



**PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, DA QUALIDADE DO  
SEDIMENTO E DA ALTURA DA CAMADA DE LODO DURANTE A REALIZAÇÃO DOS  
EXPERIMENTOS PARA A REDUÇÃO DO LODO DA LAGOA DE PIRATININGA**



**HYDRO**  
SCIENCE

**PORTO ALEGRE, FEVEREIRO DE 2022.**

**PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, DA QUALIDADE  
DO SEDIMENTO E DA ALTURA DA CAMADA DE LODO DURANTE A  
REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS PARA A REDUÇÃO DO LODO DA  
LAGOA DE PIRATININGA**

*Preparado para:*  
**SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE NITERÓI**  
**SMARHS**  
Niterói – RJ


*Preparado por:*  
**HYDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL**  
Porto Alegre, RS

**Distribuição:**

01 cópia *Secretaria de Meio Ambiente de Niterói*  
01 cópia *Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental Eireli*

Mês/Ano	Documento
Fevereiro/2022	RE_PLANO DE MONITORAMENTO_V05

**Controle de Produção do Documento**

Profissional	Qualificação	Registro Profissional	Assinatura
<b>Tiago Finkler Ferreira</b>	Biólogo Ms. Dr. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental	CRBIO RS 41024	

**Dados da empresa**

**Razão Social:** Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental Ltda

**Nome Fantasia:** HYDROSCIENCE

**CNPJ:** 01.486.607/0001-96

**Endereço:** Rua Joaquim Nabuco 15 conj. 304, CEP 90050-340, Porto Alegre- RS

**Fone:** (0xx- 48) 3024-5208

**E-mail para contato:** [contato@hydroscience.com.br](mailto:contato@hydroscience.com.br)

As informações contidas neste documento e nos arquivos anexados são de propriedade exclusiva da Hydroscience e podem conter assuntos comerciais, de propriedade intelectual ou outras informações confidenciais, protegidas pelas leis aplicáveis.

## **PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, DA QUALIDADE DO SEDIMENTO E DA ALTURA DA CAMADA DE LODO DURANTE A REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS PARA A REDUÇÃO DO LODO DA LAGOA DE PIRATININGA**

### **SUMÁRIO**

1.	Apresentação .....	4
2.	Objetivos.....	4
3.	Metodologias .....	5
I.	Subprograma de monitoramento da qualidade da água.....	8
II.	Subprograma de monitoramento da qualidade do sedimento .....	10
III.	Subprograma de monitoramento para a avaliação da camada de lodo através da medição da altitude ortométrica do fundo lagunar .....	12
4.	Cronograma de atividades .....	16
5.	Referências Bibliográficas .....	17
6.	Anexos.....	17



## 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 **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 DO LODO DA LAGOA DE PIRATININGA**, referente a tomada de preço N° 001/2021, cujo objeto é a “Realização do monitoramento da qualidade da água, da qualidade do sedimento e da altura da camada de lodo da lagoa de Piratininga antes, durante e depois da execução dos experimentos que aplicarão tecnologias inovadoras para a redução da camada de lodo da lagoa de Piratininga”.

Este plano foi elaborado com base no disposto do Termo de Referência da TP N° 001/2021 para a contratação do monitoramento ambiental durante os experimentos para redução do lodo da lagoa de Piratininga e visa a obtenção da LICENÇA AMBIENTAL para a realização dos estudos.

## 2. Objetivos

Conforme o disposto no TR N° 001/2021, e visando o atendimento do objeto proposto, os objetivos para o monitoramento da lagoa de Piratininga em função da aplicação dos experimentos são:

- I. Avaliar a qualidade da água nos locais onde serão realizados os experimentos de aplicação de tecnologia inovadora;
- II. Avaliar a coluna sedimentar em relação ao tamanho de sua camada e qualidade desta nos locais onde serão realizados os experimentos de aplicação de tecnologia inovadora;
- III. Avaliar a eficiência dos experimentos a partir das amostragens supracitadas.

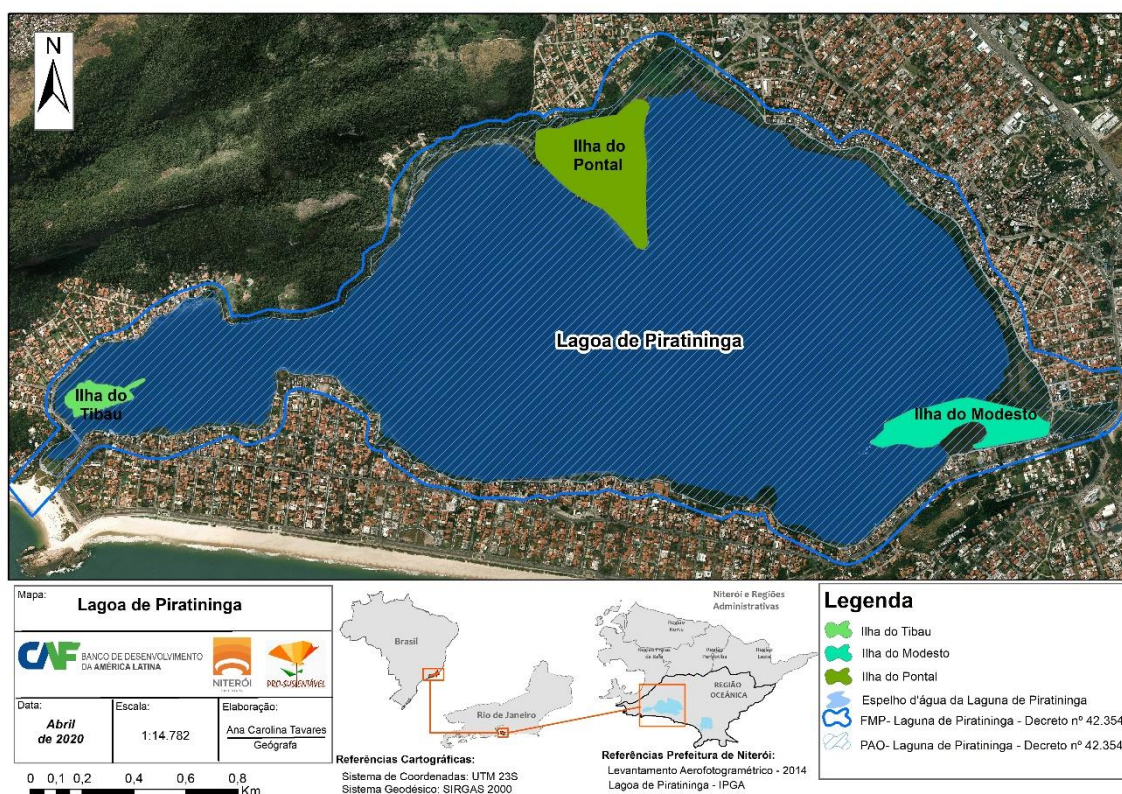
Para atendimento dos objetivos propostos os serviços contratados contemplam a coleta e análise de água e sedimento da lagoa, bem como o levantamento da espessura da camada de lodo. A seguir, no Item 3., constam explicitadas as metodologias propostas

que serão utilizadas na execução dos estudos.

### 3. Metodologias

Para avaliação dos objetivos propostos o programa de monitoramento da lagoa de Piratininga (Figura 1) 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.**

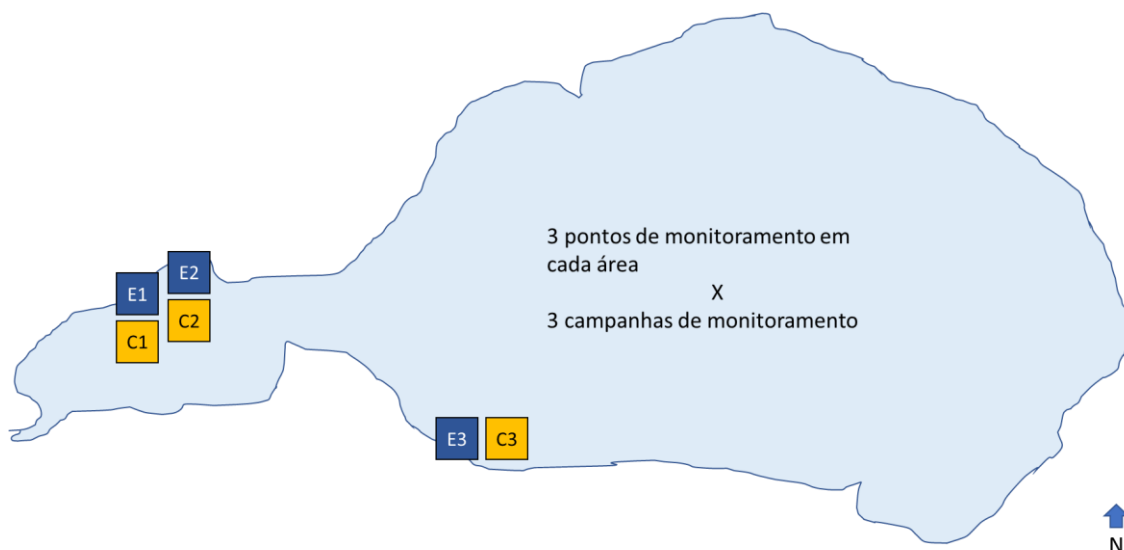
**Figura 1 – Lagoa de Piratininga, localizada na região Oceânica de Niterói. Fonte: TR TP N° 001/2021.**



O monitoramento ocorrerá em três áreas de tratamento que foram definidas pelas partes que irão realizar os experimentos. Em cada uma dessas áreas será realizada a amostragem de três pontos de monitoramento, totalizando nove pontos amostrais na área dos experimentos. Em complementação, foram definidas três áreas de controle que serão monitoradas, sendo em cada área controle monitorados três pontos. Ao final de uma campanha de monitoramento serão obtidas 18 amostras para avaliação da qualidade da água e 36 amostras de sedimento, visto que as amostras serão coletadas

em duas profundidades distintas (superfície e subsuperfície). A área de amostragem do Experimento E3 e Controle C3, ainda será definida. A representação esquemática do desenho amostral é mostrada na Figura 2.

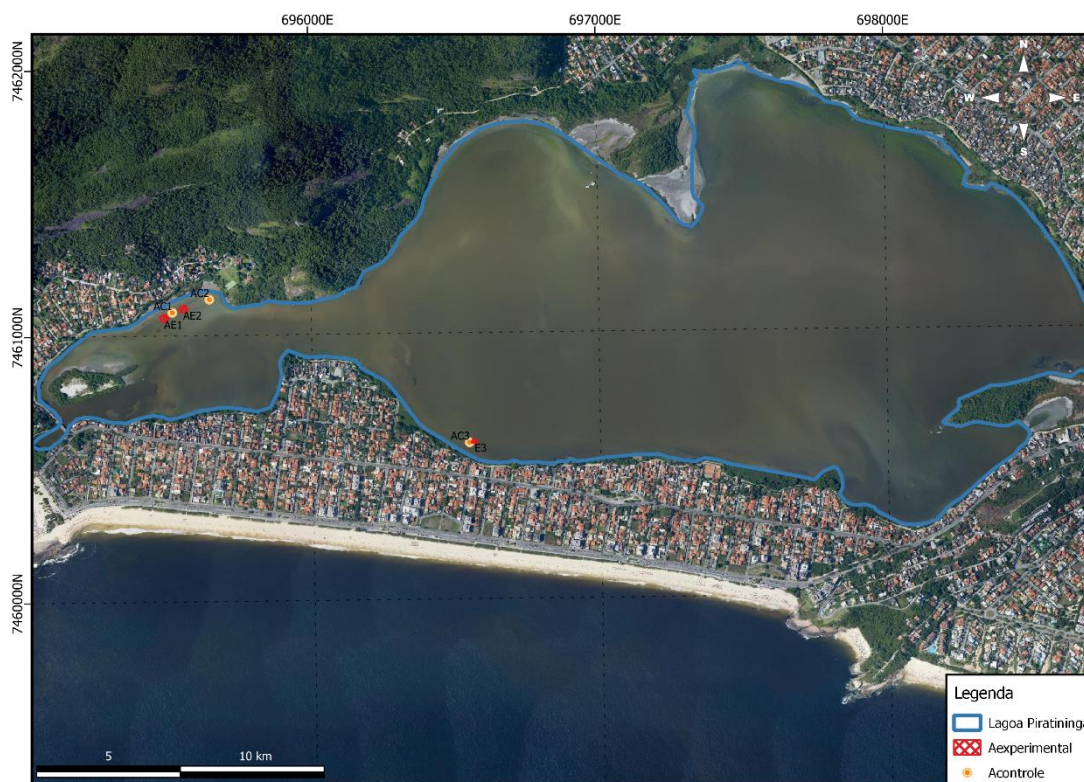
**Figura 2 - Representação esquemática do desenho amostral do monitoramento na lagoa de Piratininga. A localização das áreas é meramente ilustrativa.**



A Figura 3 apresenta a localização das áreas experimentais e de controle do monitoramento que será realizado na lagoa de Piratininga. Com relação a análise de metais, tanto na água quanto no sedimento, as coletas serão realizadas apenas em duas campanhas, sendo a primeira antes da realização dos testes, e a segunda ao final dos experimentos.



**Figura 3 – Localização das áreas experimentais e de controle do monitoramento da lagoa de Piratininga.**



A obtenção das amostras será realizada por meio da utilização de um barco de alumínio de pequeno porte e de baixo calado, com motor de popa do tipo rabeta, para acessar áreas com profundidades mais baixas (Figura 4).

As amostras serão coletadas no mesmo dia e em horários próximos com a mesma metodologia em cada ponto amostral pela empresa Hydrosience, sendo que uma alíquota será entregue para cada empresa/instituição que estará executando os experimentos. Para tal, cada empresa deverá fornecer a frascaria necessária para o acondicionamento das amostras, sendo a mesma a responsável pelo correto acondicionamento do material coletado. As amostragens serão realizadas sempre na presença da empresa/instituição que está executando o experimento.

**Figura 4 – Embarcação que será utilizada no monitoramento.**



O detalhamento dos subprogramas de monitoramento é apresentado a seguir.

#### **I. Subprograma de monitoramento da qualidade da água**

Para avaliação da qualidade da água na área onde serão realizados os experimentos, as amostras serão 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)**, **transparência da coluna da água (m)**, **salinidade (ppt)** e **oxigênio dissolvido (mg/L)**. A determinação desses parâmetros será realizada por meio de uma sonda multiparamétrica (HOBIBA U-50) e turbidímetro digital (TU430) (Figura 5 – A e B). Os resultados de transparência da coluna da água serão obtidos através de um disco de secchi (Figura 5 – C). Em laboratório, serão 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), **nitrato** (mg/L), **nitrito** (mg/L) e **sulfeto** (mg/L). Na Tabela 1 estão sumarizados os parâmetros monitorados com indicação da metodologia de referência a ser aplicada. As análises serão 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.

**Figura 5 – A) Sonda multiparamétrica HORIBA; B) Turbidímetro digital; e C) Disco de secchi.**



**Tabela 1 – Parâmetros monitorados para avaliação da qualidade da água da lagoa de Piratininga.**

Parâmetro	Unidade	Método de Referência
Amônia	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NH3 B e NH3 D
Carbono Orgânico Total	mg/L	Farmacopeia Brasileira, 6ª edição
Coliformes Totais	NMP/100mL	SMEWW, 23ª Ed – 9223-B
DBO	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 5210-B
DQO	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 5220-D
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SMEWW, 23ª Ed – 9223-B
Fósforo Total	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 4500-P B e E
Fósforo Dissolvido	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 4500-P B e E
Cádmio	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Cd
Chumbo	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Pb A
Cobre	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Cu A
Níquel	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Ni
Zinco	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Zn A
Nitrato	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NO3 E
Nitrito	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 4500-NO2 B
Sulfeto	mg/L	SMEWW, 23ª Ed – 4500-S-2 e 4500-S2-F

Após a realização das coletas as amostras serão acondicionadas em frascos apropriados e identificados. O laboratório responsável pela execução das análises será 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 será armazenado em caixas térmicas resfriadas com gelo e no final do período de coleta as amostras serão enviadas para análise, respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

## II. Subprograma de monitoramento da qualidade do sedimento

Para avaliação da qualidade do sedimento na área onde serão realizados os experimentos, as amostras serão 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, serão 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;

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)**, **nitrogênio total (mg/kg)**, **teor de umidade (%)** e **matéria orgânica (%)**. Na Tabela 2 estão sumarizados os parâmetros monitorados com indicação da metodologia de referência a ser aplicada. As análises serão 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.

Figura 6 – Amostrador *Gravity Corer* utilizado para amostragem de sedimentos.



Tabela 2 – Parâmetros monitorados para avaliação da qualidade do sedimento da lagoa de Piratininga.

Parâmetro	Unidade	Método de Referência
Carbono Orgânico Total	%	Farmacopeia Brasileira, 6ª edição
Coliformes Totais	NMP/100mL	SMEWW 23ª Ed. 9223 B
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SMEWW 23ª Ed. 9221 B
Fósforo Total	mg/Kg	SMEWW 23ª Ed. 4500 P B e E
Chumbo	mg/Kg	EPA 3051A:2007
Cobre	mg/Kg	EPA 3051A:2007
Zinco	mg/Kg	EPA 3051A:2007
Sulfeto	mg/Kg	SMEWW 23ª Ed. 4500-S-2 C e F
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/Kg	SMEWW 23ª Ed. 4500-Norg C
Nitrogênio Total	mg/kg	SMEWW 23ª Ed. 4500-N A
Teor de Umidade	%	ASTM D2216-19
Matéria orgânica total	%	ABNT NBR 13600: 1996

Após a realização das coletas as amostras serão acondicionadas em frascos apropriados e identificados. O laboratório responsável pela execução das análises será



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 será armazenado em caixas térmicas resfriadas com gelo e no final do período de coleta as amostras serão enviadas para análise, respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

### **III. Subprograma de monitoramento para a avaliação da camada de lodo através da medição da altitude ortométrica do fundo lagunar**

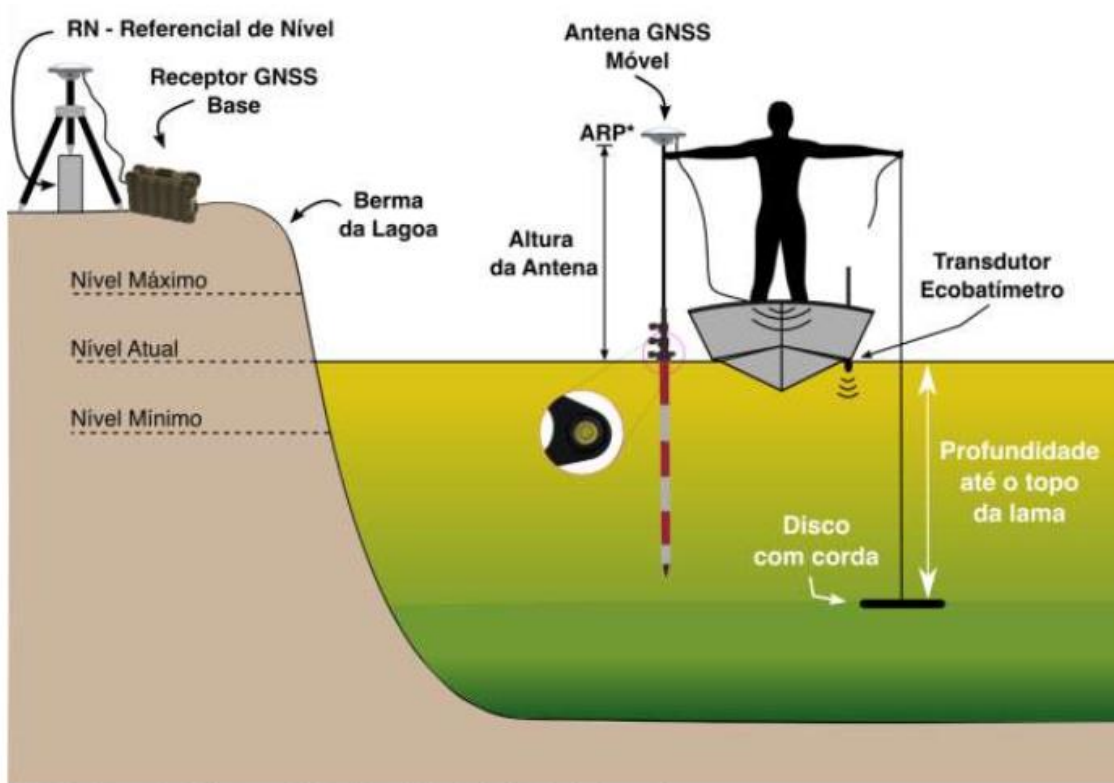
Para medição da altitude ortométrica, em cada uma das áreas, do fundo lagunar será utilizada a seguinte metodologia: (1) a bordo de uma embarcação, um disco com corda servirá para a determinação da profundidade, (no momento da medição), do topo da camada de lodo; (2) a altimetria do topo da lama será definida precisamente utilizando Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS – *Global Navigation Satellite System*). Para realização das medições, serão 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. Serão utilizados acessórios básicos como tripé e bastão com nível para garantir a precisão na aquisição dos dados. Na Embarcação será 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 será aferida por receptores GNSS geodésicos (de dupla frequência – L1/L2) que garantirá precisão centimétrica tanto para o posicionamento com para a altimetria, ambas relacionadas ao topo da camada de lama. Para tal, será 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,

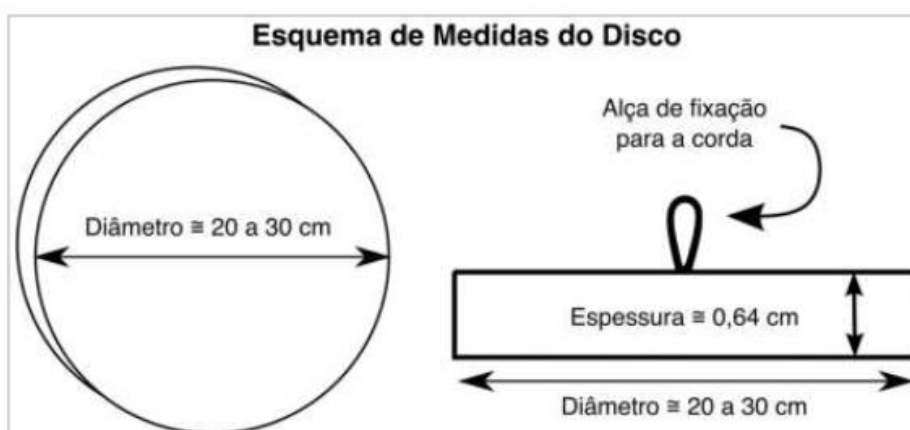
e o outro, é posicionado sobre o ponto de coleta (INCRA, 2013).

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



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

**Figura 8 – Medidas para confecção do disco.**



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

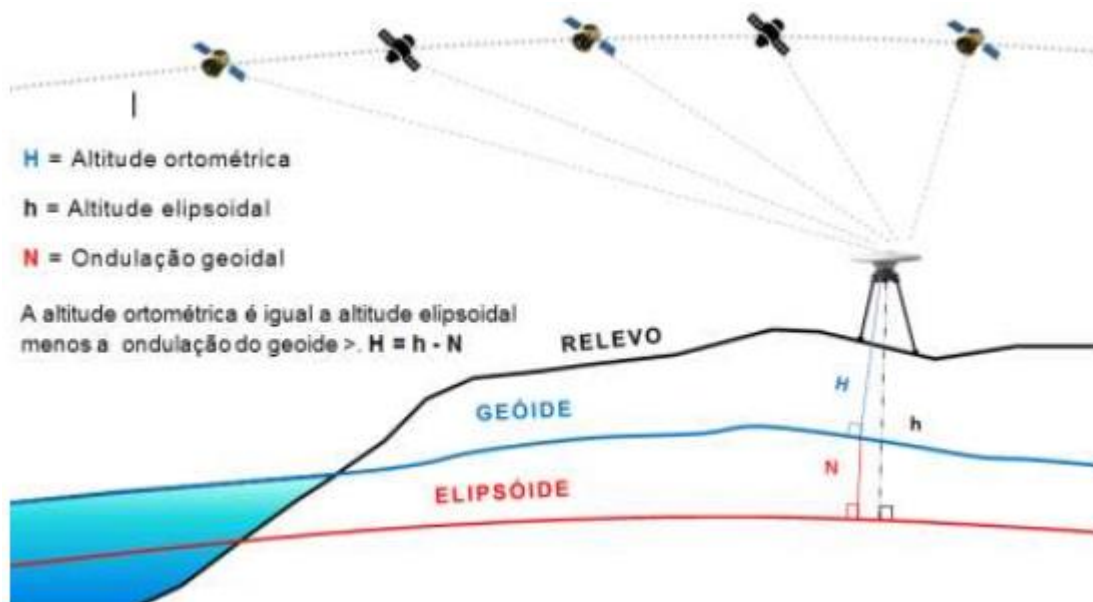
### **Detalhes do processamento dos dados oriundos de receptores GNSS**

Após os levantamentos, todos os dados relativos ao GNSS serão pós processados, para a obtenção de dados acurados, onde serão 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 serão 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 (Dilution of Precision) inferior a 2. Como as condições ambientais tem grande influencia na precisão final dos dados, os valores de precisão supracitados podem chegar à casa centimétrica. Os dados serão referenciados ao elipsoide de referência (GRS80 – Geodetic Reference System 1980), adotado pelo sistema de Referência Geocentrico 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).



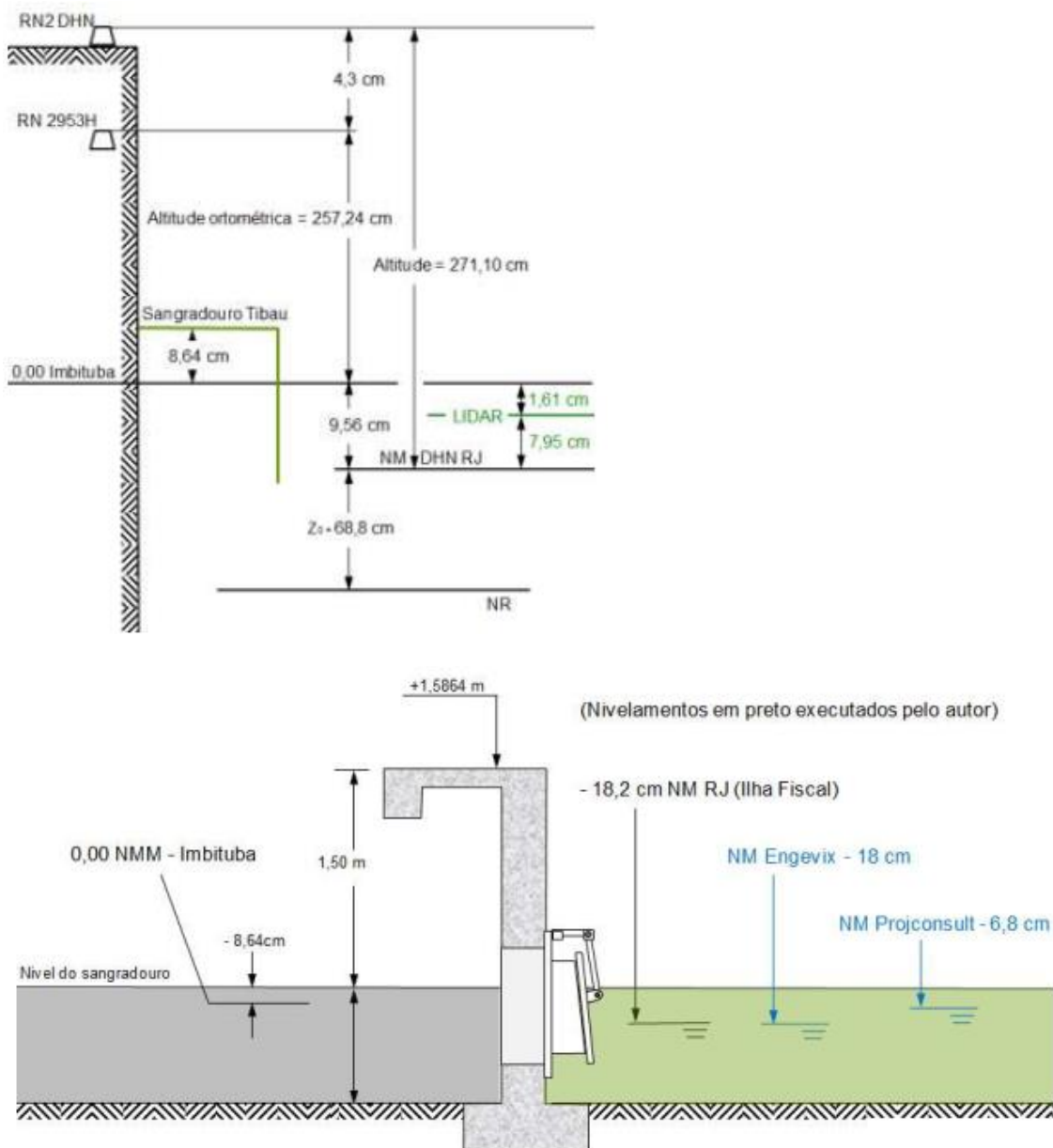
Figura 9 – Relação entre Elipsoide, Geoide e o relevo local.



Os dados de ondulação geoidal para transformação de altitudes elipsoidais em altitude ortométricas (vinculadas ao geóide) podem ser obtidas através do modelo MAPGEO, fornecido pelo IBGE, através de um programa (MAPGE 2015) ou através do processamento online, 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, durante os trabalhos de Dutra e Andrade (2017) serão usados 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 referencias de nível comumente utilizadas.

**Figura 10 – Relações de altitude entre os principais níveis de referência e aquales obtidos na lagoa de Piratininga. (Dutra de Andrade, 2017).**



#### 4. Cronograma de atividades

Os serviços de monitoramento na lagoa de Piratininga serão executados em um período de 180 dias.

A data de execução da primeira campanha, assim como as demais, será discutida com a CONTRATANTE, porém, para fins de cronograma, segue abaixo, na Tabela 4, os períodos de desenvolvimento das atividades do monitoramento da lagoa de Piratininga.

**Tabela 4 – Cronograma de atividades para a realização do monitoramento da lagoa de Piratininga.**

Atividade	Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06
Plano de amostragem	X					
Relatório Mensal de Andamento	X		X	X	X	X
Medição da altitude ortométrica	X		X			X
Relatório Final						X

## 5. Referências Bibliográficas

- AMERICAN PUBLISH HEALTH ASSOCIATION, 2017. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23th ed, Washington.
- 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.
- 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).
- 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
- INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1ª Edição, Brasília, 2013. 37 p.
- 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.

## 6. Anexos

- Certificado de credenciamento do laboratório junto ao órgão ambiental;