

Relatório Técnico

Relatório Técnico do Monitoramento da Qualidade da Água, da Qualidade do Sedimento e da Altura Ortométrica da Camada de Lodo da Lagoa de Piratininga, Niterói - RJ.

RELATÓRIO TÉCNICO

RELATÓRIO TÉCNICO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, DA QUALIDADE DO SEDIMENTO E DA ALTURA ORTOMÉTRICA DA CAMADA DE LODO DA LAGOA DE PIRATININGA, NITERÓI/ RJ.

Preparado por:
Hydroscience Consultoria e Restauração Ambiental
Porto Alegre – RS

Distribuição:
01 CÓPIA – HIDROSCIENCE Consultoria e Restauração Ambiental.
01 CÓPIA – SMO Secretária Municipal de Obras

Mês/Ano	Versão	Pág.	Rev.	Código Documento
Junho, 2022	01	53	3	Relatorio_Tecnico_Pre_Experimento_V03.pdf

Índice

1. Apresentação	6
2. Escopo do Serviço.....	6
3. Introdução.....	7
4. Objetivos	8
4.1. Objetivo Geral	8
4.2. Objetivos Específicos.....	8
5. Área de estudo	9
6. Metodologia	11
6.1. Subprograma de Monitoramento da Qualidade da Água	11
6.2. Subprograma de Monitoramento da Qualidade do Sedimento	15
6.3. Subprograma de Monitoramento para Avaliação da Camada de Lodo através da Medição da Altitude Ortométrica do Fundo Lagunar.	19
6.3.1. Detalhes do processamento dos dados oriundos de receptores GNSS 22	
7. Resultados.....	25
7.1. Monitoramento da Qualidade da Água.....	25
7.2. Monitoramento da Qualidade do Sedimento	37
7.3. Monitoramento da Altitude Ortométrica da Camada de Lodo	46
8. Referências bibliográficas.....	52

Lista de Figuras

Figura 1: Localização do município de Niterói e cidades ao entorno.	10
Figura 2: Localização das Áreas Experimentais e Pontos de Monitoramento na Lagoa de Piratininga, no município de Niterói/RJ.	10
Figura 3: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água na Lagoa de Piratininga.....	12
Figura 4: A) Sonda Multiparamétrica HORIBA U-50 e B) Disco de Secchi.....	14
Figura 5: Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do sedimento na Lagoa de Piratininga.	16
Figura 6: Amostrador Gravity Corer utilizado para amostragem de sedimento.....	18
Figura 7: Esboço do método de levantamento da espessura e altitude ortométrica da superfície da camada de lodo da Lagoa.	21
Figura 8: Medidas para confecção do disco	21
Figura 9: Relação entre Elipsoide, Geoide e o Relevo Local.	23
Figura 10: Relação de altitude entre os principais níveis de referência e aqueles obtidos na lagoa de Piratininga. (Dutra de Andrade, 2017).	24
Figura 11: Embarcação e equipamentos para a coleta de água.	26
Figura 12: Transferência do material coletado através do coletor para os frascos.	26
Figura 13: Equipe da UFF/Biotecam e da Prefeitura Municipal de Niterói acompanhando as coletas de água na região experimental.	27
Figura 14: Entrega e verificação das amostras no laboratório da Qualylab.	27
Figura 15: Representação gráfica dos resultados obtidos no monitoramento ambiental das variáveis que caracterizam a qualidade da água, na lagoa de Piratininga, Niterói/RJ.....	34
Figura 16: Coleta de material sedimentar com amostrador vertical na lagoa de Piratininga.....	38
Figura 17: Depósito do material em bandeja para composição da amostra composta para as duas camadas, superficial e subsuperficial.	38

Figura 18: Acomodação do material amostral em sacos ziplock com acompanhamento da equipe da Sisnate ao fundo.....	39
Figura 19: Material coletado e identificado para envio ao laboratório.....	39
Figura 20: Representação gráfica do resultado dos parâmetros analisados na caracterização do sedimento para as duas profundidades.....	44
Figura 21: Definição do Marco base utilizado como referência.....	47
Figura 22: Aferição da altitude da camada de lodo na estaca no ponto de monitoramento em relação ao Marco.....	48
Figura 23: Aferição da altitude ortométrica do fundo lagunar com auxílio da estaca e da antena GNSS.....	49
Figura 24: Localização dos pontos de monitoramento da altitude ortométrica do fundo lagunar.....	50
Figura 25: Representação gráfica da altitude ortométrica do fundo lagunar nos pontos de monitoramento na lagoa de Piratininga/RJ.....	51

Lista de Tabelas

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de monitoramento de qualidade da água na Lagoa de Piratininga.	12
Tabela 2: Parâmetros e referência metodológica de análise	14
Tabela 3: Coordenadas dos pontos de monitoramento da qualidade do sedimento na Lagoa de Piratininga.....	16
Tabela 4: Parâmetros de Qualidade do Sedimento e Metodologia de Referência.	18
Tabela 5: Resultados da análise dos parâmetros avaliados de qualidade da água na Lagoa de Piratininga, Niterói/RJ.....	29
Tabela 6: Limites de Quantificação dos Parâmetros de Qualidade de Água do Laboratório	30
Tabela 7: Valores de Referência CONAMA 357/05 para Parâmetros de Águas Salobras.	30
Tabela 8: Valores dos parâmetros analisados para a qualidade do sedimento para as camadas superficial (10 cm) e subsuperficial (30 cm).	41
Tabela 9: Limites de quantificação pelo laboratório de análises por parâmetro. ...	42
Tabela 10: Grade de coordenadas UTM, e elevação do fundo lagunar em relação ao nível do mar do marco do IBGE.	50

1. APRESENTAÇÃO

A empresa HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI, com sede à Rua Joaquim Nabuco nº 15/304, Bairro Cidade Baixa, CEP 90050-340 em Porto Alegre – RS, vem por meio deste, apresentar o RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL referente à execução do “PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, DA QUALIDADE DO SEDIMENTO E DA ALTURA DA CAMADA DE LODO DA LAGOA DE PIRATININGA DURANTE A REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS PARA A REDUÇÃO DA CAMADA DE LODO DA LAGOA DE PIRATININGA”.

Este RELATÓRIO TÉCNICO refere-se ao contrato SMO/UGP/CAF nº 008/2021 celebrado entre a empresa HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI (doravante denominada de HYDROSCIENCE) e a SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS DA PREFEITURA DE NITERÓI – SMO (CONTRATANTE) originado do processo licitatório Tomada de preço Nº 001/2021.

A seguir consta a descrição do escopo do trabalho bem como das metodologias utilizadas para a execução dos serviços em campo, das amostragens de qualidade de água, de sedimentos e da medição da altura de lodo realizadas na lagoa de Piratininga. As metodologias utilizadas seguem métodos padronizados e foram executadas por profissionais devidamente treinados e qualificados para à realização das amostragens.

2. ESCOPO DO SERVIÇO

Os serviços contratados incluem o monitoramento de qualidade da água, da qualidade do sedimento e da espessura da cama de lodo nas três áreas experimentais. O monitoramento será realizado em três campanhas, a saber:

- Primeira campanha: pré-experimento, a ser realizada antes do início dos experimentos e servirá de referência para avaliação das tecnologias;

- Segunda campanha: a ser realizada na metade do período estipulado para o experimento;
- Terceira campanha: a ser realizada após o termino dos experimentos.

No monitoramento da qualidade da água e sedimento serão realizadas coletas de água em 3 pontos de cada área experimental e em um ponto de controle, totalizando 9 pontos no interior das áreas experimentais e 3 pontos de controle.

3. INTRODUÇÃO

A lagoa de Piratininga compõe o sistema ambiental da Região Oceânica do município de Niterói, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, posicionada em um contexto geomorfológico de sistemas lagunares isolados por cordões litorâneos (FONTENELLE & CORRÊA, 2014).

O bairro de Piratininga é de grande importância do ponto de vista ambiental, é considerada um grande polo de turismo e lazer no Estado do Rio de Janeiro. A lagoa de Piratininga está inserida no bioma Mata Atlântica, sendo considerada um *hotspot*: região de elevada biodiversidade, mas que estão sob constante ameaça e pressão extrema (SILVA et al., 2021).

A área que compreende o sistema lagunar e a área costeira adjacente é um dos mais importantes polos de turismo e lazer da cidade. Porém, ao longo das últimas décadas, a lagoa vem sofrendo um acelerado processo de urbanização e antropização, que resultou na transformação de diversas características originais do local. Tais modificações foram causadas principalmente por intervenções antrópicas no sistema lagunar e também pelo maior aporte de esgoto doméstico lançado *in natura* nos corpos d'água, pela população que foi se estabelecendo em seu entorno (Projconsult, 2015).

Os principais problemas que o sistema lagunar enfrenta hoje são a perda de espelho d'água e a qualidade precária das águas devido ao elevado despejo de esgoto doméstico “*in natura*”. Portanto, a Lagoa de Piratininga apresenta problemas decorrentes da eutrofização com ocorrência frequente de baixos níveis de oxigênio na água. Além dos

impactos diretos, as modificações e obras na bacia hidrográfica resultaram no aumento da descarga de sólidos, acelerando o processo de assoreamento do sistema (FONTENELLE & CORRÊA, 2014).

Em 2018 a Hydrosience realizou o monitoramento da Lagoa de Piratininga ao longo de um ano, assim como de todos tributários da bacia. O estudo, com base em campanhas amostrais, demonstrou o grau de eutrofização da Lagoa e cargas de poluentes aportadas da bacia. Adicionalmente, foram realizadas modelagens matemáticas para simular cenários de implementação de obras estruturais e ações de saneamento na bacia que resultassem na redução de cargas e melhorias da qualidade da água.

Diante desse cenário, a Prefeitura de Niterói passou a buscar tecnologias e métodos para recuperação da qualidade da água e redução da camada de lodo (sedimento) na Lagoa de Piratininga. Para tanto, a Prefeitura elaborou um termo de referência para testar a eficiência de tecnologias com potencial para reduzir a camada de lodo pré-selecionadas a partir da chamada TP nº 001/2021 realizada em 16/08/2021.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Levantar dados em campo de qualidade da água, qualidade do sedimento e espessura da camada de lodo, para auxiliar e subsidiar a tomada de decisão dos gestores da lagoa de Piratininga em relação aos experimentos de recuperação ambiental que serão implementados na lagoa.

4.2. Objetivos Específicos

- I. Avaliar a qualidade da água da lagoa de Piratininga, para as três áreas experimentais, tendo como referência pontos de controle para cada área;

- II. Avaliar a qualidade do sedimento da lagoa de Piratininga, para as três áreas experimentais, tendo como referência pontos de controle para cada área experimental. A coleta de sedimento será realizada em duas profundidades, superfície (10 cm) e sub-superfície (30 cm);
- III. Medição da altitude ortométrica da camada de lodo em cada área experimental;
- IV. Discutir e interpretar os resultados dos monitoramentos realizados e avaliar as eficiências das tecnologias testadas quanto a redução da camada de lodo (sedimento) na lagoa de Piratininga;

5. ÁREA DE ESTUDO

O município de Niterói está localizado na porção oriental da Baía de Guanabara e tem como limites ao norte o município de São Gonçalo, a leste o município de Maricá, ao sul o oceano Atlântico e a oeste a baía de Guanabara (Figura 1). De acordo com o último censo realizado pelo IBGE (IBGE, 2010), Niterói apresentava uma densidade demográfica de 3.640,8 hab/km², com um total de 487.562 habitantes e uma área territorial de 133.757 km². Para o ano de 2021, a população estimada no município é de 516.981 habitantes¹.

¹ Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/niteroi/panorama> >

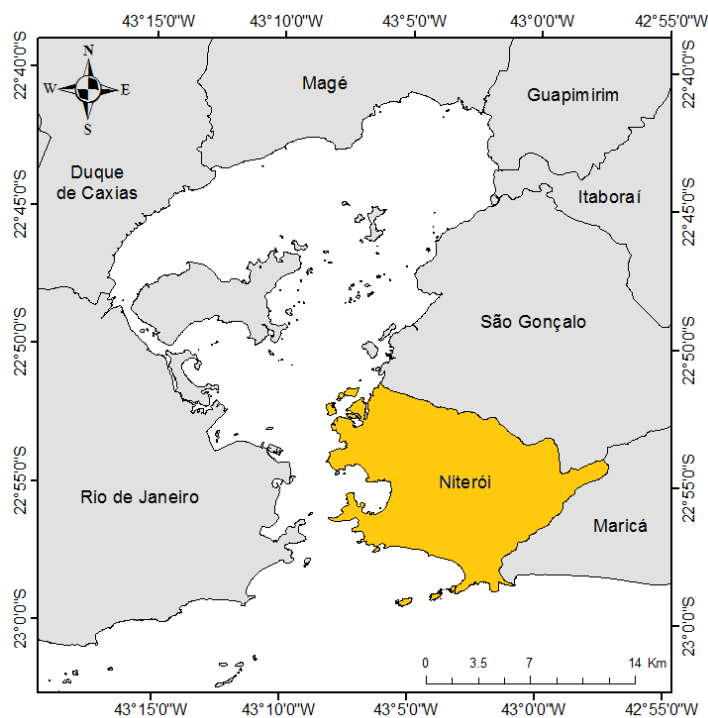


Figura 1: Localização do município de Niterói e cidades ao entorno.

A área de estudo está localizada na porção oeste da lagoa de Piratininga (Figura 2), próximo ao túnel do Tibau.



Figura 2: Localização das Áreas Experimentais e Pontos de Monitoramento na Lagoa de Piratininga, no município de Niterói/RJ.

A área experimental próxima da costa sul da lagoa, na qual será aplicada a tecnologia BIOCAIXA – SISNATE, apresenta uma área de 50x50 m, na qual tem-se três pontos de monitoramento interno (P7, PC e P2) e um ponto de controle (C2).

As áreas experimentais das tecnologias MUDBALL e MUDBALL + PULMÃO estão situadas na porção noroeste da lagoa, cada área experimental apresenta três pontos de monitoramento e um de controle, sendo A1A, A1B, A1C e C1 (Mudball) e A2A, A2B, A2C e C2 (Mudball + pulmão), com área experimental de 20x20 m.

6. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, o programa de monitoramento da lagoa será dividido em três subprogramas: **i) subprograma de monitoramento da qualidade da água; ii) subprograma de monitoramento da qualidade do sedimento; e iii) subprograma de monitoramento para a avaliação da camada de lodo através da medição da altitude ortométrica do fundo lagunar.**

Nos tópicos que seguem, será apresentada a metodologia de trabalho de cada subprograma de monitoramento.

6.1. Subprograma de Monitoramento da Qualidade da Água

O monitoramento ocorreu em três áreas de tratamento que foram definidas pelas partes que estão realizando os experimentos. Em cada uma dessas áreas foi realizada a amostragem de três pontos de monitoramento, totalizando nove pontos amostrais na área dos experimentos. Em complementação, foram definidas três áreas de controle para monitoramento, sendo em cada área controle monitorado um ponto. Ao final de uma campanha de monitoramento foram obtidas 12 amostras para avaliação da qualidade da água.

A seguir, a Figura 3 apresenta a localização das áreas experimentais e dos pontos de controle onde foram realizadas as coletas de água para o monitoramento.



Figura 3: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água na Lagoa de Piratininga.

A Tabela 1 apresenta as coordenadas (Longitude e Latitude) dos pontos que foram monitorados.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de monitoramento de qualidade da água na Lagoa de Piratininga.

Área Experimental	Ponto	Longitude	Latitude
Caixa Sisnate	PC	696183.420	7460959.380
Caixa Sisnate	P2	696173.150	7460940.830
Caixa Sisnate	P7	696187.540	7460976.340
Caixa Sisnate - Controle	C2	696111.748	7460956.741
MudBall	A1A	695471.726	7461070.491
MudBall	A1B	695469.131	7461058.287
MudBall	A1C	695480.563	7461062.635
MudBall - Controle	C1	695507.689	7461084.732
MudBall + Pulmão	A2A	695544.787	7461098.937
MudBall + Pulmão	A2B	695542.822	7461088.799
MudBall + Pulmão	A2C	695553.891	7461092.212

A execução da campanha foi realizada por meio da utilização de um barco de madeira de pequeno porte e de baixo calado, com a utilização de remos e motor de popa do tipo rabeta, do pescador local Luís.

As amostras foram coletadas com a mesma metodologia em cada ponto amostral pela empresa Hydrosience, sendo que uma alíquota foi entregue para cada empresa/instituição que estará executando os experimentos. As amostragens foram realizadas sempre na presença da empresa/instituição que está executando o experimento.

Para avaliação da qualidade da água, as amostras foram coletadas na região superficial da coluna da água, com auxílio de balde de inox, conforme proposto no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011).

As análises *in situ* irão contemplar os seguintes parâmetros físico-químicos: **temperatura da água** (°C), **pH**, **turbidez** (NTU), **salinidade** (ppt), **oxigênio dissolvido** (mg/L) e **transparência da coluna da água** (m). A determinação desses parâmetros será realizada por meio de uma sonda multiparamétrica (HOBIBA U-50) e de um disco de Secchi, respectivamente, conforme Figura 4.

Em laboratório, foram analisados os seguintes parâmetros: **amônia** (mg/L), **carbono orgânico total** (mg/L), **coliformes totais** (NMP/100mL), **DBO** (mg/L), **DQO** (mg/L), ***Escherichia coli*** (NMP/100mL), **fósforo total** (mg/L), **fósforo dissolvido** (mg/L), **cádmio** (mg/L), **chumbo** (mg/L), **cobre** (mg/L), **níquel** (mg/L), **zinco** (mg/L), **nitrito** (mg/L), **nitrito** (mg/L) e **sulfeto** (mg/L). Na tabela 2 estão sumarizados os parâmetros monitorados com indicação da metodologia de referência a aplicada. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. e por outros métodos padronizados.

A

B


Figura 4: A) Sonda Multiparamétrica HORIBA U-50 e B) Disco de Secchi

Tabela 2: Parâmetros e referência metodológica de análise

Parâmetro	Unidade	Volume (mL)	Preservante	Validade*	Método de Referência
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1000	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NH3 B e NH3 D
Carbono Orgânico Total	mg/L	200	4°C +- 2°C	7 dias	Farmacopeia Brasileira, 6ª edição
Coliformes Totais	NMP/100mL	100	Tiosulfato de Sódio	24 horas	SMEWW, 23ª Ed – 9223-B
DBO	mg/L	1000	Apenas Refrigeração	48 horas	SMEWW, 23ª Ed – 5210-B
DQO	mg/L	100	H2SO4 até ph <2	14 dias	SMEWW, 23ª Ed – 5220-D
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	Tiosulfato de Sódio	24 horas	SMEWW, 23ª Ed – 9223-B
Fósforo Total	mg/L	100	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-P B e E
Fósforo Dissolvido	mg/L	100	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-P B e E
Cádmio	mg/L	500	HNO3 até pH <2	180 dias	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Cd
Chumbo	mg/L	500	HNO3 até pH <2	180 dias	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Pb A
Cobre	mg/L	500	HNO3 até pH <2	180 dias	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Cu A
Níquel	mg/L	500	HNO3 até pH <2	180 dias	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Ni

Zinco	mg/L	500	HNO ₃ até pH <2	180 dias	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Zn A
Nitrato	mg/L	100	Apenas Refrigeração	48 horas	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NO ₃ E
Nitrito	mg/L	100	Apenas Refrigeração	48 horas	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NO ₂ B
Sulfeto	mg/L	1000	Acetado de Zinco e NaOH	7 dias	SMEWW, 23ª Ed – 4500-S-2 e 4500-S2-F

* A validade da amostra é referente ao tempo para a realização do ensaio a contar a partir do momento da coleta.

Após a realização das coletas as amostras foram acondicionadas em frascos apropriados e identificados. O laboratório responsável pela execução das análises foi o responsável pelo fornecimento das frascarias e das fichas de identificação, com registro de todas as informações de campo (<http://www.qualylab.com.br/>). O material coletado foi armazenado em caixas térmicas resfriadas com gelo, e no final do período de coleta as amostras foram entregues para análise, respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

O controle de qualidade da amostragem pode ser obtido através de “Branco”. Para o presente estudo, foram utilizados o *Branco de Viagem* e o *Branco de Campo*, conforme orientação do **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. A metodologia proposta pelo Guia é utilizando água deionizada. O Branco de Campo é usado para verificação de contaminações ambientais que podem ocorrer durante a coleta. O branco de Viagem verifica a ocorrência de contaminação durante o transporte (laboratório – campo – laboratório).

6.2. Subprograma de Monitoramento da Qualidade do Sedimento

O monitoramento ocorreu em três áreas de tratamento que foram definidas pelas partes que estão realizando os experimentos. Em cada uma dessas áreas foram realizadas a amostragem de três pontos de monitoramento, totalizando nove pontos

amostrais nas áreas dos experimentos. Em complementação, foram definidas três áreas de controle para monitoramento, sendo em cada área de controle um ponto de monitoramento. Ao final de uma campanha de monitoramento foram obtidas 24 amostras para avaliação da qualidade do sedimento, visto que as amostras foram coletadas em duas profundidades distintas (superfície e subsuperfície).

A seguir, a Figura 5 apresenta a localização das áreas experimentais e dos pontos de controle onde foram realizadas as coletas de sedimento para o monitoramento.



Figura 5: Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do sedimento na Lagoa de Piratiniga.

A tabela 3 apresenta as coordenadas dos pontos de monitoramento do sedimento.

Tabela 3: Coordenadas dos pontos de monitoramento da qualidade do sedimento na Lagoa de Piratiniga.

Área Experimental	Ponto	Longitude	Latitude
Caixa Sisnate	PC	696183.420	7460959.380
Caixa Sisnate	P2	696173.150	7460940.830
Caixa Sisnate	P7	696187.540	7460976.340
Caixa Sisnate - Controle	C2	696111.748	7460956.741
MudBall	A1A	695471.726	7461070.491

MudBall	A1B	695469.131	7461058.287
MudBall	A1C	695480.563	7461062.635
MudBall - Controle	C1	695507.689	7461084.732
MudBall + Pulmão	A2A	695544.787	7461098.937
MudBall + Pulmão	A2B	695542.822	7461088.799
MudBall + Pulmão	A2C	695553.891	7461092.212
MudBall + Pulmão - Controle	C2	695629.862	7461129.150

A obtenção das amostras foi realizada por meio da utilização de um barco de madeira de pequeno porte e de baixo calado, com a utilização de remo e motor de popa do tipo rabeta, do pescador local Luís.

As amostras foram coletadas com a mesma metodologia em cada ponto amostral pela empresa Hydrosience, sendo que uma alíquota foi entregue para cada empresa/instituição que está executando os experimentos. As amostragens foram realizadas sempre na presença da empresa/instituição que está executando o experimento.

Para avaliação da qualidade do sedimento na área onde estão sendo realizados os experimentos, as amostras foram coletadas com auxílio de um amostrador do tipo *Gravity Corer (Mondsee Corer- UWITEC)* (Figura 6). Esse tipo de amostrador permitirá realizar uma avaliação da camada vertical de sedimento do sistema, com obtenção de frações sedimentares nas regiões de superfície e subsuperfície. Deste modo, para a execução deste estudo, foram adotadas as seguintes profundidades de amostragem:

- Camada superficial, até os primeiros 10 cm de profundidade;
- Camada subsuperficial, localizada entre 10 e 30 cm de profundidade;



Figura 6: Amostrador Gravity Corer utilizado para amostragem de sedimento

Os parâmetros de qualidade sedimentar, em cada uma das camadas, irão contemplar as seguintes análises físico-químicas: **carbono orgânico total (%)**, **coliformes totais (NMP/100mL)**, ***Escherichia coli* (NMP/100mL)**, **fósforo total (mg/Kg)**, **chumbo (mg/Kg)**, **cobre (mg/Kg)**, **zinco (mg/Kg)**, **sulfeto (mg/Kg)**, **nitrogênio kjeldahal total (mg/Kg)**, **teor de umidade (%)** e **matéria orgânica (%)**. Na Tabela 4 estão sumarizados os parâmetros monitorados com indicação da metodologia de referência aplicada. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. e por outros métodos padronizados.

Tabela 4: Parâmetros de Qualidade do Sedimento e Metodologia de Referência

Parâmetro	Unidade	Volume Frasco (mL)	Preservante	Validade*	Método de Referência
Carbono Orgânico Total	%	200	Refrigerar < 6°C	7 dias	Farmacopeia Brasileira, 6ª edição
Coliformes Totais	NMP/100mL	100	Tiosulfato Sódio	de 24 horas	SMEWW 23ª Ed. 9223 B
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	Tiosulfato Sódio	de 24 horas	SMEWW 23ª Ed. 9221 B

Fósforo Total	mg/Kg	100	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW 23ª Ed. 4500 P B e E
Chumbo	mg/Kg	500	HNO3 até pH < 2	180 dias	US EPA 3051A:2007
Cobre	mg/Kg	500	HNO3 até pH < 2	180 dias	US EPA 3051A:2007
Zinco	mg/Kg	500	HNO3 até pH < 2	180 dias	US EPA 3051A:2007
Sulfeto	mg/Kg	1000	Acetato de Zinco e NaOH	7 dias	SMEWW 23ª Ed. 4500-S-2 C e F
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/Kg	1000	H2SO4 até ph <2	28 dias	SMEWW 23ª Ed. 4500-Norg C
Nitrogênio Total	Mg/Kg		H2SO4 até ph <2	48 horas	SMEWW 23ª Ed. 4500 – N A
Teor de Umidade	%		Apenas refrigeração	2 dias	ASTM D2216-19
Matéria orgânica total	%	150	Apenas Refrigeração	24 horas	ABNT NBR 13600: 1996

*A validade da amostra é referente a partir da coleta, para a realização do ensaio informado.

Após a realização das coletas, as mesmas foram acondicionadas em sacos ziplock, fornecidos pelo laboratório, o qual separou as alíquotas para cada análise listada na Tabela 4 por ponto, no laboratório.

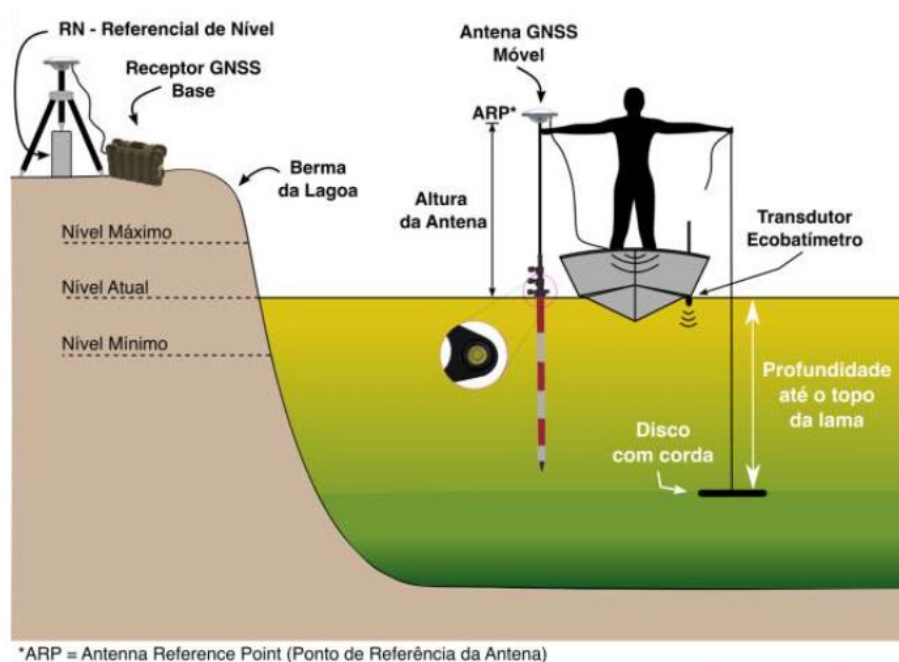
O laboratório responsável pela execução das análises foi o responsável pelo fornecimento das frascarias e das fichas de identificação, com registro de todas as informações de campo (<http://www.qualylab.com.br/>). O material coletado foi armazenado em caixas térmicas resfriadas com gelo e no final do período de coleta as amostras foram entregues para análise, respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

6.3. Subprograma de Monitoramento para Avaliação da Camada de Lodo através da Medição da Altitude Ortométrica do Fundo Lagunar.

Para medição da altitude ortométrica do fundo lagunar, em cada uma das áreas, foi utilizada a seguinte metodologia: (1) a bordo de uma embarcação, um disco com corda servirá para a determinação da profundidade, (no momento da medição), do topo da camada de lodo; (2) a altimetria do topo da lama será definida precisamente utilizando Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS – *Global Navigation Satellite System*). Para realização das medições, foram utilizados 2 receptores GNSS RTK de dupla frequência L1/L2, com precisão estática horizontal de 3 mm + 0,4 ppm, e vertical de 5 mm + 0,5 ppm, equipados com transmissores de comunicação para frequência de Rádio UHF entre base e rover, *Bluetooth* entre controladora e receptor, e Celular para função N-trip. Foram utilizados acessórios básicos como tripé e bastão com nível para garantir a precisão na aquisição dos dados. Na Embarcação foi utilizado um compensador de ondas para reduzir a influência de possível balanço da embarcação em função do movimento da água.

Na Figura 7 é apresentado um esboço, para fins ilustrativos, relacionado ao método, que foi cientificamente validado por Fulhage *et al.* (2005) e Morgan (2010). A Figura 8 apresenta o esquema de medidas relacionados ao disco.

A localização de cada ponto amostrado foi aferida por receptores GNSS geodésicos (de dupla frequência – L1/L2) que garantirá precisão centimétrica tanto para o posicionamento como para a altimetria, ambas relacionadas ao topo da camada de lama. Para tal, foi utilizado o método de posicionamento relativo estático, que consiste na utilização de dois receptores GNSS geodésicos, onde um é posicionado sobre um ponto com referencial conhecido (geralmente um marco do IBGE), denominado de base, e o outro, é posicionado sobre o ponto de coleta (INCRA, 2013).



*ARP = Antenna Reference Point (Ponto de Referência da Antena)

Figura 7: Esboço do método de levantamento da espessura e altitude ortométrica da superfície da camada de lodo da Lagoa.

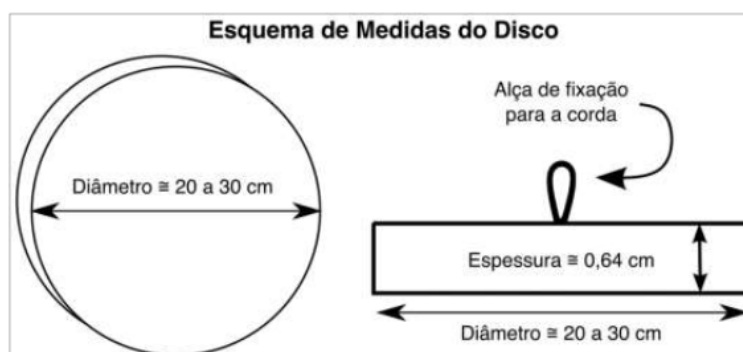


Figura 8: Medidas para confecção do disco

O receptor GNSS móvel foi posicionado na linha da água, no momento da medição batimétrica, permitindo identificar com precisão, após pós-processamento dos dados, a posição do ponto e a altitude elipsoidal do nível da água.

A altitude elipsoidal do topo da lama foi definida subtraindo-se do valor da altitude elipsoidal do nível da água, o valor da profundidade até o topo da lama (obtido com o disco com corda). Em seguida, foi realizada a transformação de altitude elipsoidal (referenciada ao elipsoide de revolução do SGR80) para altitude ortométrica (referenciada as altitudes do Sistema Geodésico Brasileiro no Datum de Imbituba).

Durante o experimento serão feitas três campanhas de medições para averiguar a altitude ortométrica do topo da camada de lama. A primeira campanha ocorreu antes do início do experimento (mês 01), a segunda será após a aplicação das tecnologias (mês 03), e a terceira campanha ocorrerá ao final dos experimentos (mês 06).

6.3.1. DETALHES DO PROCESSAMENTO DOS DADOS ORIUNDOS DE RECEPTORES GNSS

Após os levantamentos, todos os dados relativos ao GNSS foram pós processados, para a obtenção de dados acurados, onde foram mitigados os diversos tipos de erros que podem comprometer o levantamento, por exemplo, a não correção do sinal GNSS, que é refratado pela ionosfera e troposfera. Os dados do receptor móvel foram corrigidos utilizando como referencial os dados adquiridos, simultaneamente, pelo receptor base, o qual esteve durante todo o levantamento sobre um ponto com posição e altimetria conhecidos.

Após o processamento dos dados GNSS, o dado de saída tem precisão de 1 a 10 mm, levando-se em consideração condições excelentes de aquisição de dados, com DOP (Dillution of Precision) inferior a 2. Como as condições ambientais tem grande influência na precisão final dos dados, os valores de precisão supracitados podem chegar à casa centimétrica. Os dados foram referenciados ao elipsoide de referência (GRS80 – Geodetic Reference System 1980), adotado pelo sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), oficializado como referencial geodésico para o SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) desde 2005. Para a determinação da altitude ortométrica o IBGE (relativa ao nível do mar de Imbituba), faz-se necessário o conhecimento da ondulação geoidal no local, a qual deve ser descontada da altitude elipsoidal. A Figura 9 mostra uma ilustração da relação entre Geoide, Elipsoide e a superfície terrestre (Relevo).

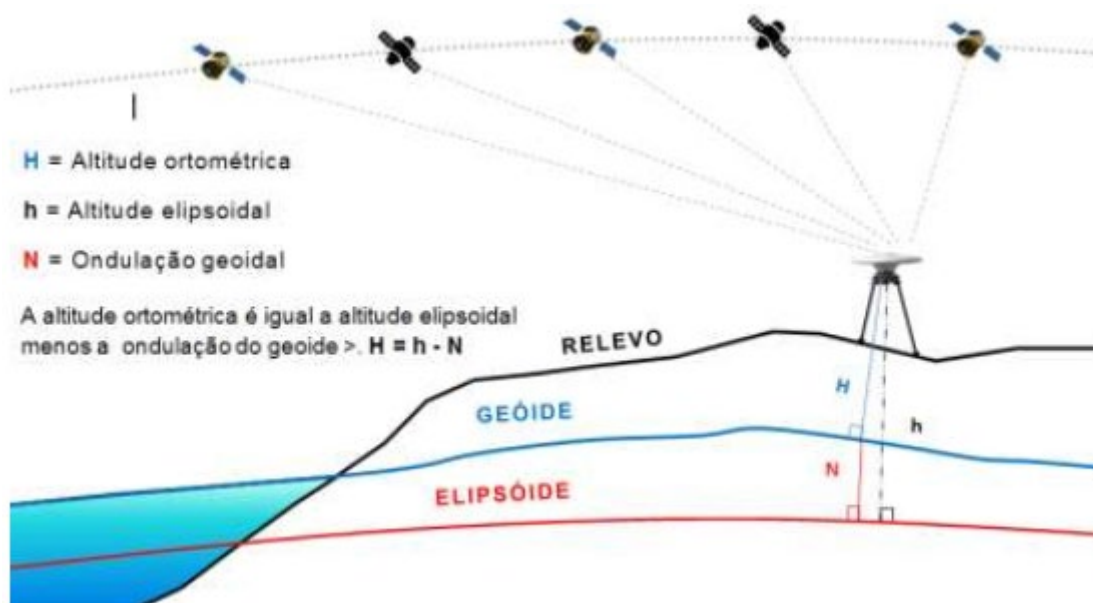


Figura 9: Relação entre Elipsoide, Geoide e o Relevo Local.

Os dados de ondulação geoidal para transformação de altitudes elipsoidais em altitude ortométricas (vinculadas ao geóide) foram obtidas através do serviço online de pós-processamento de dados GNSS, onde são solicitados os códigos identificadores dos pontos levantados com GNSS, a latitude e a longitude.

Nivelamentos de precisão definidos em pontos adjacentes à lagoa de Piratininga, o trabalho de Dutra de Andrade (2017) foi utilizado como referência para redução dos valores de profundidade ao nível do mar (NM) da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) no Rio de Janeiro (ilha Fiscal). A Figura 10 mostra as relações de altitude ortométrica entre as diversas referências de nível comumente utilizadas.

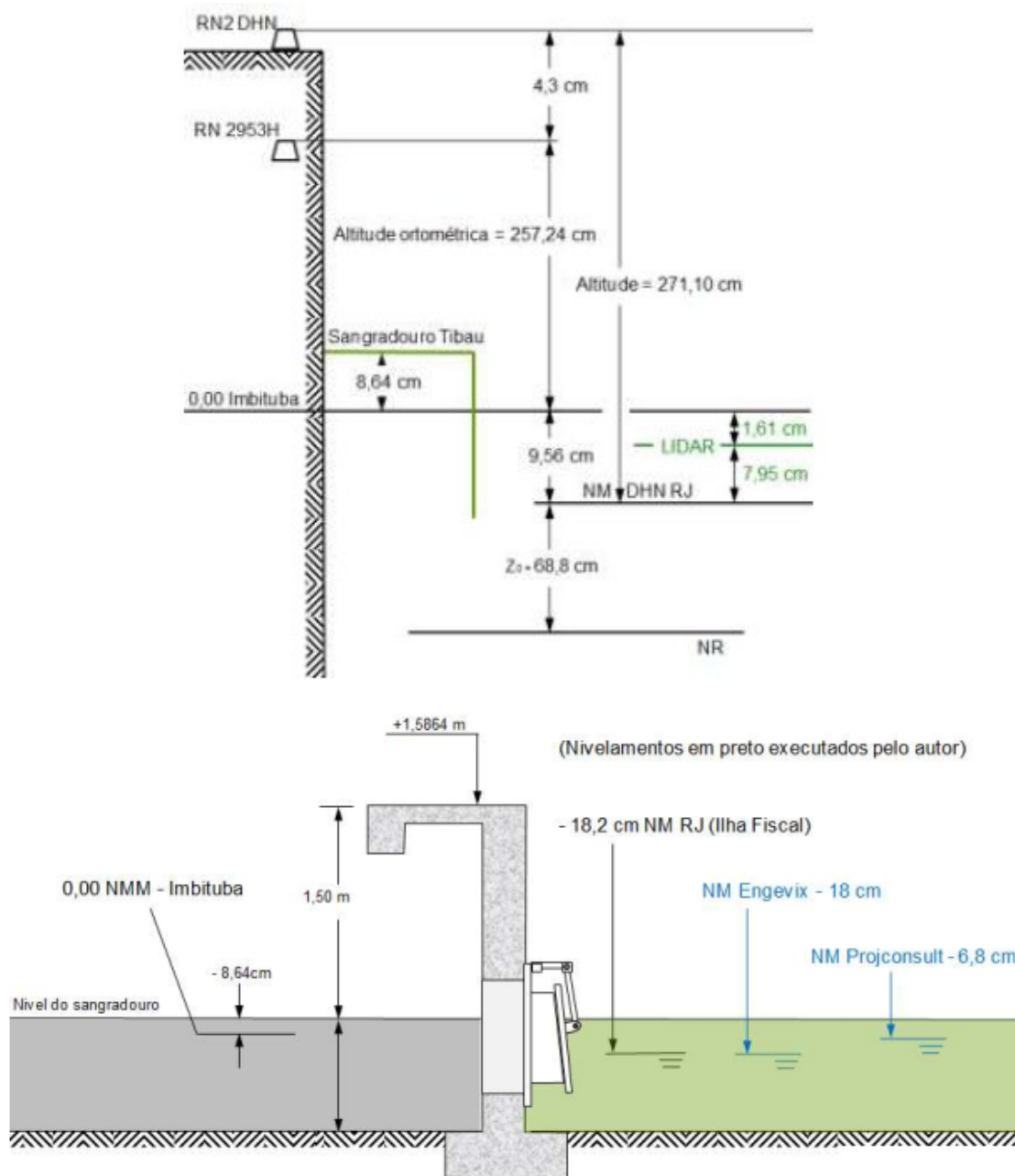


Figura 10: Relação de altitude entre os principais níveis de referência e aqueles obtidos na lagoa de Piratininga. (Dutra de Andrade, 2017).

7. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados do monitoramento de qualidade de água, da qualidade do sedimento e da altura da camada de lodo para os pontos pré-determinados para o monitoramento.

7.1. Monitoramento da Qualidade da Água

A seguir serão apresentados os resultados do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos que caracterizam a qualidade ambiental da água.

O objetivo dessas análises é avaliar a situação atual da qualidade ambiental da água na Lagoa de Piratininga, na fase pré-experimento e realizar o acompanhamento durante o processo de experimentação de técnicas para redução da camada de lodo da lagoa, e verificar se alguma técnica utilizada está afetando e/ou modificando a qualidade ambiental da água da lagoa.

A primeira campanha de monitoramento foi realizada pela Hydrosience no dia 09/03/2022 entre as 8:30h e 15h, na lagoa de Piratininga, com a presença da equipe da empresa Sisnate, de colaboradores da UFF/Biotecam e da Prefeitura Municipal de Niterói. As amostras foram coletadas e analisadas seguindo as metodologias apresentadas na Tabela 2 do tópico 6.1 – Subprograma de Monitoramento da Qualidade da Água.

A Figura 11 apresenta o registro da embarcação utilizada nas coletas de água, a caixa térmica com os frascos e gelo, a bolsa com a sonda multiparamétrica e o coletor (balde inox).

Na Figura 12 é possível observar a transferência do material coletado através do coletor, e a distribuição da amostra para os frascos, os quais posteriormente foram enviados ao laboratório de análises.



Figura 11: Embarcação e equipamentos para a coleta de água.



Figura 12: Transferência do material coletado através do coletor para os frascos.



Figura 13: Equipe da UFF/Biotecam e da Prefeitura Municipal de Niterói acompanhando as coletas de água na região experimental.



Figura 14: Entrega e verificação das amostras no laboratório da Qualylab.

A Figura 13 apresenta a equipe de fiscais de coleta acompanhando a execução das coletas, a equipe apresentada na referida figura, conta com um profissional da Prefeitura Municipal de Niterói e um profissional da equipe da UFF/Biotecam.

Na Figura 14 é possível observar a entrega e a conferência do material coletado e enviado para as análises em laboratório.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos através de medições *in situ* e de análises laboratoriais das amostras encaminhadas ao laboratório da Qualylab (<https://qualylab.com.br/>), o laboratório é credenciado e apresenta as principais certificações para prestação deste tipo de serviço. Os valores destacados em vermelho na Tabela 5 representam os parâmetros que estiveram fora dos limites estipulados para águas salobras de Classe 2.

Os resultados do parâmetro DQO não serão apresentados, segundo informações constantes no laudo das análises laboratoriais, houve alta interferência de Cloreto nas amostras, resultando em dados inconclusivos para o parâmetro DQO, por este motivo, o laboratório optou por não apresentar os dados relativos a esse parâmetro.

A Tabela 6 apresenta os limites de quantificação por parâmetro avaliado pelo laboratório.

Os parâmetros medidos *in situ* foram os seguintes: Temperatura (°C), pH, Oxigênio Dissolvido – OD (mg/L O), Turbidez (NTU), Condutividade (mS/cm), Salinidade (ppt) e Transparência com o Disco de Secchi (m). Os demais parâmetros foram avaliados em laboratório.

Tabela 5: Resultados da análise dos parâmetros avaliados de qualidade da água na Lagoa de Piratininga, Niterói/RJ.

Parâmetro	A. Experimental	SISNATE	SISNATE	SISNATE	SISNATE	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	UFF/BIOTECAM	Branco Laboratório	
	Data	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	09/03/2022
	Hora	08:44	08:55	09:07	09:27	12:20	12:40	12:54	13:10	13:24	13:46	14:05	14:21		
	Unidade	P7	PC	P2	C2	C1	A1C	A1B	A1A	A2B	A2C	A2A	C2	BC	BV
DBO	mg/L	27.6	24.6	27.8	22.2	23.4	19.6	26.9	21	22.4	28.2	23.5	24.6	< 0.7	< 0.7
Fósforo Dissolvido	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fósforo Total	mg/L	0.06	0.06	0.08	0.1	0.07	0.03	0.08	0.05	0.07	0.02	0.04	0.05	<0.01	<0.01
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	0.06	<0.05	0.12	<0.05	0.17	0.1	0.06	0.1	0.11	0.15	0.1	0.06	< 0.05	< 0.05
Nitrato	mg/L N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nitrito	mg/L N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Coliformes Totais	NMP	140	61	110	60	20	45	68	120	20	20	45	40	< 1.8	< 1.8
E coli	NMP	45	36	20	< 1.8	< 1.8	20	36	40	20	< 1.8	20	20	< 1.8	< 1.8
Cádmio	mg/L Cd	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Chumbo	mg/L Pb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cobre Dissolvido	mg/L Cu	0.046	0.045	0.045	0.046	0.047	0.046	0.048	0.046	0.045	0.05	0.045	0.048	< 0.005	< 0.005
Níquel	mg/L Ni	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Zinco	mg/L Zn	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
COT	mg/L C	15.7	14.9	16.3	17.9	15	14.2	18.1	13.8	15	13.7	15.4	15.3	< 0.5	< 0.5
Sulfeto Total	mg/L S	1.5	1.5	1.8	2	4.6	4.6	1.6	2.5	3.8	2.8	3.1	2	< 0.002	< 0.002
Temperatura	°C	29.09	29.42	29.42	29.55	36.31	36.61	37.25	37.22	37.38	37.53	37.84	36.95		
pH	-	8.74	8.92	8.92	8.94	8.99	9.13	9.13	9.11	9.01	9.03	9.06	9		
OD	mg/L O	1.48	2.38	2.38	1.44	8.16	9.34	8.78	8.84	8.21	8.04	9.24	8.78		
Turbidez	NTU	47.5	49.6	49.6	54.4	30.1	32.2	29	30.4	32.2	37.4	26	42.3		
Condutividade	mS/cm	31.8	31.7	31.7	31.9	34.5	34.3	34.3	34.4	34.2	34.1	34.4	33.6		
Salinidade	ppt	19.79	19.4	19.4	19.85	21.61	21.4	21.4	21	21.36	21.29	21.48	20.91		
Secchi	m	0.4	0.44	0.35	0.35	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)	máx 0.2 (fundo)		

Tabela 6: Limites de Quantificação dos Parâmetros de Qualidade de Água do Laboratório

Parâmetro	Unidade	Limite de Quantificação
DBO	mg/L	0,7
DQO	mg/L	5,4
Fósforo Dissolvido Total	mg/L	0,01
Fósforo Total (Fosfatos)	mg/L	0,01
N Amoniacal	mg/L	0,05
Nitrato	mg/L	0,01
Nitrito	mg/L	0,01
Cádmio	mg/L	0,001
Chumbo	mg/L	0,01
Níquel	mg/L	0,02
Zinco	mg/L	0,05
Cobre Dissolvido	mg/L	0,005
Carbono Org. Total	mg/L	0,5
Sulfeto Total	mg/L	0,002

A Tabela 7 apresenta os valores de referência estipulados pela CONAMA 357/05 para águas salobras.

Tabela 7: Valores de Referência CONAMA 357/05 para Parâmetros de Águas Salobras.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2
Oxigênio Dissolvido	mg/L de O	$\geq 5,0$	$\geq 4,0$
Carbono Org. Total	mg/L de C	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
pH	--	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
N Amoniacal	mg/L de N	0,40	0,70
Nitrato	mg/L de N	0,40	0,70
Nitrito	mg/L de N	0,07	0,20
Fósforo Total	mg/L de P	0,124	0,186
Coliformes Termotolerantes	NMP	≤ 1.000	≤ 2.500
Sulfetos (H ₂ S)	mg/L de S	0,002	0,002

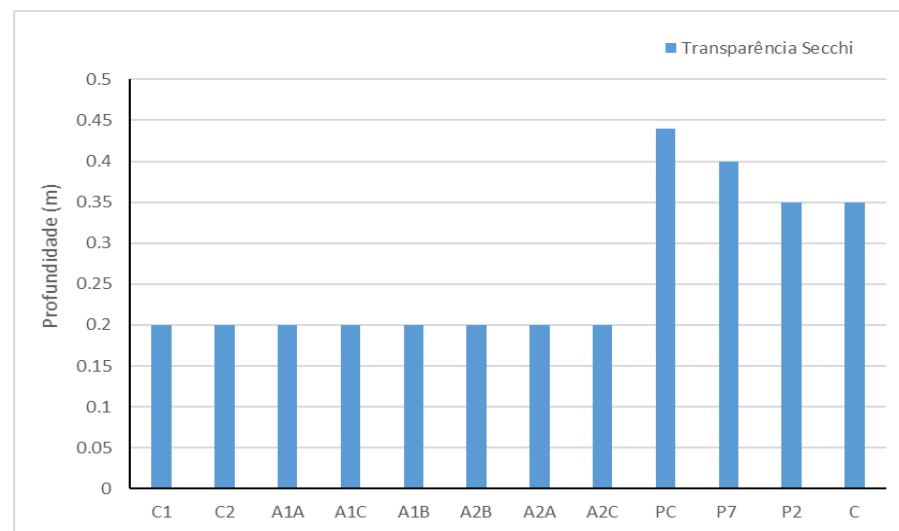
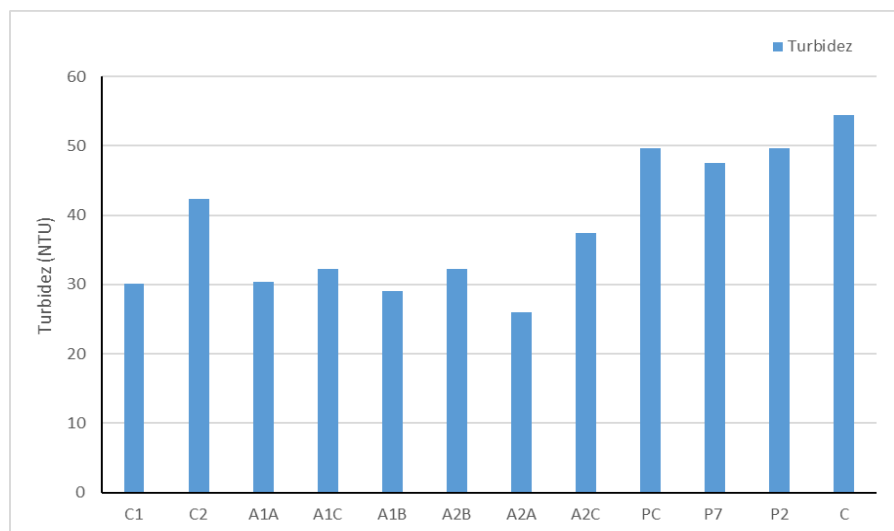
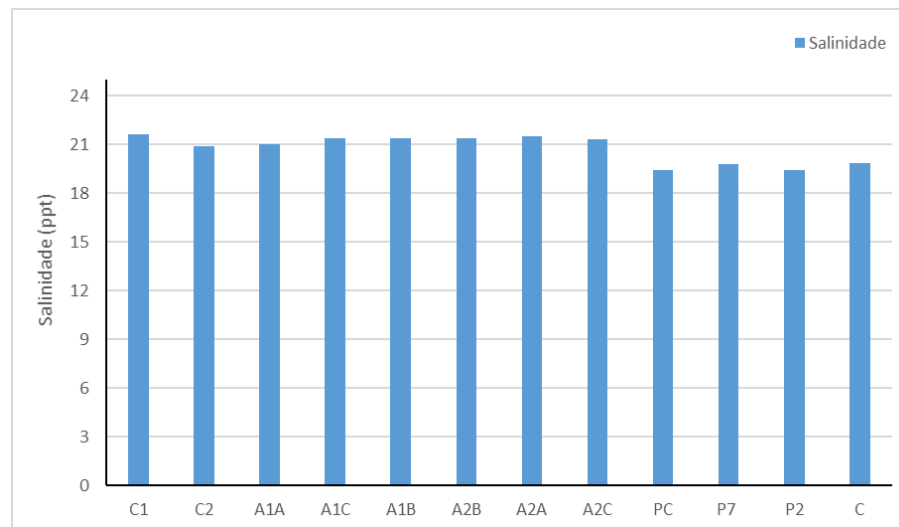
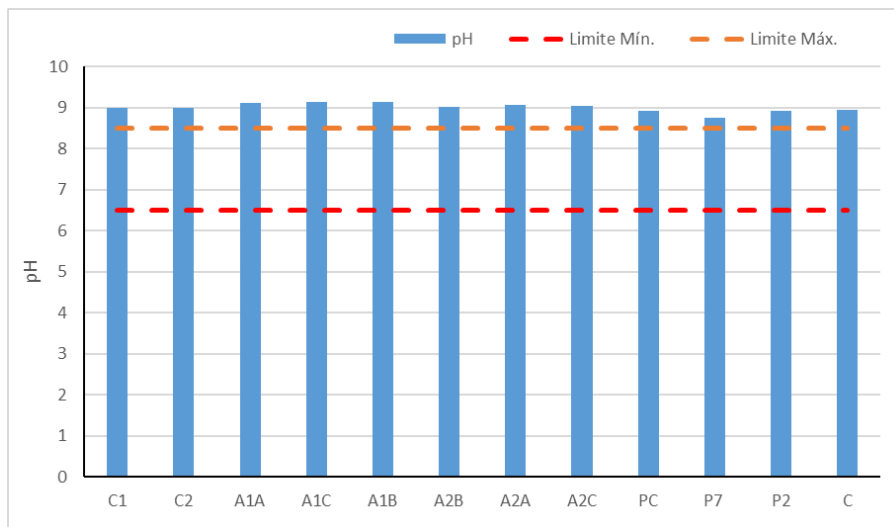
Cádmio	mg/L de Cd	0,005	0,04
Chumbo	mg/L de Pb	0,01	0,21
Cobre Dissolvido	ug/L de Cu	0,005	7,80
Níquel	ug/L de Ni	0.025	74,0
Zinco	Mg/L de Zn	0,09	0,12

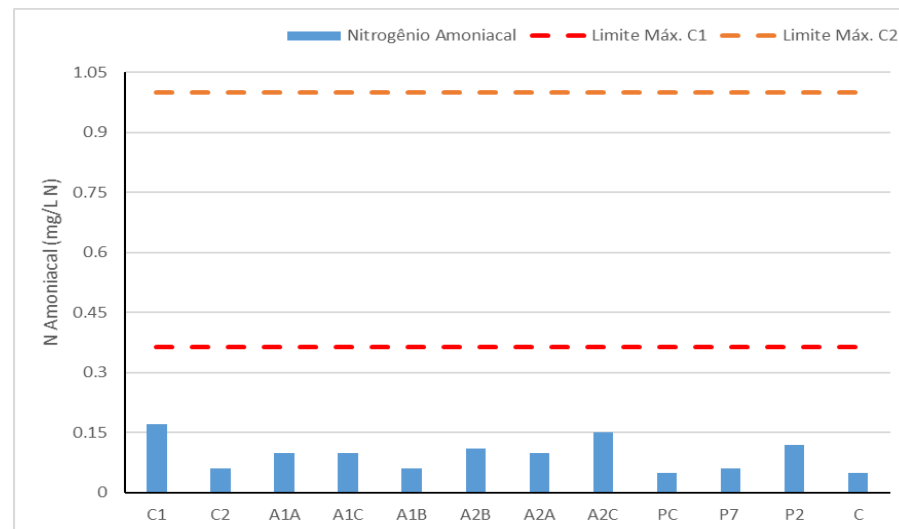
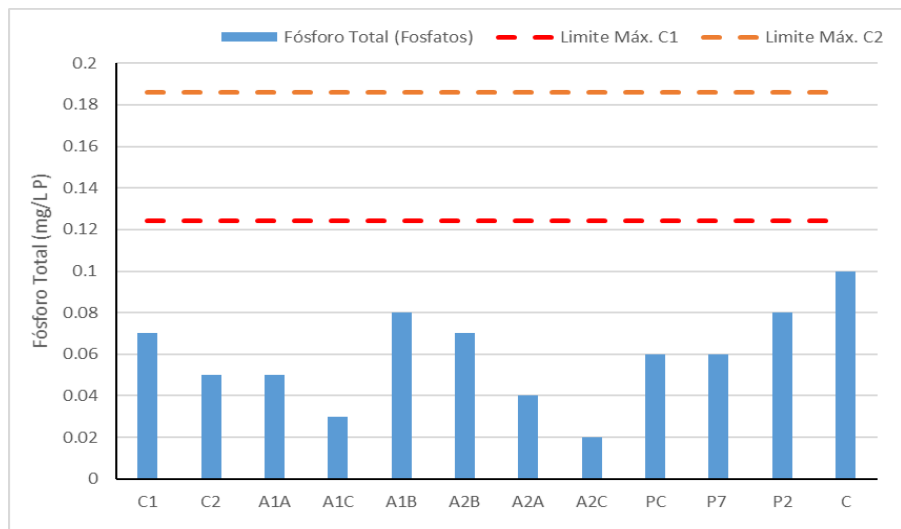
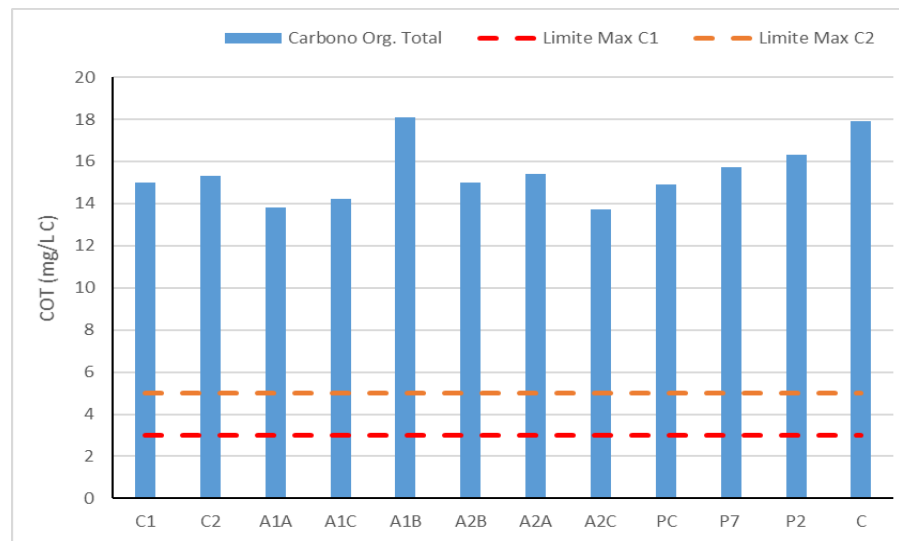
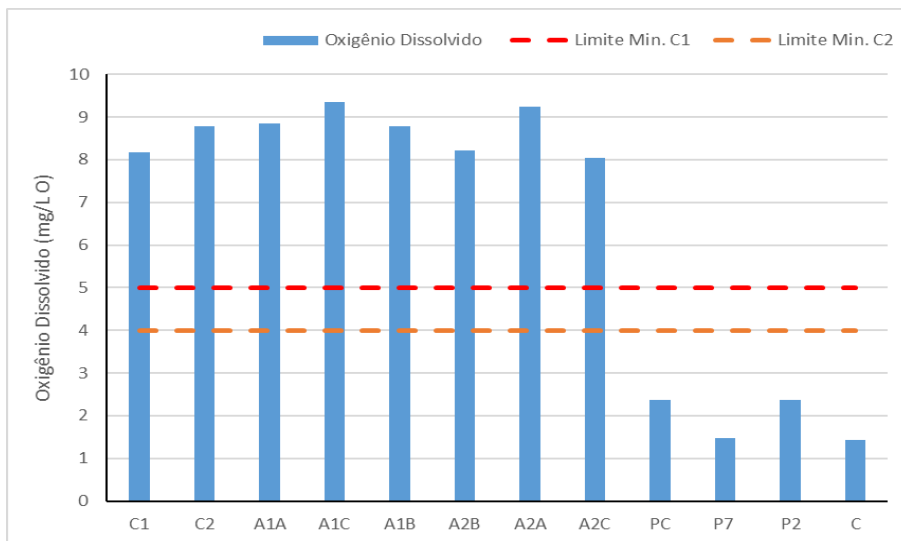
Através da Figura 15 será apresentada a representação gráfica dos resultados obtidos e a comparação com os valores de referência apresentados anteriormente.

A salinidade medida na lagoa de Piratininga variou de 19,4 ppt a 21,4 ppt, com valor médio de 20,4 ppt, confirmando a classificação de água salobra. Os valores de pH variaram de 8,74 a 9,13, apresentando valor médio de 9, esses valores estão acima da faixa estabelecida para águas salobras segundo a CONAMA 357/05 e indicam condições básicas, segundo Von Sperling (2018) valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas no ambiente.

A turbidez de uma amostra de água indica o grau de atenuação de que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença dos sólidos em suspensão, podendo ser partículas inorgânicas e orgânicas, e ocorre por dois fatores preponderantes, a erosão do solo da bacia e o lançamento de efluentes domésticos e industriais (CETESB, 2018; VON SPERLING, 2018). Os valores medidos variaram entre 26 e 56 NTU, com valor médio de 38 NTU, a legislação não apresenta valores de referência para turbidez em águas salobras.

Foi verificada a transparência da coluna d'água através do disco de Secchi, para os pontos onde será realizado o experimento da Sinate, a coluna d'água apresentava profundidade suficiente para realizar a medição, e os valores variaram de 0,35 cm a 0,44 cm. Nas áreas experimentais da UFF/Biotecam não foi possível realizar a medição, pois não havia profundidade suficiente, e foi possível observar o fundo sem a necessidade de utilizar o disco de Secchi.





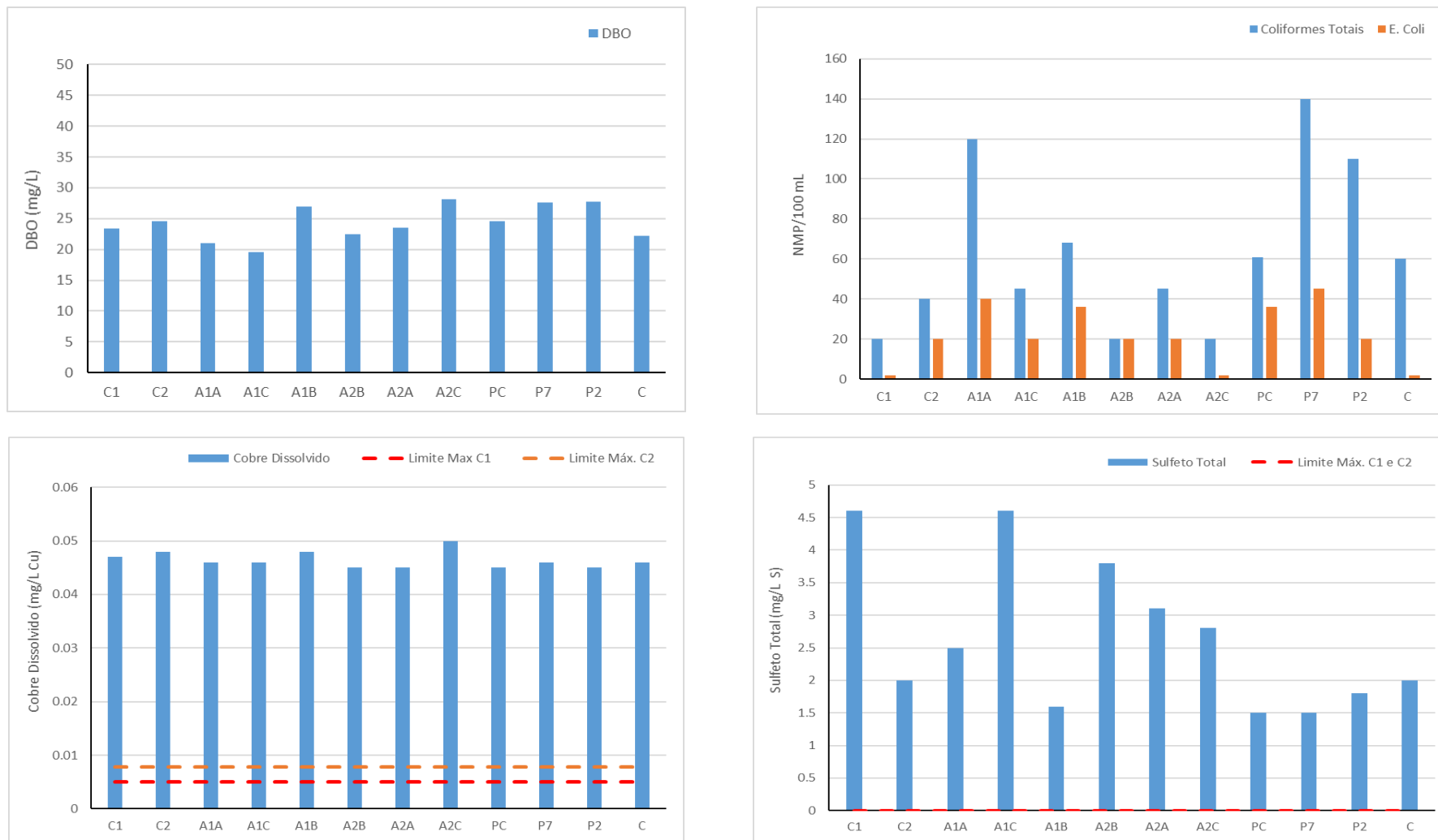


Figura 15: Representação gráfica dos resultados obtidos no monitoramento ambiental das variáveis que caracterizam a qualidade da água, na lagoa de Piratininga, Niterói/RJ.

O Oxigênio Dissolvido (OD) na água é um dos parâmetros mais importantes para a manutenção da vida em ambiente aquático. O OD é consumido através da atividade metabólica de bactérias, plantas e animais, em processos de estabilização da matéria orgânica, e pela nitrificação do amônio (COLLISCHONN & DORNELES, 2013; VON SPERLING, 2018). Valores de OD menores que 2 mg/L podem comprometer a integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos, e, os menores níveis de OD são, predominantemente, encontrados em corpos d'água que escoam em grandes centros urbanos e recebem o aporte de matéria orgânica na forma de esgotos brutos e/ou tratados com baixa eficiência (ANA, 2013).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite mínimo de 5 mg/L para a classe 1 e 4 mg/L para classe 2. Os valores medidos na lagoa de Piratininga apresentaram grandes variações, na área experimental da Sisnate, os valores variaram entre 1,44 mg/L e 2,38 mg/L, estando abaixo dos valores estabelecidos para ambas as classes. Nas áreas experimentais da UFF/Biotecam os valores variaram entre 8,04 mg/L e 9,34 mg/L, apresentando valores acima daqueles estabelecidos para as classes 1 e 2.

Essas variações diárias do OD ocorrem principalmente por essa variável estar diretamente relacionada com o processo de fotossíntese e respiração e/ou decomposição, com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura (ESTEVES, 2011).

A matéria orgânica em corpos d'água é uma característica de extrema importância, pois é uma das principais causas do consumo do oxigênio dissolvido, os microrganismos utilizam o oxigênio no processo metabólico para estabilizar a matéria orgânica (VON SPERLING, 2018). Para águas salobras, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece valores de referência de Carbono Orgânico Total – COT para as classes 1 e 2, sendo 3 mg/L de C e 5 mg/L de C, respectivamente.

Os valores monitorados apresentaram pouca variabilidade entre os pontos, com valores oscilando entre 13,7 mg/L de C e 18,1 mg/L de C, com valor médio de 15,44 mg/L de C. As concentrações obtidas através do monitoramento apresentaram valores bem elevados, quando comparados com a CONAMA 357/05, indicando a presença de grandes teores de matéria orgânica na água.

O monitoramento das concentrações de nutrientes no meio aquático é importante pelos possíveis efeitos poluidores que causam no ambiente, os principais nutrientes monitorados são Nitrogênio e Fósforo, dentre os diversos efeitos no ambiente, os principais são o crescimento excessivo de algas e a toxicidade aos peixes (VON SPERLING, 2018).

A resolução CONAMA 357/05 estabelece valores máximos para concentrações do Fósforo Total na água, sendo 0,124 mg/L de P e 0,186 de P para as classes 1 e 2, respectivamente. O Nitrogênio pode estar presente no ambiente em suas diversas formas (nitrito, nitrato, amoniacal, etc), neste estudo foi observada a concentração de Nitrogênio Amoniacal, a referida resolução estabelece as concentrações máximas de 0,40 mg/L de N e 0,70 mg/L de N, para as classes 1 e 2, respectivamente.

As concentrações de nutrientes observadas encontram-se dentro dos limites máximos estabelecidos tanto para o Nitrogênio Amoniacal, quanto para o Fósforo Total, para a classe 1, em todos os pontos monitorados.

A quantificação dos organismos do grupo Coliformes é importante para identificar a potencialidade da água de transmitir doenças, no presente estudo foram quantificados os Coliformes Totais e a bactéria E. Coli. A E. Coli é uma representante do grupo de Coliformes Fecais, os quais são indicadores de contaminação por organismos presentes no trato intestinal de animais de sangue quente.

A CONAMA 357/05 estabelece as concentrações máximas de 1.000 NMP/100 mL e 2.500 NMP/100 mL de Coliformes Termotolerantes (E. Coli) para as classes 1 e 2, respectivamente. Os valores observados no monitoramento encontram-se abaixo dos limites máximos estabelecidos pela resolução para todos os pontos, variando entre 20 e 50 NMP/100 mL de E. Coli.

A presença de metais na água pode apresentar algum grau de toxicidade aos organismos, diversos metais são encontrados na forma dissolvida em águas naturais, resultando de lançamentos de efluentes industriais, de fertilizantes e da lixiviação do solo (LIBÂNIO, 2010). Na lagoa de Piratininga, o Cobre Dissolvido foi monitorado, a CONAMA 357/05 apresenta concentrações máximas permitidas de 0,005 mg/L de Cu e 0,0078 mg/L de Cu para as classes 1 e 2, respectivamente. Os resultados do

monitoramento indicam elevadas concentrações de Cobre Dissolvido na água da lagoa, para todos os pontos, as concentrações encontram-se quase 10x superiores ao que é permitido pela legislação.

As principais fontes de sulfetos em águas naturais estão associadas ao lançamento de efluentes domésticos e industriais que contenham sulfato, entretanto, o íon sulfeto também é gerado a partir da decomposição biológica da matéria orgânica contendo enxofre. A CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo para sulfetos de 0,002 mg/L de S, as concentrações observadas são elevadas para todos os pontos, variando entre 1,5 mg/L de S e 4,6 mg/L de S, com concentrações 1.000x maiores que o estipulado pela legislação.

7.2. Monitoramento da Qualidade do Sedimento

A primeira campanha de monitoramento de sedimento foi realizada pela Hydrosience no dia 10/03/2022 entre as 8:00h e 15:00h, na lagoa de Piratininga, com a presença da equipe da empresa Sisnate, de colaboradores da UFF/Biotecam e da Prefeitura Municipal de Niterói.

Para avaliação da qualidade dos sedimentos foram coletadas amostras em pontos coincidentes com os de amostragem de água. A amostragem ocorreu seguindo a metodologia apresentada no tópico 6.2 – Subprograma de Monitoramento de Sedimentos.

A Figura 16 apresenta a coleta do material através do amostrador vertical de sedimentos, para posteriormente separação das camadas de interesse. Foram realizadas coletas compostas em duas profundidades, superficial e subsuperficial, sendo que a superficial abrange os primeiros 10 cm de sedimento, enquanto que, a subsuperficial contempla 30 cm após a camada superficial.

A Figura 17 mostra o depósito do material em bandejas para realização da amostra composta por profundidade, após a coleta do volume necessário, o material é acondicionado em frascos e/ou sacos para envio ao laboratório de análises.



Figura 16: Coleta de material sedimentar com amostrador vertical na lagoa de Piratininga.



Figura 17: Depósito do material em bandeja para composição da amostra composta para as duas camadas, superficial e subsuperficial.



Figura 18: Acomodação do material amostral em sacos ziplock com acompanhamento da equipe da Sisnate ao fundo.



Figura 19: Material coletado e identificado para envio ao laboratório.

As Figuras 18 e 19 apresentam a alocação da alíquota necessária em sacos do tipo ziplock devidamente identificado para envio ao laboratório de análises.

Os resultados do monitoramento são apresentados através da Tabela 8, a legislação brasileira não apresenta padrões de qualidade de sedimentos, entretanto, o monitoramento do sedimento é importante na análise do ambiente, pois retém parte dos possíveis poluentes da região, podendo inclusive fornecer um histórico da região ao analisar as camadas menos superficiais (CETESB, 2013).

Através da Tabela 8 é possível observar que alguns parâmetros apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação utilizado pelo laboratório, percebe-se que não foi possível quantificar em sua totalidade os valores para Cobre, Coliformes Totais, E. Coli e Fósforo Totais (Fosfatos).

A Tabela 9 apresenta os valores mínimos de quantificação para cada parâmetros analisados pelo laboratório.

Tabela 8: Valores dos parâmetros analisados para a qualidade do sedimento para as camadas superficial (10 cm) e subsuperficial (30 cm).

Ponto	Prof. (m)	Empresa e/ou Instituição	Data Coleta	COT (%)	Teor Matéria Orgânica (g/Kg)	Teor de Sólidos (%)	Teor de Umidade (%)	Chumbo (mg/kg)	Cobre (mg/Kg)	Coliformes Totais (NMP/g)	E. Coli (NMP/g)	Fósforo Total (fosfatos) (mg/Kg)	N. Kjeldahl (mg/Kg)	N. total (mg/Kg)	Sulfeto (Enxofre) (mg/Kg)	Zinco (mg/Kg)
Central	0.3	SISNATE	10/03/2022	7.305	5.5	32.12	67.88	462.557	< 0.725	20	<1.1	< 1.324	91.5	111.63	42.25	6.88
Central	0.1	SISNATE	10/03/2022	6.68	6.91	19.4	80.6	<0.106	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	124.8	152.25	< 4.0	3.85
P7	0.3	SISNATE	10/03/2022	6.4599	3.71	36.28	63.72	126.558	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	36.7	44.8	46.539	8.846
P7	0.1	SISNATE	10/03/2022	9.1017	3.8	18.18	81.82	154.628	< 0.725	20	<1.1	< 1.324	110.2	134.44	22.319	<1.209
P2	0.3	SISNATE	10/03/2022	7.0142	3.88	38.26	61.74	245.12	< 0.725	790	340	< 1.324	84.5	103.09	70.916	<1.209
P2	0.1	SISNATE	10/03/2022	8.0115	4.32	20.25	79.75	260.969	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	55.3	67.46	22.874	16.606
C2	0.3	SISNATE	10/03/2022	6.5995	8.06	29.31	70.69	600.623	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	< 2.3	< 2.0	74.99	7.855
C2	0.1	SISNATE	10/03/2022	8.0397	6.59	42.32	57.68	456.624	< 0.725	20	<1.1	< 1.324	98.8	120.53	45.516	1453.36
A1A	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	7.5369	4.47	34.17	65.83	243.559	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	7.5	9.2	58.972	45.86
A1A	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	5.3879	9.67	11.5	88.5	269.859	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	85.7	104.55	< 4.0	3.046
A1B	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	6.6147	5.05	31.43	68.57	190.432	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	< 2.3	< 2.0	33.398	< 1.209
A1B	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	10.181	3.2	28.51	71.49	219.348	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	114.1	139.2	< 4.0	14.056
A1C	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	7.1	3.6	29.44	70.56	173.659	< 0.725	20	<1.1	< 1.324	30.7	37.45	21.425	13.462
A1C	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	4.4427	6.62	29.05	70.95	195.021	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	83.2	101.5	< 4.0	< 1.209
C1	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	7.351	2.06	35.06	64.94	166.031	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	124.1	151.4	34.937	< 1.209
C1	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	4.9923	3.72	20.72	79.21	200.981	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	76.2	92.96	-	31.625
A2A	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	6.0858	6.39	47.69	52.31	97.03	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	36	43.9	< 4.0	19.053
A2A	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	4.5682	7.2	38.31	61.99	138.113	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	29.6	36.1	< 4.0	< 1.209
A2B	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	7.4852	7.64	18.18	81.82	124.609	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	88.7	108.21	< 4.0	8.772
A2B	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	7.6056	7	29.07	70.93	164.006	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	85.6	104.43	-	< 1.209
A2C	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	6.766	5.81	20.25	79.75	1246.93	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	103.3	126.02	< 4.0	16.496
A2C	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	4.0552	2.51	13.96	86.04	211.795	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	91.81	112.01	< 4.0	< 1.209
C2	0.3	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	6.4227	6.62	6.52	93.48	< 1.337	< 0.725	<1.1	<1.1	237.861	113.83	138.87	< 4.0	< 1.209
C2	0.1	UFF/BIOTECAM	10/03/2022	8.226	6.58	31.43	68.57	133.466	< 0.725	<1.1	<1.1	< 1.324	< 2.3	< 2.0	< 4.0	< 1.209

Obs: Valores com o símbolo (< - menor) indicam que a amostra apresentou valores abaixo do limite de quantificação do laboratório.

Tabela 9: Limites de quantificação pelo laboratório de análises por parâmetro.

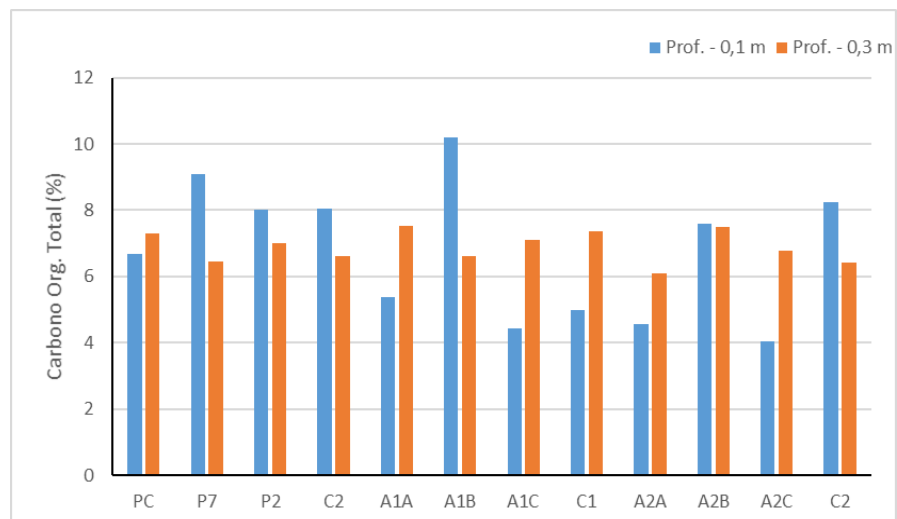
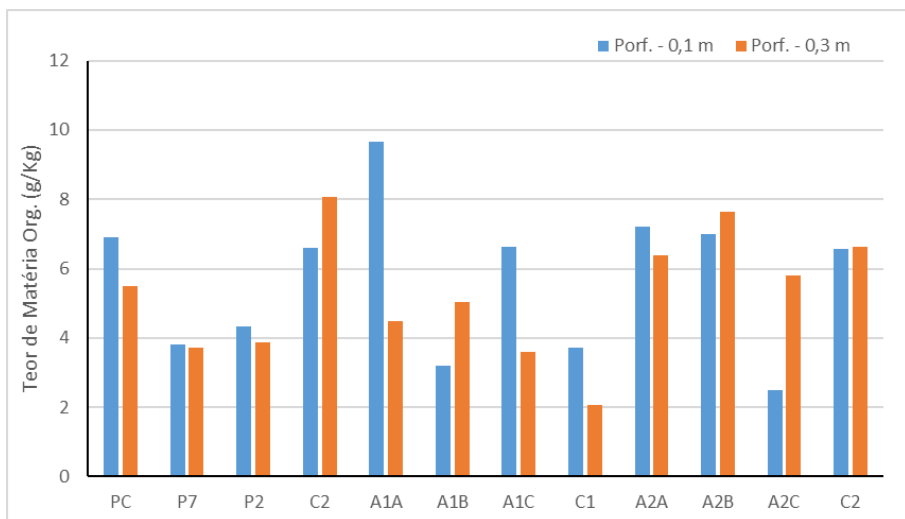
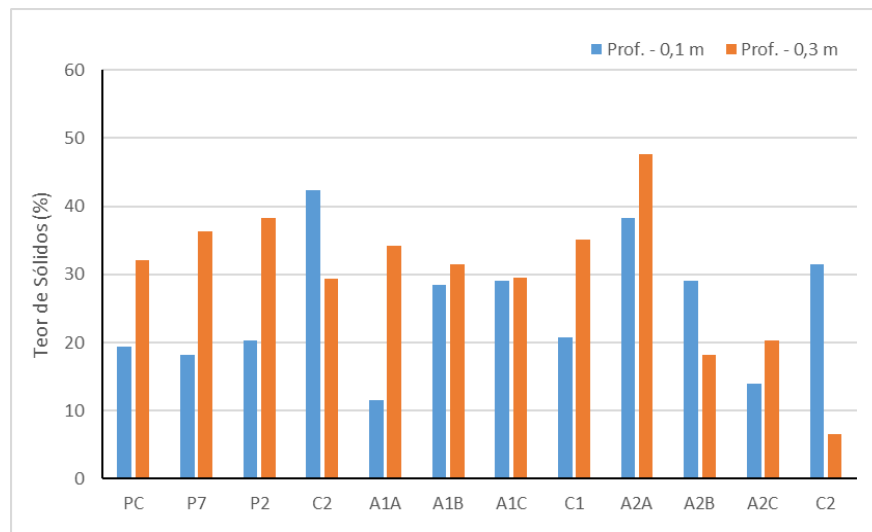
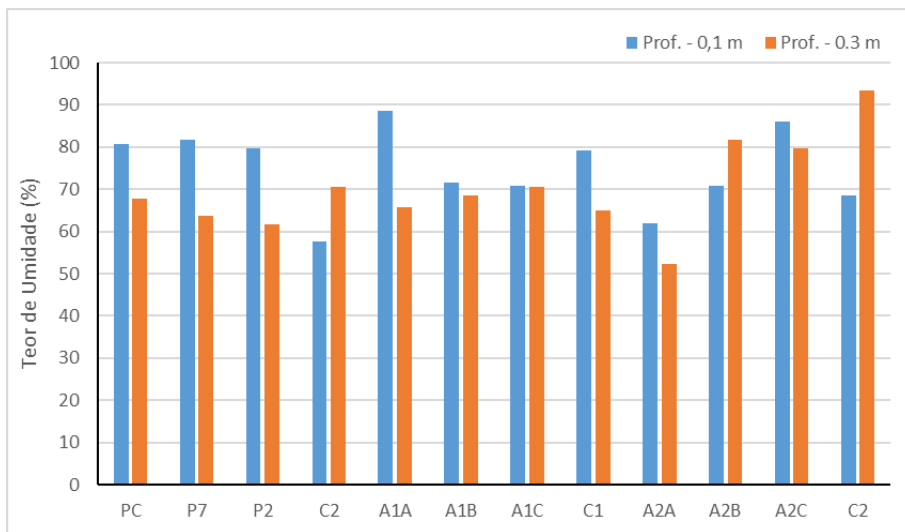
Parâmetro	Unidade	Limite de Quantificação
Carbono Orgânica Total	%	0,0005
Teor de Matéria Orgânica	g/Kg	1,00
Teor de Sólidos	%	0,01
Teor de Umidade	%	0,01
Chumbo	mg/Kg	1,337
Cobre	mg/Kg	0,725
Coliformes Totais	NMP/g	1,10
E. Coli	NMP/g	1,10
Fósforo Total (Fosfatos)	mg/Kg	1,324
Nitrogênio Kjeldahl	mg/Kg	2,30
Nitrogênio Total	mg/Kg	2,00
Sulfeto (Enxofre)	mg/Kg	4,00
Zinco	mg/Kg	1,209

Os parâmetros analisados serão apresentados através de representações gráficas por meio da Figura 20, e posteriormente serão comentados.

A capacidade do sedimento em armazenar água depende de diversos fatores, tais como textura, tipo de argila, estrutura e quantidade de matéria orgânica. Sedimentos arenosos e com pouca fração orgânica tem menor capacidade de armazenar água disponível, quando comparado aos sedimentos argilosos ou rico em húmus.

O sedimento apresentou teores elevados de umidade (%), principalmente na parte superficial (10 cm), apresentado em média 75% de umidade no sedimento, para a camada subsuperficial, os teores de umidade são menores, com valor médio de 70%.

De modo geral, os resultados apresentam teores elevados de umidade, indicando um grande potencial de dissolução de íons que pode acarretar em uma alta capacidade de troca iônica.



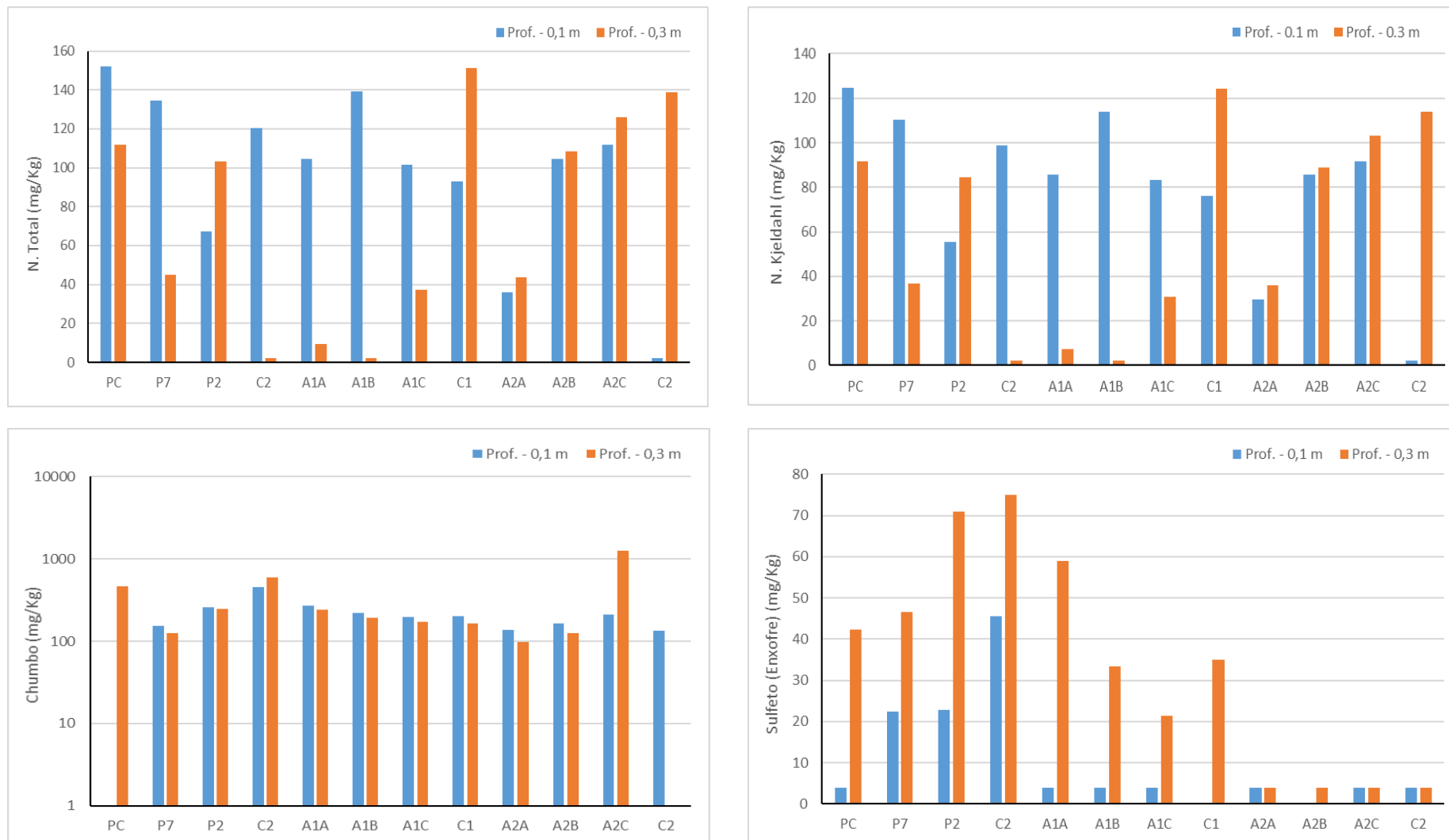


Figura 20: Representação gráfica do resultado dos parâmetros analisados na caracterização do sedimento para as duas profundidades.

O teor de sólidos está associado com o teor de umidade de um determinado sedimento, essas grandezas são inversamente proporcionais, locais com maiores teores de umidade, apresentam menores teores de sólidos. Os resultados indicam que a camada subsuperficial apresenta uma maior quantidade de sólidos, quando comparado com a camada superficial. Os valores médios do teor de sólidos são de 30% para a camada subsuperficial e 25% para a camada superficial.

Os sedimentos podem ser classificados como orgânicos e inorgânicos/mineral, dependendo do teor de matéria orgânica que a amostra apresenta, sedimentos com concentrações maiores que 10% de matéria orgânica é considerado como orgânico, e os sedimentos com teores menores de 10% são classificados como inorgânico/mineral (ESTEVES, 2011).

Os resultados do teor de matéria orgânica no sedimento demonstram pouca variabilidade entre os pontos e as profundidades, apresentando valores médios de 5% e 6%, para as camadas subsuperficial e superficial respectivamente, sendo ambas classificados como sedimento inorgânico/mineral. Segundo Esteves (2011) esse tipo de sedimento é característico de sistemas lagunares no Brasil.

As concentrações de Carbono Orgânico Total variaram de 4,0% a 10,1% para a camada superficial, com valor médio de 6,77%, para a camada subsuperficial os valores variaram de 6,0% a 7,5%, com valor médio de 6,90%. Esses valores refletem o indicativo da classificação do sedimento.

O carbono e o nitrogênio em suas formas orgânicas são os principais constituintes da matéria orgânica presente no sedimento, neste estudo foram determinadas as concentrações de Nitrogênio Total e de Nitrogênio Kjeldahl.

Os valores de Nitrogênio Total variaram de 36 mg/Kg até a 152 mg/Kg para a camada superficial, com valor médio de 106 mg/Kg. A camada subsuperficial apresentou concentrações menores, variando de 9,2 mg/Kg a 138,9 mg/Kg, com valor médio de 87,5 mg/Kg.

Para o Nitrogênio Kjeldahl, os valores da camada superficial variaram entre 29,6 mg/Kg e 124,8 mg/Kg, com valores médios de 86,9 mg/Kg. As concentrações obtidas

para a camada subsuperficial variaram de 7,5 mg/Kg a 124,1 mg/Kg, com valores médios de 71,7 mg/Kg.

A principal fonte natural de metais nas águas é proveniente do intemperismo químico de minerais e a lixiviação do solo, enquanto que as fontes antropogênicas estão associadas principalmente com efluentes industriais e domésticos, escoamento de águas pluviais urbanas, insumos agrícolas, etc.

As concentrações de chumbo observadas no monitoramento de ambas as camadas do sedimento apresentaram pouca variação entre os pontos, os valores observados para a camada superficial foram entre 133 mg/kg e 456 mg/kg, com valor médio de 219 mg/kg. Para a camada subsuperficial os valores ficaram entre 97 mg/Kg e 1.246 mg/kg, com valor médio de 334 mg/Kg, o valor de 1.246 mg/Kg pode ser considerado um ponto outline, pois foi o único ponto que o valor observado apresentou essas concentrações para as duas camadas.

As concentrações de Sulfetos (Enxofre) observadas no sedimento estavam presentes em sua maioria na camada subsuperficial, para a camada superficial, a maior parte dos pontos estiveram abaixo do limite de quantificação (4,00 mg/Kg) do método utilizado. Na camada subsuperficial as concentrações variaram de 21 mg/Kg a 74 mg/Kg, alguns pontos os valores observados estiveram abaixo do limite de quantificação do método, esses resultados podem estar relacionados com a disponibilidade de oxigênio nas camadas.

7.3. Monitoramento da Altitude Ortométrica da Camada de Lodo

A primeira campanha de monitoramento da altitude ortométrica da camada de lodo foi realizada pela Hydrosience no dia 12/02/2022 entre as 8:00h e 18:00h, na lagoa de Piratininga, com a presença da equipe da empresa Sisnate, de colaboradores da UFF/Biotecam e da Prefeitura Municipal de Niterói.

A medição da altitude ortométrica da camada de lodo ocorreu seguindo a metodologia apresentada no tópico 6.3 – Subprograma de Monitoramento para

Avaliação da Camada de Lodo através da Medição da Altitude Ortométrica do Fundo Lagunar.

O Objetivo principal do presente trabalho é determinar a variação da altura da camada de lodo do fundo lagunar nas áreas experimentais. Para isso, foram instalados marcos fixos constituídos de estacas de madeira firmemente fixadas no leito da lagoa.

Com o auxílio do sistema GPS de precisão (R1 e R2) determinou-se a cota verdadeira da camada de lodo presente no fundo lagunar junto ao marco instalado. Para tanto, a base dos levantamentos foi o marco altimétrico de primeira ordem do IBGE, identificado como 3339V (Relatório de Estações Geodésica).

A cota verdadeira da camada do lodo em cada ponto foi determinada com base nos marcos previamente instalados, com o auxílio do sistema GPS de precisão (R2), determinou-se a altitude verdadeira da parte superior de cada estaca instalada. A partir dessas informações, e com o auxílio do disco de Secchi, determinou-se o início da camada de lodo.

A Figura 21 apresenta a localização do Marco base utilizado como ponto de referência.



Figura 21: Definição do Marco base utilizado como referência.

A Figura 22 apresenta a aferição da altitude utilizando a antena GNSS pela equipe da Hydrosience.



Figura 22: Aferição da altitude da camada de lodo na estaca no ponto de monitoramento em relação ao Marco.

A Figura 23 apresenta a aferição da altitude da camada de lodo com o a antena GNSS próximo à área experimental da Sisnate.



Figura 23: Aferição da altitude ortométrica do fundo lagunar com auxílio da estaca e da antena GNSS.

A altitude ortométrica da camada de lodo é obtida através da soma da posição altimétrica do topo da estaca com a medida aferida com o disco de Secchi do topo da estaca até o início da camada de lodo.

A Tabela 10 apresenta as coordenadas dos pontos que foram realizadas a medição da altura ortométrica da camada de lodo do fundo lagunar.

A Figura 24 apresenta a localização dos pontos monitorados. A Figura 25 apresenta a ilustração dos resultados obtidos através da aferição da altitude da camada de lodo na lagoa de Piratininga, em relação ao nível da água do mar.

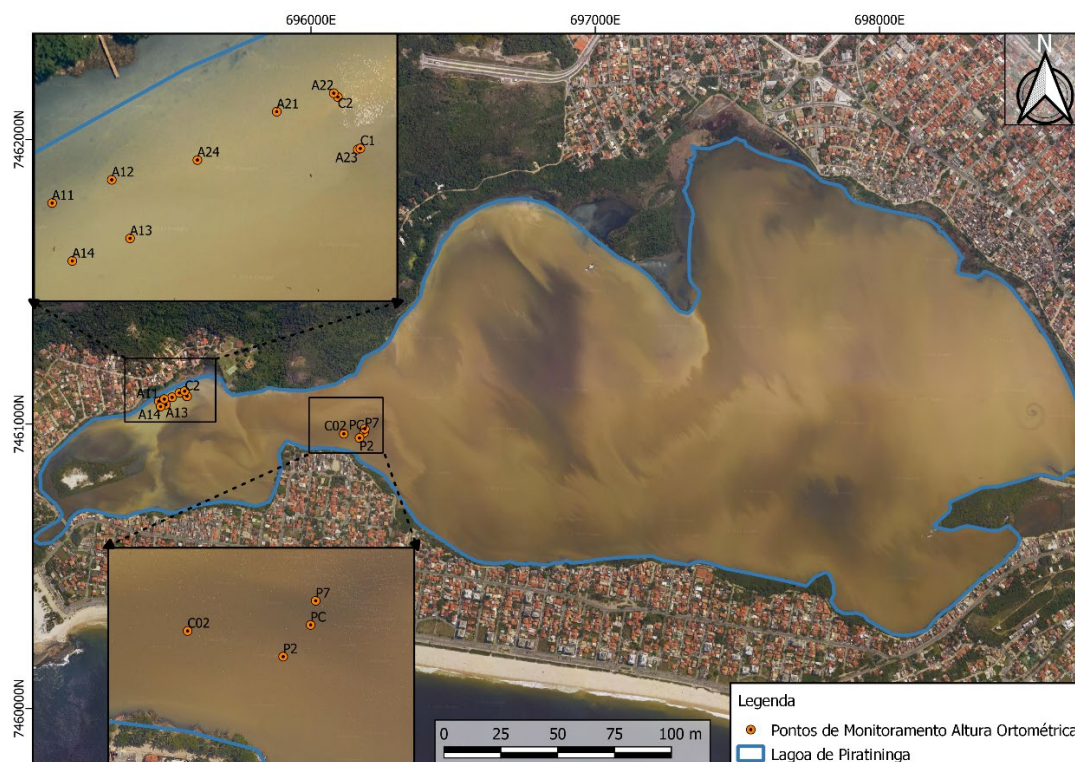


Figura 24: Localização dos pontos de monitoramento da altitude ortométrica do fundo lagunar.

Tabela 10: Grade de coordenadas UTM, e elevação do fundo lagunar em relação ao nível do mar do marco do IBGE.

Nome	Grade Norte (m)	Grade Leste (m)	Elevação (Datum)	Elevação Fundo Lagunar (m)
A11	7461080.187	695464.485	6.302	0.284
A12	7461087.663	695483.709	6.264	0.245
A13	7461068.847	695489.655	6.23	0.212
A14	7461061.457	695470.958	6.284	0.266
A21	7461109.693	695537.03	6.089	0.07
A22	7461115.718	695555.505	5.982	-0.037
A23	7461097.489	695563.25	4.387	-0.01
A24	7461094.093	695511.418	6.055	0.037
C1	7461097.802	695564.082	6.147	0.129
C2	7461114.474	695556.834	6.91	0.061
P2	7460951.288	696170.608	5.981	-0.04
P7	7460983.548	696189.336	6.003	-0.018
PC	7460969.586	696186.442	5.816	-0.205
C02	7460966.06	696115.412	5.928	-0.093

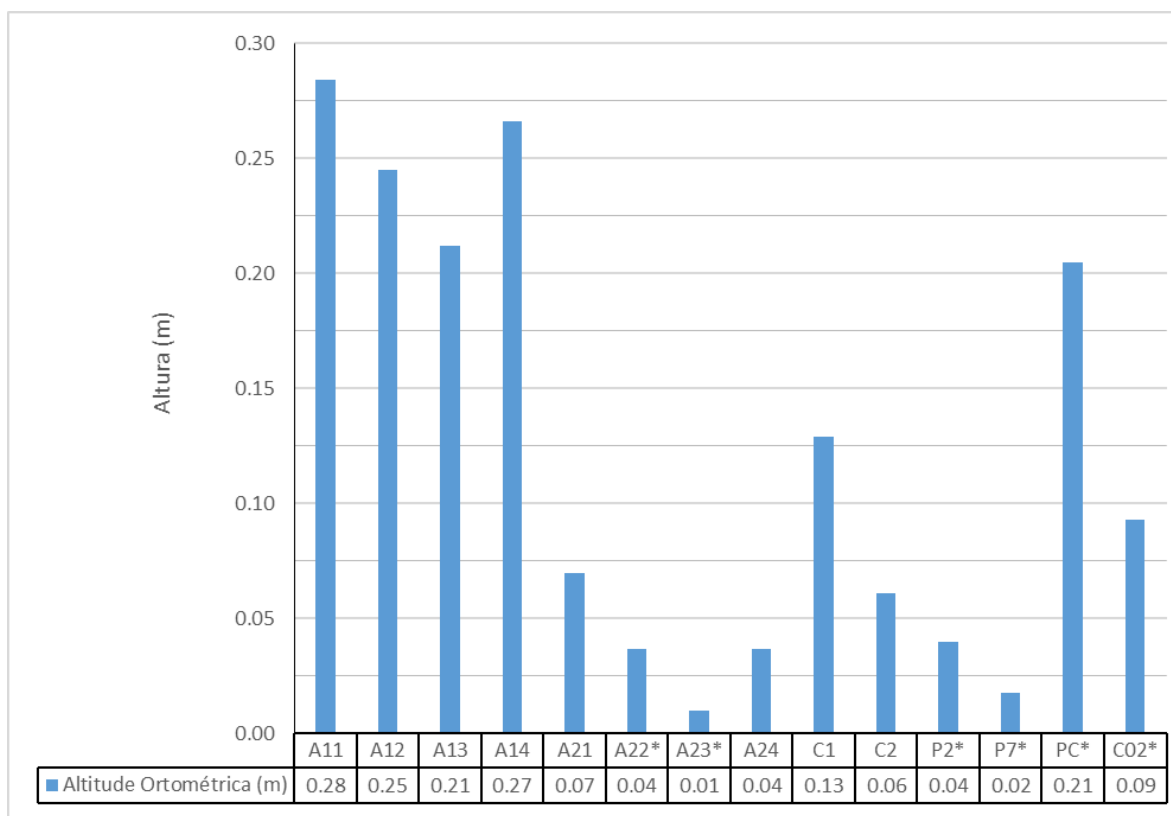


Figura 25: Representação gráfica da altitude ortométrica do fundo lagunar nos pontos de monitoramento na lagoa de Piratininga/RJ.

OBS: Os pontos com (*) foram multiplicados por (-1) para melhor representação e visualização.

Os resultados obtidos a partir das medições realizadas na 1ª campanha serão comparados com os valores medidos na 2ª e 3ª campanha, os quais apresentam como ponto fixo a estaca auxiliar, através dela será realizada a medição com relação ao marco conhecido e a antena GNSS, verificando a variação de nível a partir de pontos conhecidos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLISH HEALTH ASSOCIATION, 2017. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23th ed, Washington.
- ANA - Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. 2013. 432p. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005
- CETESB (Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão...[et al.] São Paulo, CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- CETESB (Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo). **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012** [recurso eletrônico] / CETESB. – São Paulo: CETESB, 2013. 370p.
- CETESB (São Paulo) **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017** [recurso eletrônico] /CETESB; Coordenação geral Maria Helena R.B. Martins ;Coordenação técnica Nelson Menegon Jr., Marta Condé Lamparelli, Fábio Netto Moreno ; Coordenação cartográfica Carmen Lúcia V. Midaglia ; Equipe técnica Cláudio Roberto Palombo ... [et al.] ; Colaboradores Gisela de Assis Martini ... [et al.]. – São Paulo : CETESB, 2018. 1 arquivo de texto (301 p.) : il. color., PDF ; 37 MB. - - (Série Relatórios /CETESB, ISSN 0103-4103)
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F.. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2013. 350p. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2013.
- DUTRA de Andrade, J. J. **Evolução ambiental das lagoas de Piratininga e Itaipu, determinação da linha de base e mapas de enchente nos seus entornos**. Dissertação de Mestrado, 2017. Universidade Federal Fluminense. Pós Graduação em Dinâmica da Terra e dos Oceanos (DOT).
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia** / Francisco de Assis Esteves (coordenador). – 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.
- FONTENELLE, T.H; CORREÂ, W.B. 2014. **Impactos da Urbanização no Espelho D'água dos Sistemas Lagunares de Itaipu e de Piratininga, Niterói (RJ), Entre 1976 e 2011**. Boletim de Geografia, v. 32, n.2, p. 150-157.

- FULHAGE, C., A. Schmidt, and J. Lory. 2005. **Long Term Sludge and Nutrient Accumulation in Swine Lagoons – A Case Study**. 2005 Animal Waste Management Symposium. North Carolina State University Animal and Poultry Waste Management Center. Raleigh, North Carolina. October 5-7, 2005.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br> >.
- INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1ª Edição, Brasília, 2013. 37 p.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água** / Marcelo Libânio – Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 3ª ed.
- MORGAN, D. **Application of Sonar for the Measurement of Sludge Heights in Wastewater Stabilization Ponds**. 2010. Bachelor degree Dissertation. University of Western Australia. 50 p.
- PROJCONSULT, Engenharia de projetos LTDA. **Projeto Básico de Revitalização e Recuperação Ambiental do Complexo Lagunar Piratininga / Itaipu, Município de Niterói – RJ**. Produto 15: Relatório final do projeto. 37p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012. 2ª reimpressão, 2018. 472p.