida.

Obrigado Romeu Evaristo, obrigado Elizabeth Nahas, obrigado Dandara Mariana, obrigado Maria de Lurdes, obrigado Sebastião Cabral, obrigado Nelson Correa, obrigado José Antonio, obrigado Gilberto Dias, obrigado Diogo obrigado Alice Vasconcellos, obrigado Tais Sales, obrigado Yuri Garcia, obrigado Vanessa Costa, obrigado Cameron obrigado todos os monitores que me ajudaram nos momentos de dificuldade. Obrigado a todos os funcionários da UFF que fazem desse lugar um local especial.

RESUMO

Os permanentes avanços da navegação, proporcionados principalmente pela intensificação do comércio mundial trazem consigo desafios.
Este trabalho teve como objetivo entender o comportamento de um material dragado da Baia de Guanabara durante os anos de 2010 e 2011 depositado na plataforma continental adjacente, sendo exposto a um a um dinamismo ambiental distinto.
Foi comprovado que parte do material dragado depositado nessa área ainda não dispersou.

Palavras-chave: Dragagem. Geofísica. Sonar de varredura lateral.

ABSTRACT

The steady advancements in shipping, provided mainly by the increase in world trade gives rise to certain challenges. In this thesis aims to explore the treatment of dredged material from the Guanabara Bay during 2010 and 2011 deposited in the adjacent continental plataform exposed to a different environmental dynamisms.
It has been comproved that part of the dredge material remains in this area after seven years

Keywords: Dredging. Geophysics. Side Scan Sonar.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Área de Dragagem e Área de descarte 13
Figura 2 — Área C localizada em um ponto de relevante interesse ambiental . . 14
Figura 3 — Cartas de sedimentos marinhos superficiais 15
Figura 4 — ÁREA A, B & C. Estabelecidas no ano de 1996 para receberem sedimentos provenientes de dragagens do interior da Baia de Guanabara 16
Figura 5 — As diferentes áreas dragadas no porto do Rio 17
Figura 6 — Sacos de Geotêxtil 18
Figura 7 — Side Scan Sonar: emissão de dois feixes de sinal acústico 19
Figura 8 — Observação dos parâmetros físicos característicos: parte do sinal acústico é absorvido, parte é refletido e parte é dispersado. Somente a parte do sinal acústico que reflete é utilizada para a caracterização do fundo marinho 20
Figura 9 — Tipos de sonar de varredura lateral 21
Figura 10 — Formas de disposição de material dragados em corpos hídricos: (a) Disposição irrestrita (b) Capeamento pelo nível do fundo (c) Disposição com contenção lateral (d) Disposição confinada (e) Disposição em cavas (f) Disposição confinada em cavas 22
Figura 11 — Pontos de coleta na " Área C" 23
Figura 12 — Granulometria nos pontos selecionados no interior da "ÁREA C" antes do processo de despejo do material dragado proveniente da baia de Guanabara 25
Figura 13 — Granulometria nos pontos selecionados no interior da "ÁREA C" 70 dias após o fim do processo de despejo do material dragado proveniente da baia de guanabara 26
Figura 14 — Granulometria dos pontos selecionados no interior da "ÁREA C" durante o processo de despejo do material dragado 27
Figura 15 — Transdutor do Side Scan Sonar 29
Figura 16 — Levantamento do fundo oceânico onde está localizada a "Área C" feito por Sonar de varredura lateral no ano de 2012 30
Figura 17 — Levantamento do fundo oceânico onde está localizada a "Área C" feito pelo Sonar de varredura lateral no ano de 2018 31
Figura 18 — Pontos de localização de feições de material fino, compacto e coeso observáveis no levantamento feito no ano de 2012 ainda presentes no levantamento feito no ano de 2018 33

Figura 19 — Pontos de localização de feições de material fino, compacto e coeso observáveis no levantamento feito no ano de 2012 ainda presentes no levantamento feito no ano de 2018 33
Figura 20 — Feições arredondadas localizadas nas mesmas coordenadas no levantamento feito no ano de 2018 (figura a esquerda) e no levantamento feito no ano de 2012 (figura a direita) 34
Figura 21 — Experimento 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Volume e características do material dragado do porto do Rio 17
Tabela 2 — Classificação das partículas sedimentares por tamanho segundo a escala de Wentworth(1922) 24
Tabela 3 — Percentuais dos intervalos granulométricos dos sedimentos amostrados na "ÁREA C" antes da disposição de sedimentos provenientes da baia de Guanabara, no início de 2010 24
Tabela 4 — Percentuais dos intervalos granulométricos dos sedimentos amostrados na "ÁREA C" 70 dias após a disposição de sedimentos provenientes da Baia de Guanabara, no final de 2011 25
Tabela 5 — Percentuais dos intervalos granulométricos dos sedimentos amostrados na "ÁREA C" durante a disposição de sedimentos provenientes da baia de Guanabara, no final de 2010 26

SUMÁRIO

1 **INTRODUÇÃO** 11
2 **LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO** 13
2.1 **ÁREA DE ESTUDO** 13
2.1.1 ***Localização e Aspectos geográficos*** 13
2.1.2 ***Breve Histórico*** 15
2.2 **INVESTIGAÇÃO DO FUNDO MARINHO NA "ÁREA C"** 18
2.2.1 ***Métodos Geofísicos : Propagação de ondas acústicas*** 18
2.2.1.1 ***Sonar de Varredura Lateral*** 18
2.3 **DISPOSIÇÃO DE MATERIAL DRAGADO NA "ÁREA C"** 21
2.4 **AVALIAÇÃO DO MATERIAL DRAGADO DEPOSITADO NA "ÁREA C"** . 23
3 **METODOLOGIA** 28
4 **RESULTADOS** 30
5 **CONCLUSÃO** 36
REFERÊNCIAS 37

1 **INTRODUÇÃO**

O processo de globalização vem impulsionando o comércio mundial de forma rápida e contínua. A demanda por mercadorias de todas as procedências, tamanhos, e tipos reflete na necessidade frequente de modernização das embarcações para o aumento da capacidade de carga transportada (MEYRELLES MONTEIRO, 2010).

Dessa forma o atual sistema de transportes aquaviário vem exigindo cada vez mais dos portos e canais de acesso adequações as profundidades mínimas requisitadas pelas embarcações.

Denomina-se o processo de retirada de sedimentos do fundo de corpos hídricos, para conservação das profundidades exigidas pelas embarcações, de *dragagem*. O procedimento de dragagem é operacionalizado por equipamentos denominados "dragas" (TORMA BURGUEÑO , 2009).

Características geográficas como concentração populacional, industrialização e, infraestrutura urbana deficitária, explicam o despejo de quantidades muito elevadas de resíduos sólidos e químicos nas áreas de baías e estuários; localidades preferenciais dos portos. Á Vista disso, na maior parte dos casos, parte dos sedimentos removidos pela técnica de dragagem está contaminado com elementos de toxidade elevada, tais como metais pesados, plástico, mercúrio, petróleo, substâncias radioativas e pesticidas (MEYRELLES MONTEIRO, 2010; MACHADO DE CASTRO; RIBEIRO DE ALMEIDA, 2012).

O descarte de material dragado pode ser feito em terra, mar aberto, lagoas, canais, baias e estuários . A técnica mais utilizada no país é a disposição oceânica devido ao baixo custo do procedimento e a agilidade na escolha da área.

Ao longo de muito tempo não se questionou sobre a destinação do material dragado e o impacto ambiental causado pelo mesmo. Entretanto, com a ascensão da preocupação para/com o ecossistema, pesquisas vem sendo desenvolvidas para compreender o nível de contaminação do material dragado, o resultado da disposição do material dragado no ambiente depositado, a identificação de áreas de descarte minimizadoras a deterioração do ambiente escolhido e; viabilizar técnicas de descontaminação do material dragado para que o mesmo seja reutilizado de forma benéfica ao meio ambiente (MEYRELLES MONTEIRO, 2010).

Este trabalho visa um melhor compreendimento e avaliação a cerca de uma área de descarte de material dragado na plataforma continental do Rio de Janeiro, a “Área C”. Criada no ano de 1996 através de estudos do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) a localidade foi escolhida no ano de 2010 para o descarte de dragagens provenientes do porto do Rio e do Canal do Cunha; duas áreas degradadas da baia de Guanabara, devido a falta de estrutura urbana, social e

ambiental da cidade do Rio. Cerca de 4 milhões de metros cúbicos de sedimentos foram despejados na localidade entre os anos de 2010 e 2011 (PEREIRA , 2013).

Foi utilizado o Sonar de Varredura Lateral para o levantamento dos dados. O equipamento acústico é eficiente no mapeamento do fundo marinho uma vez que, devido a sua baixa atenuação na água, as ondas acústicas podem transitar por longas distâncias informando o alcance, características e obstruções no assoalho oceânico (BLONDEL, 2009).

O conjunto de informações levantadas no dia 14 de Julho de 2018 foi comparado com os dados de levantamentos sonográficos feitos no ano de 2012 por Pereira (2013)

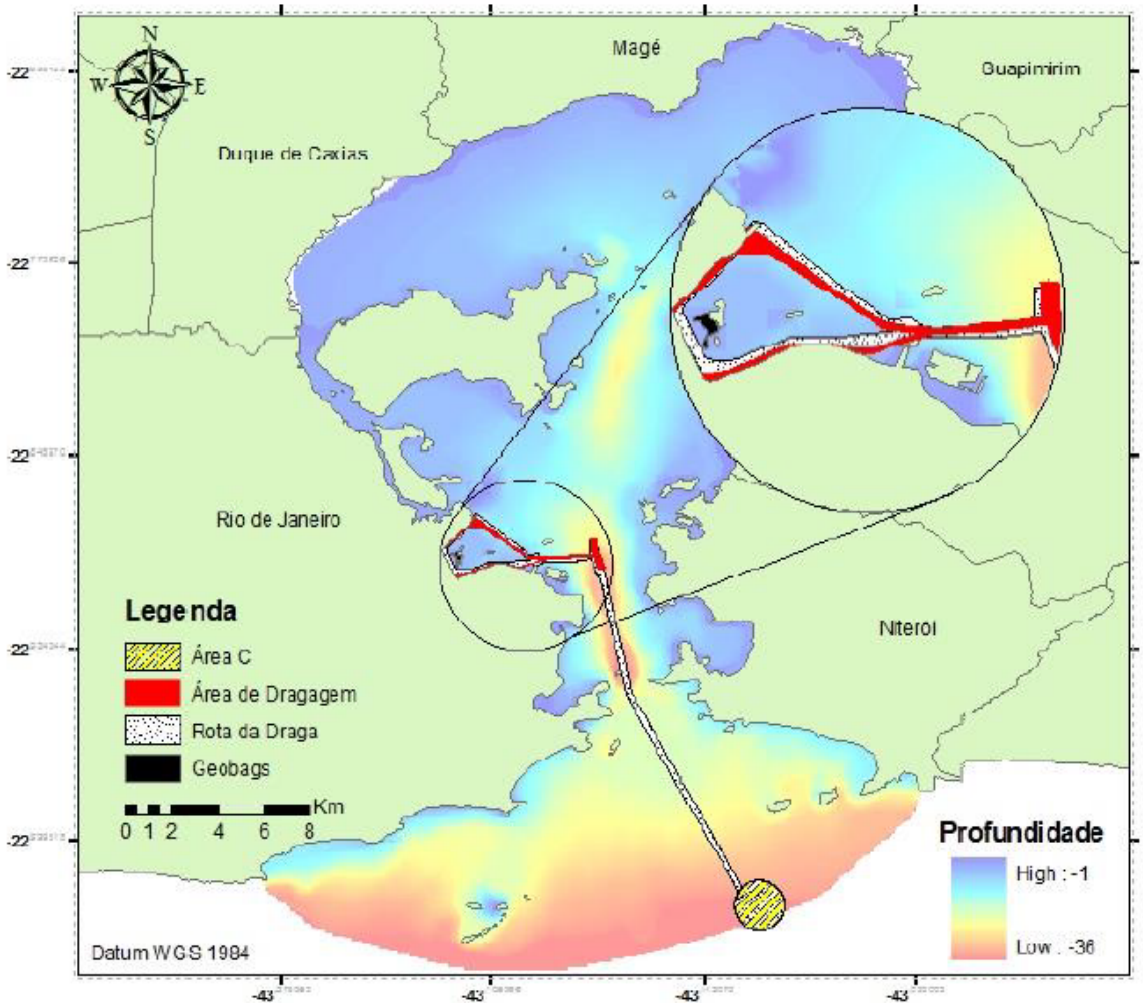
2 **LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**

2.1 **ÁREA DE ESTUDO**

2.1.1 ***Localização e Aspectos geográficos***

Conhecida como "Área Charlie" ou “Área C” está localizada dentro dos limites das águas jurisdicionais brasileiras. Posiciona-se a 6,4 quilômetros ao sul da linha de costa do município de Niterói, nos limites internos da plataforma continental. Apresenta a forma de um círculo com 1 quilômetro de raio, perímetro de cerca de 6 quilômetros, área de 3,14 quilômetros quadrados e profundidade de 35 metros (PEREIRA , 2013).

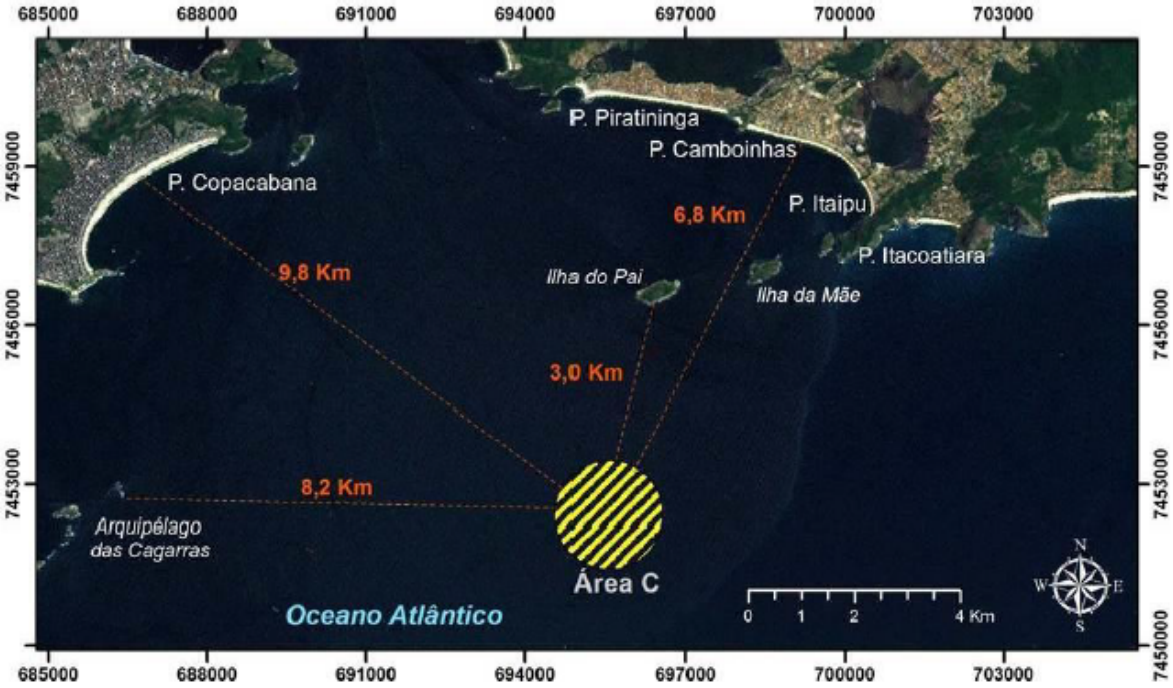
Figura 1 - Área de Dragagem e Área de descarte



Fonte: PEREIRA (2013, p. 37)

A área C está posicionado a sudoeste da entrada da Baia de Guanabara em um local próximo a diferentes pontos de interesse ambiental, tais como: Monumento Natural do Arquipélago das Cagarras e praias da Região oceânica de Niterói, e as ilhas do Pai e da Mãe.

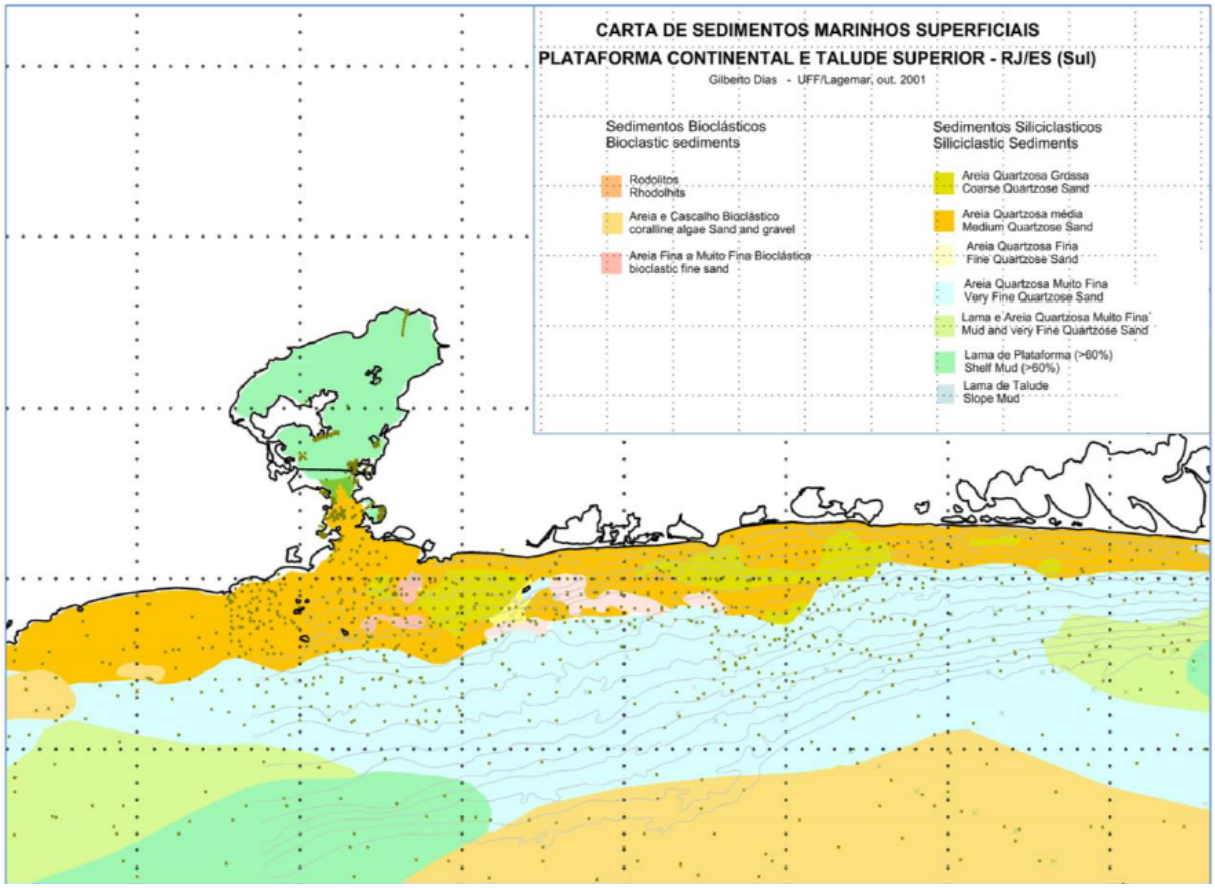
Figura 2 - Área C localizada em um ponto de relevante interesse ambiental



Fonte: PEREIRA (2013, p. 43)

A “área C” caracterizou-se por apresentar uma cobertura sedimentar homogênea com a presença de areias de diâmetro granulométrico selecionados: areia bioclástica muito fina, areia quartzosa média e areia quartzosa grossa. Não foi constatada a existência de Silte ou Argila.

Figura 3 - Cartas de sedimentos marinhos superficiais



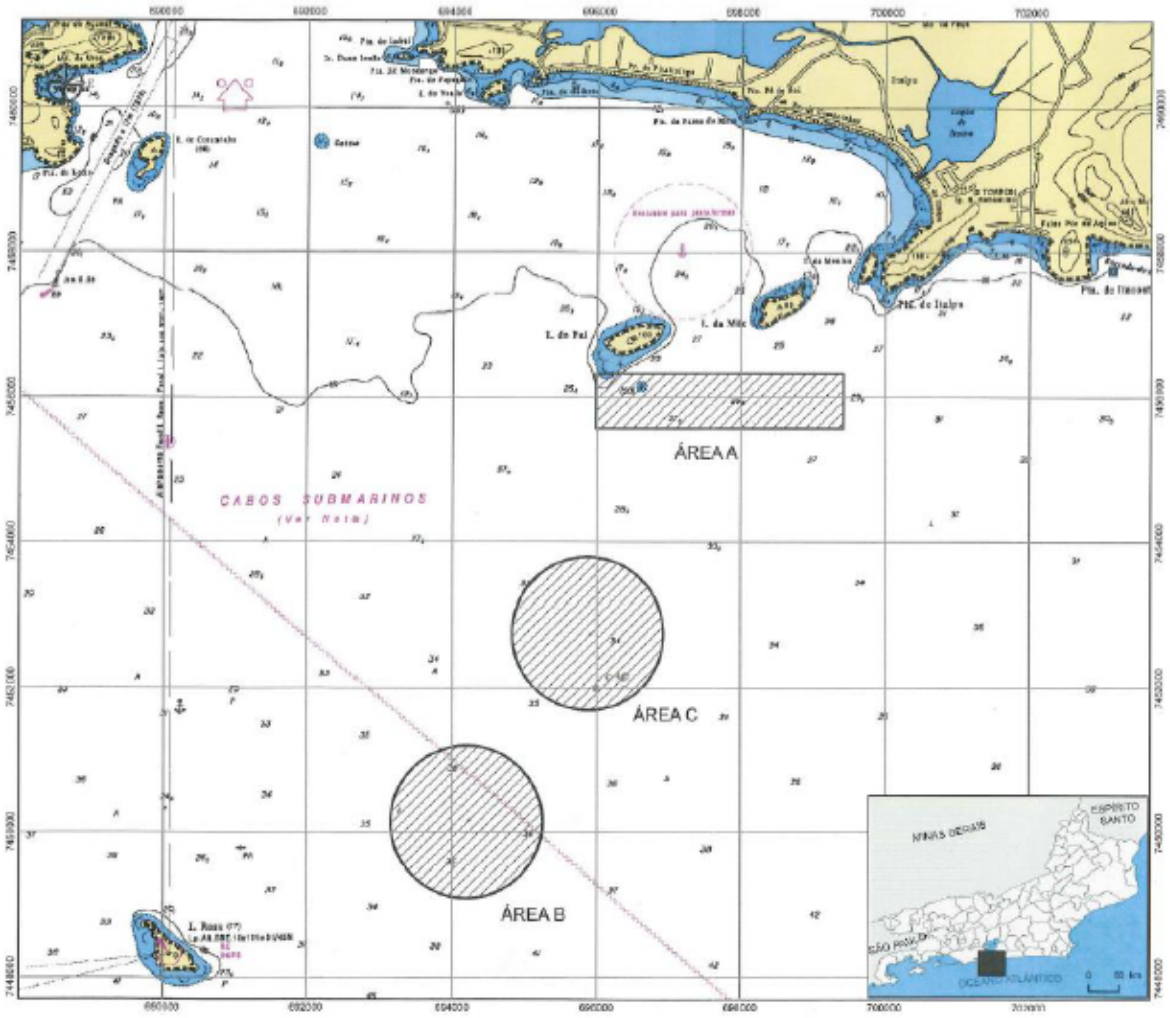
Fonte: PEREIRA (2013, p. 45)

Além disso, está sob influência de diversos processos meteorológicos, tais como: ciclones extratropicais, frentes frias, brisa terrestre e brisa marítima; podendo ser submetida a ondas de até 4 metros de altura (PEREIRA , 2013).

2.1.2 ***Breve Histórico***

A "área C" foi criada no ano de 1996, juntamente com as áreas "A" e "B", através de estudos do instituto nacional de pesquisas hidroviárias (INPH). Antes do estabelecimento destas área, os sedimentos dragados eram descartados em áreas próximas ao local de dragagem, no interior da Baia de Guanabara.

Figura 4 - ÁREA A, B & C. Estabelecidas no ano de 1996 para receberem sedimentos provenientes de dragagens do interior da Baia de Guanabara



Fonte: O autor (2018)

Na década de 90 não houve despejos de volumes consideráveis na "área C", uma vez que, não houve dragagens de sedimentos em volumes relevantes na Baia de Guanabara.

Em 2005 o Instituto Estadual do Meio Ambiente autorizou o descarte de 1.4 milhões de metros cúbicos de material dragado provenientes do porto do Rio e do Porto de Niterói. Esta foi considerada a primeira utilização contundente da "área C". (PEREIRA , 2013) .

A localidade foi escolhida no ano de 2010 para o descarte de dragagens provenientes do porto do Rio (figura 5). Cerca de 4 milhões de metros cúbicos de sedimentos contaminados foram despejados na localidade entre os anos de 2010 e 2011 (tabela 1).

Figura 5 - As diferentes áreas dragadas no porto do Rio

Fonte: PEREIRA (2013, p. 120)

Tabela 1 - Volume e características do material dragado do porto do Rio

Área	Material fácil Remoção	Material alta resistência	Material fácil remoção pouca profundidade	Material contaminado	Volume total por área
Área 1	1.628.200,00	812.871,60			2.441.071,60
Área 2	689.271,10	396.371,30	246.168,30		1.331.810,70
Área 3		85.339,20		27.747,50	113.086,70
Área 3A		6.000,00			6.000,00
Área 4	75.813,80				75.813,80
Total	**2.393.284.90**	**1.300.582,10**	**246.168,30**	**27.747,50**	**3.967.782,80**

Fonte: PEREIRA (2013, p. 121)

É válido pontuar que o material contaminado dragado na área 3 não foi disposto na "ÁREA C" e sim na ilha Pompeba dentro de bags de geotêxtil (figura 5) .

Figura 6 - Sacos de Geotêxtil

Fonte: PEREIRA (2013, p. 138)

2.2 **INVESTIGAÇÃO DO FUNDO MARINHO NA "ÁREA C"**

2.2.1 ***Métodos Geofísicos : Propagação de ondas acústicas***

Existem diferentes métodos geofísicos, cada qual associado a uma propriedade física específica. Entre os métodos principais podemos citar a eletrorresistividade, o campo gravitacional e magnético, a velocidade de propagação da onda S & P e o potencial induzido. Cada método permite o conhecimento e avaliação das características geológicas de uma determinada área (AYRES NETO, 2000).

O principal método utilizado para o estudo do fundo dos oceanos é a propagação de ondas acústicas; sendo esses a sísmica, sonografia e batimetria. Métodos geofísicos baseados na propagação de ondas eletromagnéticas são pouco eficazes e eficientes devido a alta atenuação em meio marinho

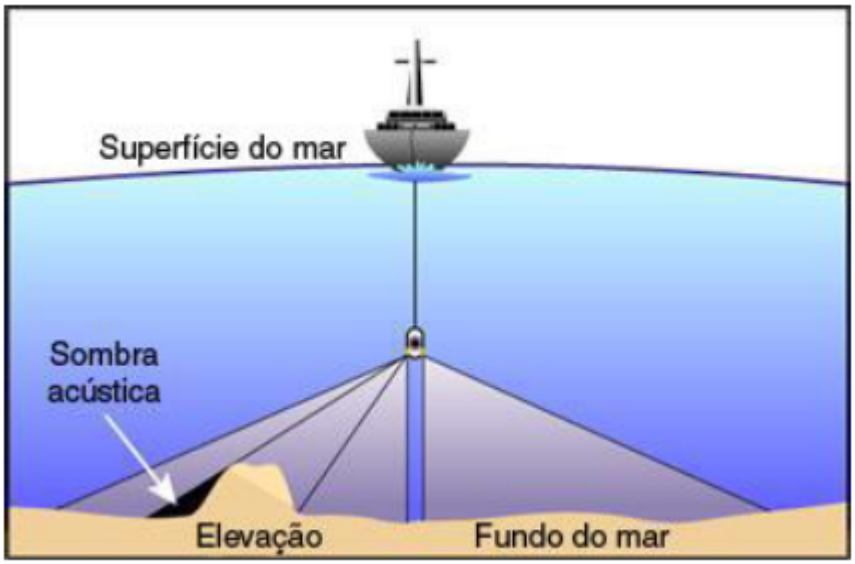
2.2.1.1 ***Sonar de Varredura Lateral***

O Sonar de varredura lateral permite a investigação e caracterização da morfologia e dos padrões de reflectância (backscattering) do fundo marinho. Com este equipamento é possível observar o relevo, variações sedimentológicas, dutos, naufragados, cabos, entre outras estruturas.

O Side Scan Sonar é um equipamento, rebocado por uma embarcação, que emite 2 feixes de sinal acústico, um para cada lado do equipamento. O sinal pode viajar longas distâncias sem atenuar o que possibilita o alcance do fundo do oceano

informando obstáculos e características geológicas do local (AYRES NETO, 2000).

Figura 7 - Side Scan Sonar: emissão de dois feixes de sinal acústico



Fonte: PEREIRA (2013, p. 112)

A onda acústica viaja até o fundo e interage com o sedimento ali presente; parte do sinal é absorvido, parte é disperso e parte reflete. O sensor, para gerar a imagem, utiliza apenas a porção refletida (BLONDEL, 2009).

A investigação do fundo marinho por meio do Sonar de Varredura Lateral pode ser compreendido de forma resumida segundo Ayres Neto (2001, p.242) como "a emissão, transmissão e reflexão de ondas acústicas entre dois ou mais meios físicos de propriedades elásticas distintas (coluna d'água, camadas sedimentares, etc)".

O equipamento possuí um arranjo técnico simples; um ecobatímetro convencional conecta-se com um conversor analógico/digital que converte o sinal analógico obtido em uma sequência de bits de informação. O sistema é conectado a um computador que, por meio de um software, reconhece, identifica e especifica cada atributo do sinal recebido; sendo esse a amplitude, o comprimento de onda e a fase (AYRES NETO, 2000).

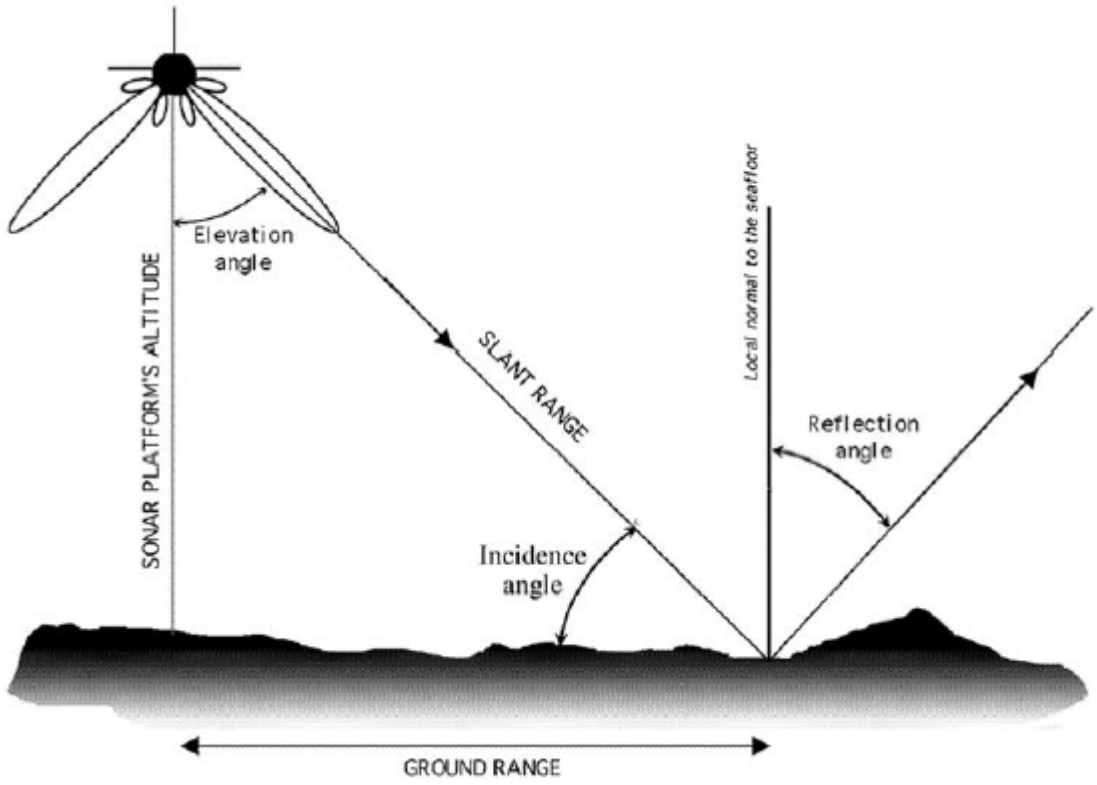
Segundo Ayres Neto (2000) "a velocidade de propagação de ondas acústicas em um meio qualquer é função de suas constantes elásticas como módulo de Young (E), módulo de Poisson (n), módulo de rigidez (m) e o módulo de compressão (k). Estas constantes variam de acordo com o material e relacionam a quantidade de deformação sofrida por um material em função da força exercida sobre ele."

As ondas acústicas se propagam com uma velocidade aproximada de 1500 m/s. A variação da velocidade da onda acústica na água do mar depende

essencialmente da salinidade. A pressão e temperatura, não provocam alterações relevantes na mesma (BLONDEL, 2009).

A quantidade de energia refletida depende do ângulo de incidência do sinal – ângulo entre o feixe incidente e o fundo marinho no ponto incidente – topografia do fundo marinho, textura do sedimento – quanto mais mal selecionado for o sedimento maior será a quantidade de energia refletida – e impedância acústica – definida como o produto entre velocidade e densidade sendo a densidade variante a partir da mineralogia, porosidade e o teor de água dos sedimentos. Quanto mais denso o sedimento do fundo marinho maior a impedância acústica entre os dois meios; água do mar e fundo marinho, sendo assim refletida uma maior quantidade de energia (NETO; PONZI; SICHEL, 2004).

Figura 8 - Observação dos parâmetros físicos característicos: parte do sinal acústico é absorvido, parte é refletido e parte é dispersado. Somente a parte do sinal acústico que reflete é utilizada para a caracterização do fundo marinho



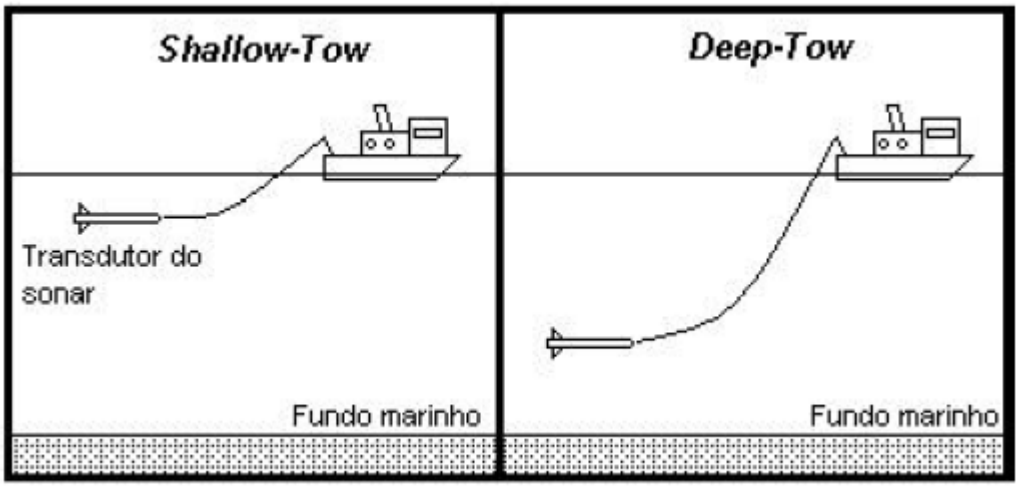
Fonte: Blondel (2009)

O sistema pode ser adequado de duas maneiras: *shallow-tow* quando o equipamento é rebocado próximo a superfície, e *deep-tow* quando o equipamento é rebocado próximo ao fundo.

O sistema *shalow-tow* tem como objetivo o reconhecimento e mapeamento de grandes áreas, operando com um intervalo de frequência entre 6-12kHz. O sistema

deep–tow opera com frequências entre 100-500kHz, sendo utilizados para mapeamento de áreas menores.

Figura 9 - Tipos de sonar de varredura lateral



Fonte: ayres neto (2000, p. 244)

Quanto maior a frequência maior a resolução no entanto maior a atenuação do sinal pela água do mar e, consequentemente, menor a penetração do sinal. A escolha do sistema a ser operacionalizado depende do tamanho do levantamento e a da resolução necessária para o projeto (NETO; PONZI; SICHEL, 2004).

Resumindo, as imagens geradas pelo software representam a interação do sinal acústico com o material do fundo oceânico (AYRES NETO, 2000; BLONDEL, 2009).

2.3 **DISPOSIÇÃO DE MATERIAL DRAGADO NA "ÁREA C"**

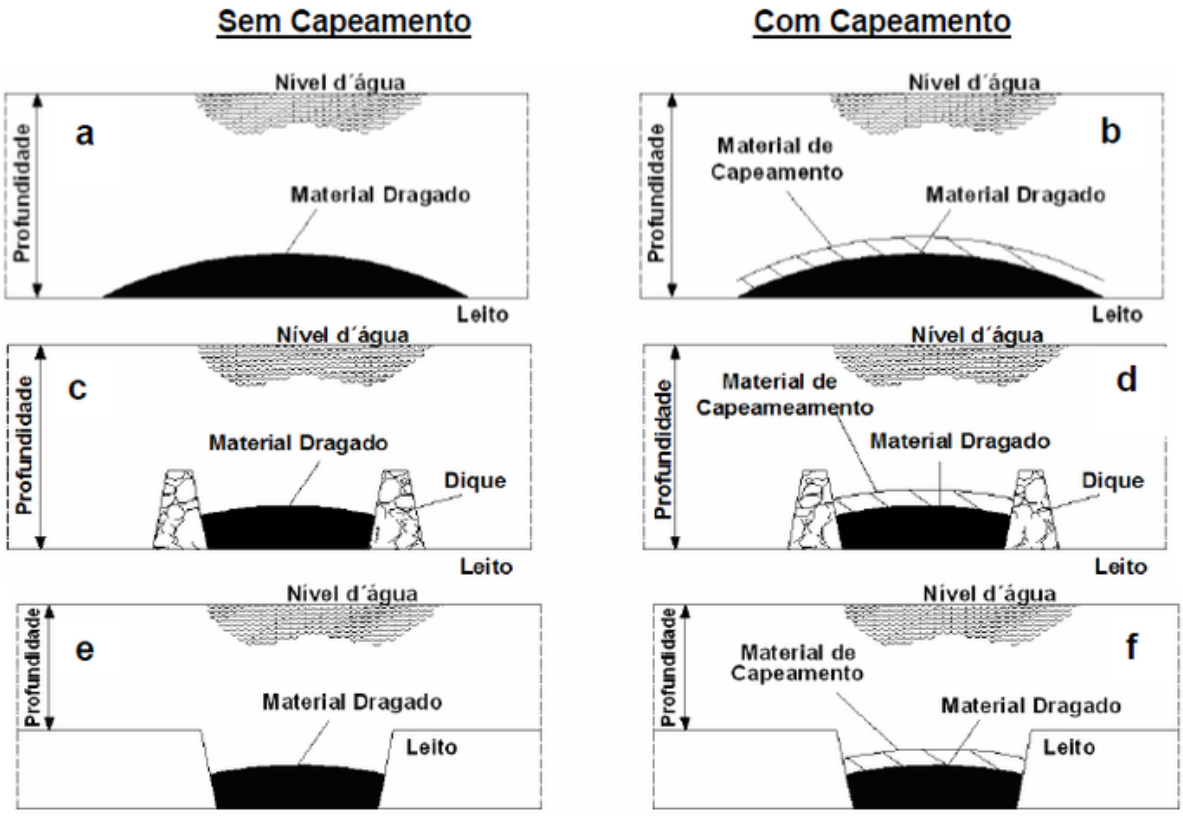
Para que o material dragado seja disposto de maneira adequada, deve-se levar em conta dois principais fatores: grau de contaminação; e as características físicas, químicas e biológicas do local que receberá o material (MEYRELLES MONTEIRO, 2010).

Caso o material dragado apresente um elevado grau de contaminação e, consequentemente, risco de impacto ambiental severo, recomenda-se o seu isolamento em sítios específicos.

Caso o material dragado não apresente um grau de contaminação elevado pode-se desconsiderar a opção do isolamento, entretanto deve-se levar em conta as características químicas, físicas e biológicas da área de descarte para que riscos de impactos ambientais sejam minimizados.

As principais formas de disposição de material dragado em corpos hídricos são: Disposição irrestrita, Capeamento pelo nível do fundo, Disposição com contenção lateral, Disposição confinadas, Disposição em cavas e Disposição confinada em cavas (PEREIRA , 2013).

Figura 10 - Formas de disposição de material dragados em corpos hídricos: (a) Disposição irrestrita (b) Capeamento pelo nível do fundo (c) Disposição com contenção lateral (d) Disposição confinada (e) Disposição em cavas (f) Disposição confinada em cavas



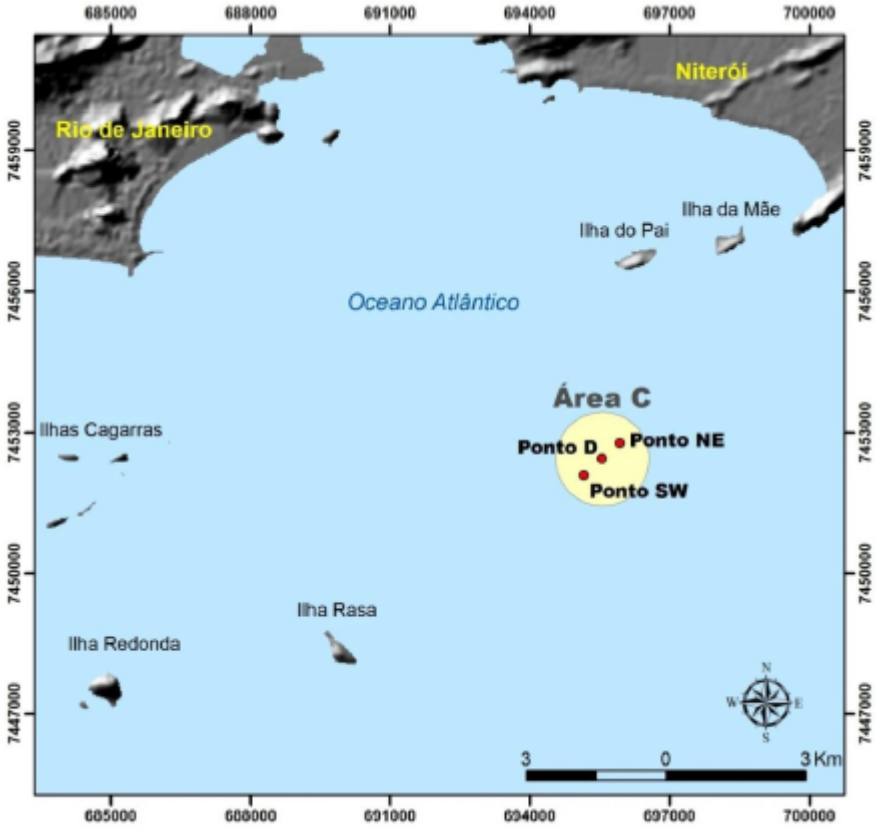
Fonte: O autor (2018) PEREIRA (2013)

Dentre as diferentes classificações da área de descarte, a Área C se classifica como “irrestrito” - zona de despejo onde o sedimento é disposto sem qualquer tipo de contenção para reter o material.

2.4 **AVALIAÇÃO DO MATERIAL DRAGADO DEPOSITADO NA "ÁREA C"**

Pereira (2013), fez um monitoramento dos sedimentos presente na "ÁREA C" em três pontos distintos (Figura 11), antes, durante e após o fim dos despejos. Desta forma foi possível averiguar as modificações e chegar a conclusões a cerca das características físicas do Bota-Fora oceânico.

Figura 11 - Pontos de coleta na " Área C"



Fonte: PEREIRA (2013)

A classificação granulométrica seguiu a escala de Wentworth (1922) que apresenta a relação entre as unidades phi(φ) e milímetro (tabela 2).

Tabela 2 - Classificação das partículas sedimentares por tamanho segundo a escala de Wentworth(1922)

Nome	φ	mm
Seixo	-6 a -2	64 a 4
Grânulo	-2 a -1	4 a 2
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,0625
Silte	4 a 5	0,0625 a 0,0039
Argila	>8	0,0039 a 0,00195

Fonte: PEREIRA (2013, p. 90)

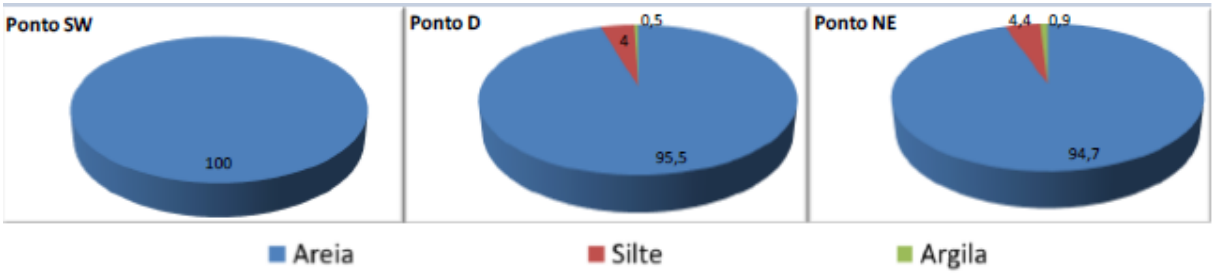
Antes do início da disposição do material dragado (figura 12), os três pontos selecionados na área "ÁREA C" foram sedimentologicamente caracterizados por uma cobertura homogênea de areias, de diâmetro entre areia média e grossa, sem presença de lama (Silte e Argila) (tabela 3). Os sedimentos foram caracterizados como *sedimentos moderadamente selecionados* (PEREIRA , 2013).

Tabela 3 - Percentuais dos intervalos granulométricos dos sedimentos amostrados na "ÁREA C" antes da disposição de sedimentos provenientes da baia de Guanabara, no início de 2010

Granulometria (%)	Ponto SW	Ponto D	Ponto NE
Areia muito grossa	40,4	37,6	33,2
Areia grossa	45,6	39,3	30,1
Areia média	11,4	12,2	21,5
Areia fina	2,3	4,1	6,6
Areia muito fina	0,6	2,3	3,3
Silte	0	4	4,4
Argila	0	0,5	0,9

Fonte: PEREIRA (2013, p. 148)

Figura 12 - Granulometria nos pontos selecionados no interior da "ÁREA C" antes do processo de despejo do material dragado proveniente da baia de Guanabara



Fonte: PEREIRA (2013, p. 245)

Setenta dias após a interrupção da disposição do material dragado, no final do ano de 2011, a "ÁREA C" apresentou percentuais de *areia grossa* e *muito grossa,* similares aos valores encontrados no levantamento feito no início de 2010, antes do início da dragagem, principalmente nos pontos *NE e SW (tabela 4).* No ponto *D* o percentual de argila manteve-se alto.

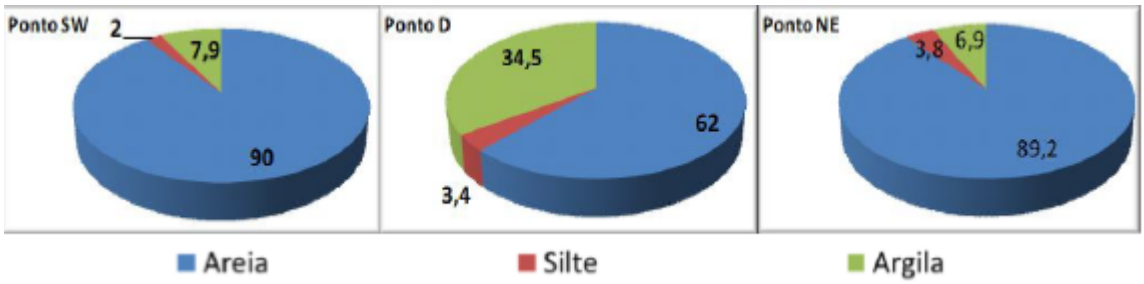
Além disso Pereira (2013) concluiu que houve uma variação acentuada das populações sedimentares. A classificação dos sedimentos passou a ser de *areia lamosa* com *cascalho esparso.* Os sedimentos foram caracterizados em relação ao seu selecionamento como *sedimentos muito mal selecionados*.

Tabela 4 - Percentuais dos intervalos granulométricos dos sedimentos amostrados na "ÁREA C" 70 dias após a disposição de sedimentos provenientes da Baia de Guanabara, no final de 2011

Granulometria (%)	Ponto SW	Ponto D	Ponto NE
Grânulo (>2mm)	6,2	8,8	0,3
Areia muito grossa	53,9	30,9	39,2
Areia grossa	21,2	14	36,4
Areia média	7,4	7,4	11,1
Areia fina	1,3	0,9	2,2
Areia muito fina	nd	nd	nd
Silte	2	3,4	2.8
Argila	7,9	34,5	6,9

Fonte: PEREIRA (2013)

Figura 13 - Granulometria nos pontos selecionados no interior da "ÁREA C" 70 dias após o fim do processo de despejo do material dragado proveniente da baia de guanabara



Fonte: PEREIRA (2013, p. 245)

A *tabela 5* apresenta percentuais granulométricos durante o processo de despejo de material dragado proveniente da Baia de Guanabara. É possível observar percentuais elevados de *Silte e Argila* quando comparados aos percentuais setenta dias após o fim dos despejos presentes *na tabela 4 (PEREIRA , 2013).*

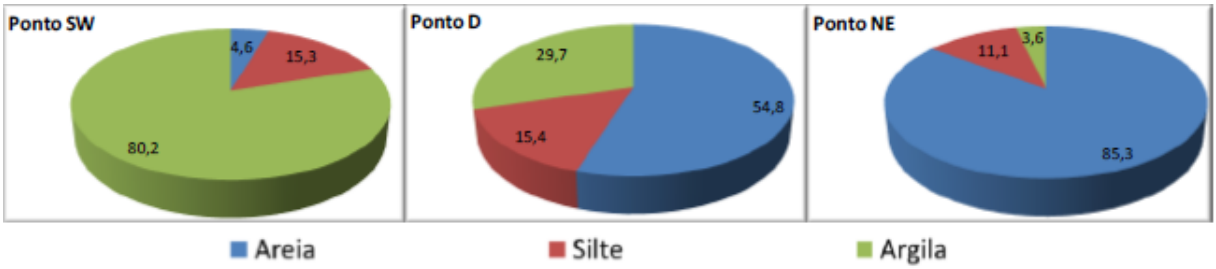
Por isso, Pereira (2013) classificou "ÁREA C" como uma área de descarte com características dispersivas. Um bota-fora onde o material dragado depositado se espalha com o tempo, em função da correnteza, das ondas e maré (MEYRELLES MONTEIRO, 2010). Segundo Pereira (2013) Apesar da modificação de selecionamento e granulometria dos sedimentos, grande parte do material despejado dispersou.

Tabela 5 - Percentuais dos intervalos granulométricos dos sedimentos amostrados na "ÁREA C" durante a disposição de sedimentos provenientes da baia de Guanabara, no final de 2010

Granulometria (%)	Ponto SW	Ponto D	Ponto NE
Grânulo (>2mm)	0,2	9,3	1,5
Areia muito grossa	0,3	5,5	3,4
Areia grossa	1,3	13,3	16,6
Areia média	1,2	10,4	27,6
Areia fina	0,5	7,1	22,6
Areia muito fina	1,1	9,2	13,6
Silte	15,3	15,4	11,1
Argila	80,2	29,7	3,6

Fonte: PEREIRA (2013, p. 150)

Figura 14 - Granulometria dos pontos selecionados no interior da "ÁREA C" durante o processo de despejo do material dragado



Fonte: PEREIRA (2013, p. 245)

3 **METODOLOGIA**

Foram feitos dois levantamentos. O primeiro no ano de 2012, e o segundo no ano de 2018.

Nos levantamentos sonográficos foram utilizados um sistema digital de sonar de varredura lateral modelo 4100/560P da EdgeTech com sensor (towfish) 272TD, que emite feixes laterais de ondas acústicas na frequência de 100 ou 500kHz, e um processador digital de alta performance. Este sistema recebeu os dados de posicionamento diretamente do DGPS, já com as devidas correções de offset e lay-back, obtendo coordenadas em tempo real, o que tornou possível georreferenciar cada pixel da imagem acústica obtida, através do software de aquisição Edgetech Discover 4100. Durante o levantamento foram utilizados “ranges” de 50 e 100 metros para cada lado da linha navegada, o que possibilitou um recobrimento de 100% da área de varredura.

O software *Coda Octopus* foi usado para processamento das imagens e georeferenciamento.

O softaware Geosoft foi utilizado para a criação dos mapas e importar as imagens georeferenciadas.

Figura 15 - Transdutor do Side Scan Sonar

Fonte: PEREIRA (2013, p. 111)

- Posicionamento e Batimetria

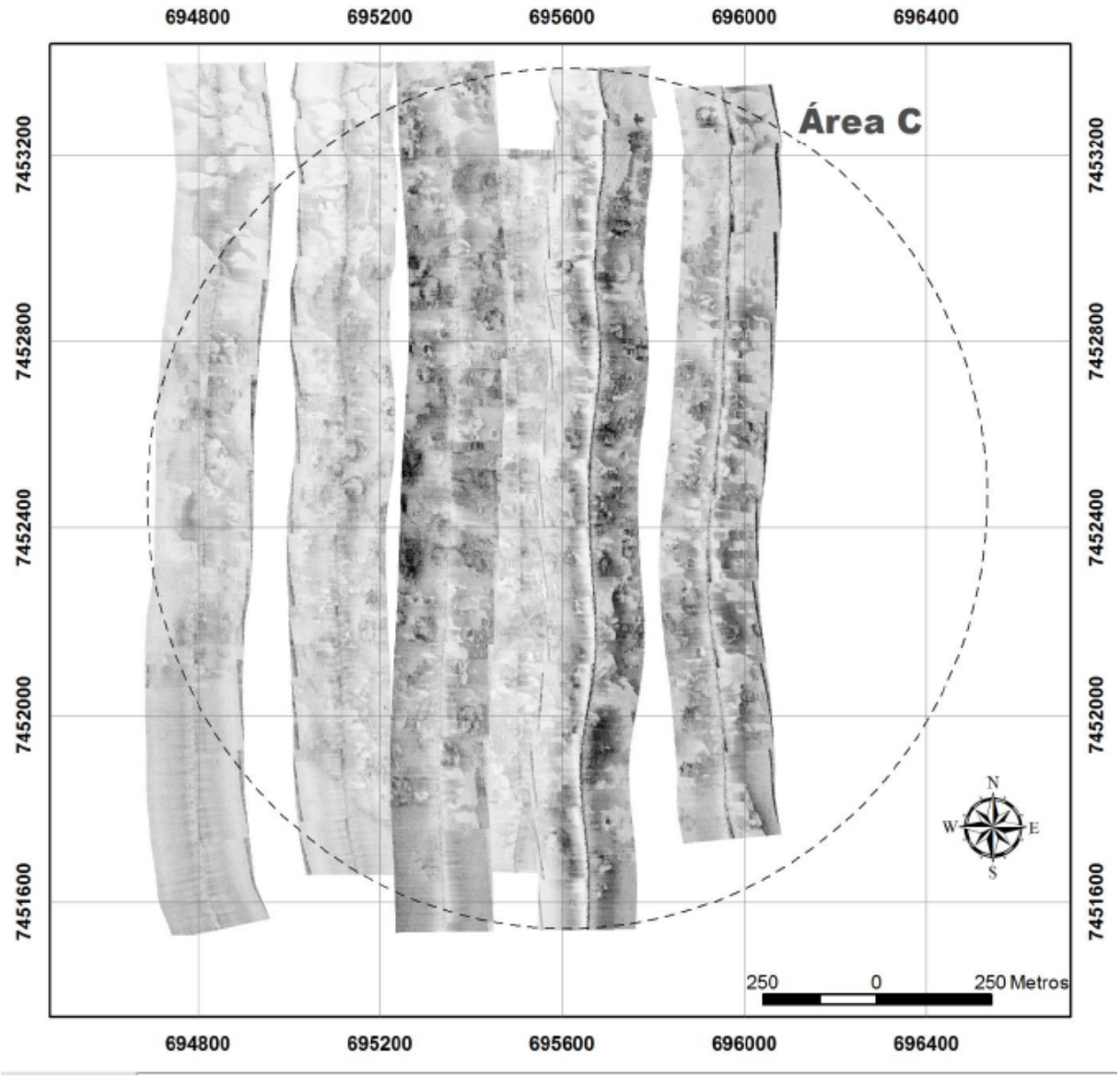
A navegação ao torno das linhas planejadas foi controlada com piloto automático.

Durante os levantamentos, o posicionamento da embarcação foi realizado com o sistema de posicionamento DGPS da NOVATEL, com correções diferenciais fornecidas por satélite, obtendo-se precisão submétrica. Para navegação das linhas geofísicas utilizou-se o programa HYPACK 2013, onde os dados de navegação foram adquiridos em tempo real. Desta forma, todos os dados utilizados para geração dos produtos deste relatório estão referidos ao Datum WGS84, Meridiano Central de 45ºW, Zona 23S.

4 **RESULTADOS**

Na figura abaixo é possível observar o levantamento do fundo oceânico na "ÁREA C" no ano de 2012.

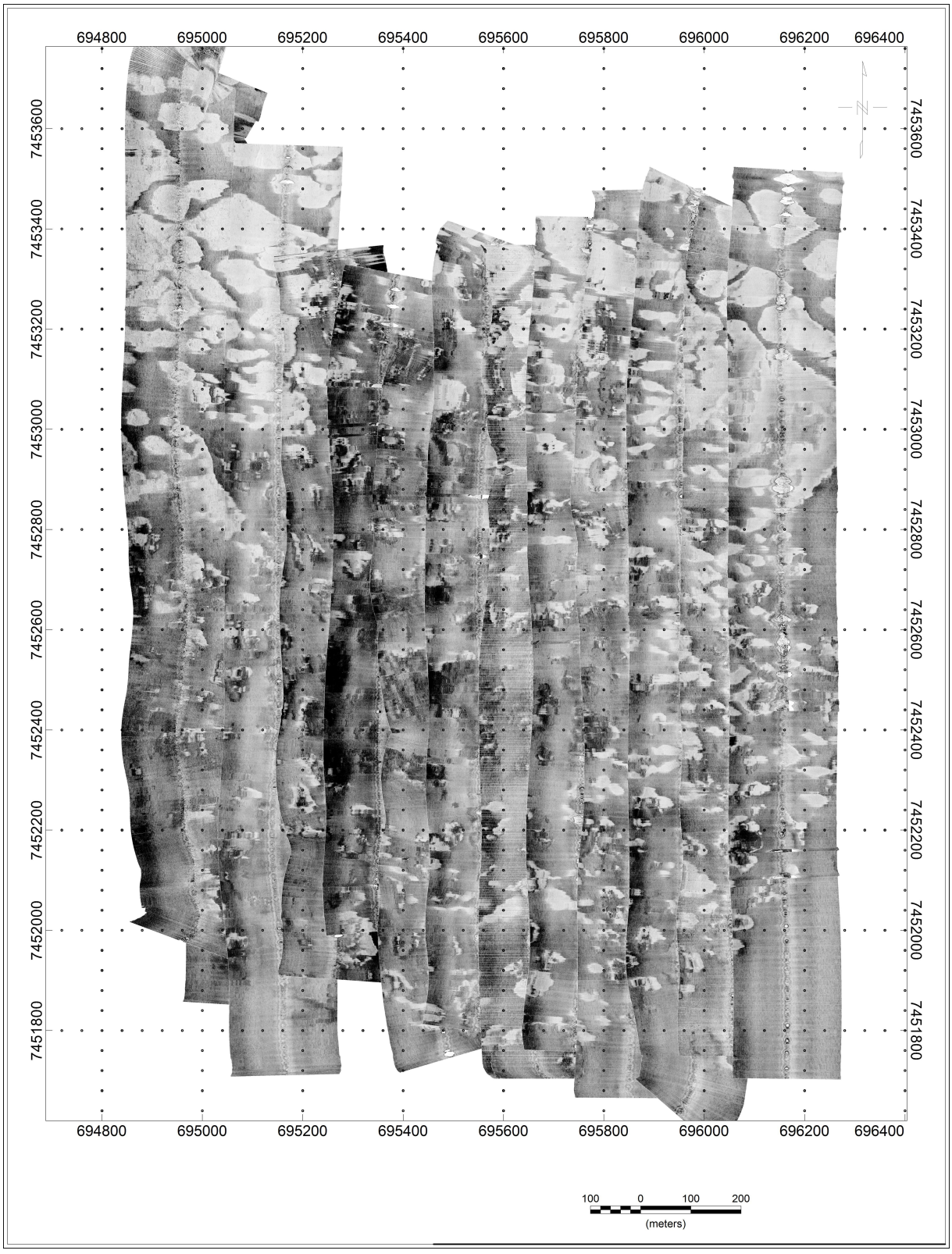
Figura 16 - Levantamento do fundo oceânico onde está localizada a "Área C" feito por Sonar de varredura lateral no ano de 2012



Fonte: PEREIRA (2013, p. 205)

Na figura abaixo é possível observar o levantamento do fundo oceânico na "ÁREA C" no ano de 2018.

Figura 17 - Levantamento do fundo oceânico onde está localizada a "Área C" feito pelo Sonar de varredura lateral no ano de 2018



Fonte: O autor (2018)

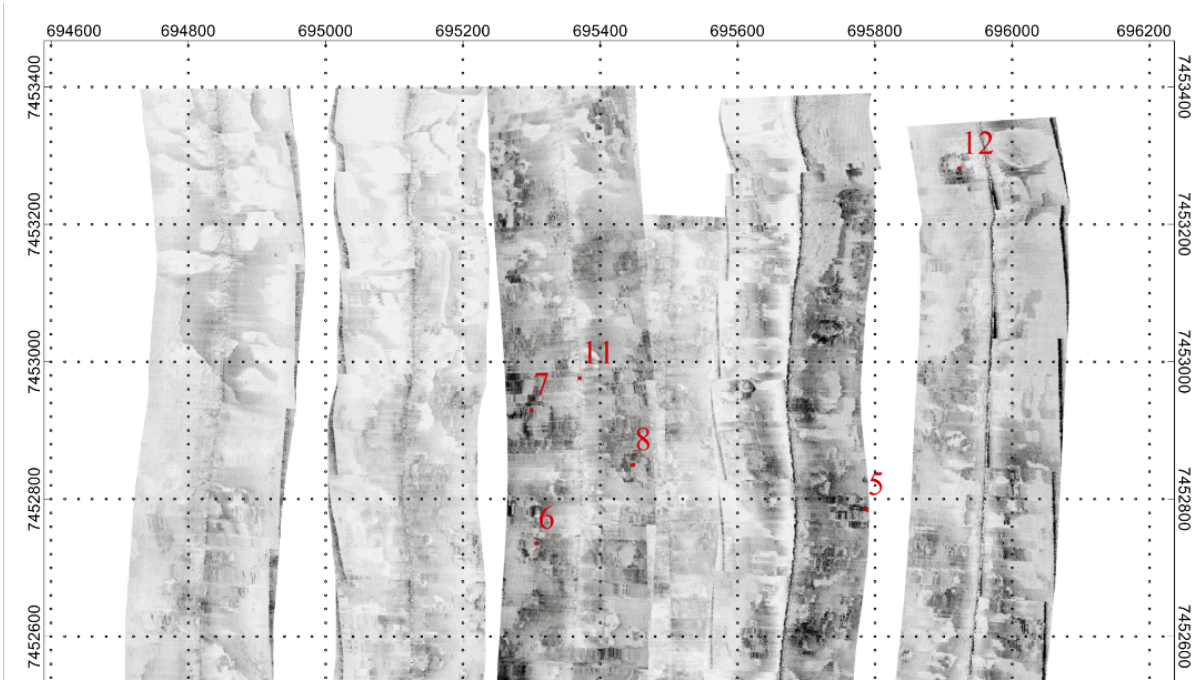
A imagem do levantamento de 2018 revela que as feições continuam semelhantes ao levantamento feito no ano de 2012.

Para comprovar tal conclusão, a imagem georreferenciada foi processada no software Geosoft. Foi criado um mapa comparando as coordenadas da feições, comprovadamente, idênticas a feição de 2012.

Como foi sugerido por Pereira (2013) parte do material fino, coeso e compacto associado a camadas mais profundas do porto do Rio poderia ficar retido por tempo indeterminado, por ser resistente á erosão; apesar de ter sido depositada em uma área considerada dispersiva.

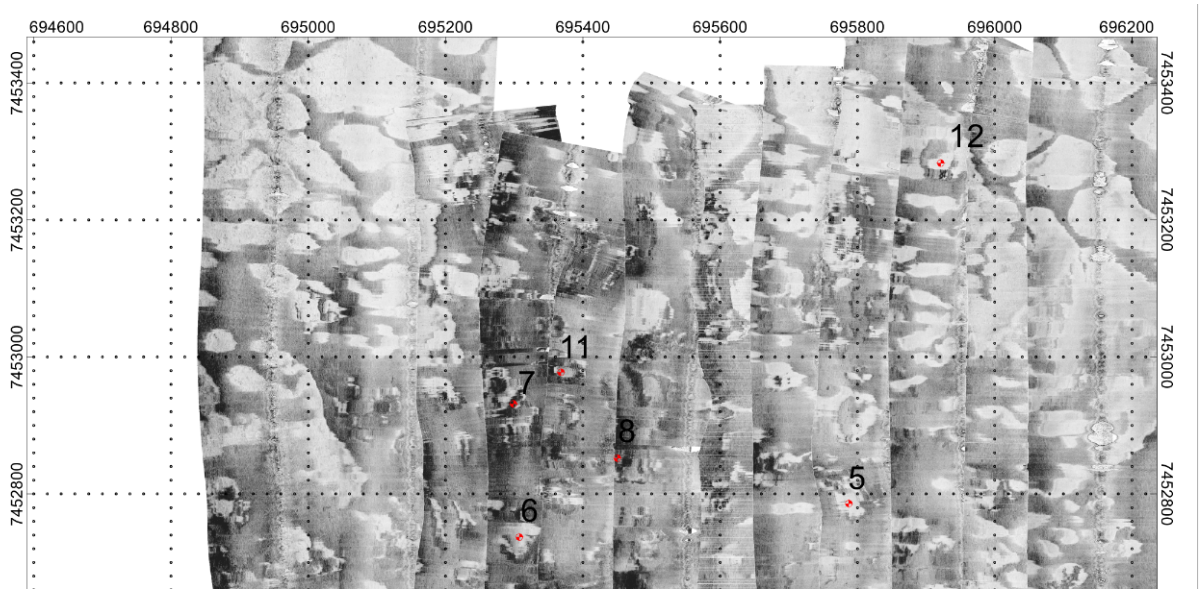
As figuras abaixo mostram pontos semelhantes que foram identificados nas imagens obtidas em diferentes épocas (2012 e 2018)

Figura 18 - Pontos de localização de feições de material fino, compacto e coeso observáveis no levantamento feito no ano de 2012 ainda presentes no levantamento feito no ano de 2018



Fonte: O autor (2018)

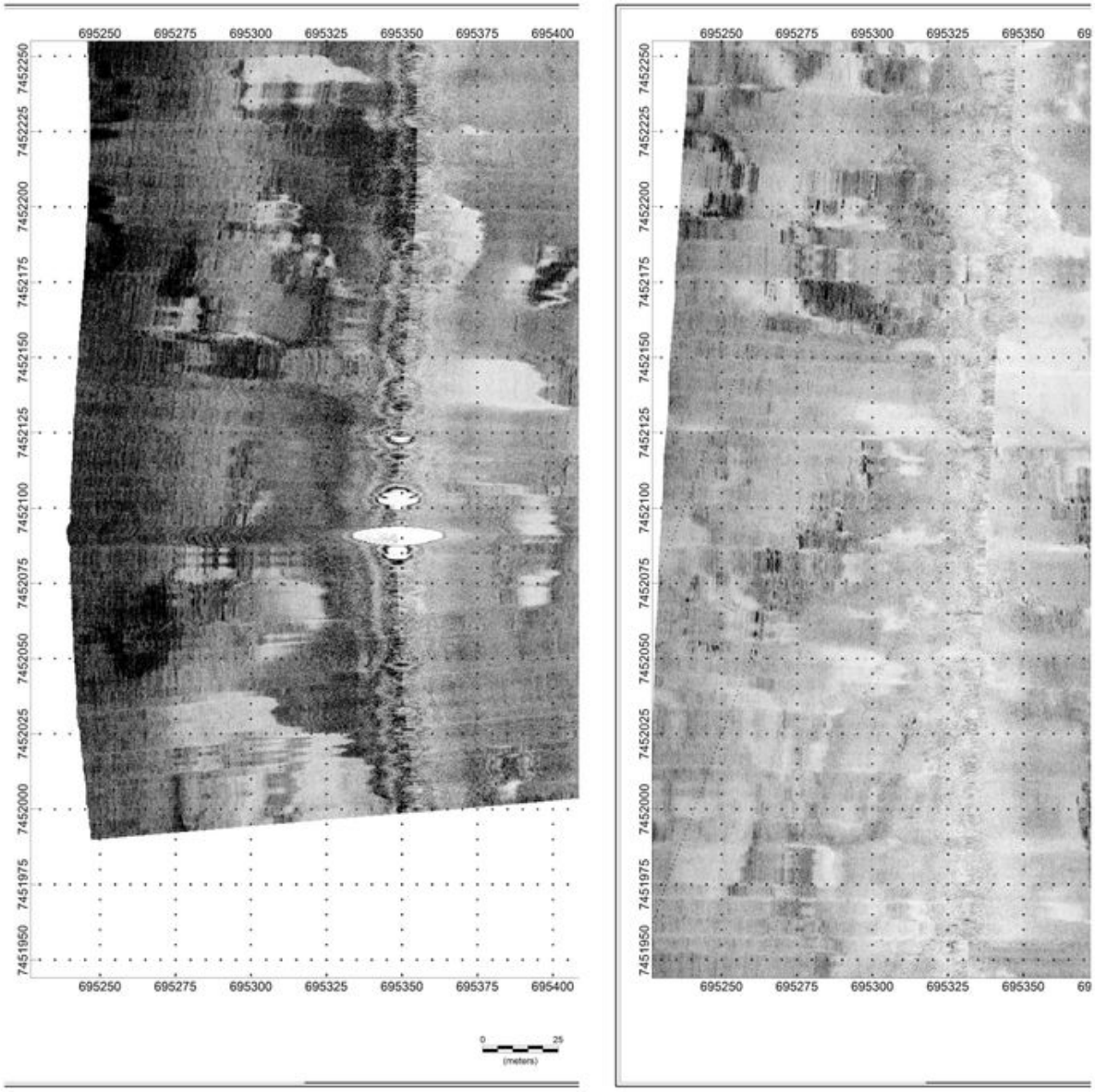
Figura 19 - Pontos de localização de feições de material fino, compacto e coeso observáveis no levantamento feito no ano de 2012 ainda presentes no levantamento feito no ano de 2018



Fonte: O autor (2018)

Em uma das linhas é Possível examinar feições arredondadas idênticas nas mesmas coordenadas tanto nos levantamentos do ano de 2012 como no levantamento de 2018.

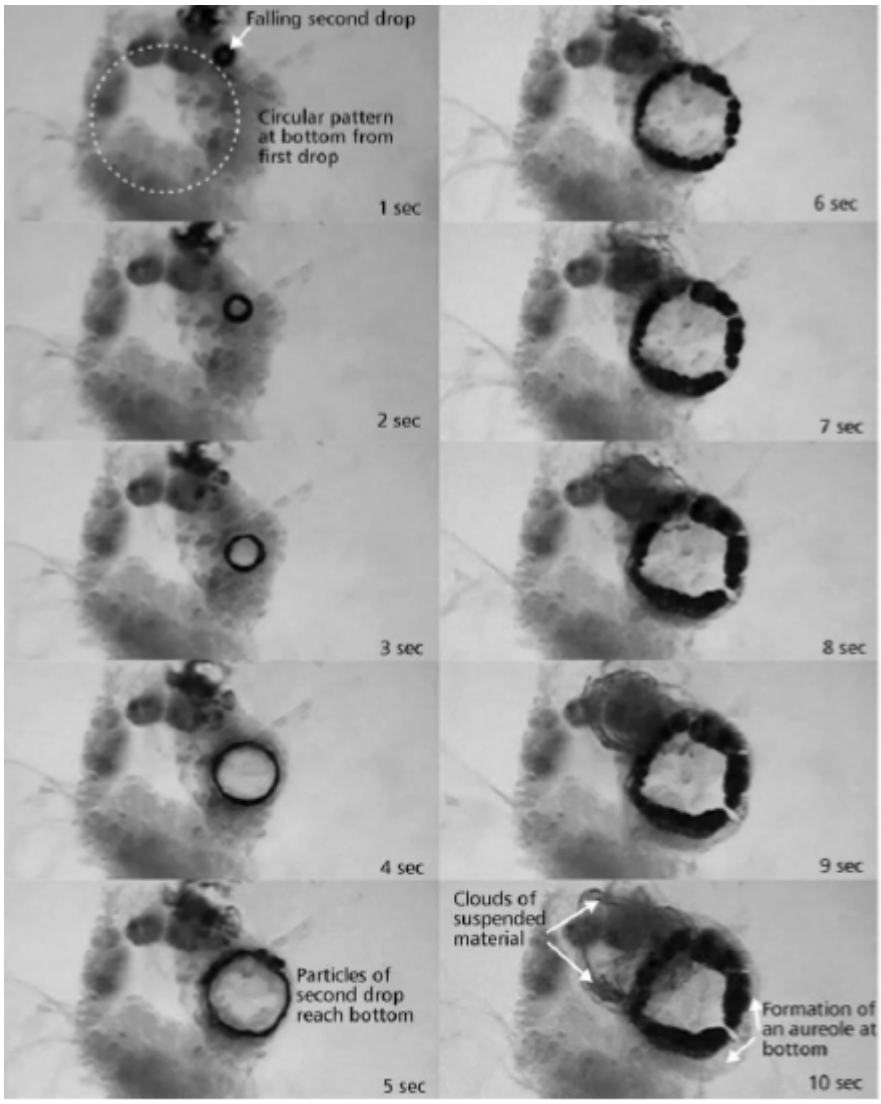
Figura 20 - Feições arredondadas localizadas nas mesmas coordenadas no levantamento feito no ano de 2018 (figura a esquerda) e no levantamento feito no ano de 2012 (figura a direita)



Fonte: O autor (2018)

Tauber (2009), A partir de um experimento de pequena escala em que o mesmo utiliza um copo com água e pigmentos que simulam a dispersão do material dragado durante os despejos consegue detalhar o processo de formação dessas estruturas circulares. De acordo com o autor, a formação desse tipo de feição ocorre devido a ressuspensão causada pelo colapso do material denso,coeso e consolidado com o fundo marinho (Figura 21).

Figura 21 - Experimento



Fonte: tauber (2009)

5 **CONCLUSÃO**

O estudo teve como prerrogativa inicial a localização e o contexto histórico da "ÁREA C", tendo como enfoque substancial a utilização da área como ponto de descarte de quatro milhões de metros cúbicos de sedimentos provenientes do Porto do Rio, no interior da Baia de Guanabara, durante os anos de 2010 e 2011.

Em seguida foi descrito o método geofísico conhecido como sonar de varredura lateral utilizado para investigação do fundo marinho no bota-fora.

Posteriormente foi desenvolvido o estudo das características sedimentológicas antes, durante e após o fim dos descartes do material dragado. Esses dados foram de relevado interesse uma vez que, possibilitaram o entendimento das modificações físicas causadas pelo descarte e a dinâmica da área.

Por fim, foi apresentado os dados levantados pelo sonar de varredura lateral nos anos de 2012 e 2018. O equipamento proporcionou resultados satisfatórios. A observação da "ÁREA C" 6 anos após o último levantamento acústico possibilitou a compreensão mais detalhada dos agentes hidrodinâmicos do local.

Foi comprovado que parte do material descartado ainda se encontra no local intacto.

Para que a abordagem se torne mais completa sugere-se estudos das condições químicas dos sedimentos e da água.

REFERÊNCIAS

AYRES NETO, Arthur. USO DA SÍSMICA DE REFLEXÃO DE ALTA RESOLUÇÃO E DA SONOGRAFIA NA EXPLORAÇÃO MINERAL SUBMARINA. **Brazilian Journal of Geophysics,** . Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-261X2000000300004&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 17 nov. 2018.

BLONDEL, Philippe . **The Handbook of Sidescan Sonar**. 1. ed. Bath, Uk: SPRINGER-PRAXIS, 2009. 344 p.

MACHADO DE CASTRO, Silvia ; RIBEIRO DE ALMEIDA, Josimar . DRAGAGEM E CONFLITOS AMBIENTAIS EM PORTOS CLÁSSICOS E MODERNOS: UMA REVISÃO. **Redalyc**. Uberlândia, 2012, p. 519-534. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/3213/321327330010/>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MEYRELLES MONTEIRO, ANALUCIA. **ESTUDO DAS TÉCNICAS DE DISPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS DE DRAGAGEM**. Rio de Janeiro, v. 1, f. 73, 2010. 146 p. Tese (Curso de mestrado em engenharia de transportes) - INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, 2010.

NETO, José Antonio Baptista (Org.); PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Susanna Eleonora . **Introdução a Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 153 p.

PEREIRA , THIAGO GONÇALVES. **ABORDAGEM MULTIMETODOLÓGICA SOBRE O DESPEJO DE SEDIMENTOS DE DRAGAGEM EM ÁREA DE DESCARTE OCEÂNICO** : PLATAFORMA ADJACENTE À BAIA DE GUANABARA . Rio de Janeiro, v. 1, 2013. 281 p. Tese (Geofisica) - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 2013.

TAUBER, F. Sidescan sonar survey of a dumping site in the Mecklenburg Bight (south-western Baltic Sea). **Journal of Marine System**, p. 421-429. 2009.

TORMA BURGUEÑO , LUÍS EDUARDO . **ESTIMATIVAS DA CONTAMINAÇÃO DOS SEDIMENTOS DRAGADOS NO PORTO DE RIO GRANDE PARA DISPOSIÇÃO EM SOLO** . Rio Grande, v. 1, 2009. 165 p. Dissertação (CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, 2009.

TORRES, Ronaldo José. **EFEITOS DA DRAGAGEM SOBRE A QUALIDADE DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS DO CANAL DO PORTO DE SANTOS: BIODISPONIBILIDADE ETOXIDADE DE METAIS E COMPOSTOS ORGÂNICOS PERSISTENTES**. São Carlos, SP, v. 1, 2007. 177 p. Tese (PÓS GRADUAÇÃO EM QUÍMICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2007.