



UNIVERSIDADE  
DO BRASIL  
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



ALTERAÇÕES AMBIENTAIS DURANTE EVENTO DE DRAGAGEM EM  
ÁREA PORTUÁRIA DE ANGRA DOS REIS (RJ)

MARCELLO ANDRADE DA SILVEIRA LOBO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
POLO UNIVERSITÁRIO DE DUQUE DE CAXIAS

2018



UNIVERSIDADE  
DO BRASIL  
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



## ALTERAÇÕES AMBIENTAIS DURANTE EVENTO DE DRAGAGEM EM ÁREA PORTUÁRIA DE ANGRA DOS REIS (RJ)

MARCELLO ANDRADE DA SILVEIRA LOBO

Monografia apresentada como atividade obrigatória à integralização de créditos para conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas - Modalidade EAD.

Orientador(a): Ingrid Siciliano Horbach

ORIENTADORA: INGRID SICILIANO HORBACH

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

POLO UNIVERSITÁRIO DE DUQUE DE CAXIAS

2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

Lobo, Marcello Andrade da Silveira

Alterações ambientais durante evento de dragagem em área portuária de Angra Dos Reis (RJ). Polo Duque de Caxias, 2018. 63 f. il: 31 cm

Orientadora: Ingrid Siciliano Horbach

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Licenciado no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD. 2018.

Referencias bibliográfica: f.59-63

1. Dragagem; Impacto Ambiental; Qualidade da Água.

I. HORBACH, Ingrid S. (Orient.)

II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD

III. Alterações ambientais durante evento de dragagem em área portuária de Angra Dos Reis (RJ)

AQUI ENTRA A ATA DE DEFESA

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram de alguma forma à minha formação,  
acadêmica, profissional e pessoal.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Fátima e Joaquim, por todo amor, educação e suporte recebidos.

Ao meu amigo de longa data, Daniel Loureiro, que me instigou a realizar esta graduação e juntos chegamos ao final desta jornada acadêmica.

À minha companheira, Grace Ribeiro, minha maior incentivadora, pelo carinho e pelo apoio emocional em todos os momentos que precisei.

Aos colegas de trabalho que estiveram a meu lado durante a coleta dos dados e a todos os demais profissionais envolvidos na atividade.

Ao estaleiro Brasfels, pela cessão dos dados utilizados neste estudo.

À professora Ingrid Horbach, pela orientação e pela ajuda sempre que requerida.

A todos os professores, tutores, funcionários e colegas de classe que conheci e com os quais convivi durante minha graduação.

A todos os meus amigos e familiares, pelas alegrias nos momentos juntos vividos e pela compreensão de minha ausência durante o tempo de dedicação a este estudo.

Por fim, agradeço à vida pelos constantes aprendizados.

## RESUMO

A zona costeira é uma área de transição entre os ecossistemas terrestre e marinho e desempenha um papel de extrema importância ecológica, como regulação do clima, reprodução de diversas espécies, e produtividade primária. Entretanto, estes ambientes vêm sofrendo enorme pressão antrópica devido atividades turísticas e/ou econômicas. O processo de dragagem é uma destas atividades que impactam o meio, alterando o fundo do corpo hídrico, promovendo a ressuspensão de matéria do compartimento sedimentar e causando danos à biota da região. Ao longo de aproximadamente quatro meses, durante uma dragagem ocorrida na região costeira de um estaleiro localizado no município de Angra dos Reis, no sul fluminense, foi realizado um monitoramento da qualidade da água, visando acompanhar e observar eventuais impactos ao meio ambiente local. Foram analisados parâmetros físico-químicos da água na área de dragagem e na área de descarte (bota-fora): temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, salinidade, condutividade, total de sólidos dissolvidos, pH, turbidez, nutrientes (nitrogênio e fósforo), entre outros. Os dados encontrados evidenciam alterações das características do meio, ainda que a absoluta maioria dos resultados estivessem dentro do considerado normal e/ou aceitável, respeitando valores e concentrações preconizados pelas legislações vigentes. Assim, os resultados obtidos ao longo de todo o período do estudo confirmam que a dragagem, de fato, impacta o meio e modifica suas características, entretanto tais alterações causadas são de caráter temporário e reversível.

**Palavras-chave:** Dragagem. Impacto Ambiental. Qualidade da Água.

## ABSTRACT

The coastal zone is a transitional area between terrestrial and marine ecosystems and has an extremely important ecological role, such as climate regulation, reproduction of various species, and primary productivity. However, these environments have suffered enormous anthropic pressure due to tourism and other economic activities. The dredging process is one of these activities that impact the environment, altering the bottom of the sea, promoting resuspension of sediment and causing damage to the marine life. For about four months, during a dredging in the coastal region of a shipyard located in Angra dos Reis, southern city of Rio de Janeiro state, a monitoring of water quality was carried out, in order to monitor and observe possible impacts to the local environment. Some physical-chemical parameters of the water in the dredging area and in the discard area were analyzed: temperature, dissolved oxygen, oxygen saturation, salinity, conductivity, total dissolved solids, pH, turbidity, nutrients (nitrogen and phosphorus) and others. The data found demonstrate the alterations of the environment's characteristics, even though the absolute majority of the results were considered normal and/or acceptable, respecting the values and concentrations recommended by the current legislation. Therefore, the results obtained during the whole period of the study confirm that the dredging, in fact, impacts the environment and modifies its characteristics, however such changes caused are temporary and reversible.

**Keywords:** Dredging. Environmental Impact. Water Quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da enseada de Jacuecanga e do município de Angra dos Reis .....	21
Figura 2 – Principais bacias de drenagem de Angra dos Reis .....	24
Figura 3 – Perspectiva em 3D da RHBIG .....	24
Figura 4 – Imagem de satélite da área a ser dragada .....	26
Figura 5 – Localização esquemática dos pontos de coleta na região da dragagem .....	27
Figura 6 – Utilização do disco de Secchi .....	28
Figura 7 – Sensores das sondas para medição de parâmetros .....	28
Figura 8 – Garrafa Van Dorn .....	29
Figura 9 – Retirada das amostras de água de fundo com auxílio da garrafa Van Dorn .....	29
Figura 10 – Localização da área do bota-fora marinho .....	30
Figura 11 – Pontos de coleta na região do bota-fora .....	31
Figura 12 – Draga Van Veen utilizada para a coleta de sedimento .....	32
Figura 13 – Temperatura do ar durante as campanhas .....	33
Figura 14 – Radiação solar durante as campanhas .....	34
Figura 15 – Profundidade Secchi nos pontos de coleta .....	34
Figura 16 – Valores de temperatura obtidos durante o monitoramento .....	35
Figura 17 – Valores de salinidade obtidos durante o monitoramento .....	36
Figura 18 – Valores de oxigênio dissolvido obtidos durante o monitoramento .....	37
Figura 19 – Valores de saturação de oxigênio obtidos durante o monitoramento .....	37
Figura 20 – Valores de pH obtidos durante o monitoramento .....	38
Figura 21 – Valores de turbidez obtidos durante o monitoramento .....	39
Figura 22 – Valores de condutividade obtidos durante o monitoramento .....	40
Figura 23 – Valores de total de sólidos dissolvidos obtidos durante o monitoramento .....	40
Figura 24 – Análise de Componentes Principais dos dados físico-químicos do monitoramento diário evidenciando as informações sobre o ponto de coleta .....	41
Figura 25 – Análise de Componentes Principais dos dados físico-químicos do monitoramento diário evidenciando as informações sobre a data da coleta .....	42
Figura 26 – Valores de resíduo não filtrável total obtidos durante o monitoramento .....	43
Figura 27 – Valores de nitrito obtidos durante o monitoramento .....	44
Figura 28 – Valores de nitrato obtidos durante o monitoramento .....	44
Figura 29 – Valores de nitrogênio amoniacal obtidos durante o monitoramento .....	45
Figura 30 – Valores de nitrogênio Kjeldahl obtidos durante o monitoramento .....	45
Figura 31 – Valores de nitrogênio total obtidos durante o monitoramento .....	46



Figura 32 – Valores de ortofosfato obtidos durante o monitoramento .....	47
Figura 33 – Valores de polifosfato obtidos durante o monitoramento .....	47
Figura 34 – Valores de fósforo total obtidos durante o monitoramento .....	48
Figura 35 – Análise de Componentes Principais dos dados químicos do monitoramento semanal evidenciando as informações sobre o ponto de coleta .....	49
Figura 36 – Análise de Componentes Principais dos dados químicos do monitoramento semanal evidenciando as informações sobre a data da coleta .....	49
Figura 37 – Temperatura encontrada durante as campanhas .....	51
Figura 38 – Salinidade encontrada durante as campanhas .....	51
Figura 39 – Oxigênio dissolvido encontrado durante as campanhas .....	52
Figura 40 – pH encontrado durante as campanhas .....	53
Figura 41 – Turbidez encontrada durante as campanhas .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades de conservação situadas em Angra dos Reis .....	22
Tabela 2 – Coordenadas dos pontos de coleta .....	31
Tabela 3 – Resultados obtidos nas análises físico-químicas na água .....	54
Tabela 4 – Resultados obtidos nas análises químicas na água .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CNAAA	Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto
CNUMA	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes da Biodiversidade
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OSPAR	<i>Convention for the protection of the marine environment for the North-East Atlantic</i>
PND	Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNRM	Política Nacional para Recursos do Mar
REBIO	Reserva Biológica
RHBIG	Região Hidrográfica da Baía de Ilha Grande
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SEMAM	Secretaria de Meio Ambiente de Angra dos Reis
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TEBIG	Terminal Marítimo da Baía de Ilha Grande
UC	Unidade de Conservação

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 ZONA COSTEIRA .....	12
1.2 NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA .....	13
1.3 DRAGAGEM .....	15
1.4 A QUESTÃO AMBIENTAL .....	18
<b>2. OBJETIVO</b> .....	20
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>3. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
4.1 ÁREA DE DRAGAGEM .....	26
4.2 ÁREA DE DESCARTE (BOTA-FORA) .....	30
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
5.1 ÁREA DE DRAGAGEM .....	33
5.2 ÁREA DE DESCARTE (BOTA-FORA) .....	50
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	57
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 ZONA COSTEIRA

A Zona Costeira constitui, a rigor, uma região de transição ecológica entre os ambientes terrestre e marinho com constantes alterações de seus limites (CARTER, 1988), e representa o sítio de troca de água e matéria derivada, tanto do continente quanto do oceano (SMITH & SCHINDLER, 2009).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2010), se considerados todos os recortes e as reentrâncias naturais, o litoral brasileiro possui cerca de 10.800km de extensão. Sua abrangência latitudinal que vai desde a foz do rio Oiapoque (04°52'45" N) no estado do Amapá, até a foz do rio Chuí (33°45'10" S), no Rio Grande do Sul, e contempla uma enorme variedade climática e geomorfológica.

Ao longo desta extensa faixa costeira, desde as águas quentes das regiões norte e nordeste até as águas frias do sul e sudeste brasileiro, diversos ambientes e paisagens se alternam em nosso litoral: praias, dunas, falésias, costões rochosos, complexos lagunares, baías, restingas, mangues, marismas, recifes, estuários. E distribuídas de forma desigual por esses ecossistemas são encontradas inúmeras espécies de flora e fauna, muitas das quais são endêmicas e várias delas ameaçadas de extinção (MMA, 2002a e 2002b). A zona costeira desempenha, assim, um relevante papel no desenvolvimento e reprodução de várias espécies, e nas trocas genéticas que ocorrem entre os ecossistemas terrestres e marinhos.

Além de acolher uma enorme biodiversidade, provendo direta ou indiretamente habitats e recursos para essas espécies, os ecossistemas costeiros são responsáveis também por uma ampla gama de funções ecológicas, tais como o controle de inundações, de intrusão salina e de erosão costeira; proteção contra tempestades; manutenção do clima; purificação da água; reciclagem de nutrientes e de substâncias poluidoras (MMA, 2010). E estes processos biogeoquímicos ocorridos na zona costeira são influenciados, principalmente, pelos aportes fluviais e frentes oceânicas sobre a plataforma continental (ODUM, 1958; CROSSLAND et al., 2005).

O material que chega ao oceano carregado pelos rios pode ser orgânico ou inorgânico, dissolvido ou particulado, e sofre interferências de processos físicos, químicos e biológicos

durante o percurso. Uma das etapas finais do transporte de água e matéria ao longo da interface continente-oceano ocorre através de plumas costeiras que se proliferam a partir da desembocadura dos rios sobre a plataforma continental (WRIGHT, 1977).

A carga de material lixiviado do continente e transportada pelas águas fluviais repõe o estoque de sedimento costeiro, exportando carbono, nutrientes e elementos biogênicos imprescindíveis para a manutenção da flora e da fauna de regiões estuarinas e costeiras (SMITH & HITCHCOCK, 1994; RAYMOND & COLE, 2003).

## 1.2 NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA

As margens oceânicas compreendem aproximadamente 10% da superfície e 0,5% do volume dos oceanos (WALSH, 1988). Entretanto, a comunidade fitoplancônica que vive na região fótica dessas regiões costeiras é responsável por 25% a 30% da produção primária marinha global (BILLEN et al., 1991; MEYERS, 1997).

A produtividade primária depende de alguns fatores como incidência de radiação solar e disponibilidade de nutrientes. E dentre os principais elementos nutrientes encontrados na zona costeira, estão o fósforo (P) e o nitrogênio (N), que podem ser limitantes à produtividade primária. Ainda que haja divergências quanto às generalizações da limitação de P ou N em ambientes aquáticos costeiros, continentais e oceânicos (ELSER et al., 1990; DOWNING et al., 1999; FRANCOEUR, 2001; ELSER et al., 2007), uma vez que cada ambiente possui características intrínsecas e a limitação por algum desses nutrientes pode estar relacionada à fatores específicos locais ou regionais.

O fósforo (P) é um elemento de fundamental importância para os seres vivos, pois é responsável pelo armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (ESTEVES, 1998). Seu principal reservatório natural são as rochas fosfatadas que detêm até 95% de todo fósforo da crosta terrestre (RUTTENBERG, 2003). Ao sofrerem intemperismo e serem degradadas, as rochas liberam íons fosfato no solo que são lixiviados para os corpos hídricos, onde ou são aproveitados pelos seres vivos e entram na cadeia trófica, ou são depositados no fundo do corpo hídrico, sofrendo sedimentação para a formação de novas rochas. Em regiões costeiras, o fósforo inorgânico é encontrado principalmente sob a forma de ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Por sua vez, o nitrogênio (N) é o elemento que participa da formação de ácidos nucleicos e proteínas (componentes básicos da biomassa). A principal reserva natural de nitrogênio está na atmosfera, entretanto poucas espécies são capazes de utilizá-lo em sua forma molecular ( $N_2$ ). O ciclo biogeoquímico do nitrogênio passa por diferentes processos na natureza – fixação, nitrificação, desnitrificação, amonificação – e, assim, o nitrogênio pode ser encontrado sob diversas formas, como nitrato ( $NO_3^-$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ), amônia ( $NH_3$ ), íon amoníaco ( $NH_4^+$ ), nitrogênio molecular ( $N_2$ ), além de nitrogênio orgânico.

As proporções de cada um desses componentes dos ciclos biogeoquímicos variam em função do clima, da estação do ano, da geologia local, drenagem fluvial e influência marinha. Na região costeira, principalmente nos locais abrigados, há acumulação de sedimento e matéria orgânica por um determinado período de tempo, e que podem ser liberados para o meio por processos bioquímicos, como alterações de pH, ou físicos, como a ação de correntes marinhas ou ressuspensão de sedimentos em função de atividades antrópicas.

Quando há um aumento na concentração de matéria orgânica e nutrientes – como o nitrogênio (N) e o fósforo (P) – nos ecossistemas aquáticos, ocorre uma intensificação da atividade biológica e um crescimento acelerado da biomassa, causando o fenômeno da eutrofização (HUTCHINSON, 1957; NIXON, 1995; TUNDISI, 2003; SMITH & SCHINDLER, 2009). Este processo pode ocorrer de forma: i) natural resultado do aporte de nutrientes oriundos da lixiviação de solos e rochas das bacias de drenagem adjacentes; ii) artificial (antropogênica) quando induzida por ações humanas, como descargas de efluentes domésticos e/ou industriais, atividades agrícolas, crescimento demográfico (ESTEVES, 1998).

A eutrofização promove um efeito cascata no meio ambiente. Num primeiro momento, com a grande disponibilidade de nutrientes, os produtores primários se multiplicam, aumentam a taxa fotossintética e a concentração de clorofila-a na água, levando à diminuição da penetração da luz na coluna d'água. A concentração de oxigênio dissolvido no meio diminui bruscamente (hipóxia ou anoxia), o que acarreta em diminuição e morte de parte da comunidade biológica submersa. Além disso, observam-se também: mudanças na composição das espécies de algas, aumento do crescimento de algas epífitas, marés vermelhas, degradação da qualidade da água, formação de espumas, mortandade de peixes, riscos à saúde pública (BRICKER et al., 1999, 2003; DEVLIN et al., 2011; DOKULIL et al., 2011; CHISLOCK et al., 2013). As altas taxas fotossintéticas relacionadas à eutrofização podem levar ao esgotamento do carbono inorgânico dissolvido e elevar expressivamente o pH, principalmente durante o dia (TURNER,

2010). Portanto, a eutrofização do meio pode gerar alterações na composição e na estrutura das cadeias tróficas dos ecossistemas aquáticos (SCHLESINGER, 1991; SMITH, 2006).

Quando há morte da biota marinha, parte do material destes organismos é depositado no fundo, acumulando matéria orgânica e nutrientes no compartimento sedimentar. Apesar de ser considerado sumidouro de matéria orgânica em locais de baixa hidrodinâmica, o próprio sedimento atua como fonte de nutrientes para a coluna d'água em eventos extremos de ressuspensão. Eventos que podem ser naturais como em casos de frentes frias; ou artificiais como, por exemplo, uma atividade de dragagem.

### 1.3 DRAGAGEM

Dragagem é uma obra ou serviço de engenharia que consiste na limpeza, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação de material do fundo de rios, lagos, mares, baías e canais (BRASIL, 2007).

As dragagens não têm por objetivo apenas a criação, desobstrução e conservação de vias navegáveis. Tais atividades estão vinculadas a diversas operações que envolvam a movimentação de materiais submersos. Logo, esse processo é importante também a outras atividades econômicas, como por exemplo a mineração e o extrativismo que fazem uso de dragagens para a obtenção de recursos minerais e pedras preciosas. Em outros setores, como o da construção civil, o material dragado pode ser reaproveitado para criação de áreas de terra firme através do aterramento de pântanos, áreas de charcos e alagadiças, obras de infraestrutura e (re)urbanização, engordamento de praias, formação de diques, construção de rodovias, aeroportos, entre outras (GOES FILHO, 2004).

De forma sucinta, a dragagem pode ser definida como o processo de remoção e/ou realocação de solos e sedimentos oriundos do fundo de um corpo hídrico.

De acordo com as literaturas técnicas (TORRES, 2000; GOES FILHO, 2004; SOARES, 2006), as dragagens podem ser classificadas quanto às suas finalidades e/ou características, das seguintes maneiras:

- a) de implantação ou aprofundamento: realizada em locais virgens, ou seja, cujos leitos não tenham sido dragados anteriormente. Seja para a construção de vias marítimas, seja



para criação de áreas aterradas. Caracteriza-se por movimentar grandes quantidades de material, removendo solos bastante compactos e com baixa presença de contaminantes;

- b) de manutenção: visa reestabelecer as condições do perfil local previamente licenciado, removendo assoreamentos ou quaisquer outras alterações físicas depositadas em áreas que já foram dragadas. O volume de material dragado e a periodicidade de realização da atividade variam de acordo com a necessidade. O solo nestas áreas tende a ser pouco consolidado e com possível presença de contaminantes;
- c) de remediação ou recuperação ambiental ou sanitária: associada a programas de saneamento e com procedimentos rigorosos, tem o objetivo principal de melhorar as condições ambientais da área através de remoção, tratamento e realocação do material dragado de maneira segura e não nociva ao meio ambiente. Comparado aos outros tipos de dragagens o volume de material dragado nestas situações é reduzido, retirando-se primordialmente o material e o sedimento pouco agregado e altamente contaminado do local. Devido sua motivação emergencial, espera-se que essa atividade não tenha a propensão de ser repetitiva e/ou rotineira;
- d) de mineração: destinada à exploração e ao aproveitamento de minerais (como areia, argila, cascalho) utilizados, por exemplo, na construção civil e em indústrias. Além da extração de outros materiais de considerável valor econômico, como ouro, diamantes e outras pedras.

Sobre os equipamentos utilizados nas atividades de dragagens, Goes Filho (2004) os divide em três categorias:

- a) mecânicos: são dragas de operação mais simples e usadas na remoção de sedimentos mais coesos e compactados através de aplicação de uma força mecânica para cortar e escavar o leito da área de dragagem;
- b) hidráulicos: são dragas que usam como ferramenta principal bombas que, por meio de sucção, removem o material dragado – água e sedimento – para dentro de cisternas de armazenamento, seja na própria draga, seja em embarcações (batelões) acostadas a contrabordo. Utilizam tecnologias mais recentes e são mais eficientes e mais econômicas que os equipamentos mecânicos;
- c) pneumáticos: são dragas que utilizam um mecanismo de ar comprimido (*air-lift*) para aspirar o material, minimizando a dispersão de resíduos do material dragado pela coluna

d'água durante a operação. Assim, são os equipamentos mais indicados em atividades de recuperação ecológica, realizando dragagens ambientais sem turbidez de sedimentos e contaminantes para áreas adjacentes.

A escolha do equipamento adequado para determinada operação de dragagem depende de avaliação de alguns fatores, como: condições meteorológicas e fisiográficas da região de dragagem; profundidade e extensão da área de dragagem; distância entre os pontos e acesso a eles; características físicas do material a ser dragado; volume a ser dragado; nível de contaminação dos sedimentos; local e forma de deposição/descarte do material dragado (GOES FILHO, 1979).

Sobre este último item, a disposição do material dragado pode ocorrer em corpos hídricos abertos (oceanos, estuários, rios, lagos) ou em ambientes confinados. As áreas de disposição aberta podem ser classificadas como dispersivos ou retentivos, conforme a hidrodinâmica do local e sua capacidade de manutenção do sedimento. Diferentes técnicas podem ser utilizadas para auxiliar na não-dispersão e na retenção do material disposto em áreas abertas, como uso de cortina geotêxtil, capeamento, isolamento lateral, entre outras. Quando o material dragado apresenta certos níveis de contaminação é recomendado que sejam depositados em áreas de disposição confinada (ADCs), artificialmente construídas com diques que retêm o material dragado, impedindo seu vazamento para o meio ambiente (PEREIRA, 2012). Em alguns casos, em que o índice de contaminantes no sedimento é considerável, faz-se necessário realizar tratamentos prévios no material dragado antes de sua disposição final.

O material dragado pode, ainda, não ser meramente descartado e ter uma destinação útil. Relatórios da Convenção de Oslo e Paris (OSPAR) de 1998, orientam que o material oriundo de dragagens pode ser reaproveitado em: obras de engenharia; na agricultura, aquicultura e horticultura; e até mesmo na reparação de danos ambientais.

Portanto, é de suma importância que se faça um estudo prévio das características da área, do sedimento e do clima local, realizando uma análise completa ainda na fase de concepção do projeto, e permitindo que ações preventivas sejam tomadas. Goes Filho (2004) destaca que a seleção de áreas apropriadas e o tipo de dragagem(s) utilizada(s) são ações que podem ajudar a minimizar as implicações ambientais durante e após o processo de dragagem.

## 1.4 A QUESTÃO AMBIENTAL

Somente nos anos 70 as preocupações ambientais passaram a ser pautadas e tratadas com a devida relevância em âmbito global. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (CNUMA) sediada em Estocolmo, e a Convenção de Londres (*The London Convention – LC*), ambas realizadas em 1972, foram marcos para questões ligadas à legislação ambiental. Desde então, estes acordos têm servido de guia a novas diretrizes internacionais, e referência para que entidades nacionais formulem suas próprias regulamentações e legislações, incluindo-se questões relacionadas às dragagens e à destinação do material retirado.

No Brasil, em 1974, é criada a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) por meio do Decreto nº 74.557 – revogada<sup>1</sup> e alterada por decretos seguintes. A finalidade da CIRM é coordenar assuntos relativos ao cumprimento da Política Nacional para Recursos do Mar (PNRM), cujas diretrizes foram fixadas em 1980 e promulgada pelo Decreto nº 5.377/05.

Em 1981, a Lei nº 6.938 estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), institui o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo, que assessora, estuda e propõe diretrizes políticas governamentais para o meio ambiente.

E, como parte integrante da PNRM e PNMA, e com o objetivo de “orientar a utilização racional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população, e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural”, a Lei nº 7.661/88 institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), a primeira grande norma nacional destinada à gestão da zona costeira e das áreas marinhas sob jurisdição brasileira.

A zona costeira brasileira é constituída pelo mar territorial e pelos territórios de 395 municípios, distribuídos em 17 estados litorâneos (MMA, 2008). Nesta estreita faixa continental residem aproximadamente um quarto de toda população nacional, segundo dados do IBGE (2008), e boa parte está concentrada em 16 regiões metropolitanas situadas à beira-mar.

---

<sup>1</sup> Decreto nº 3.939, de 26 de setembro de 2001.

Essa considerável densidade populacional é um indicador da alta pressão antrópica que o meio ambiente e seus recursos estão submetidos. Vidal & Rast (1996) afirmam que cerca de 80% de toda a contaminação marinha é causada por atividades humanas em terra, como urbanização, agricultura, turismo, desenvolvimento industrial, despejo de esgoto não tratado, dejetos industriais e falta de infraestrutura costeira.

De acordo com o CONAMA, impacto ambiental pode ser definido como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, segurança, bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (Art. 1º da Resolução CONAMA Nº 001/1986).

Os impactos ambientais provocados por uma atividade de dragagem podem ser diretos ou indiretos, afetando o habitat e os organismos ali encontrados, tanto na área de dragagem, como no local de disposição do material dragado. Estes impactos podem ser físicos e/ou químicos. E, a partir destes, ocorrem impactos de caráter biológico (CASTIGLIA, 2006). A retirada e a deposição de sedimentos podem provocar a morte direta da biota por ferimentos mecânicos e/ou asfixia, e danos indiretos com a ressuspensão de sedimento na coluna d'água (TORRES, 2000) causando liberação de contaminantes, aumento da turbidez, diminuição da penetração de luz, da produtividade primária e da taxa de oxigênio dissolvido.

Alguns efeitos negativos da atividade estão relacionados à quantidade e ao tipo de material a ser dragado, bem como à presença ou não de contaminantes. Segundo Brannon (1978), os principais contaminantes presentes nos sedimentos são nutrientes (fósforo e nitrogênio), metais pesados (chumbo, cádmio, mercúrio, entre outros) e compostos orgânicos (hidrocarbonetos, organoclorados).

No Brasil, a disposição de materiais dragados é regida pela Resolução Conama nº 454/12. E, em seu artigo 2º, a resolução define material dragado como aquele que é “retirado ou deslocado do leito dos corpos d'água por meio atividade de dragagem”. Este material é composto, predominantemente, por partículas minerais, que variam de areia grossa a fina, silte e argila; possuindo também grande quantidade de matéria orgânica e água, além de diferentes tipos de materiais como pedras, madeira, pedaços de metais, vidros etc. (CASTIGLIA, 2006; MONTEIRO, 2008).

## 2. OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo foi avaliar as alterações ambientais ocorridas ao longo de uma atividade de dragagem portuária realizada na área costeira de um estaleiro localizado no município de Angra do Reis (RJ).

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar e avaliar, diariamente, a qualidade da água de uma área costeira a ser dragada através de seus parâmetros físico-químicos durante toda uma atividade de dragagem;
- Monitorar e avaliar a qualidade da água de uma área de bota-fora através de seus parâmetros físico-químicos em três momentos distintos: pré-dragagem, ao atingir 50% do volume dragado planejado, e após a conclusão das atividades de dragagem e descarte;
- Analisar a influência da dragagem nas alterações físicas e/ou químicas ocorridas no ambiente;
- Observar a duração de eventuais impactos causados pela atividade de dragagem.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Angra dos Reis está localizada no sul fluminense, região conhecida como Costa Verde. Segundo dados do IBGE (2016), o município possui uma área de aproximadamente 825km<sup>2</sup>, estando quase 200km<sup>2</sup> deste território distribuídos pelas 365 ilhas do município. A **Figura 1**, a seguir, mostra a localização do município de Angra dos Reis e a enseada de Jacuecanga, onde foi realizado o estudo.



**Figura 1 – Localização da enseada de Jacuecanga e do município de Angra dos Reis.**

Angra dos Reis é um município estrategicamente importante para indústrias das áreas energética, petrolífera e naval. Nele estão instalados alguns grandes empreendimentos como um complexo de usinas nucleares (Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAEA), um terminal aquaviário (Terminal Marítimo da Baía da Ilha Grande – TEBIG), um estaleiro (BrasFELS S/A), e o Porto de Angra. Estes setores, junto à pesca e ao turismo formam a base da economia local.

O sul fluminense também possui um relevante valor natural e ecológico. A Baía da Ilha Grande abriga uma rica fauna e flora, sendo um santuário de biodiversidade singular (CREED,

2007). E esta relação dialética entre meio ambiente e industrialização mobilizam diversos estudos e debates na região.

Visando preservar a mata atlântica, a biodiversidade e os recursos naturais da região, unidades de conservação têm sido criadas por diferentes esferas de governo, e situadas, inteira ou parcialmente, no território do município de Angra dos Reis. Podendo ser unidades de uso sustentável (US) ou de proteção integral (PI). Vide **Tabela 1** abaixo:

**Tabela 1 – Unidades de conservação situadas em Angra dos Reis (Fonte: SEMAM, 2018)**

Unidade de Conservação	Tipo	Ano	Órgão Responsável
Parque Nacional da Serra da Bocaina	PI	1971	ICMBio
Parque Estadual da Ilha Grande	PI	1971	INEA
Reserva Biológica da Praia do Sul	PI	1981	INEA
Área de Proteção Ambiental de Tamoios	US	1986	INEA
Estação Ecológica de Tamoios	PI	1990	ICMBio
RPPN Gleba Saquinho do Itapirapuã	PI	1998	SEMAM
Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Japuíba	US	2007	SEMAM
Parque Estadual do Cunhambebe	PI	2008	INEA
RPPN Tanguá	PI	2008	SEMAM
Reserva do Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro	US	2014	INEA
Parque Natural Municipal da Mata Atlântica	US	2017	SEMAM

Situado em uma estreita faixa entre a serra do Mar e o litoral, Angra dos Reis tem um relevo caracterizado pelo contraste entre feições serranas (planaltos, escarpas e morros) com acentuados declives e áreas mais planas (planícies costeiras, fluviais e/ou flúvio-marinhas). Em alguns casos há poucas feições de transição entre os relevos serranos e os sopés das encostas (SILVA & SILVA, 2014).

Estas formações propiciam a ocorrência de chuvas orográficas que, junto a outros fatores climáticos, influenciam o regime pluviométrico local e fazem com que a região tenha um dos maiores índices de chuvas do território fluminense (FRANCISCO, 2004) com um

volume superior a 2.000 mm anuais, e a ausência de uma estação seca pronunciada devido principalmente à proximidade da serra do Mar (REIS, 1988). Mesmo com o alto índice pluviométrico, esta distribuição não é uniforme ao longo do ano, pois 70% do total das chuvas ocorrem no período úmido, entre outubro e março. Os fluxos d'água oriundos de trechos encachoeirados e canais de altos e médios cursos, e o contato abrupto entre estes relevos de ambientes mais dinâmicos com os vales da região possibilitam a ocorrência de intensos processos geomorfológicos, como erosões, deslizamentos, assoreamentos, sedimentações e enchentes (SILVA & SILVA, 2014).

Com os divisores de águas muito próximos ao litoral, as dezenas de bacias de drenagem que formam a Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande (RHBIG) tendem a possuir elevada amplitude altimétrica e áreas de atuação relativamente pequenas (D'ANGELO, 2011). A **Figura 2** retrata o complexo de bacias de drenagem do município de Angra dos Reis, com diversas bacias costeiras com redes de drenagens menores – em tons escuros – e algumas de maior extensão e influência, destacadas em cores de acordo com a legenda.

E uma perspectiva tridimensional de todo relevo característico da RHBIG pode ser vista na **Figura 3**, com destaque para as bacias de drenagem da Lambicada e do rio Jacuecanga, principais responsáveis pelo aporte hídrico, e conseqüentemente de material lixiviado, à enseada de Jacuecanga, local onde foram realizadas as coletas e análises para o presente estudo.



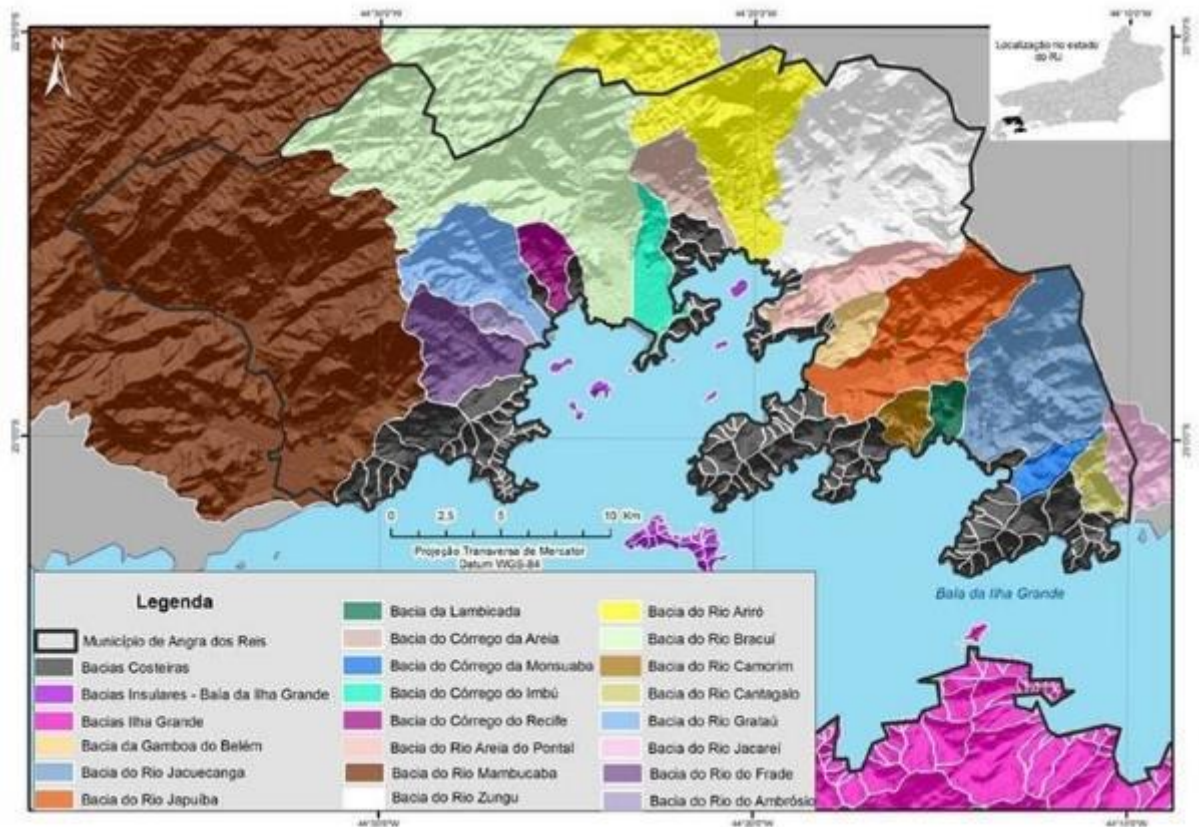


Figura 2 – Principais bacias de drenagem de Angra dos Reis. (Adaptado de: SILVA & SILVA, 2014)



Figura 3 – Perspectiva em 3D da RHBIG. (Adaptado de: D'Angelo, 2011)

Mais de 80% da área da bacia hidrográfica do rio Jacuecanga é coberta por florestas de mata Atlântica. A densa vegetação protege o solo e auxilia na manutenção das boas condições de preservação dos recursos hídricos da bacia, uma das fontes de captação de água para o abastecimento público do município (D'ANGELO, 2011), e que propicia, também, o desenvolvimento de outras atividades em sua enseada, como a maricultura, a pesca e o turismo.

As áreas urbanas se concentram nas regiões mais planas da bacia, próximas ao litoral e à foz do rio Jacuecanga, ocupando cerca de 2% da área da bacia em questão. Nestes pequenos centros urbanos estão também localizados alguns grandes empreendimentos, como o já citado TEBIG, o terminal aquaviário da Transpetro que dá suporte às refinarias da empresa; o estaleiro BrasFELS, referência na indústria naval; além da marina Verolme, considerado o maior polo náutico da América Latina<sup>2</sup>.

A enseada de Jacuecanga é um local de hidrodinamismo baixo, quando comparado às áreas costeiras e aos relevos de seu entorno. Sendo este, portanto, um fator relevante para a definição de implantação de portos e estaleiros, em locais de áreas abrigadas.

O constante tráfego de navios e plataformas petrolíferas na enseada de Jacuecanga trazem, eventualmente, problemas ambientais em decorrência de vazamentos de óleo, da descarga de água de lastro e da introdução de espécies exóticas que chegam à região associadas aos cascos das embarcações. Um exemplo clássico é o coral-sol (gênero *Tubastraea*) que proliferou por toda baía da Ilha Grande e tem prejudicado o ecossistema local.

Além desses impactos externos, de acordo com D'Angelo (2011), a qualidade e a oferta de água e sedimentos oriundos da bacia do rio Jacuecanga vêm sofrendo ameaças devido a crescentes alterações no uso do solo, causadas pelo desordenado aumento demográfico, pela construção de moradias inadequadas, pelo desmatamento irregular para instalação de áreas de pastagens e cultivo, e pelas atividades industriais observadas. Todas estas práticas podem levar a um aumento do transporte de carbono orgânico, sedimentos e nutrientes para os sistemas fluviais e que, em última instância, chegam até a região costeira da enseada.

---

<sup>2</sup> Fonte: <http://www.brmarinas.com.br/marina/verolme-br/>

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE DRAGAGEM

Entre os meses de novembro de 2016 e março de 2017, foi realizada uma atividade de dragagem na área costeira de um estaleiro para o aprofundamento do canal de entrada, ampliando, assim, a capacidade de locomoção, manobra e atracação de embarcações de maior porte. A área dragada compreendeu um polígono de 360m de comprimento e 90m de largura, como ilustrado na **Figura 4**, removendo um volume dragado total de cerca de 46.000m<sup>3</sup>.

A dragagem foi realizada por meio de duas dragas estacionárias hidráulicas, do tipo sucção e recalque com desagregador mecânico (*cutter suction dredges*), que bombeavam o material dragado através de linhas de recalque com sistema de balsas e flutuadores para a cisterna de um batelão autopropulsado, acostado no perímetro externo da área de dragagem.



**Figura 4** – Imagem de satélite da área a ser dragada. (Fonte: Google Earth)



Concomitantemente à dragagem da área, e ao longo de todo o período de execução desta atividade, foi realizado um acompanhamento ambiental diário em que foram feitas análises e coletas a fim de monitorar a qualidade da água.

As verificações dos parâmetros físico-químicos da água foram realizadas diariamente em 4 pontos, dispostos a partir da direção preferencial da dispersão da pluma do sedimento em suspensão. O ponto AD-01 (área de dragagem 01) foi alocado, então, no sentido preferencial da pluma, a 100m da draga referência. E os demais pontos AD-02, AD-03 e AD-04 foram definidos, respectivamente, a 90°, 180° e 270° em sentido horário a partir do sentido preferencial da pluma, obedecendo a distância de 100m da draga. A metodologia de disposição dos pontos foi acordada junto ao órgão ambiental. A **Figura 5**, a seguir, apresenta um esquema da localização dos pontos de coleta a partir de uma hipotética pluma de dispersão de sedimento.



**Figura 5 – Localização esquemática dos pontos de coleta na região da dragagem. (Fonte: Google Earth)**

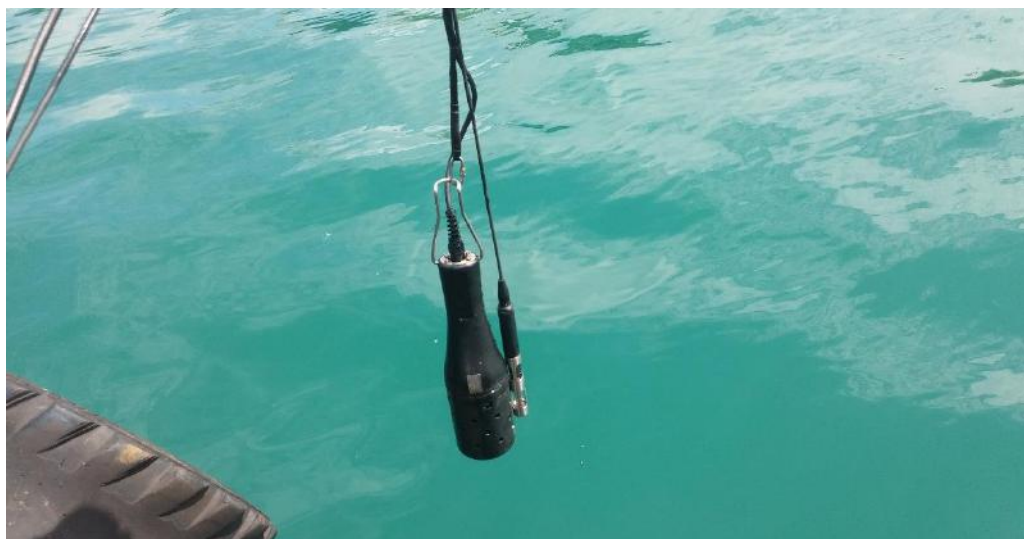
Em todos os dias de coleta, antes de iniciadas as análises de qualidade da água, foram avaliadas – através de equipamentos e medidores específicos – as condições climatológicas do local em relação a radiação solar, temperatura do ar, direção e velocidade do vento.

E em cada um dos quatro pontos de coleta predeterminados foram realizadas as medições da profundidade local com um ecobatímetro, e a profundidade de penetração da luz na água com auxílio de um disco de Secchi (**Figura 6**).



**Figura 6 – Utilização do Disco de Secchi.**

E em todos os pontos de coleta em torno da draga foram realizadas análises físico-químicas em duas profundidades (superfície e fundo), observando-se os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, temperatura, salinidade, pH, condutividade, totais de sólidos dissolvidos e turbidez. Estes dados foram obtidos *in situ* com o auxílio de uma sonda multiparamétrica Horiba U5000G e um oxímetro YSI ProODO (sensor óptico). Vide **Figura 7**.



**Figura 7 – Sensores das sondas para medição de parâmetros.**

Além das medições diárias dos parâmetros físico-químicos, também foram coletadas semanalmente amostras para análises laboratoriais dos seguintes parâmetros: resíduo não filtrável total (RNFT/SST), série nitrogenada e série fosfatada. Estas amostras foram coletadas nos mesmos pontos e camadas (superfície e fundo) do monitoramento diário, com a utilização de uma garrafa Van Dorn (**Figuras 8 e 9**), sendo imediatamente acondicionadas em gelo em frascaria adequada e com os reagentes previamente definidos por um laboratório certificado.



**Figura 8 – Garrafa Van Dorn.**

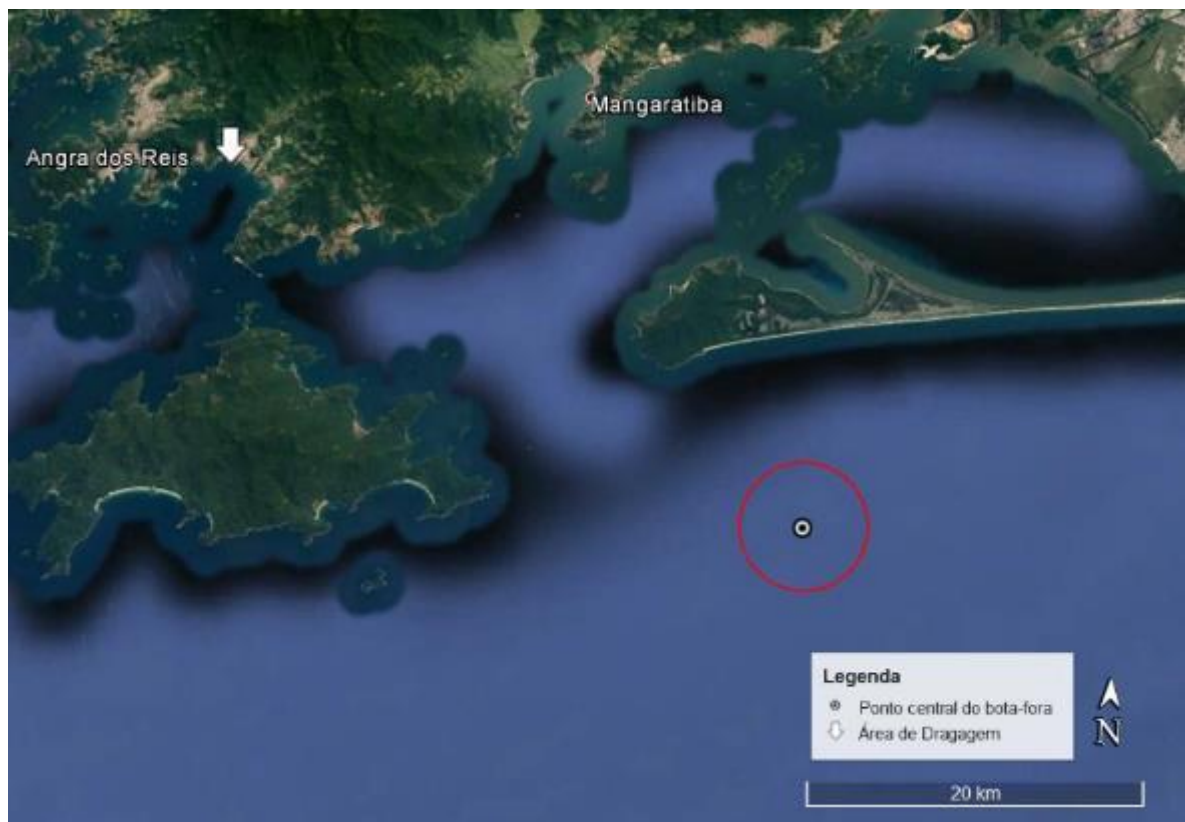


**Figura 9 – Retirada das amostras de água de fundo com auxílio da garrafa Van Dorn.**



#### 4.2 ÁREA DE DESCARTE (BOTA-FORA)

A disposição do material dragado ocorreu no mar, dentro de uma área circular de 43km<sup>2</sup>, com raio de 3.700m e centro geométrico nas coordenadas 23°11'00" S e 43°54'30" W (**Figura 10**), localizado a pouco mais de 40 km da área de dragagem. Este é um local específico, previamente definido e autorizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), e comumente utilizado com esta finalidade por outros empreendimentos da região e pelo próprio órgão ambiental responsável.



**Figura 10 – Localização da área do bota-fora marinho. (Fonte: Google Earth)**

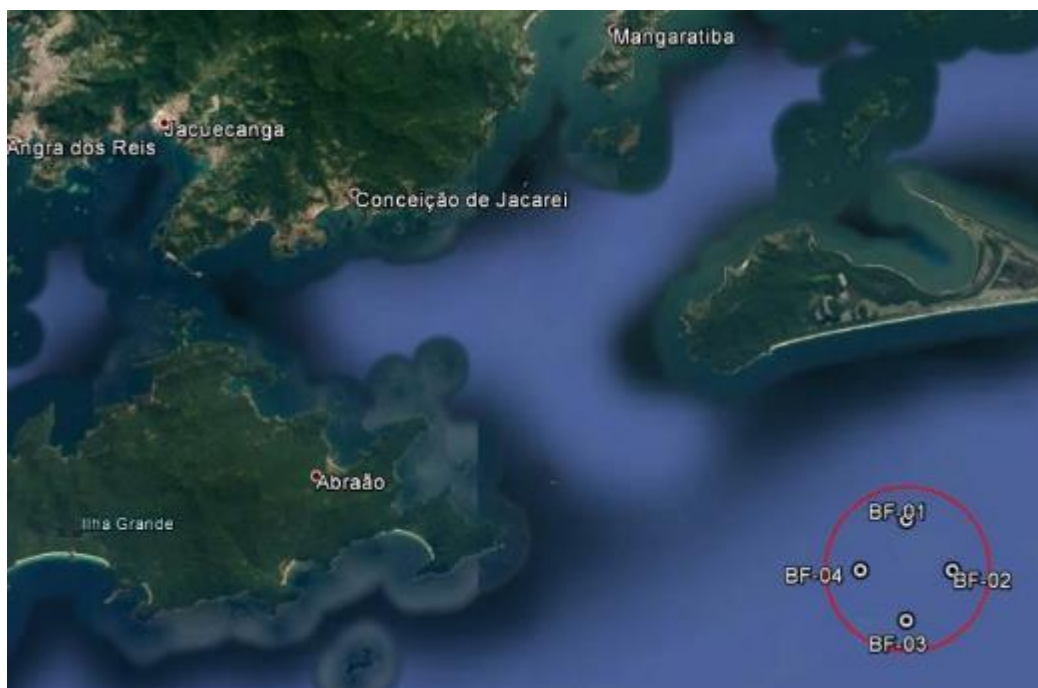
O batelão utilizado para armazenamento e disposição do material dragado na atividade possui uma cisterna com capacidade nominal de 850m<sup>3</sup> – este aproveitamento poderá variar de acordo com o tipo de sedimento apresentado. Após completada a carga de material e executado o *overflow*, o batelão se desloca até o bota-fora marinho licenciado. Chegando no ponto de descarte, o batelão realiza abertura de suas comportas de fundo e dispensa todo o material dragado enquanto navega fazendo movimentos circulares ou em ziguezague no interior da área

circular predetermined, evitando alterar em demasia o fundo da área de descarte com a formação de montes e acúmulo de sedimento em um único local.

Para o monitoramento da qualidade da água e sedimento na região do bota-fora foram realizadas análises dos parâmetros físicos *in situ* nas profundidades superfície e fundo em 4 pontos (**Figura 11**), e coleta de amostras de água e sedimento para análises físicas e químicas. As coordenadas dos pontos de coleta são apresentadas na **Tabela 2** a seguir.

**Tabela 2 – Coordenadas dos pontos de coleta.**

PONTO	COORDENADA	
	Latitude	Longitude
BF-01	23°09'45"S	043°54'30"W
BF-02	23°11'00"S	043°53'15"W
BF-03	23°12'15"S	043°54'30"W
BF-04	23°11'00"S	043°55'45"W



**Figura 11 – Pontos de coleta na região do bota-fora. (Fonte: Google Earth)**

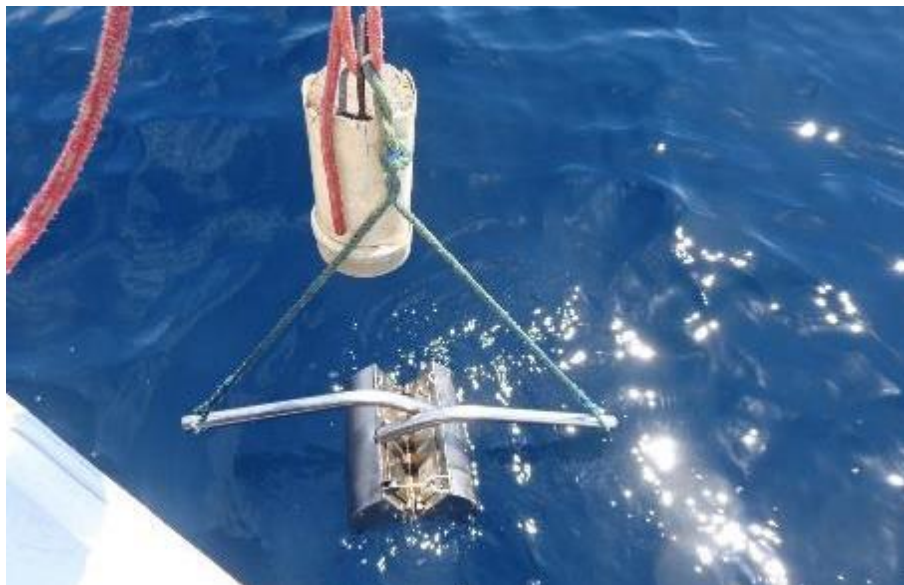


O monitoramento do bota-fora foi realizado em 3 (três) campanhas, nas seguintes datas: 02/11/2016 (antes do início da dragagem); 24/01/2017 (durante a execução da dragagem); e 18/03/2017 (após o término da dragagem).

Assim como na área dragada, em cada um dos pontos de coleta do bota-fora também foram realizadas observações e medições das condições climatológicas (cobertura de nuvens, radiação solar, temperatura do ar, direção e velocidade do vento), da profundidade local e da penetração da luz na coluna d'água.

Nos pontos de coleta, as análises físico-químicas da água, na superfície e no fundo, foram realizadas *in situ* através de medição direta por meio de sonda multiparamétrica para leitura dos seguintes dados: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, turbidez e pH. Foram coletadas, também, amostras de água para análises químicas em laboratório, dos parâmetros indicados na Resolução Conama 357/05 para águas marinhas classe 1. As coletas foram realizadas com garrafa Van Dorn em ambas profundidades.

Para coleta de sedimento foi utilizada uma draga tipo Van Veen, com área de 520 cm<sup>2</sup> (**Figura 12**). As amostras de sedimento para realização das análises químicas foram coletadas diretamente do amostrador, preferencialmente da região fora do contato com as paredes do mesmo. Foram realizadas as análises químicas e granulométricas, conforme preconizado na Resolução Conama 454/12. E o material coletado foi armazenado em frascos previamente descontaminados e fornecidos pelo laboratório responsável pelas análises.



**Figura 12 – Draga Van Veen utilizada para a coleta de sedimento.**

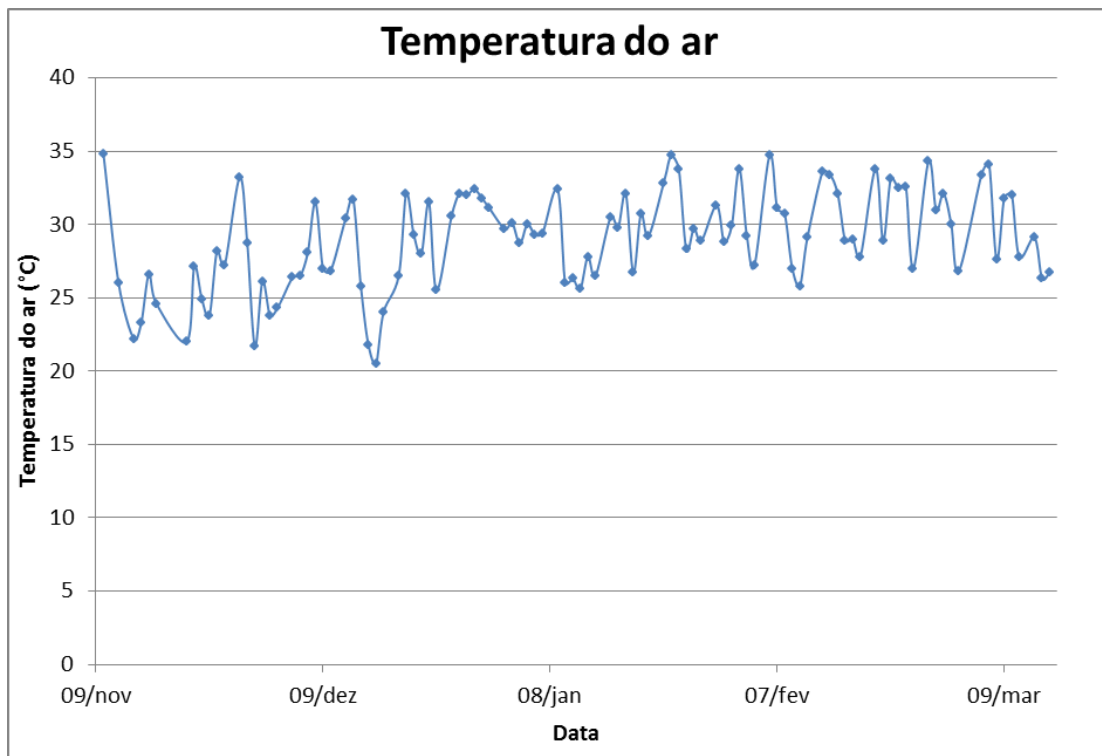
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ÁREA DE DRAGAGEM

Todos os dados foram obtidos ao longo de 104 dias de acompanhamento da atividade de dragagem, e em cada dia foram realizadas observações e registros climatológicos.

A temperatura do ar apresentou variação entre 20,5 e 34,8°C (**Figura 13**), e a radiação solar variou entre 58 e 1.130 W/m<sup>2</sup> (**Figura 14**). Ambas informações estão intimamente associadas ao horário do dia em que as coletas de dados foram realizadas, e estas ocorreram predominantemente no período matutino.

Os resultados da transparência da água (profundidade Secchi) apresentaram variações entre 1 e 8 metros (**Figura 15**), e estavam ligados diretamente à metodologia aplicada, com tendência a se encontrar menores valores nos pontos AD-01. A profundidade total dos pontos variou entre 3,8 e 10,4 metros, basicamente de acordo com a distância dos pontos para a costa do estaleiro.



**Figura 13 – Temperatura do ar durante as campanhas.**

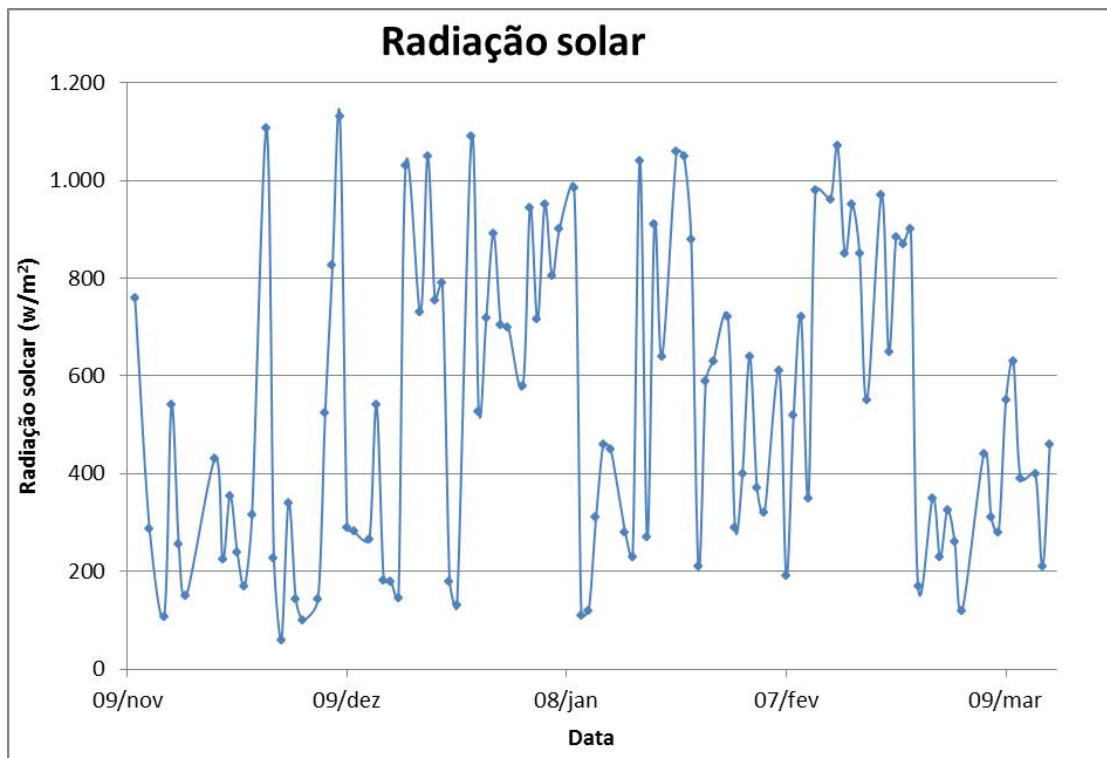


Figura 14 – Radiação solar durante as campanhas.

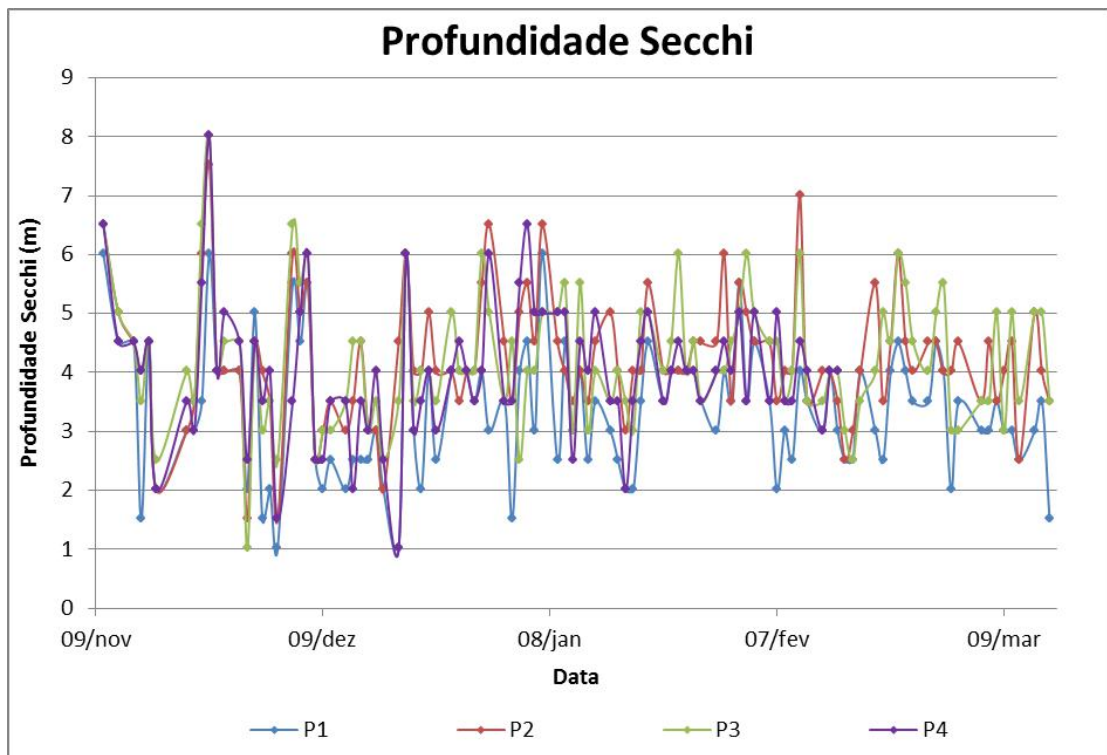
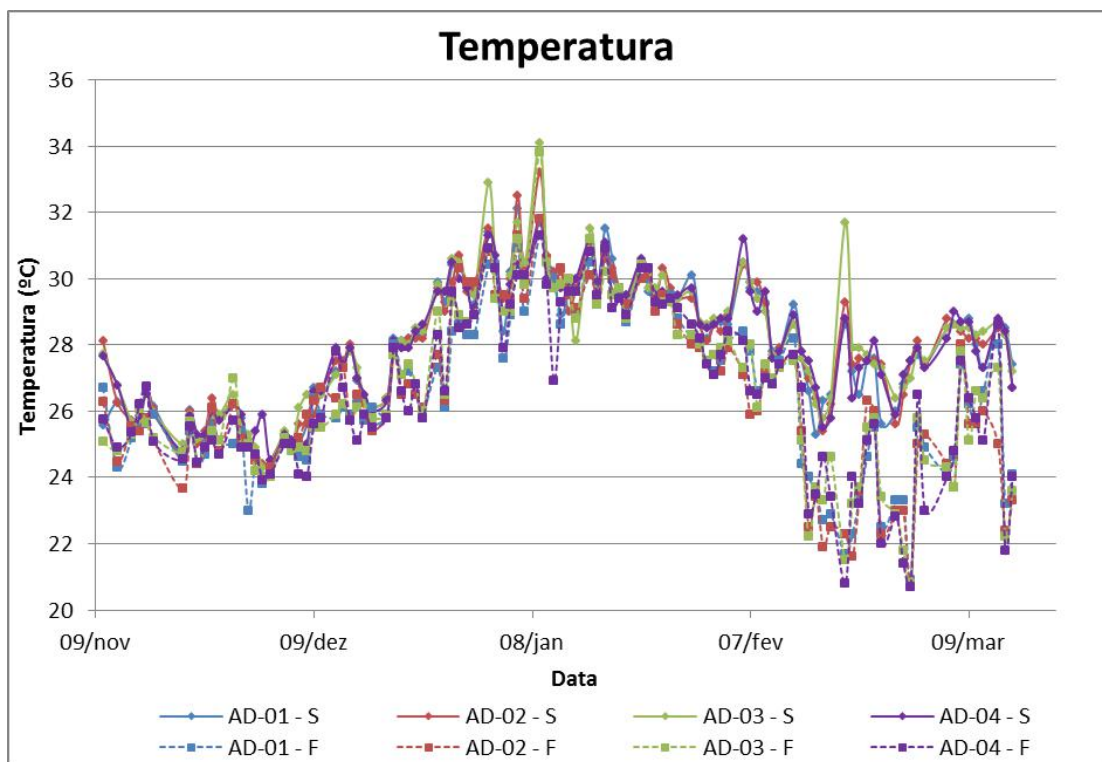


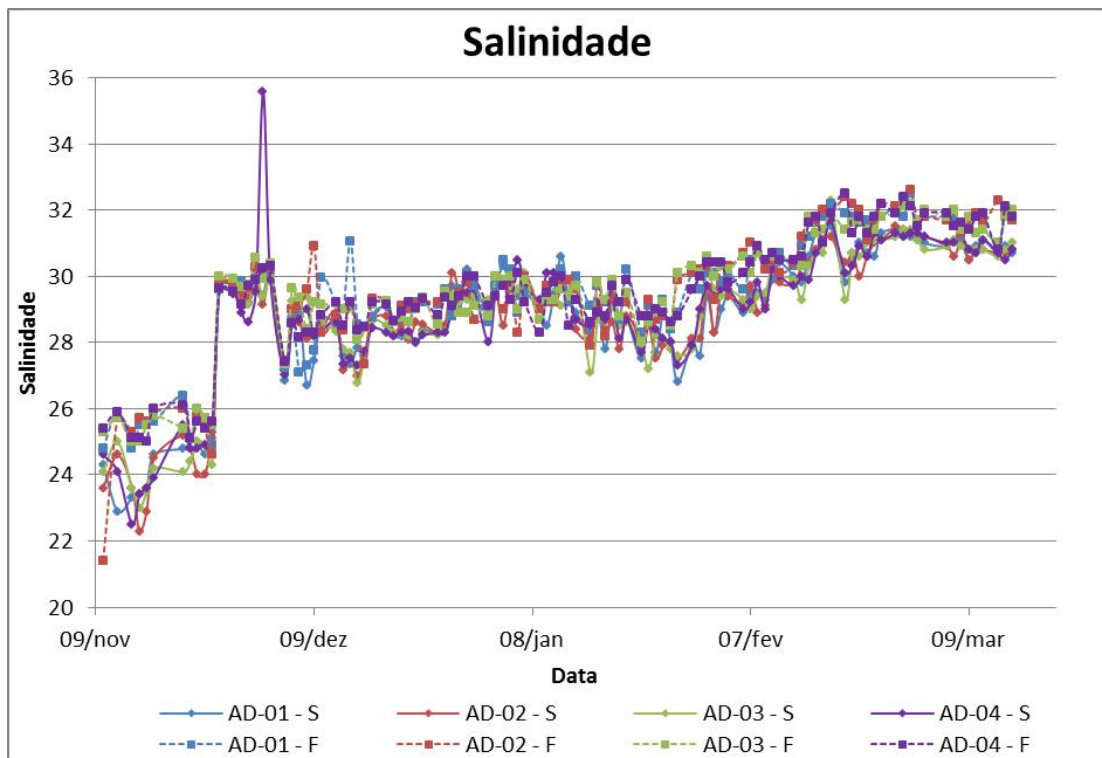
Figura 15 – Profundidade Secchi nos pontos de coleta.

A cada dia, houve quatro pontos de coleta e, em cada ponto, foram feitas análises em duas profundidades: superfície e fundo. Na superfície os dados foram coletados a cerca de 1m abaixo do espelho d'água e as amostras de fundo, aproximadamente 1m acima da camada sedimentar. Assim, para o monitoramento da qualidade da água, registrou-se um conjunto de 832 dados acerca dos parâmetros físico-químicos.

Os valores de temperatura e salinidade, de forma geral, são indicadores da influência da água oceânica, e tiveram um comportamento esperado nos pontos de coleta, com menores temperaturas e maiores salinidades nas amostras de fundo. A temperatura da água variou de 20,7 a 34,1°C (**Figura 16**), com maiores valores encontrados no mês de janeiro/17, período de grande incidência de radiação solar e altas temperaturas. Já a salinidade variou entre 21,4 e 35,6 e com tendência de aumento a partir da última semana de novembro (**Figura 17**).



**Figura 16 – Valores de temperatura obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.**



**Figura 17 – Valores de salinidade obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

As principais fontes de oxigênio dissolvido para a água são a produção primária e a entrada atmosférica, esta última magnificada pela turbulência do corpo hídrico. Além disso, a dissolução do oxigênio está relacionada, também, à temperatura da água e à pressão atmosférica, de forma que, quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás, e quanto maior a pressão, maior a dissolução. Já os principais fatores que geram uma diminuição das concentrações de OD são a degradação da matéria orgânica – natural e antrópica – e a respiração dos organismos aquáticos. Os valores obtidos variaram entre 5,20 e 8,90 mg/L (**Figura 18**), sendo encontradas 23 amostras (2,76% do total) abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1 (6,0 mg/L). De forma geral, os valores aquém do valor mínimo estipulado foram encontrados nas amostras de fundo, indicando, possivelmente, que a ressuspensão de sedimento pela dragagem do material foi a responsável por essa redução. Contudo, é importante observar uma tendência de retorno às concentrações naturais após a dragagem, indicando o caráter temporário e reversível do impacto. Da mesma maneira, os valores de saturação de oxigênio (**Figura 19**) acompanharam o comportamento dos valores de concentração de oxigênio dissolvido, com valores variando entre 61,7 e 112%, com tendência de maiores valores nas camadas superficiais da coluna d'água (área fótica).



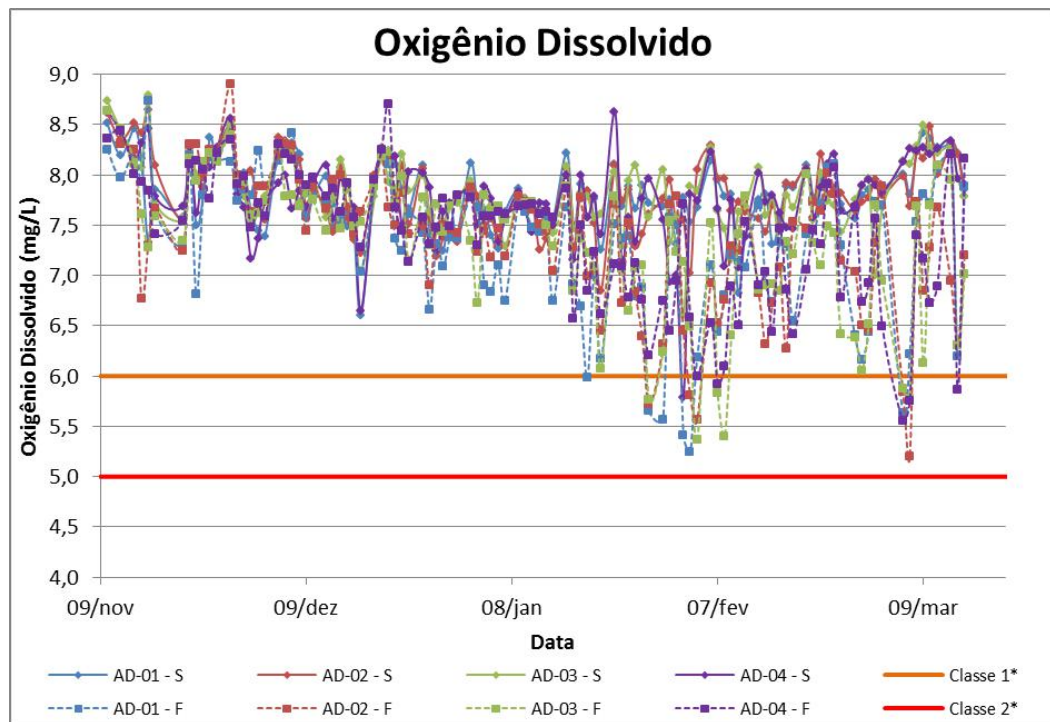


Figura 18 – Valores de oxigênio dissolvido obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina

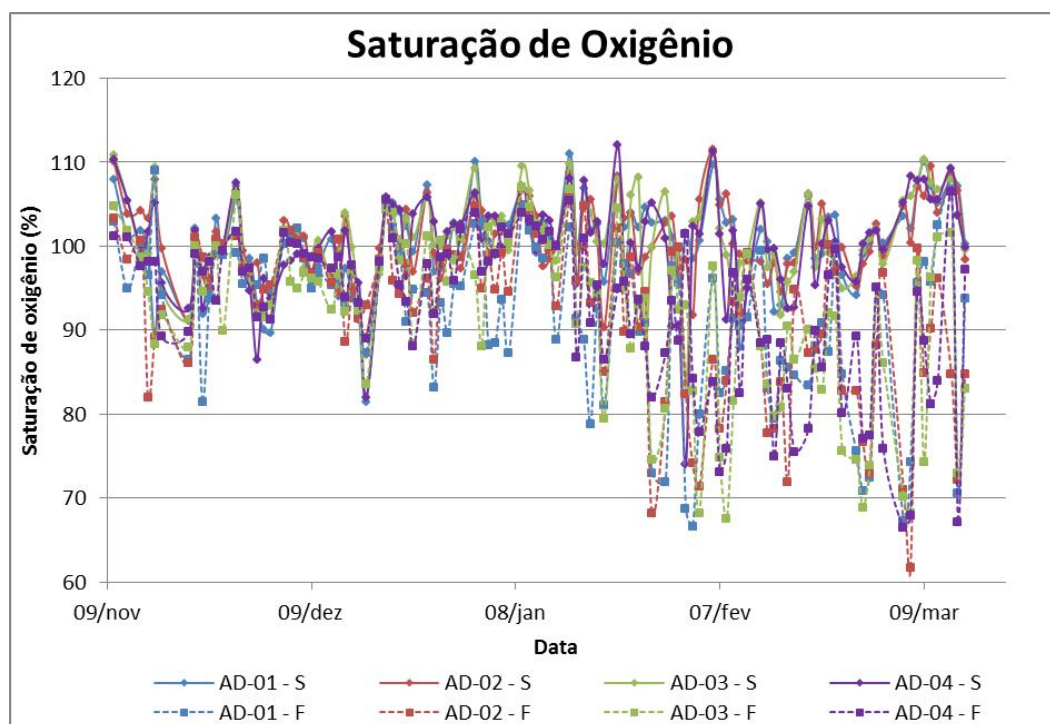
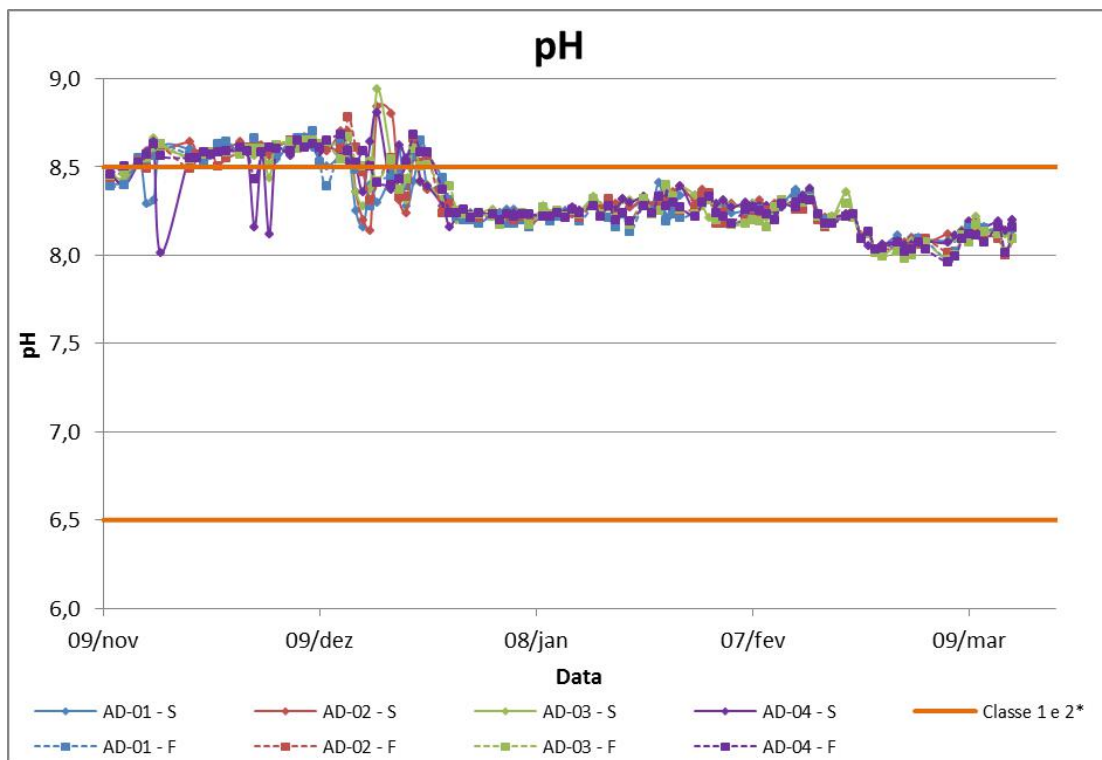


Figura 19 – Valores de saturação de oxigênio obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.

O pH, ou potencial hidrogeniônico, influencia diversos equilíbrios químicos no ambiente aquático, como a fisiologia e a distribuição de determinadas espécies, a dissolução e a precipitação de materiais, e no ambiente aquático o pH possui seu comportamento associado às variações na produtividade primária. Apesar dos valores relativamente elevados de pH quando comparado com o preconizado pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas de classe 1 (estipulado entre 6,5 e 8,5), é possível inferir que estes valores estão dentro da faixa natural do ambiente. Os valores encontrados no conjunto de dados do monitoramento ambiental diário variaram entre 7,96 e 8,94 (**Figura 20**).

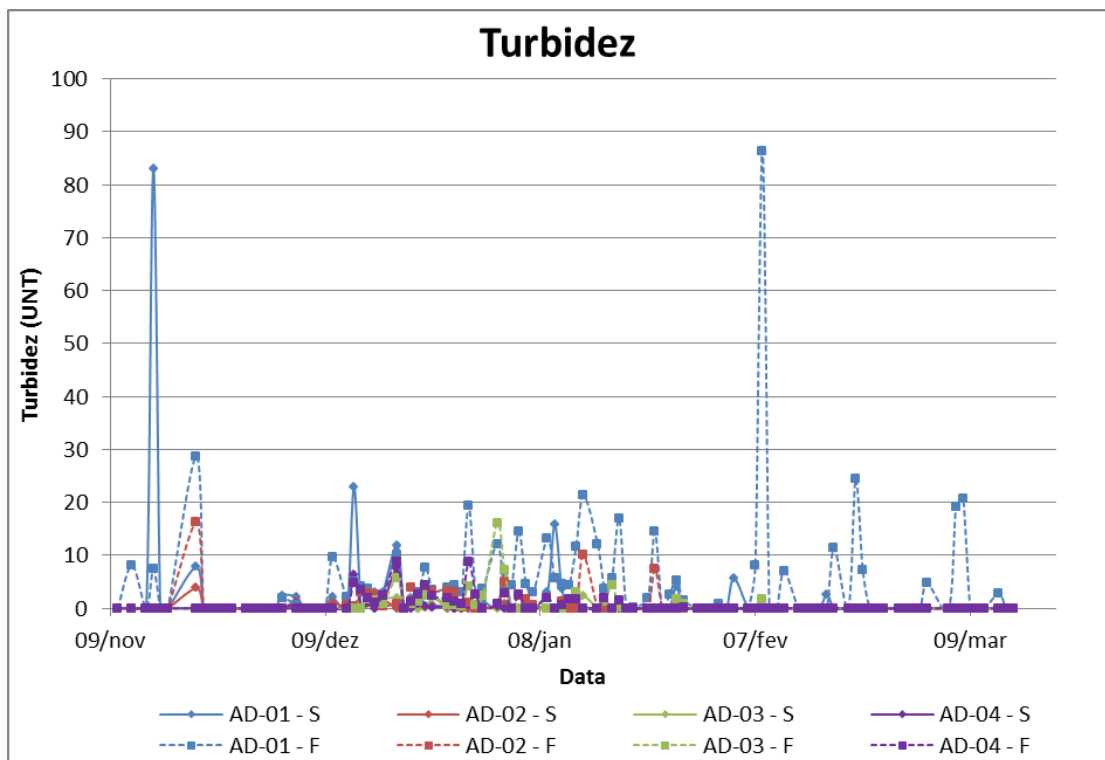


**Figura 20 – Valores de pH obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar um corpo d'água, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e detritos orgânicos. Alguns fatores estão relacionados ao aumento da turbidez, como a ressuspensão de sedimentos oriunda do processo de dragagem. Como consequência ocorre a redução da transparência da água (profundidade Secchi) e uma menor disponibilidade de luz para realização da fotossíntese pelos produtores primários, afetando

diretamente as comunidades aquáticas. O comportamento observado dos valores de turbidez possui forte associação com a dragagem, chegando a 86,4 UNT e apresentando maiores valores no ponto AD-01 (**Figura 21**), tanto nas amostras de fundo devido efeito da ressuspensão de sedimentos, quanto nas amostras de superfície possivelmente associada com o *overflow* do material depositado na cisterna do batelão. Foram encontradas diferenças significativas nos valores de turbidez entre as amostras nos diferentes pontos de coleta ( $p < 0,05$  pelo teste de Kruskal-Wallis), indicando que o aumento da turbidez no ponto AD-01 em função da dragagem foi mais relevante que a variação natural ocorrida ao longo das campanhas.



**Figura 21 – Valores de turbidez obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Os valores de condutividade (**Figura 22**) e total de sólidos dissolvidos (**Figura 23**) possuem relação direta com a salinidade, uma vez que todos estão diretamente associados com a concentração de sais dissolvidos na água.



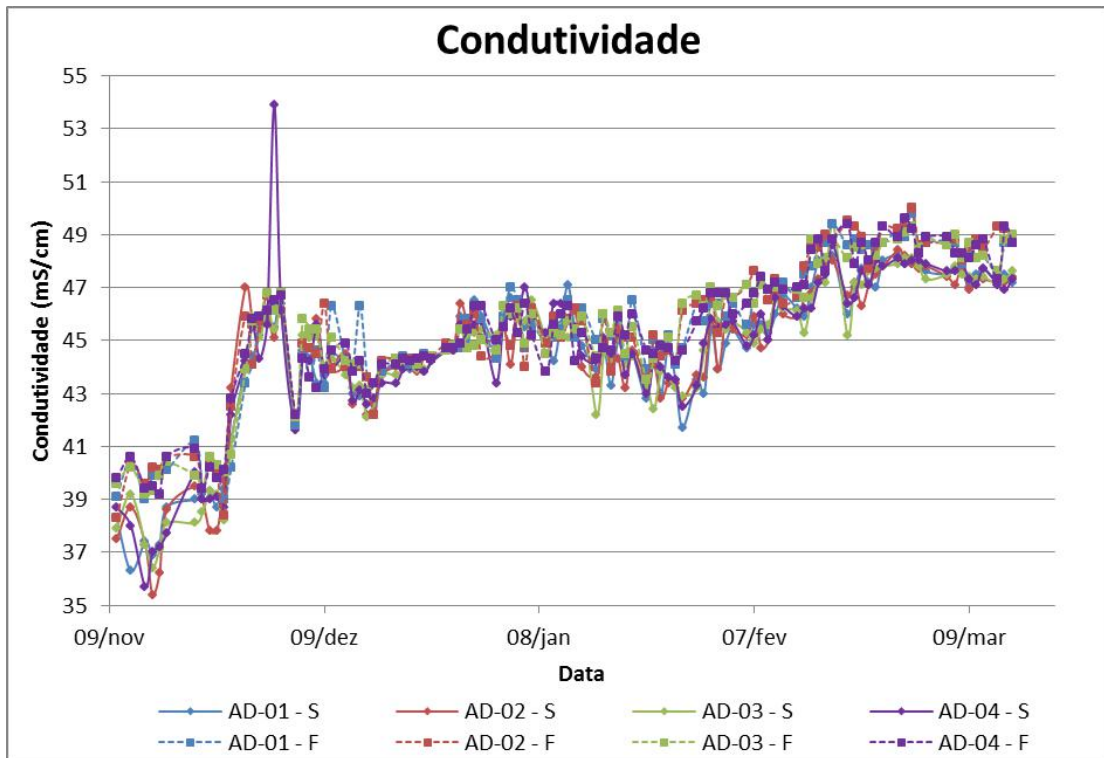


Figura 22 – Valores de condutividade obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.

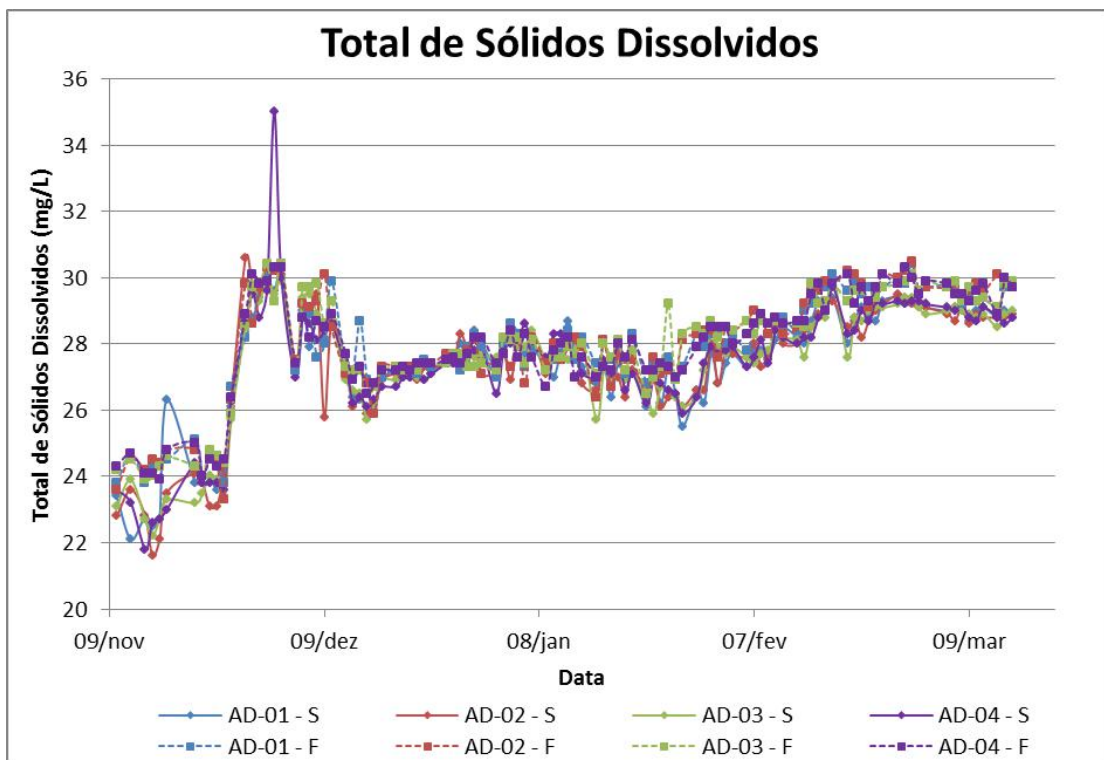
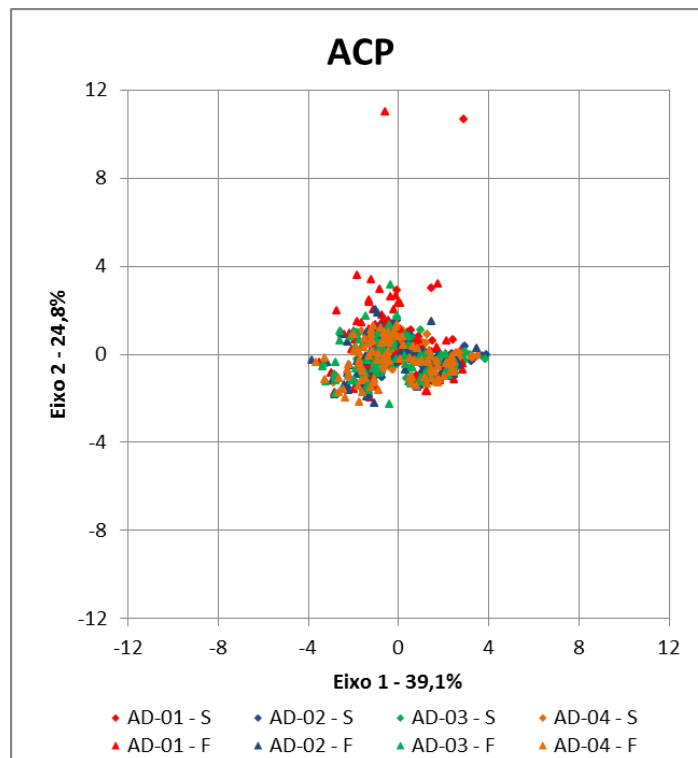
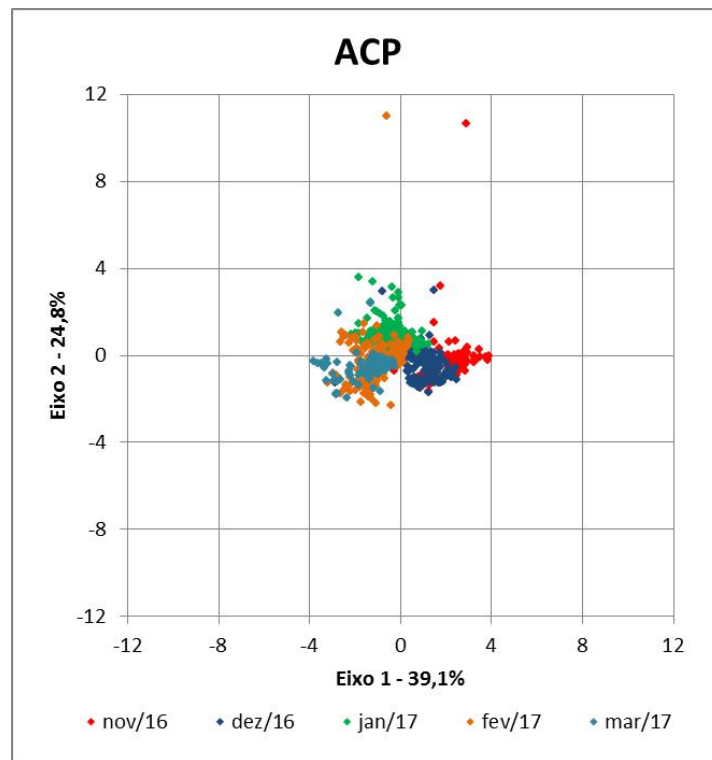


Figura 23 – Valores de total de sólidos dissolvidos obtidos nos pontos de coleta durante o monitoramento.

A partir dos resultados obtidos foram realizadas análises estatísticas multivariadas, sendo primeiramente testada a normalidade dos dados, onde a maioria dos parâmetros não apresentou uma distribuição normal, determinando a necessidade de análises não-paramétricas. A associação entre as variáveis foi levantada através da correlação não paramétrica de Spearman entre todos os valores, sendo posteriormente realizadas Análises de Componentes Principais (ACP) utilizando os dados físico-químicos obtidos no monitoramento diário. Para interpretação dos resultados da ACP foram realizados dois agrupamentos no mesmo conjunto de dados, sendo o primeiro evidenciando as informações dos pontos de coleta (**Figura 24**) e o segundo evidenciado as informações da data da campanha (**Figura 25**). Os resultados indicaram que a diferenciação obtida em cada ponto não representa um fator relevante no controle da variância dos dados, uma vez que o rebatimento dos pontos no Eixo 1 e 2 não apresenta diferenciação em função do local ou profundidade de coleta. Contudo, a data da coleta apresenta-se como fator principal que controla a variância dos dados físico-químicos obtidos *in situ* (cerca de 39,1% da variância dos dados), sendo claramente observada uma diferenciação do conjunto de dados com rebatimento das amostras no Eixo 1.



**Figura 24 – Análise de Componentes Principais dos dados físico-químicos do monitoramento diário evidenciando as informações sobre o ponto de coleta.**



**Figura 25 – Análise de Componentes Principais dos dados físico-químicos do monitoramento diário evidenciando as informações sobre a data da coleta.**

Vale destacar os dois valores extremos obtidos para o eixo 2, que estão associados ao ponto AD-01 na amostra de superfície do dia 15/11/16 e neste mesmo ponto AD-01 na amostra de fundo em 08/02/16. Estas duas amostras tiveram os dois mais elevados valores de turbidez, sendo associado com o efeito da dragagem. Assim, o Eixo 2, que controla cerca de 24,8% da variância dos dados está associado com os efeitos da dragagem no local, devido à forte associação da turbidez na distribuição das amostras neste eixo.

Além dos dados já apresentados, referentes aos parâmetros físico-químicos monitorados diariamente, também foram realizadas coletas para as análises químicas (resíduo não filtrável total, série nitrogenada e série fosfatada), semanalmente, nos quatro pontos de coleta.

A análise de resíduo não filtrável total quantifica o conjunto de partículas sólidas em suspensão na amostra de água que permanece após a filtração e posterior secagem (evaporação).

Assim como a turbidez, este parâmetro influencia diretamente a passagem de luz na água, dificultando a fotossíntese dos organismos e é influenciado pela ressuspensão de sedimento. Os valores variaram entre o limite de detecção analítico (<1,0 mg/L) e 75 mg/L (**Figura 26**), com maior valor obtido em uma amostra de superfície no ponto AD-01. Os valores

obtidos não tiveram um padrão de distribuição, indicando que as alterações ocorrem de forma pontual e efêmera.

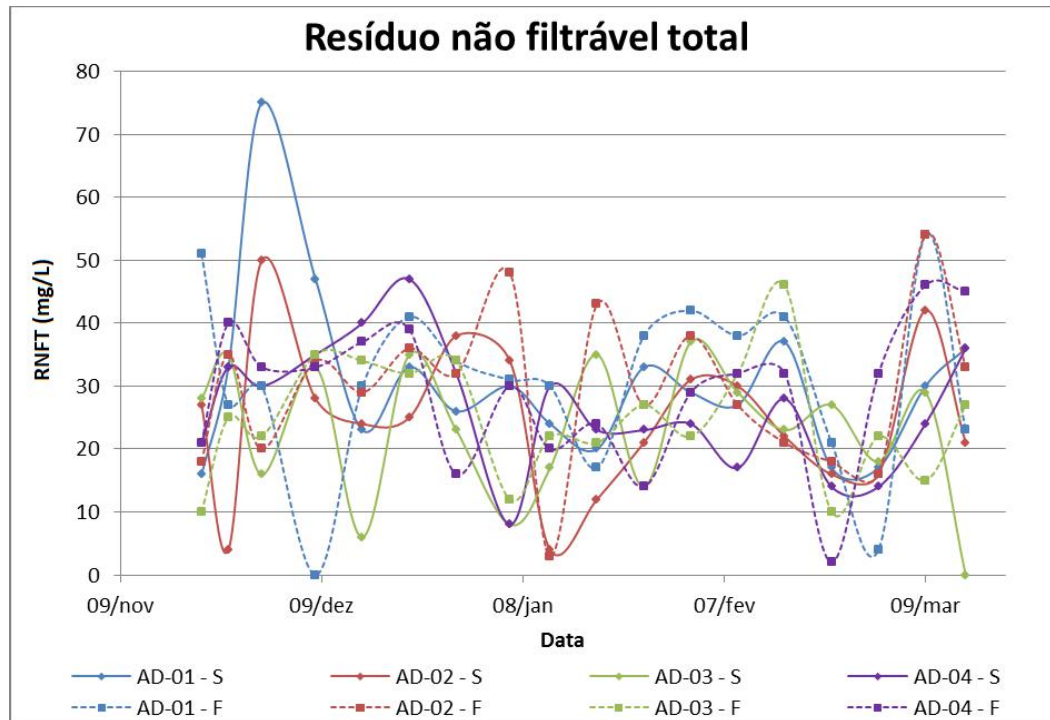
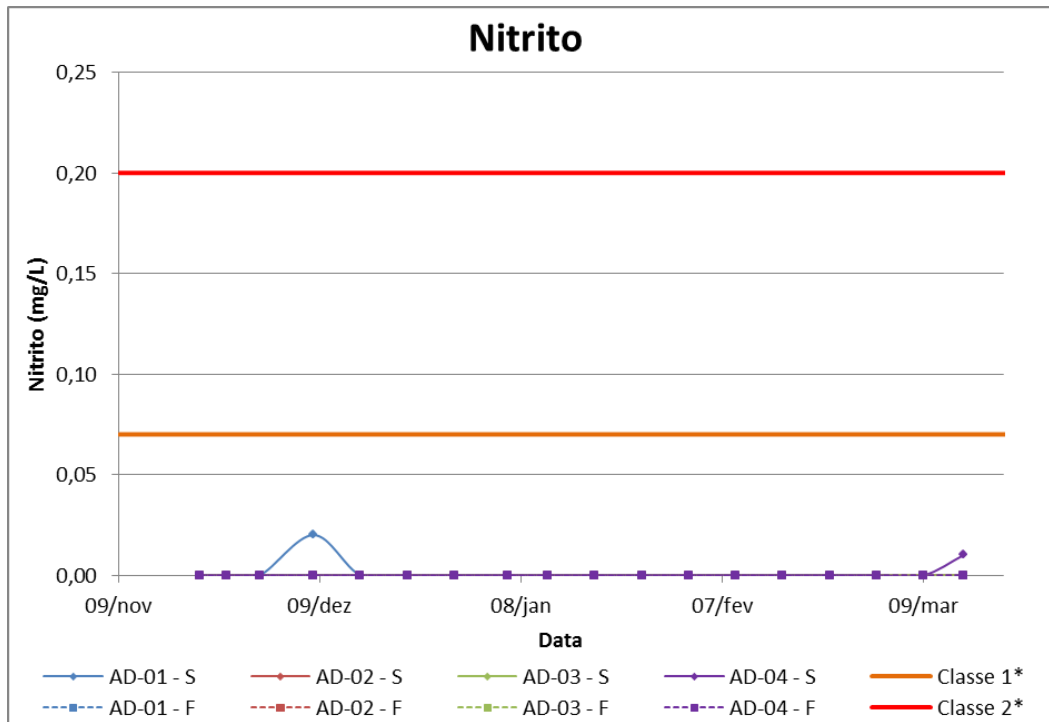


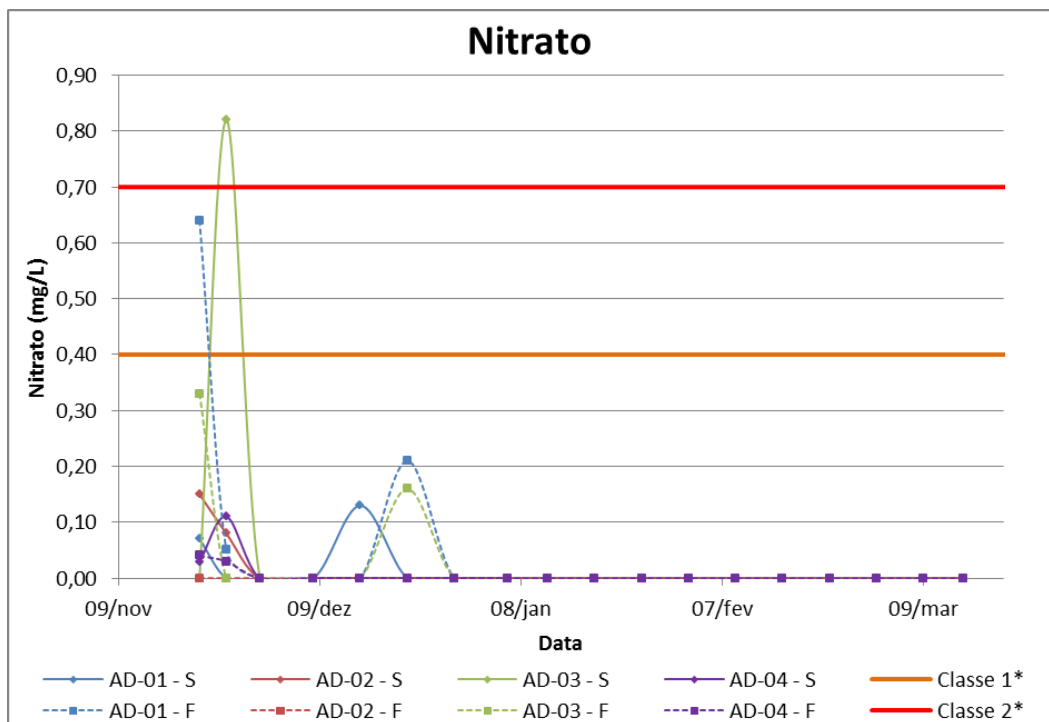
Figura 26 – Valores de resíduo não filtrável total nos pontos de coleta durante o monitoramento.

Em relação aos nutrientes nitrogenados, os valores de nitrito (**Figura 27**) e nitrato (**Figura 28**) foram encontrados predominantemente abaixo do limite de detecção analítico das respectivas análises, sendo o nitrato, no período inicial da dragagem, encontrado acima do limite preconizado para águas salinas classe 1 pela Resolução Conama 357/05 (0,4 mg/L), chegando a 0,82 mg/L. Já os valores de nitrogênio amoniacal tiveram valor médio de  $0,06 \pm 0,04$  mg/L, com valor máximo de 0,9 mg/L (**Figura 29**), sendo encontrado superior ao limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para água salina classe 1 (0,4mg/L) em duas das amostras de fundo. O nitrogênio Kjeldahl foi o principal composto nitrogênio e representou maior contribuição para as concentrações totais de nitrogênio, indicando, assim, que o nitrogênio está presente no meio aquático basicamente associado à sua forma orgânica. Com isso, estes dois parâmetros tiveram o mesmo comportamento, chegando 2,75 mg/L e 2,90 mg/L para o nitrogênio Kjeldahl (**Figura 30**) e total (**Figura 31**), respectivamente.



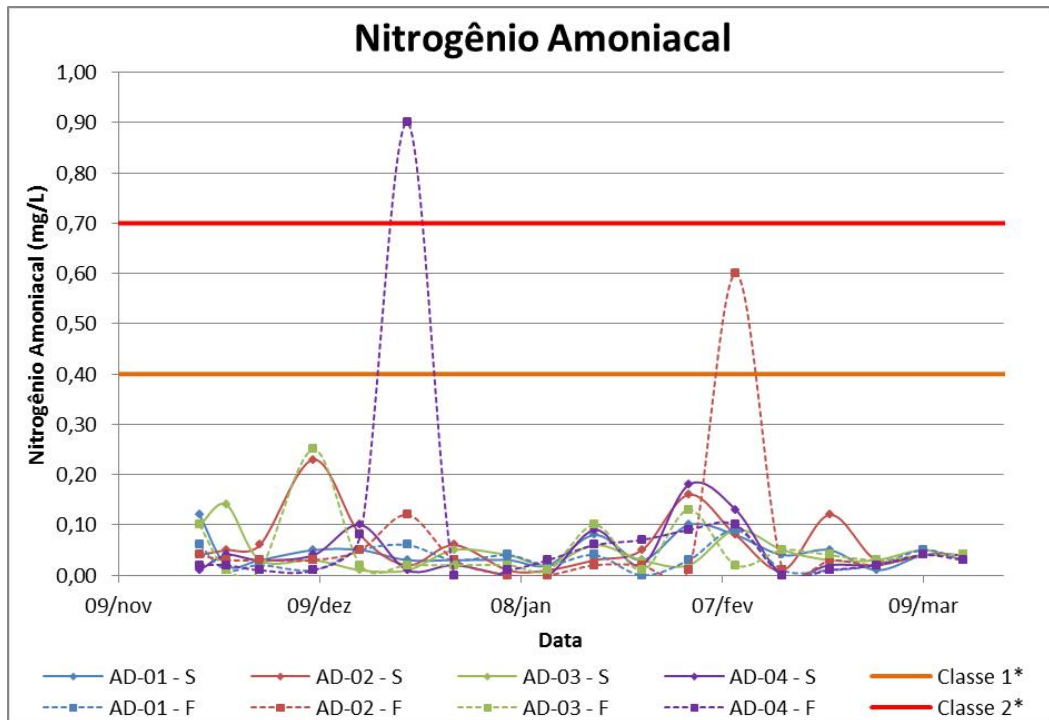
**Figura 27 – Valores de nitrito nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina



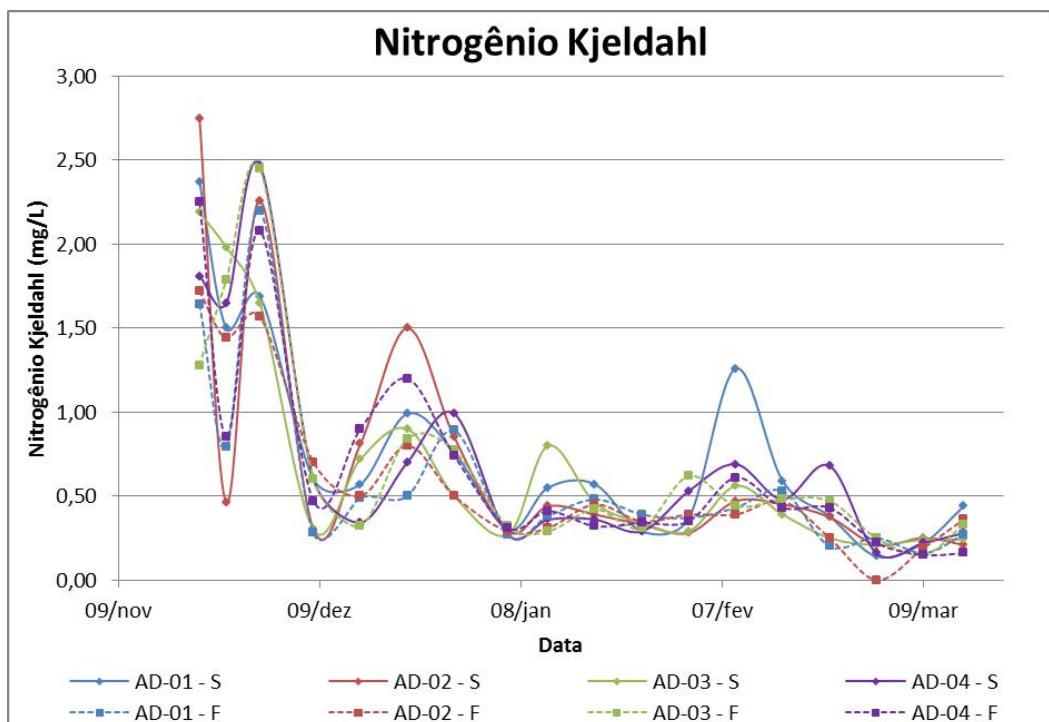
**Figura 28 – Valores de nitrato nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina

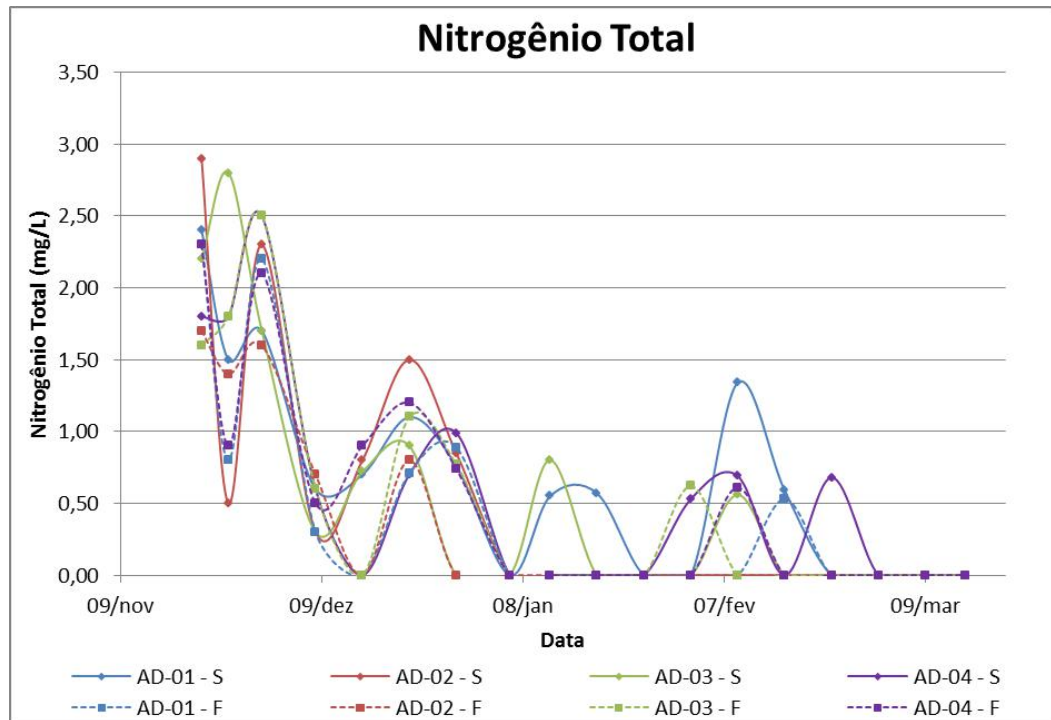


**Figura 29 – Valores de nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina

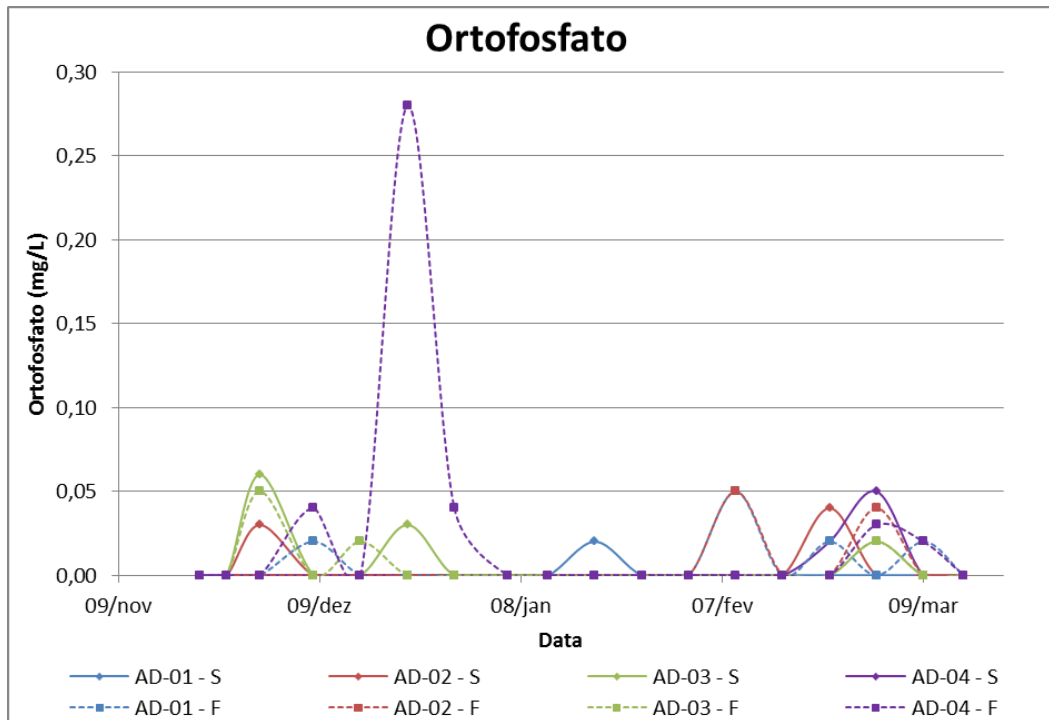


**Figura 30 – Valores de nitrogênio Kjeldahl nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

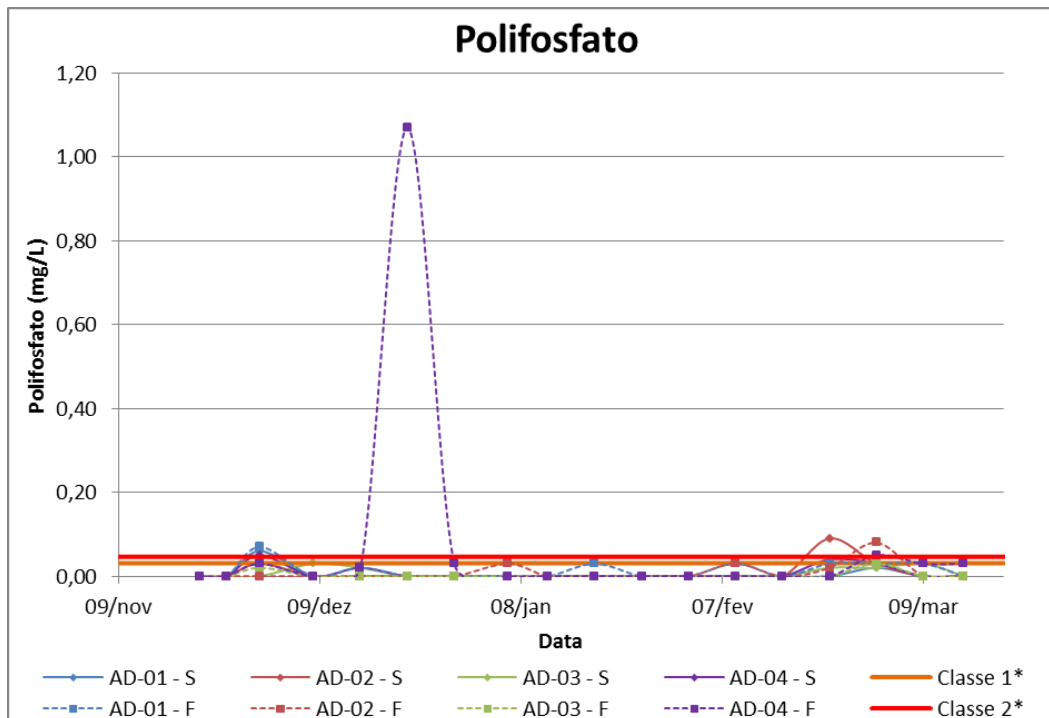


**Figura 31 – Valores de nitrogênio total nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Em relação aos nutrientes fosfatados, ortofosfato (**Figura 32**), polifosfato (**Figura 33**) e fósforo total (**Figura 34**), foram encontrados abaixo do limite de detecção analítico na maioria das amostras analisadas. Vale destacar que alguns valores de polifosfato e fósforo total superaram o limite preconizado para águas salinas classe 2 pela Resolução Conama 357/05 de 0,046 e 0,093 mg/L, respectivamente. Os valores máximos obtidos foram de 0,28 mg/L para ortofosfato, 1,07 mg/L para polifosfato e 1,35 mg/L para fósforo total.



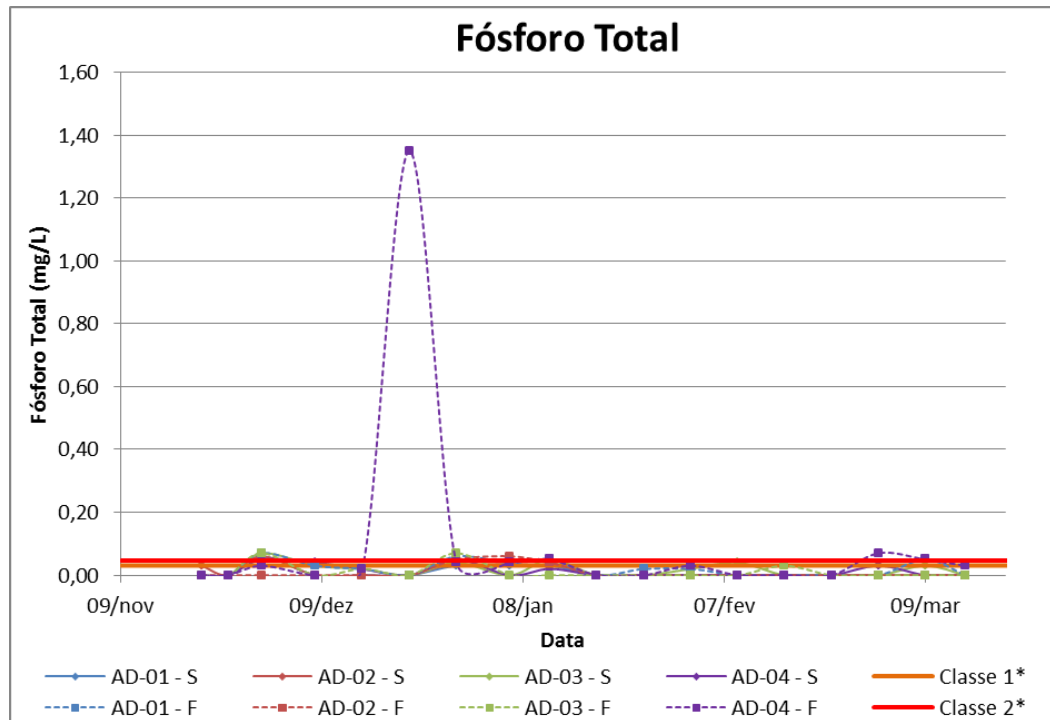
**Figura 32 – Valores de ortofosfato nos pontos de coleta durante o monitoramento.**



**Figura 33 – Valores de polifosfato nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina

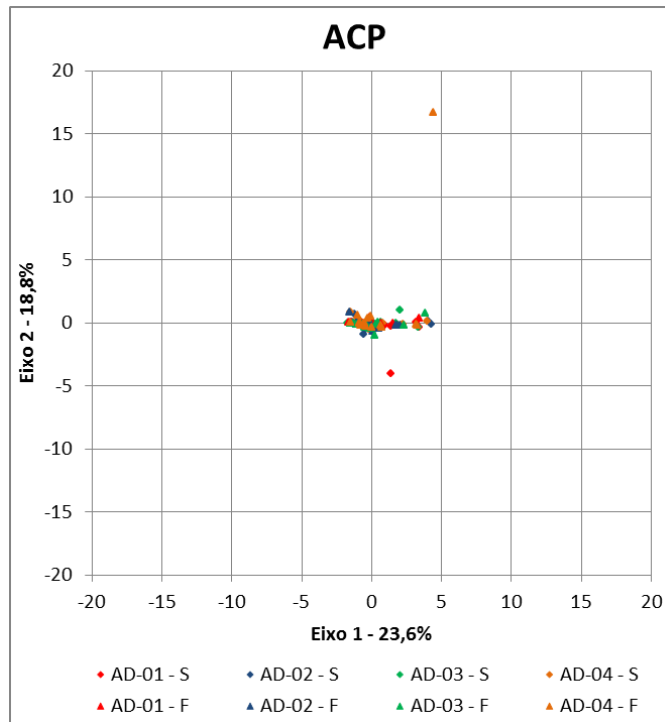




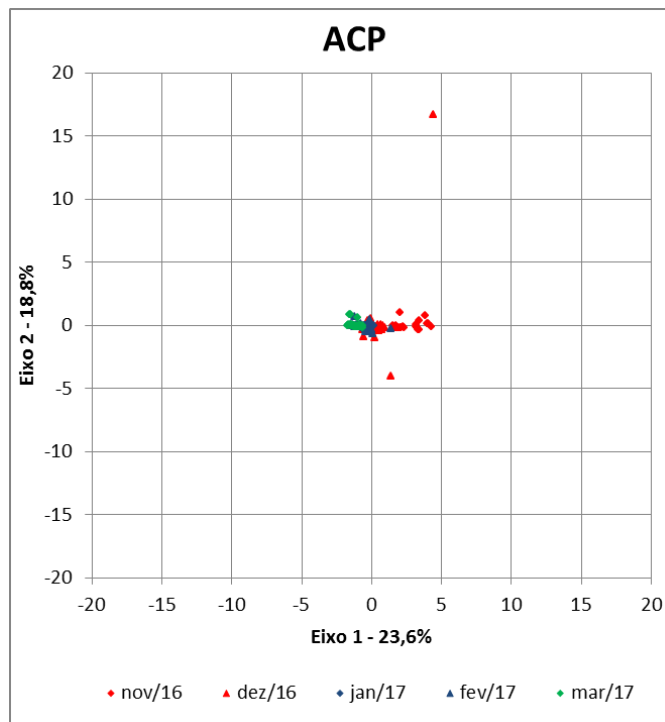
**Figura 34 – Valores de fósforo total nos pontos de coleta durante o monitoramento.**

Nota: \* - Resolução Conama 357/05 – Água Salina

Assim como na avaliação dos dados físico-químicos do monitoramento diário, para interpretação dos dados do monitoramento semanal também foi realizada uma ACP. A partir dos resultados foram feitos dois agrupamentos no mesmo conjunto de dados, sendo o primeiro evidenciando as informações dos pontos de coleta (**Figura 35**) e o segundo evidenciando as informações das datas da campanha (**Figura 36**). Os resultados foram muito similares, e também indicaram que a diferenciação obtida em cada ponto não representa um fator relevante no controle da variância dos dados químicos, uma vez que o rebatimento dos pontos no Eixo 1 e 2 não apresenta agrupamento em função do local ou profundidade de coleta. Contudo, a data da coleta se apresenta como fator principal que controla a variância dos dados químicos obtidos em laboratório (cerca de 23,6% da variância dos dados), sendo claramente observada uma diferenciação do conjunto de dados com rebatimento das amostras no Eixo 1. O valor extremo obtido para o eixo 2, está associado à amostra de fundo do ponto AD-04 retirada no dia 22/12/16. Esta amostra apresentou valor extremo das concentrações de fósforo, e isto pode estar associado com o efeito da ressuspensão de sedimento pela dragagem.



**Figura 35 – Análise de Componentes Principais dos dados químicos do monitoramento semanal evidenciando as informações sobre o ponto de coleta.**



**Figura 36 – Análise de Componentes Principais dos dados químicos do monitoramento semanal evidenciando as informações sobre a data da coleta.**

## 5.2 ÁREA DE DESCARTE (BOTA FORA)

Durante a primeira campanha, realizada em novembro de 2016, antes do início do descarte de material, as condições meteoceanográficas foram de tempo bom, mas o estado do mar estava relativamente alterado em função da passagem de uma frente fria anteriormente a campanha. A velocidade do vento foi relativamente elevada, aumentando com o passar do dia, e a altura das ondas foi de cerca de 2 metros durante toda operação na área do bota-fora. Os valores de radiação solar chegaram a um máximo de  $1.115 \text{ W/m}^2$  durante a campanha. Os valores de temperatura do ar variaram entre  $19,5$  e  $34,1^\circ\text{C}$ , associados basicamente com o horário da coleta. A profundidade Secchi encontrada variou entre 3 e  $3,5$  m nos pontos de coleta.

Já na campanha, realizada em janeiro de 2017 durante o período da dragagem, as condições de tempo foram de céu aberto, com mar calmo e vento fraco, sendo verificada a profundidade Secchi nos pontos variando entre 10 e 11 metros. A radiação solar máximo foi de  $1.040 \text{ W/m}^2$  e as temperaturas do ar variaram entre  $20,9$  e  $37,2^\circ\text{C}$ .

Por fim, durante a campanha realizada após o término da dragagem em março de 2017, as condições de tempo foram de céu aberto, com vento fraco, sendo verificada a entrada de uma frente fria logo após o término da campanha, com ondulação da ordem de 3 metros. A profundidade Secchi nos pontos variou entre 10 e 13 metros, com temperaturas variando entre  $21,4$  e  $30,1^\circ\text{C}$  e radiação solar máxima observada de  $890 \text{ W/m}^2$ .

A temperatura da água foi relativamente maior na campanha de janeiro de 2017 (**Figura 37**), chegando a  $28,5^\circ\text{C}$ , com tendência de menores valores nas camadas de fundo, conforme esperado. Desta mesma maneira, a salinidade apresentou maiores valores na camada de fundo, chegando ao valor máximo de  $34,0$  (**Figura 38**). Este comportamento esperado ocorre devido à influência da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) principalmente no verão na costa do Rio de Janeiro. Outro ponto que merece destaque é a maior influência continental observada na primeira campanha, com menores valores de salinidade na superfície, com menor transparência da água.

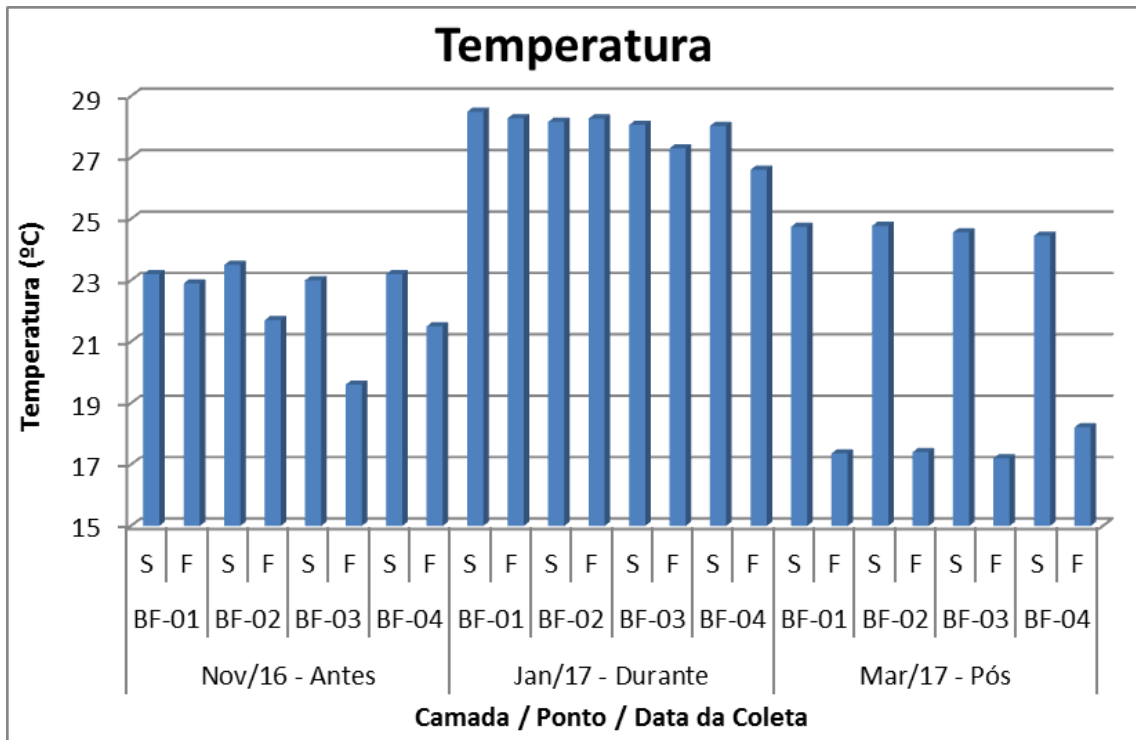


Figura 37 – Temperatura encontrada nos pontos de coleta durante as campanhas.

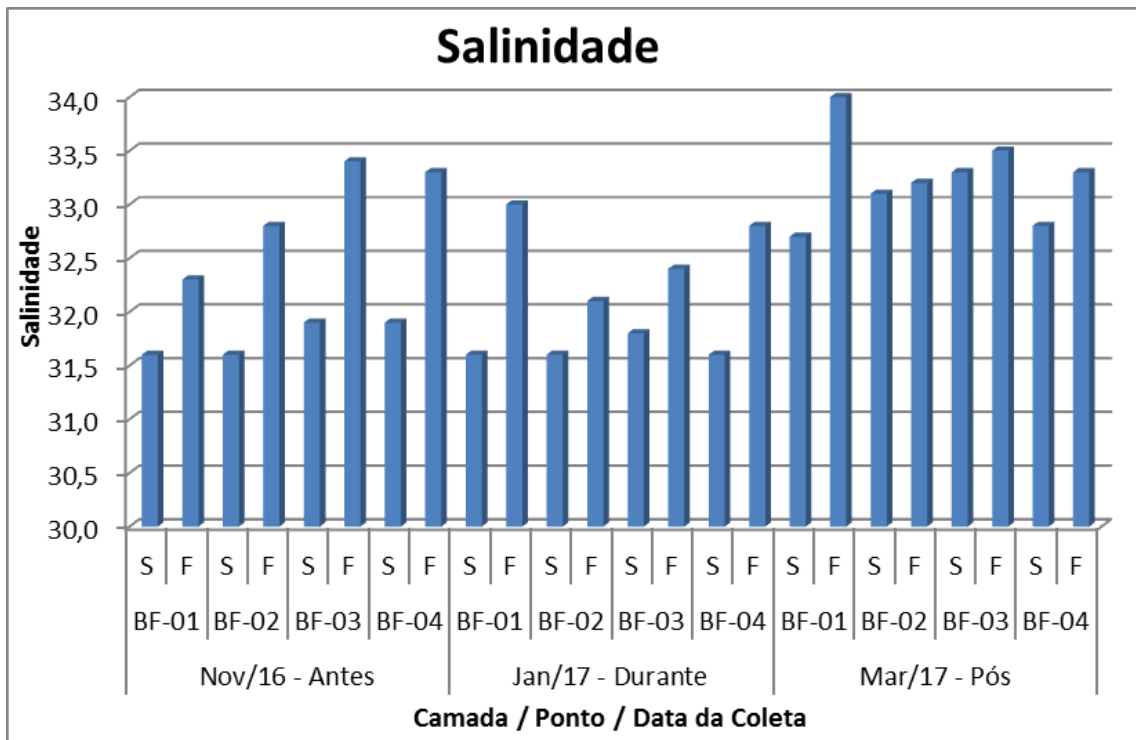
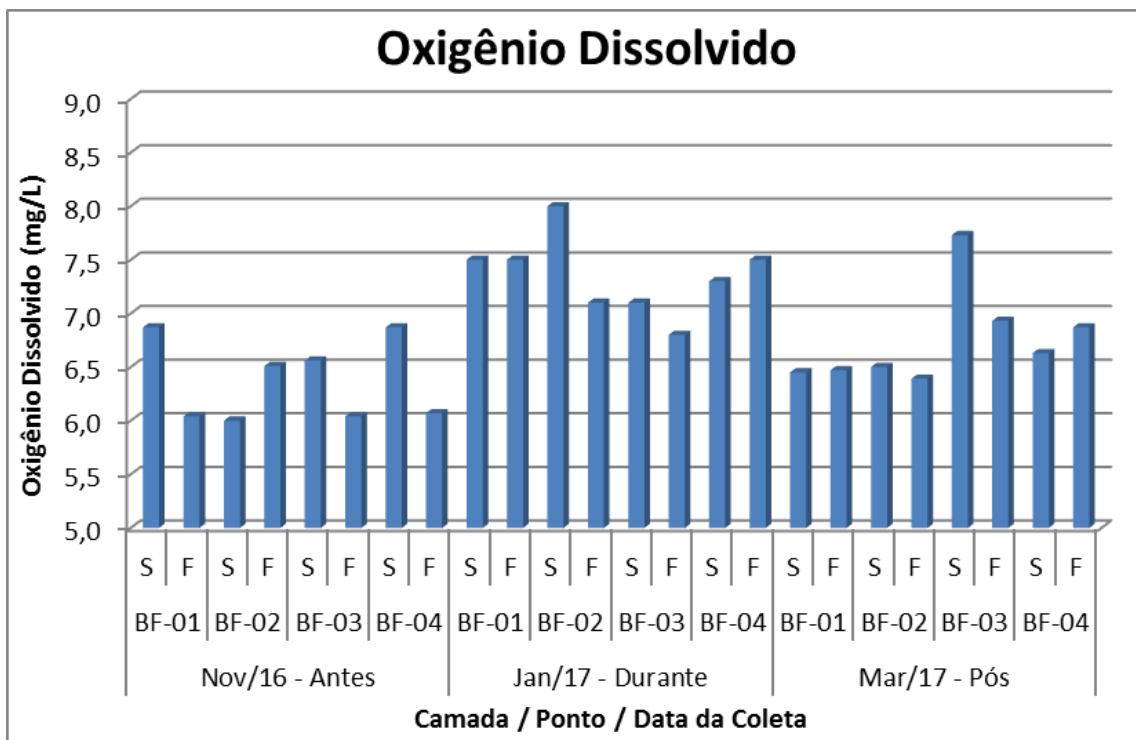


Figura 38 – Salinidade encontrada nos pontos de coleta durante as campanhas.

Os valores de oxigênio dissolvido, apresentados na **Figura 39**, variaram entre 6,00 e 8,00 mg/L, com maiores valores de concentração na superfície e tendência de aumento na campanha de janeiro de 2017. Este aumento pode estar relacionado com as maiores taxas de produtividade primária, associadas à maior insolação no mês de janeiro. Este mesmo fator pode ter influenciado os valores de pH, que tiveram tendência geral de aumento na camada superficial (**Figura 40**), possivelmente associados com maiores taxas de produtividade primária, devido ao consumo de  $H^+$  no meio durante a fotossíntese, variando entre 7,61 e 8,11.

Já a turbidez apresentou maiores valores na campanha de novembro de 2016 (**Figura 41**), antes do início da dragagem, e indicam a maior absorção da luz, assim como a profundidade Secchi, que também foi menor nesta campanha, possivelmente associado com a maior influência continental. Apesar de relativamente elevados quando comparados às demais campanhas, todos os valores podem ser considerados baixos, sendo máximo obtido de 0,99 UNT.



**Figura 39 – Oxigênio dissolvido encontrado nos pontos de coleta durante as campanhas.**

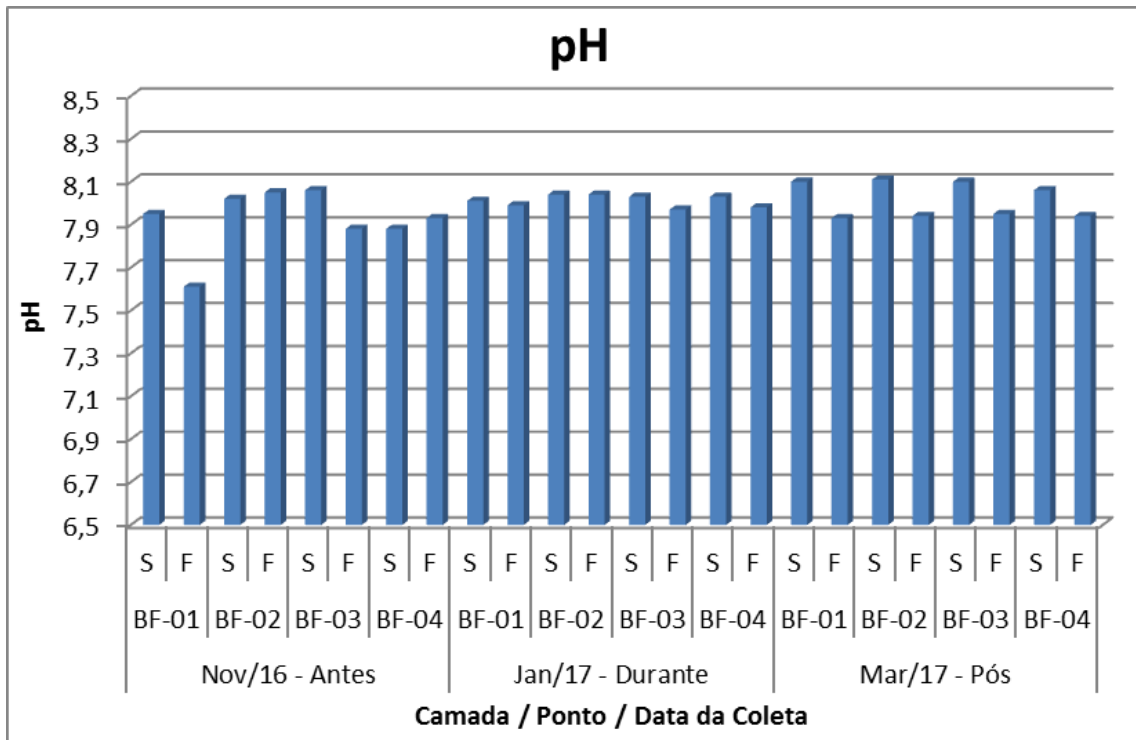


Figura 40 – pH encontrado nos pontos de coleta durante as campanhas.

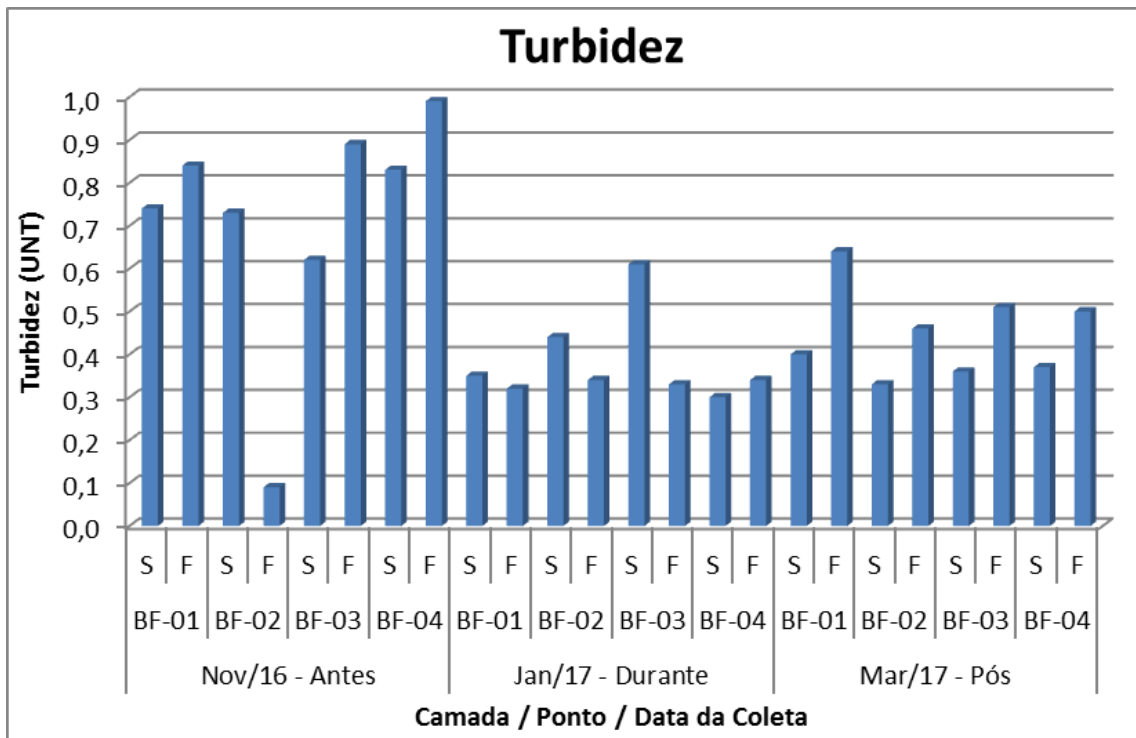


Figura 41 – Turbidez encontrada nos pontos de coleta durante as campanhas.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos estão sumarizados na **Tabela 3**.

**Tabela 3 – Resultados obtidos nas análises físico-químicas na água.**

Data	Ponto	Camada	Temperatura (°C)	Salinidade	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Saturação de oxigênio (%)	Turbidez (UNT)	pH
Conama 357/05 Classe 1			-	-	6,0	-	-	6,5 - 8,5
Conama 357/05 Classe 2			-	-	5,0	-	-	6,5 - 8,5
Nov/16	BF-01	S	23,2	31,6	6,87	96,4	0,74	7,95
		F	22,9	32,3	6,04	84,7	0,84	7,61
	BF-02	S	23,5	31,6	6,00	84,7	0,73	8,02
		F	21,7	32,8	6,51	89,6	0,09	8,05
	BF-03	S	23,0	31,9	6,56	91,9	0,62	8,06
		F	19,6	33,4	6,04	80,3	0,89	7,88
	BF-04	S	23,2	31,9	6,87	96,6	0,83	7,88
		F	21,5	33,3	6,07	83,5	0,99	7,93
Jan/17	BF-01	S	28,5	31,6	7,50	115,2	0,35	8,01
		F	28,3	33,0	7,50	115,7	0,32	7,99
	BF-02	S	28,2	31,6	8,00	122,2	0,44	8,04
		F	28,3	32,1	7,10	109,0	0,34	8,04
	BF-03	S	28,1	31,8	7,10	108,4	0,61	8,03
		F	27,3	32,4	6,80	102,9	0,33	7,97
	BF-04	S	28,0	31,6	7,30	111,3	0,30	8,03
		F	26,6	32,8	7,50	112,4	0,34	7,98
Mar/17	BF-01	S	24,7	32,7	6,45	93,6	0,40	8,10
		F	17,4	34,0	6,47	82,7	0,64	7,93
	BF-02	S	24,8	33,1	6,50	94,6	0,33	8,11
		F	17,4	33,2	6,39	81,3	0,46	7,94
	BF-03	S	24,6	33,3	7,73	112,2	0,36	8,10
		F	17,2	33,5	6,93	88,0	0,51	7,95
	BF-04	S	24,5	32,8	6,63	95,8	0,37	8,06
		F	18,2	33,3	6,87	88,9	0,50	7,94

Os dados coletados indicam que os parâmetros físico-químicos na região do bota-fora não apresentaram alterações de suas respectivas condições naturais, sendo todos os parâmetros encontrados em consonância com o estabelecido pela Resolução Conama 357/05.

Os parâmetros “resíduos sólidos objetáveis”, “corantes” e “material particulado flutuante” estiveram ausentes em todas as amostras coletadas. Da mesma maneira, os resultados dos parâmetros químicos inorgânicos apresentaram em todas as amostras abaixo do limite de detecção para Cloro, Cianeto e Sulfeto. Já para os parâmetros nitrito, nitrato, polifosfato, fósforo total e coliformes termotolerantes (**Tabela 4**), a maioria das amostras apresentou valores abaixo do limite de detecção analítico, destacando que o polifosfato e fósforo total foram encontrados em concentrações acima do estabelecido pela Resolução Conama 357/05 somente na campanha antes do início da dragagem. Os valores de nitrogênio amoniacal variaram entre o limite de detecção analítico (0,01 mg/L) e 0,1 mg/L, todos abaixo do estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para águas salinas classe 1. Em relação ao COT (Carbono Orgânico Total), os valores da primeira campanha estiveram todos abaixo do limite de detecção analítico, sendo encontrado somente um valor na terceira campanha acima do preconizado pela Resolução Conama 357/05. Por fim, os valores de fluoreto variaram entre 0,9 e 2,1 mg/L, com concentrações mais elevadas, acima do limite definido na Resolução Conama 357/05 nas campanhas antes e após a dragagem.



Tabela 4 – Resultados obtidos nas análises químicas na água.

Data	Ponto	Camada	Nitrito	Nitrato	Amônia	Polifosfato	Fósforo total	Carbono Orgânico Total	Coliformes Termotolerantes	Fluoreto
Unidade			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de detecção			0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	1,00	1,8	0,2
Conama 357/05 Classe 1			0,07	0,4	0,4	0,031	0,062	3,0	1.000	1,4
Conama 357/05 Classe 2			0,2	0,7	0,7	0,0465	0,093	5,0	2.500	1,4
Nov/16	BF-01	S	< L.D.	< L.D.	0,02	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	<b>1,9</b>
		F	< L.D.	0,02	0,02	<b>0,17</b>	<b>0,08</b>	< L.D.	< L.D.	<b>1,8</b>
	BF-02	S	< L.D.	0,02	0,02	<b>0,07</b>	0,04	< L.D.	< L.D.	<b>1,6</b>
		F	< L.D.	0,32	0,03	0,03	< L.D.	< L.D.	< L.D.	<b>2,0</b>
	BF-03	S	< L.D.	0,06	0,03	0,03	0,04	< L.D.	< L.D.	<b>1,9</b>
		F	< L.D.	0,03	0,03	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	< L.D.	< L.D.	<b>1,7</b>
	BF-04	S	< L.D.	0,38	0,03	<b>0,04</b>	< L.D.	< L.D.	< L.D.	<b>1,7</b>
		F	< L.D.	0,30	0,02	<b>0,05</b>	< L.D.	< L.D.	< L.D.	<b>2,1</b>
Jan/17	BF-01	S	< L.D.	< L.D.	0,02	< L.D.	< L.D.	1,67	< L.D.	1,1
		F	< L.D.	< L.D.	0,01	< L.D.	0,03	2,11	< L.D.	1,0
	BF-02	S	< L.D.	< L.D.	0,05	< L.D.	< L.D.	1,80	2	1,1
		F	< L.D.	< L.D.	0,04	< L.D.	< L.D.	1,66	< L.D.	1,2
	BF-03	S	< L.D.	< L.D.	0,06	< L.D.	< L.D.	1,99	< L.D.	1,2
		F	< L.D.	< L.D.	0,05	< L.D.	< L.D.	1,65	< L.D.	1,0
	BF-04	S	< L.D.	< L.D.	0,09	< L.D.	< L.D.	1,60	< L.D.	0,9
		F	< L.D.	< L.D.	0,01	< L.D.	< L.D.	1,59	< L.D.	1,2
Mar/17	BF-01	S	< L.D.	< L.D.	0,02	< L.D.	< L.D.	2,07	< L.D.	1,2
		F	0,01	< L.D.	0,02	< L.D.	< L.D.	2,56	< L.D.	1,3
	BF-02	S	< L.D.	< L.D.	0,02	< L.D.	< L.D.	1,67	< L.D.	1,2
		F	0,03	< L.D.	0,04	< L.D.	< L.D.	<b>3,27</b>	< L.D.	<b>1,4</b>
	BF-03	S	< L.D.	< L.D.	0,03	< L.D.	< L.D.	2,83	< L.D.	1,3
		F	0,02	< L.D.	0,03	< L.D.	< L.D.	2,90	< L.D.	<b>1,4</b>
	BF-04	S	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,51	< L.D.	1,2
		F	0,01	< L.D.	0,10	< L.D.	< L.D.	2,18	< L.D.	1,2

## 6. CONCLUSÃO

No que diz respeito à área de dragagem, os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos, de forma geral, apresentaram padrão de distribuição próximo aos níveis naturais. Merecem destaque os valores de pH obtidos que, em dado período, apresentaram alguns valores acima do preconizado pela Resolução Conama 357/05. Os valores de turbidez tiveram alteração associada com a dragagem, observado principalmente no ponto AD-01, tanto nas amostras de fundo pelo efeito da ressuspensão do sedimento, quanto nas amostras de superfície possivelmente associada com o *overflow* da balsa.

Em relação aos parâmetros analisados semanalmente (resíduo não filtrável total, série nitrogenada e série fosfatada), foram encontrados poucos resultados acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para o nitrato, nitrogênio amoniacal, polifosfato e fósforo total. Contudo, é possível inferir que as mudanças de concentrações destes nutrientes em função da ressuspensão de sedimento, em princípio, não são percebidas ao longo do tempo.

Segundo a análise estatística, o principal fator que controla a variância dos dados está associado com a data da campanha, sendo os fatores meteoceanográficos os principais responsáveis pelas variações no conjunto de dados.

Também vale destacar que ao longo de todo o período monitorado não foram observadas quaisquer alterações físicas ou químicas – como mudanças de coloração da água e emissão de odores – na área de dragagem que pudessem caracterizar um *bloom* de algas.

Na área do bota-fora marinho, os resultados obtidos não indicaram alterações nas condições ambientais na água, devido à hidrodinâmica local e o fato do descarte ocorrer em uma frequência relativamente baixa, em média uma vez ao dia. De forma geral foi observada uma maior influência continental durante a primeira campanha (novembro/16) antes do início da dragagem, com menores valores de salinidade, menor transparência, maior turbidez e disponibilidade de nutrientes. Os parâmetros físico-químicos estiveram dentro dos limites previstos pela Resolução Conama 357/05 para todas as amostras coletadas. Já nas campanhas seguintes, durante a atividade de dragagem (janeiro/17) e após seu término (março/17), foi identificada, conforme previsto, uma maior influência da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) no comportamento dos parâmetros avaliados, que se encontra mais proeminente no verão na costa do Rio de Janeiro, devido a ocorrência de ventos do quadrante leste.

De forma geral, apesar de alguns parâmetros químicos na água apresentarem concentrações acima do estabelecido pela Resolução Conama 357/05, é possível indicar que tais concentrações são naturais, pois muitos parâmetros foram encontrados acima do limite estabelecido mesmo no monitoramento realizado antes do início da dragagem. De todo modo, não foram encontradas alterações significativas nas condições ambientais devido a ocorrência da dragagem. Tais alterações observadas na água possuem caráter temporário e, devido à hidrodinâmica local, o material lançado é rapidamente disperso no ambiente.

Por fim, é possível concluir que a atividade de dragagem não causou grandes mudanças nas condições ambientais da qualidade da água, seja na área dragada, seja na área de disposição dos sedimentos. E que todas as alterações registradas foram pontuais, efêmeras e reversíveis.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BILLEN, G.; LANCELOT, C.; MEYBECK, M. N, P, and **Si retention along the aquatic continuum from land to ocean**. In: Bloomfield e Sanders (eds.); Ocean Margin Processes in Global Change. New York: Plenum Press, 1991. p.19-44.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm) > Acesso em: mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.610**, de 12 de dezembro de 2007. Institui o Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/Lei/L11610.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11610.htm) > Acesso em: mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) > Acesso em: mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.815**, de 05 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/112815.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112815.htm) > Acesso em: mar. 2018.

BRANNON, J.M. **Evaluation of dredged material pollution**. Technical Report DS-78-6; for US-Army, Vicksburg, MS, 1978.

BRICKER, S. B. et al. **National Estuarine Eutrophication Assessment: Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries**. Silver Spring, MD: NOAA, National Ocean Service, Special Projects Office and the National Centers for Coastal Ocean Science, 1999.

BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**. v. 169, p. 39-60, 2003.

CARTER, R.W.G. **Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines**. London: Academic Press, 1988.

CASTIGLIA, M. C. C. P. **Disposição subaquática de rejeitos de dragagem: o caso do complexo lagunar de Jacarepaguá**. 2006. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

CHISLOCK, M. F. et al. **Eutrophication**: Causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. *Nature Education Knowledge*, v. 4, n. 4, p. 10, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Brasília: DOU de 17/02/86.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: DOU de 18/03/2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 454**, de 01 de novembro de 2012. Brasília: DOU de 08/11/2005.

CREED, J.C.; PIRES, D.O.; FIGUEIREDO, M.A.O. (Org.). 2. Ed. **Biodiversidade marinha da baía da Ilha Grande**. Brasília: MMA/SBF, 2007. (Série Biodiversidades 23).

CROSSLAND, C. J. et al. **Coastal fluxes in the anthropocene**: The land-ocean interactions in the coastal zone project of the international geosphere-biosphere programe. Berlin: Ed. Springer-Verlag, 2005.

D'ANGELO, R. A. **Físico-química da água e caracterização dos sedimentos de uma microbacia costeira de mata atlântica com múltiplos usos do solo, Jacuecanga, Angra Dos Reis, RJ**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Geoquímica Ambiental, UFF, Niterói, 2011.

DEVLIN, M.; BRICKER, S.; PAINTING, S. **Comparison of five methods for assessing impacts of nutrient enrichment using estuarine case studies**. *Biogeochemistry*, v. 106, n. 2, p. 177-205, 2011.

DOKULIL, M. T.; TEUBNER, K. **Eutrophication and climate change**: present situation and future scenarios. In: ANSARI, A. A.; GILL, S. S.; LANZA, G. R.; RAST, W. (Eds.). *Eutrophication: causes, consequences and control*. Dordrecht (Netherlands): Springer, v. 1, p. 1-16, 2011.

DOWNING, J.A.; OSENBURG, C.W.; SARNELLE, O. **Metaanalysis of marine nutrient-enrichment experiments**: variation in the magnitude of nutrient limitation. *Ecology*, 80: p. 1157–1167, 1999.

ELSER, J.J.; MARZOLF, E.R.; GOLDMAN, C.R. **Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton growth in the freshwaters of North America**: a review and critique of experimental enrichments. *Canadian Journal of fisheries and aquatic sciences*, 47: p. 1468–1477. 1990.

ELSER, J.J. et al. **Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems.** *Ecology Letters*, 10: p. 1135-1142, 2007.

ESTEVEZ, T. A. **Fundamentos de limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência (FINEP), 1998.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Disponibilidade hídrica: da visão global às pequenas bacias hidrográficas, o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Geociências**, Niterói: Instituto de Geociências, ano 3, n. 3, p. 1-13, 2004.

FRANCOEUR, S.N. Meta-analysis of lotic nutrient amendment experiments: detecting and quantifying subtle responses. **Journal of the North American Benthological Society**, Chicago, v. 3, p. 358-368, 2001.

GOES FILHO, H.A. **Planejamento de dragagem.** In: Boletim Técnico da Associação Latino Americana de Dragagem. n. 2, p. 9-20, 1979.

\_\_\_\_\_. **Dragagem e gestão dos sedimentos.** 2004. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology:** volume 1 - Geography, Physics and chemistry. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1957.

IBAMA. O estado das atividades nos ambientes marinhos e costeiros. In: \_\_\_\_\_. **GEO BRASIL 2002: Perspectivas do meio ambiente no Brasil.** Brasília, DF. p.118-131, 2002. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/site\\_cnia/geo\\_brasil\\_2002.pdf](http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/site_cnia/geo_brasil_2002.pdf)> Acessado em: mar. 2018.

IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/angra-dos-reis/panorama>> Acessado em: mar. 2018.

MEYERS, P.A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**, v. 27, p. 213-250, 1997.

MONTEIRO, M.T. **Fitorremediação de rejeito contaminado proveniente do canal do Fundão, na Baía de Guanabara-RJ.** 2008. 317 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

NIXON, S. W. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. **Ophelia**, v. 41, p. 199-219, 1995.

ODUM, H. T.; HOSKIN, C. M. **Comparative studies on the metabolism of marine waters**. Publications of the Institute of Marine Science University of Texas, Austin, v. 5, p. 16-45, 1958.

OSPAR – Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. Guidelines for the Management of Dredged Material. Ministerial Meeting for the OSPAR Commission. Sintra, 32 p. 1998.

PEREIRA, F.C.S. **Análise da disposição do material dragado no canal do Fundão e no canal do Cunha – Rio de Janeiro/RJ**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro, 2012.

RAYMOND, P.A.; COLE, J.J. Increase in the export of alkalinity from North America's largest river, **Science**, v. 301, p. 88-91, 2003.

REIS, B. **Apontamento para a história de Angra dos Reis**. Conselho Municipal de Cultura, Angra dos Reis, 1988.

RUTTENBERG, K.C. The Global Phosphorus Cycle. In: HOLLAND, H.D. & TUREKIAN, K.K. (Eds.). **Treatise on Geochemistry**. Elsevier publishers, v. 8, p. 583-643, 2003.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry, an Analysis of Global Change**. New York, USA: Academic Press, 1991.

SILVA, S.L.S.; SILVA, T.M. Tipologia de bacias de drenagem no litoral sul do Rio de Janeiro. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 485-489, 2014.

SMITH, S.M.; HITCHCOCK, G.L.; Nutrient enrichments and phytoplankton growth in the surface waters of the Louisiana bight. **Estuaries**, v. 17, p. 740-753, 1994.

SMITH, V. H. Responses of estuarine and coastal marine phytoplankton to nitrogen and phosphorus enrichment. **Limnology and Oceanography**, v. 51, p. 377-384, 2006.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: Where do we go from here?. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

SOARES, C.R.L. **Avaliação do processo de dragagem por injeção de água em estuários.** 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

TORRES, R.J. **Uma análise preliminar dos processos de dragagem do porto de Rio Grande, RS.** 2000. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande, 2000.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21: enfrentando a escassez.** São Carlos, SP: Rima, 2003.

TURNER, A. M.; CHISLOCK, M. F. Blinded by the stink: nutrient enrichment impairs the perception of predation risk by freshwater snails. **Ecological Applications**, v. 20, n. 8, p. 2089-2095, 2010.

VIDAL, O., RAST, W. Mar y tierra. **Revista Nuestro Planeta**, PNUMA – Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente, v. 8, n. 3, p. 22-24, 1996.

WALSH, J.J. **On the nature of continental shelves.** San Diego: Academic, 1988.

WRIGHT, L.D. Sediment transport and deposition at river mouths: a synthesis. **Geological Society of America Bulletin**, v. 88, n. 6, p. 857-868, 1977.