



## PLANO DE MONITORAMENTO DO SISTEMA LAGUNAR PIRATININGA-ITAIPU

CONTRATO SEXEC N° 07/2018 - ELABORAÇÃO DE ESTUDOS  
PARA ANÁLISE DA CONDIÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA  
PERILAGUNAR PIRATININGA-ITAIPU – NITERÓI



**HYDRO**  
SCIENCE

PORTO ALEGRE, ABRIL DE 2021.

## PLANO DE MONITORAMENTO DO SISTEMA LAGUNAR PIRATININGA- ITAIPU

*Preparado para:*  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI - RJ**  
**SECRETARIA EXECUTIVA**  
Niterói – RJ

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

**Distribuição:**

01 cópia *Prefeitura Municipal de Niterói – RJ*

01 cópia *Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental Eireli*

Mês/Ano	Documento
Abril/2021	RE_PLANO-MONITORAMENTO_V04

**Controle de Produção do Documento**

	<b>Profissional</b>	<b>Qualificação</b>	<b>Registro Profissional</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Rubrica</b>
Elaborado	Tiago Finkler Ferreira	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- 51) 3062-7549, fax (0xx- 51) 3224 2946
E-mail para contato: <a href="mailto:contato@hydroscience.com.br">contato@hydroscience.com.br</a> ; <a href="mailto:contato@phoslock.com.br">contato@phoslock.com.br</a>

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 DO SISTEMA LAGUNAR PIRATININGA- ITAIPU

### SUMÁRIO

1.	Apresentação .....	5
2.	Caracterização do sistema .....	6
3.	Programa de Monitoramento Ambiental Continuado .....	8
3.1	Subprograma de Monitoramento do Complexo Lagunar Piratininga-Itaipu .....	8
3.1.1	Monitoramento in situ de alta frequência .....	8
3.1.1.1	Estações de medição da qualidade da água de alta frequência .....	9
3.1.1.2	Estações para medição de nível da água .....	11
3.1.2	Monitoramento mensal .....	12
3.1.2.1	Cianobactérias .....	14
3.1.2.2	Índice do Estado Trófico (IET) .....	15
3.1.3	Monitoramento trimestral .....	16
3.1.3.1	Variáveis físico-químicas .....	16
3.1.3.2	Comunidades biológicas .....	17
a)	Comunidades planctônicas .....	18
b)	Comunidade bentônica - macroinvertebrados .....	20
c)	Ictiofauna e Carcinofauna .....	21
d)	Avifauna .....	25
e)	Herpetofauna .....	26
3.2	Subprograma de monitoramento das bacias contribuintes .....	29
3.2.1	Monitoramento Quantitativo - hidrometeorológico .....	29
3.2.2	Monitoramento Qualitativo .....	32
a)	Monitoramento in situ .....	34
b)	Análises laboratoriais .....	34
3.2.3	Monitoramento de efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto .....	35
a)	Monitoramento in situ .....	38
b)	Análises laboratoriais .....	38
4.	Programa de Monitoramento das Atividades de Recuperação do Sistema .....	39
4.1	Subprograma de monitoramento ambiental das atividades de desobstrução do Túnel do Tibau .....	41
4.1.1	Qualidade da Água .....	42
4.1.2	Monitoramento da biota planctônica .....	44
4.1.2.1	Fitoplâncton .....	44

4.1.2.2	Zooplâncton.....	45
4.1.2.3	Ictioplâncton .....	45
4.2	Subprograma de controle da qualidade de água da Lagoa de Piratininga durante a implantação dos Alagados Construídos.....	45
4.3	Subprograma de controle e regularização de ligações clandestinas de esgoto.....	48
4.4	Subprograma de monitoramento das obras de dragagem .....	49
4.4.1	Qualidade da água .....	52
4.4.1.1	Cianobactérias.....	54
4.4.2	Qualidade dos sedimentos.....	55
4.4.3	Ensaio de Ecotoxicidade .....	56
4.4.4	Monitoramento topobatimétrico do Canal de Itaipu .....	57
4.5	Subprograma de monitoramento de remediação <i>in situ</i> .....	58
4.5.1	Monitoramento da Qualidade da Água.....	58
4.5.1.2	Densidades de Cianobactérias .....	61
4.5.2	Monitoramento da Qualidade do Sedimento.....	62
5.	Referências Bibliográficas.....	63
6.	Anexos.....	65
6.1	Monitoramento Participativo.....	65
6.1.1	Criação de rede de monitoramento participativo .....	66
6.2	Custos.....	67

## 1. Apresentação

A empresa HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI, com sede à Rua Joaquim Nabuco nº 115/304, Bairro Cidade Baixa, CEP 90050-340 em Porto Alegre – RS, vem por meio deste, apresentar o **PLANO DE MONITORAMENTO DO SISTEMA LAGUNAR PIRATININGA-ITAIPU**, referente ao contrato SEXEC nº 07/2018, cujo objeto é a execução dos “Estudos para Análise da Condição Ambiental do Sistema Lagunar Piratininga-Itaipu e Proposição das Ações necessárias à melhoria da sua dinâmica ambiental e hídrica, bem como a redução do aporte de nutrientes às lagoas, visando aos usos múltiplos”.

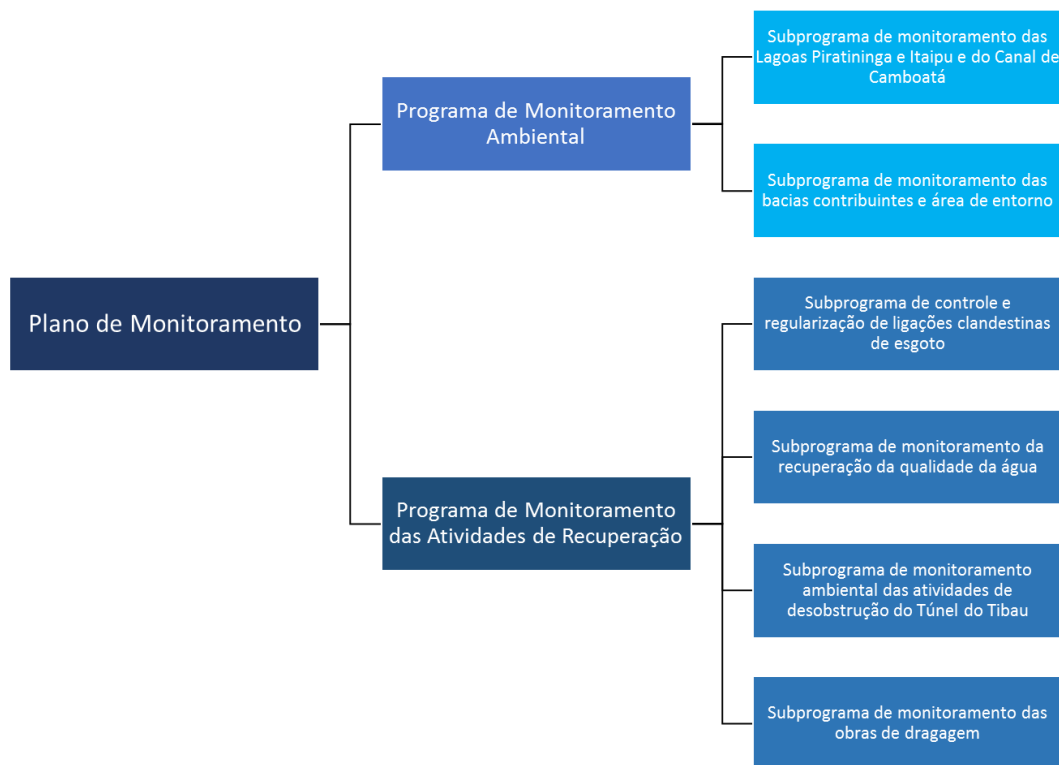
Os programas de monitoramento foram definidos com base nas ações de recuperação e plano de gestão proposto no “**RELATÓRIO FINAL E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS**”.

Este plano foi elaborado com base nos estudos realizados no sistema lagunar e apresenta diretrizes técnicas para a implantação de um programa de monitoramento continuado e pontual tendo em vista a execução das atividades de recuperação ambiental do Sistema Lagunar Piratininga-Itaipu. O monitoramento das lagoas deve contemplar o acompanhamento da qualidade de água, nível d’água e das comunidades biológicas. Os objetivos deste Plano são: i) monitorar de forma continuada a qualidade ambiental do sistema; ii) identificar e dimensionar os impactos das ações de recuperação nas lagoas e entorno, bem como, iii) dimensionar e avaliar a eficiência de eventuais medidas preventivas ou de recuperação adotadas. Os seguintes programas compõem o Plano de Monitoramento do Sistema Lagunar Piratininga-Itaipu:

- **Programa de monitoramento ambiental continuado:** engloba o monitoramento das lagoas de Piratininga e Itaipu, bem como suas bacias contribuintes e áreas de entorno. O objetivo deste programa é monitorar a lagoa por longo período a fim de acompanhar periodicamente o seu comportamento e identificar eventuais alterações no sistema;
- **Programa de monitoramento das atividades de recuperação do sistema lagunar:** engloba o monitoramento do sistema lagunar durante a execução

das atividades de recuperação das lagoas previstas no “RELATÓRIO FINAL E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS”.

Os demais subprogramas que compõem o plano podem ser observados na Figura 1.



**Figura 1: Fluxograma das atividades propostas para monitoramento ambiental do sistema lagunar Piratininga-Itaipu. Niterói – RJ.**

## 2. Caracterização do sistema

As lagoas de Piratininga e Itaipu, localizadas na Região Oceânica do município de Niterói, conjuntamente com o Canal de Camboatá, compõem o Sistema Lagunar Piratininga-Itaipu. Assim como grande parte das lagoas costeiras presentes em território nacional, as lagoas de Piratininga e Itaipu foram formadas por processos de transgressão-regressão oceânica no período Quaternário, se originando a partir da deposição de um extenso e estreito cordão arenoso que fechou a ligação que as baías tinham com o mar. Durante muito tempo essas duas lagoas ficaram sem conexão direta com o mar, a não ser em eventos de cheia, quando era comum haver o rompimento das barras e o extravasamento de suas águas para o oceano.

A partir dos anos 40, entretanto, o sistema começou a sofrer a intervenção de variadas obras de engenharia que alteraram seu comportamento hidráulico, e, por

consequência, sua fisiografia e composição química e biológica. A seguir, estão listadas as principais alterações realizadas no sistema Piratininga-Itaipu em ordem cronológica:

- **1946 - Abertura do Canal de Camboatá:** o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) promoveu a abertura do Canal de Camboatá, que liga as duas lagoas. A construção do canal teve como objetivo escoar a água da Lagoa de Piratininga diminuindo os constantes alagamentos na região em época de chuva, e controlar doenças transmitidas por mosquitos. Essa obra ocasionou a diminuição do nível d'água da Lagoa de Piratininga, fato que passou a impedir o rompimento natural da barra e consequente renovação das águas da lagoa.
- **1978 - Fixação do Canal de Itaipu:** por conta de uma marina que seria construída dentro da Lagoa de Itaipu, foram construídos dois guia-correntes na conexão da lagoa com o mar, formando um molhe com o objetivo de fixar o canal e dar acesso permanente às embarcações.
- **1991 - Projeto de recuperação da Lagoa de Piratininga:** o projeto implementado pela Prefeitura Municipal de Niterói realizou duas obras principais: uma ciclovia circundando a lagoa com o objetivo de delimitar o espelho d'água lagunar e evitar assentamentos ilegais, e a construção de uma comporta no Canal de Camboatá (1995) para manter o nível de água mais elevado na Lagoa de Piratininga. Paralelo à ciclovia foi criado também o Canal da Cintura com o objetivo de escoar as águas provenientes das galerias pluviais até o Canal de Camboatá.
- **2008 - Túnel do Tibau:** ligando a Lagoa de Piratininga com o mar, a construção do túnel teve como objetivo aumentar a circulação e taxa de renovação do sistema.

A Região Oceânica de Niterói vem sofrendo um processo de urbanização intenso, acelerado principalmente a partir da construção da ponte Rio-Niterói nos anos 70. O modelo de ocupação constatado, muitas vezes feito de forma desordenada e irregular, ocasionou alterações nos corpos hídricos da região, principalmente em função do desmatamento, ocupação de áreas alagadas e faixas de proteção e despejo de efluentes. Como consequência, o Sistema Lagunar Piratininga-Itaipu manifestou perda gradativa de sua qualidade ambiental, além de queda de desempenho das

funções ecossistêmicas e regime hídrico.

Dentro desse contexto surge o Programa Região Oceânica Sustentável (PRO-Sustentável) da Prefeitura de Niterói, em parceria com o Banco de Desenvolvimento da América Latina, cujo objetivo é contribuir para a reversão do processo de degradação ambiental da Região Oceânica através da requalificação e restauração ecológica de áreas degradadas, mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas, melhoria da mobilidade urbana, diminuição da insalubridade em bairros locais e do aumento do bem-estar da população local. Inserida no PRO-Sustentável, a recuperação ambiental do Sistema Lagunar Piratininga-Itaipu é de suma importância para concretização desses objetivos, e o monitoramento dessas atividades permitirá avaliar a eficiência e impacto das medidas adotadas.

### **3. Programa de Monitoramento Ambiental Continuado**

O programa de monitoramento ambiental continuado é dividido entre o **Subprograma de Monitoramento do Complexo Lagunar Piratininga-Itaipu** e o **Subprograma de Monitoramento das Bacias Contribuintes e Áreas de Entorno**.

#### **3.1 Subprograma de Monitoramento do Complexo Lagunar Piratininga-Itaipu**

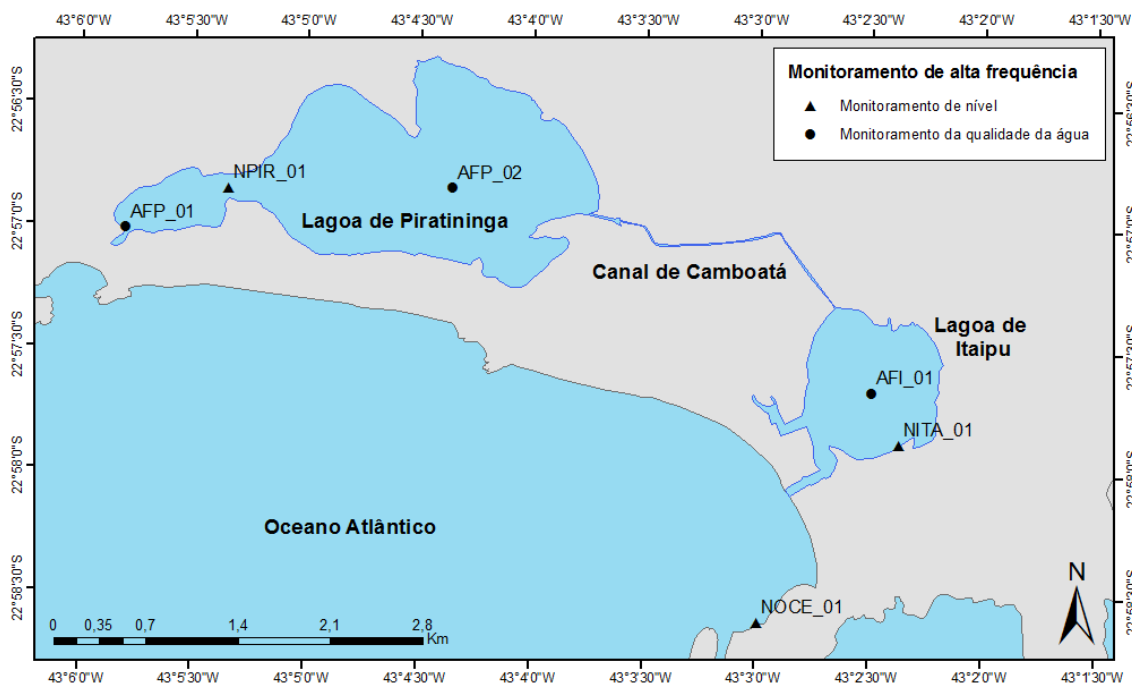
O monitoramento das lagoas deve contemplar o acompanhamento da qualidade de água, nível d'água e das comunidades biológicas. O monitoramento da qualidade da água das lagoas e do canal inclui o acompanhamento de diversas variáveis qualitativas, e se divide em monitoramento *in situ* de alta frequência, monitoramento mensal e monitoramento trimestral. Para a execução desse subprograma sugere-se que as atividades de monitoramento ocorram em um período mínimo de 24 meses, ou enquanto durarem as obras de recuperação no sistema.

##### **3.1.1 Monitoramento *in situ* de alta frequência**

O monitoramento *in situ* de alta frequência (resolução temporal sub-diária) compreende o acompanhamento de **temperatura da água (°C), radiação fotossinteticamente ativa (PAR), oxigênio dissolvido – OD (mg/L), pH, condutividade**



elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), **salinidade** (ppt) e **nível** (m). O monitoramento *in situ* deverá ser realizado a partir da instalação de estações de monitoramento automatizadas dentro das lagoas, localizadas conforme a Figura 2 e Tabela 1. Cada estação terá capacidade de registro de dados em tempo real e transmissão dos mesmos por telemetria, sendo que o acompanhamento de nível d'água será realizado com a instalação de sensores de pressão independentes das estações de monitoramento.



**Figura 2.** Pontos determinados para realização do monitoramento de alta frequência do sistema. AFP – alta frequência Piratininga; NPIR – nível Piratininga; AFI – alta frequência Itaipu; NITA – nível Itaipu; NOCE – nível oceano.

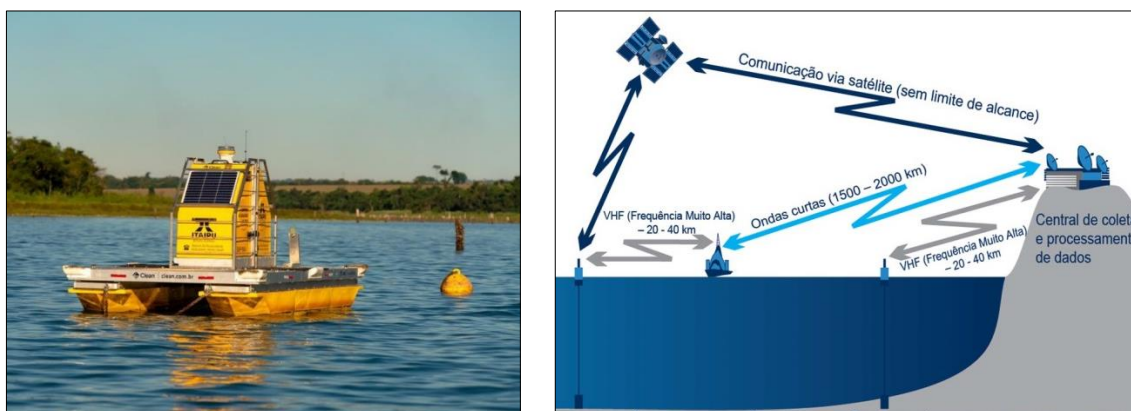
**Tabela 1.** Estações para monitoramento de alta frequência na Lagoa de Piratininga (P), Lagoa de Itaipu (I) e Oceano. Pontos: AFP – alta frequência Piratininga; NPIR - nível Piratininga; AFI – alta frequência Itaipu; NITA – nível Itaipu; e NOCE – nível oceano.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
AFP_01	7460720.15 m S	695138.97 m E
NPIR_01	7461017.34 m S	695916.24 m E
AFP_02	7461011.45 m S	697616.72 m E
AFI_01	7459458.44 m S	700789.79 m E
NITA_01	7459060.65 m S	700996.05 m E
NOCE_01	7457724.93 m S	699917.29 m E

### 3.1.1.1 Estações de medição da qualidade da água de alta frequência

Deverão ser montadas duas estações para o monitoramento da Lagoa de Piratininga (AFP – alta frequência Piratininga), sendo umas delas nas proximidades do túnel do Tibau e outra na região central da lagoa. A instalação de duas estações de alta

frequência na lagoa de Piratininga é justificada pelas questões de heterogeneidade espacial existentes na lagoa. A estação AFP\_01 está em uma região que sofre maior influência do mar decorrente do Túnel do Tibau. Já a estação AFP\_02 está em uma região da lagoa que apresenta uma condição distinta, com maior tempo de residência. Na Lagoa de Itaipu está previsto uma estação para o monitoramento de qualidade de água em alta frequência (AFI – alta frequência Itaipu), disposta em ponto central da mesma. A colocação de apenas uma estação é justificada pela maior homogeneidade da qualidade da água na lagoa. Normalmente, estas estações utilizadas para avaliação da qualidade de água em reservatórios são alimentadas por energia gerada em uma placa solar (Figura 3). Cada estação deverá ser equipada com um conjunto de equipamentos específicos para mensuração dos parâmetros requeridos, e deverá conter sensores e *dataloggers* com telemetria para comunicação dos dados em alta frequência (Figura 3). Os sensores deverão ser dispostos na região de subsuperfície (~0,3 m), sendo que a manutenção do equipamento deverá ser realizada quinzenalmente para remoção de perifíton e demais organismos incrustantes. Os sensores deverão ser programados para realizar medição dos parâmetros em intervalos de 20 minutos.



**Figura 3. Exemplo de estação de monitoramento automatizada instalada e operacionalmente ativa em reservatório, e esquematização da transmissão de dados das estações por telemetria.**

Após a aquisição dos dados, deverão ser calculadas as taxas de produtividade primária (GPP) e respiração (R) do sistema. Para o cálculo das taxas metabólicas deverá ser utilizado o modelo de abordagem inversa (HANSON et al. 2003). Essa abordagem tem sido o modelo mais apropriado para estimar as taxas metabólicas em lagos tropicais (BRIGHENTI et al. 2015).

$$GPP = P_{\max} \times \left( \left[ 1 - e^{(-\alpha t / P_{\max})} \right] \times e^{(-\beta t / P_{\max})} \right)$$

Onde: GPP é *gross primary production* (produção primária bruta)

A respiração do ecossistema (R) deverá ser considerada em função da temperatura da água, conforme equação proposta por Christensen et al. (2013):

$$R = R_{\max} \times \left[ 1.07 \right]^{(T_t - 30)}$$

Onde: R é *respiration* (respiração)

A diferença entre GPP e R deve ser definida como NEP (*net primary production* – produção primária líquida), de forma que, quando o NEP for positivo (NEP > 0) o ecossistema deve ser considerado autotrófico e quando NEP for negativo (NEP < 0), ser considerado heterotrófico.

Os dados do monitoramento de qualidade de água de alta frequência deverão ser apresentados mensalmente em conjunto com os demais dados obtidos nos subprogramas de monitoramento mensal.

### 3.1.1.2 Estações para medição de nível da água

Medições de nível d'água deverão ser realizadas por um período contínuo e ininterrupto, através da instalação de sensores de pressão. A Figura 4 apresenta como exemplo os sensores que deverão ser utilizados.



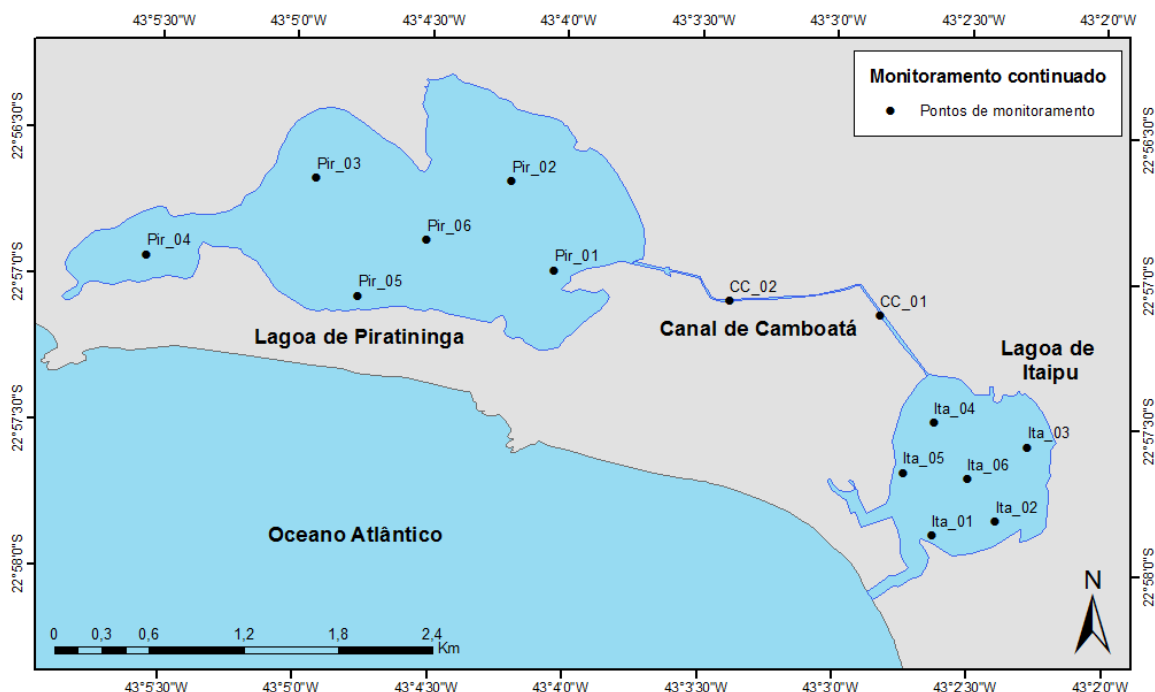
**Figura 4. Sistema de medição de nível d'água Levelogger EDGE e pressão atmosférica Barologger EDGE (painel esquerdo) e sensor de nível d'água HOBO U20L-004 (painel direito).**

Os sensores de nível, conforme apresentado, obtêm as variações de nível nos sistemas por meio da variação de pressão da massa d'água. Essas medições ocorrem por meio da obtenção de dados de pressão absoluta, ou seja, a soma da pressão atmosférica com a pressão hidrostática. Após a obtenção dos dados, os valores medidos devem ser compensados dos valores de pressão atmosférica mensurados. Esses dados são armazenados em *datalogger* e devem ser coletados mensalmente.

Os dados do monitoramento de nível de alta frequência deverão ser apresentados mensalmente em conjunto com os demais dados obtidos nos subprogramas de monitoramento mensal.

### 3.1.2 Monitoramento mensal

A Figura 5 indica a localização dos pontos para o monitoramento das lagoas e do Canal de Camboatá. Foram determinados 14 pontos amostrais (Tabela 2 e Figura 5), sendo seis pontos localizados na Lagoa de Piratininga, seis pontos na Lagoa de Itaipu e dois pontos no Canal de Camboatá. Para este programa de monitoramento adotou-se os mesmos pontos monitorados na execução dos estudos da análise da condição ambiental, realizado pela empresa Hydrosience.



**Figura 5: Pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Ambiental – monitoramento mensal.**

**Tabela 2. Estações para monitoramento da qualidade da água e comunidades biológicas na Lagoa de**

**Piratininga (Pir) e Lagoa de Itaipu (Ita).**

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
Pir_01	7460763.80 m S	698149.29 m E
Pir_02	7461327.62 m S	697877.35 m E
Pir_03	7461350.40 m S	696641.64 m E
Pir_04	7460866.10 m S	695561.79 m E
Pir_05	7460603.79 m S	696901.45 m E
Pir_06	7460957.69 m S	697338.91 m E
CC_02	7460572.00 m S	699260.00 m E
CC_01	7460477.00 m S	700213.00 m E
Ita_01	7459084.77 m S	700546.80 m E
Ita_02	7459172.08 m S	700947.20 m E
Ita_03	7459643.58 m S	701151.16 m E
Ita_04	7459798.53 m S	700555.06 m E
Ita_05	7459482.07 m S	700364.57 m E
Ita_06	7459441.25 m S	700771.64 m E

Coordenadas UTM.

O monitoramento mensal compreenderá análises de **fósforo total** (mg/L), **nitrogênio amoniacal** (mg/L), **carbono orgânico total – COT** (mg/L), **densidade de cianobactérias** (cél/mL) e **coliformes termotolerantes** (UFC/100mL), **clorofila- $\alpha$**  ( $\mu$ g/L) e **transparência** (disco de *Secchi*). A transparência será medida *in situ*, e as demais variáveis serão determinadas em laboratório, para as quais serão coletadas amostras de água na região de superfície da coluna d'água. Os parâmetros avaliados em laboratório estão sumarizados na Tabela 3, com indicação da metodologia de referência a ser aplicada. Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados. Para cianobactérias as análises deverão atender as especificações apresentadas no item 3.1.2.1.

**Tabela 3. Parâmetros analisados na caracterização mensal da qualidade da água do sistema lagunar Piratininga-Itaipu.**

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Clorofila-a	SMEWW, 23ª Ed - 10200-H Chlorophyll
Carbono Orgânico Total - COT	Oxidação por Combustão Catalítica
Coliformes termotolerantes	SMEWW, 23ª Ed - 9221-E
Fósforo total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-P B e 4500-P E
Nitrogênio amoniacal total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NH3 B e 4500-NH3 D
Cianobactérias	Norma Técnica CETESB L5.303



Após a aquisição dos dados, deverão ser produzidos relatórios com os resultados de cada campanha. Também deverá ser calculado o Índice de Estado Trófico (IET), conforme especificado no item 3.1.2.2, a serem apresentados no relatório mensal de qualidade da água, em conjunto com as demais variáveis registradas e as taxas metabólicas obtidas a partir dos dados de alta frequência. Os relatórios serão feitos de forma cumulativa ao longo das sucessivas campanhas.

### **3.1.2.1 *Cianobactérias***

Para análise qualitativa e quantitativa da comunidade, deverá ser realizada a filtragem de 100 litros de água, coletados na região da superfície da água, com rede específica de malha de 20 µm. Após a coleta, as amostras deverão ser armazenadas em frasco plástico e fixadas com solução de lugol acético 5%. Em laboratório, deverá ser realizada a identificação dos táxons sempre que possível até o menor nível taxonômico.

As flutuações nas densidades de cianobactérias no sistema lagunar devem ser acompanhadas ao longo de todo período de monitoramento, visto que a ocorrência de elevadas densidades pode restringir o uso das lagoas. Os resultados do monitoramento de cianobactérias deverão sempre ser expressos em células por mililitro (cél/mL) a fim de permitir a comparação com os limites da legislação CONAMA 357/2005. Ademais, a partir da identificação dos grupos e/ou espécies, deverão ser apresentadas uma discussão sobre a produção potencial de toxinas das espécies encontradas.

Para contagem da densidade de cianobactérias, deve ser feita a dissolução prévia da mucilagem com hidrólise alcalina. Posteriormente, as amostras devem ser homogêneas e preparadas em câmara de Utermöhl para sedimentação e contagem. A quantificação de células deverá ser realizada a partir da fórmula:

$$F = \frac{A/a''}{v}$$

Onde: F = fator de concentração;

A = área da câmara de Utermöhl;

a'' = área de um transsecto;

v = volume da câmara.

Multiplicando-se o fator de concentração obtido pelo número de organismos ou

células encontrados nos transectos, ter-se-á o número de cianobactérias por mililitro.

### 3.1.2.2 Índice do Estado Trófico (IET)

Com base nas informações de qualidade da água, deverá ser calculado e atualizado mensalmente o IET de cada uma das lagoas do sistema. O índice do estado trófico (IET) tem por objetivo classificar os corpos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. Visto que o sistema lagunar Piratininga-Itaipu é um ambiente que apresenta uma crescente deterioração da qualidade hídrica em função das atividades de entorno, a aplicação dos índices é de extrema importância, uma vez que a implementação de estudos de avaliação trófica em sistemas aquáticos tem como relevância a detecção e a predição dos processos de eutrofização.

O IET deverá ser calculado para os seguintes parâmetros: transparência da coluna d'água (obtida com o disco de *secchi*), fósforo total e clorofila-a. Para efeitos de comparação, os resultados obtidos a partir de cada monitoramento deverão ser aplicados nos índices IET proposto por Carlson (1977), desenvolvido para reservatórios de clima temperado; e o IET de Toledo Jr. *et al.* (1990), desenvolvido para ambientes de clima tropical/subtropical.

O índice de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. *et al.* (1990) para ambientes tropicais é calculado segundo as equações:

$$IET (DS) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{0,64 + \ln(DS)}{\ln(2)} \right) \right]$$

$$IET (CHL) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{2,04 - 0,695 \cdot \ln(CHL)}{\ln(2)} \right) \right]$$

$$IET (PT) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{\ln(80,32) - \ln(PT)}{\ln(2)} \right) \right]$$

Onde: IET (DS) = índice de estado trófico para disco de Secchi (m)

IET (CHL) = índice de estado trófico para clorofila-a (µg/L)

IET (PT) = índice de estado trófico para fósforo total (µg/L)

$$IET = \frac{IET (DS) + 2 \times IET(CHL) + 2 \times IET(PT)}{5}$$

Também será calculado para cada coleta o IET de CARLSON (1977), cujas equações

são:

$$IET (DS) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{\ln(DS)}{\ln(2)} \right) \right]$$

$$IET (CHL) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{2,04 - 0,68 \cdot \ln(CHL)}{\ln(2)} \right) \right]$$

$$IET (PT) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{\ln(48) - \frac{PT}{48}}{\ln(2)} \right) \right]$$

Os limites considerados pelo índice de Carlson (1977) e Toledo Jr. *et al.* (1990) para cada estado trófico são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Limites considerados na classificação de Carlson (1977) e Toledo Jr. *et al.* (1990).

LIMITES PARA CLASSIFICAÇÃO	CARLSON	TOLEDO JR
Ultraoligotrófico	IET < 20	IET ≤ 24
Oligotrófico	IET 20 – 40	24 ≤ IET ≤ 44
Mesotrófico	IET 40 – 50	44 ≤ IET ≤ 54
Eutrófico	IET 50 – 60	54 ≤ IET ≤ 74
Hipereutrófico	IET > 60	IET > 74

### 3.1.3 Monitoramento trimestral

O monitoramento trimestral das lagoas de Piratininga e Itaipu e Canal de Camboatá consistirá na coleta e análise de água complementares ao monitoramento mensal, bem como das comunidades biológicas nos mesmos 14 pontos supracitados no item 3.1.2.

#### 3.1.3.1 Variáveis físico-químicas

No monitoramento trimestral a qualidade da água do sistema compreenderá análises de **alumínio dissolvido** (mg/L), **arsênio total** (mg/L), **cádmio total** (mg/L), **chumbo total** (mg/L), **cianeto livre** (mg/L), **cloro residual total** (µg/L), **demanda bioquímica de oxigênio – DBO** (mg/L), **fluoretos** (mg/L), **mercúrio** (µg/L) **nitrito** (mg/L), **nitrato** (mg/L), **óleos e graxas totais** (mg/L), **sólidos dissolvidos totais** (mg/L), **sólidos suspensos totais – SST** (mg/L) e **sólidos totais** (mg/L). Essas variáveis devem ser determinadas em laboratório, para tanto, as amostras devem ser coletadas na região de superfície da coluna d'água. Os parâmetros avaliados em laboratório estão sumarizados na Tabela 5, com indicação da metodologia de referência a ser aplicada.

Todas as amostras devem ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados. A determinação desses parâmetros para o monitoramento trimestral ocorreu com base nos preceitos da Legislação CONAMA 357/2005 e 454/2012. A ressuspensão de sedimentos, proveniente das obras de dragagem, pode liberar para massa d'água grandes quantidades de metais e sólidos. Visto isso, o acompanhamento desses parâmetros é extremamente importante para manutenção da integridade hídrica.

**Tabela 5: Parâmetros analisados na caracterização trimestral da qualidade da água do sistema lagunar Piratininga-Itaipu.**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>METODOLOGIA DE REFERÊNCIA</b>
Alumínio Dissolvido	SMEWW, 23ª Ed – 3500-AI A
Arsênio Total	USEPA 3050-B
Cádmio Total	SMEWW, 23ª Ed 3500-Cd
Chumbo Total	SMEWW, 23ª Ed – 3500-Pb A
Cianeto Livre	SMEWW, 23ª Ed – 4500-CN E e 4500-CN C
Cloro Residual Total	SMEWW, 23ª Ed - 3500-CI G
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	SMEWW, 23ª Ed - 5210-B
Fluoretos	SMEWW, 23ª Ed – 4500-F e 4500-F D
Merúrio	USEPA 3050-B
Nitrato	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NO3 E
Nitrito	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NO2 B
Óleos e Graxas Totais	SMEWW, 23ª Ed – 5220-B e 5220-F
Sólidos Dissolvidos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-C
Sólidos Suspensos Totais - SST	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D
Sólidos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-G

Após a aquisição dos dados, deverão ser produzidos relatórios com os resultados da campanha correspondente. Ademais, acrescido a cada relatório trimestral, devem ser apresentados os dados obtidos no monitoramento mensal correspondente ao mês da campanha trimestral. Os relatórios abrangem resultados detalhados da campanha realizada e a compilação dos resultados das campanhas anteriores, caracterizando-se relatórios cumulativos.

### **3.1.3.2 Comunidades biológicas**

O monitoramento ambiental das Lagoas Piratininga e Itaipu contempla o acompanhamento da composição e estrutura das **comunidades biológicas**. A recuperação do sistema Lagunar Piratininga-Itaipu tem como um dos objetivos melhorar as condições das comunidades biológicas presentes, com expectativa de aumento da diversidade e riqueza de espécies.

O monitoramento das comunidades planctônicas (fitoplânctonica, ictioplânctonica, zooplânctonica), de macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna será realizado com frequência trimestral a fim de identificar efeitos da sazonalidade na composição e estrutura das comunidades. Ainda, objetiva-se analisar a relação entre a composição de espécies e as características físicas e químicas dos locais estudados.

Além disso, nas lagoas e áreas de entorno, deverá ser monitorada a avifauna, para as quais deverão ser propostas medidas de controle, quando necessárias.

#### ***a) Comunidades planctônicas***

O monitoramento das comunidades planctônicas do sistema lagunar inclui o fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton. O monitoramento de cianobactérias é contemplado no monitoramento mensal devido à sua maior variabilidade temporal e característica de indicativo.

A comunidade planctônica constitui um bom indicador biológico devido a sua rápida resposta às variações de condições químicas e físicas, resultado de seu curto ciclo de vida. Usualmente, é indicada para avaliação da qualidade da água, particularmente quanto às alterações de hidrodinâmica e gradiente trófico de ambientes aquáticos.

O fitoplâncton se mostra um bom instrumento de monitoramento ambiental pela sua condição de produtor primário (BONECKER *et al.*, 2002). Ele é o recurso alimentar fundamental para uma grande variedade de organismos heterotróficos, desde invertebrados a vertebrados, incluindo crustáceos, moluscos e peixes de interesse comercial, nas diferentes teias alimentares dos ecossistemas marinhos pelágicos e bentônicos.

O zooplâncton é um termo genérico para o grupo de animais microscópicos de diferentes categorias taxonômicas, de vida livre, que apresentam em sua maioria dimensões de 0,03 a 0,5 mm de comprimento. Eles formam um elo importante na



cadeia alimentar em todos os ecossistemas aquáticos continentais, estuários e oceanos (TUNDISI, 2008), pois transferem para níveis superiores das cadeias aquáticas (peixes e invertebrados) a energia assimilada pelo bacterioplâncton e fitoplâncton. Em geral, nos ambientes aquáticos, o zooplâncton é formado por protozoários (flagelados, sarcodinas e ciliados) e por vários grupos metazoários como rotíferos, microcrustáceos (cladóceras e copépodos) e larvas de insetos (INFANTE, 1988).

Constituído exclusivamente por ovos e larvas de peixes, o ictioplâncton representa uma fração pequena, porém crucial, do zooplâncton (AGOSTINHO *et al.*, 2005). Estes organismos são responsáveis, em parte, pela distribuição das espécies de peixe, e consistem em uma ferramenta útil na identificação e avaliação do recurso pesqueiro. A grande maioria dos peixes teleósteos apresenta uma fase planctônica em forma de ovo e/ou larva; até mesmo as espécies que possuem ovos bentônicos, ou seja, aderentes ao substrato, apresentam a fase larval pelágica. Assim, o ictioplâncton representa um fator essencial para o estudo da dinâmica populacional dos peixes. A época de desova, os locais de recrutamento, as mudanças espaço-temporais na distribuição das espécies, a posição sistemática e relações filogenéticas, e até mesmo o cálculo dos estoques pesqueiros de algumas espécies comercialmente importantes, são algumas análises relacionadas ao estudo desta parcela do plâncton (MORGADO *et al.*, 2003).

A amostragem de comunidades planctônicas deverá ser realizada nos mesmos pontos amostrais selecionados para as coletas de amostras de água, totalizando 12 pontos: seis pontos localizados na Lagoa de Piratininga e seis pontos na Lagoa de Itaipu.

### **Metodologia Aplicável**

Amostras planctônicas das três comunidades devem ser obtidas através da filtragem de 100 litros de água para cada comunidade, utilizando balde graduado de 10 litros e rede de plâncton cônica, com boca de 29 cm de diâmetro e 90 cm de comprimento e as seguintes especificações: abertura de malha de 20  $\mu$ m para obtenção de amostras fitoplanctônicas; abertura de malha de 68  $\mu$ m para obtenção das amostras zooplanctônicas; abertura de malha de 300  $\mu$ m para obtenção de amostras ictioplanctônicas. Após a filtragem, 90 mL da amostra serão acondicionados em frascos com 10 mL de formol 4%.

### ***b) Comunidade bentônica - macroinvertebrados***

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é muito importante para o fluxo de energia e ciclagem de nutrientes dos ambientes aquáticos, pois participa do processo de decomposição da matéria orgânica acumulada, é uma componente chave na cadeia trófica dos ecossistemas e auxilia na liberação de nutrientes do sedimento para coluna d'água através do biorrevolvimento (ESTEVES, 1998). Essa comunidade tem ampla distribuição geográfica, possui uma forte interação com as condições do ecossistema e é sensível a variações ambientais (MORETI & CALLISTO, 2005). Em vista disso, esses organismos têm grande importância como bioindicadores no monitoramento biológico dos ambientes aquáticos continentais (MUGNAI et al., 2010; TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Essa sensibilidade ambiental se dá na medida em que a estrutura e diversidade da comunidade de macroinvertebrados são alteradas por matéria orgânica dissolvida, nitrogênio e fósforo em excesso, assim como substâncias tóxicas, resultantes de poluição e consequente eutrofização (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Segundo Rosenberg & Resh (1993), os macroinvertebrados são um dos melhores bioindicadores de qualidade de água principalmente devido às suas características sésseis, ao seu ciclo de vida relativamente longo e aos métodos de coleta de baixo custo e fácil execução. Outra vantagem na utilização desses organismos como bioindicadores é que a comunidade pode refletir distúrbios já passados, enquanto que em uma análise pontual de água se avalia a condição ambiental apenas do momento da coleta.

A amostragem de macroinvertebrados bentônicos será realizada nos mesmos pontos amostrais selecionados para as coletas de amostras de água, totalizando 12 pontos: seis pontos localizados na Lagoa de Piratininga, e seis pontos na Lagoa de Itaipu.

#### **Metodologia Aplicável**

As amostragens deverão ser realizadas com o auxílio de uma draga *Eckman-Birge* de inox (Figura 6). Em cada ponto de coleta, o sedimento de fundo será dragado sem o distúrbio da superfície do mesmo, e lavado em campo com auxílio de peneira de bentos de malha 250 µm e 30 cm de diâmetro. As amostragens deverão ser realizadas

em tréplica, totalizando 36 amostras por campanha. Todo material coletado deverá ser acondicionado em sacos plásticos etiquetados com formol 4% e levado a laboratório.



**Figura 6: Amostrador Ekman-Birge utilizado para amostragem da comunidade bentônica.**

Em laboratório o material deverá ser lavado com água corrente em peneira de malha 250  $\mu\text{m}$ , e posteriormente triado com auxílio de pinças e placas de petri em estereomicroscópio. Para populações com mais de mil indivíduos por amostra, deverá ser utilizado o método de “estimativa de montes” para computação da abundância.

Para análise dos dados obtidos na campanha, deverá ser construída uma matriz com a identificação dos táxons e suas respectivas abundâncias para cada réplica coletada, e a partir da mesma, deverão ser calculados os índices de riqueza, diversidade de Shannon [ $H' = \sum p_i \cdot \ln(p_i)$ ] e equitabilidade com a soma das réplicas para cada ponto amostral.

### **c) Ictiofauna e Carcinofauna**

A ictiofauna brasileira compreende 2.300 espécies de água doce (número compilado do *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*, REIS et al., 2003) e 1.298 espécies marinhas, segundo Menezes et al. (2003). Todavia, o conhecimento sobre a diversidade desta fauna é ainda incompleto, como atestam as descrições de dezenas de espécies de peixes novas anualmente no Brasil. Portanto, é de se prever que a riqueza total efetiva do país seja ainda muito maior. Com relação à carcinofauna, existem aproximadamente 2.500 espécies registradas no Brasil (AMARAL & JABLONSKI, 2005), ocupando os mais diversos ambientes.

Ambas as comunidade exibem notável importância ecológica na estruturação e funcionamento dos ecossistemas, visto que desempenham importantes funções na

transferência de energia dentro do sistema aquático. Ademais, os estudos envolvendo as comunidades também podem ser utilizados para avaliação da qualidade ambiental, uma vez que as espécies são consideradas boas indicadoras das condições ambientais. A comunidade íctica, por exemplo, pode ser utilizada no monitoramento de metais nos sistemas (bioacumulação de metais), visto que os peixes são concentradores naturais de mercúrio, absorvendo-o diretamente da água através de suas membranas branquiais e pela alimentação. Já a comunidade carcinofaunística pode ser utilizada para fornecer índices ecológicos decorrentes de seus ciclos de vida curtos, pois respondem rapidamente a modificações ambientais.

Além das questões ecológicas, ambas as comunidades apresentam elevada importância econômica. De acordo com dados disponibilizados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2018), o consumo de pescados na América Latina e Caribe crescerá 33% até 2030. Entretanto, ao avaliar os dados de captura nos últimos anos, é possível observar uma redução dos recursos pesqueiros marinhos. Em 2016, em todo mundo, foram capturadas 79,3 milhões de toneladas, o que representou uma diminuição de quase 2 milhões de toneladas em comparação as 81,2 milhões registradas em 2015.

Dada a importância ecológica e econômica da comunidade íctica, os estudos envolvendo a comunidade podem ser considerados importantes ferramentas para um embasamento adequado de medidas de manejo, conservação e recuperação de estoques pesqueiros. Diante do atual cenário das lagoas de Piratininga e Itaipu, os estudos envolvendo a ictiofauna e carcinofauna podem ser consideradas boas ferramentas para a avaliação e dimensionamento dos impactos antrópicos. Ainda, o monitoramento da comunidade pode auxiliar nas atividades de recuperação ambiental do sistema.

A ictiofauna e a carcinofauna do sistema Piratininga-Itaipu foram estudadas recentemente por Palmeira (2012) e Fortes *et al* (2013). O primeiro trabalho registrou a ocorrência de 28 espécies de peixes e 4 de crustáceos, enquanto o segundo, que utilizou uma maior diversidade de métodos de amostragem, registrou a presença de 50 espécies de peixes e 9 de crustáceos. Foram encontradas espécies com diversos hábitos alimentares, incluindo peixes planctívoros (*Mugil curema*), piscívoros (*Elops saurus*) generalistas (*Atherinella brasiliensis*) e bentívoros (*Diapterus rhombus*); além

de caranguejos (*Callinectes sp.*) e camarões (*Litopenaeus schmitti*) predominantemente detritívoros. A composição da ictiofauna e carcinofauna nas lagoas se mostrou fortemente influenciada por alterações causadas por intervenções de engenharia como a abertura do canal do Tibau (PALMEIRA, 2012). Assim, o monitoramento da biodiversidade e padrões de ocupação de peixes e crustáceos no sistema lagunar Piratininga-Itaipu é fundamental tanto pela importância ecológica de uso direto desses organismos, quanto pela susceptibilidade desses animais a modificações ambientais hoje em curso na região. Estes estudos são fundamentais para descrever as comunidades biológicas e a definição de estratégias de conservação e monitoramento compatíveis com a realidade das lagoas de Piratininga e Itaipu.

Desta forma, para avaliação das comunidades ictio e carcinofaunística, a amostragem deverá ser realizada nos mesmos pontos amostrais selecionados para as coletas de amostras de água, totalizando 12 pontos: seis pontos localizados na Lagoa de Piratininga e seis pontos na Lagoa de Itaipu.

### **Metodologia Aplicável**

Os peixes deverão ser coletados utilizando redes de espera. Em cada ponto amostral devem ser utilizadas duas redes com diferentes diâmetros de malha (20 mm e 35 mm), ambas com 20 m de comprimento e 1,5 m de altura, armadas de forma paralela a fim de capturar peixes de diferentes tamanhos que transitam pelo local. Os peixes e crustáceos deverão ser separados em morfotipos, congelados e transportados para laboratório, onde serão identificados a nível específico, medidos e pesados.

Para a identificação dos espécimes deverão ser utilizadas chaves de identificação para peixes marinho costeiros e estuarinos (SZPILMAN, 1992; FICHER et al., 2004), de siris do gênero *Callinectes* (MILLIKIN & WILLIAMS, 1984), e de camarões do litoral brasileiro (COSTA et al., 2003), além de consultas a bancos de dados sobre os táxons estudados ([www.crabdatabase.info/en](http://www.crabdatabase.info/en); [www.fishbase.in/search.php](http://www.fishbase.in/search.php)). O peso fresco de cada indivíduo deverá ser medido utilizando balança de precisão e seu comprimento total medido utilizando régua e fita métrica.

Além das coletas, também deverão ser realizadas pesquisas junto aos pescadores locais para identificar as espécies predominantes, as quantidades capturadas e o tamanho dos indivíduos capturados.

### **Análise de Dados**



Para avaliar a estrutura das comunidades, deverão ser empregados os seguintes índices biológicos:

- Riqueza total – além do número total de espécies amostradas, deverá ser apresentada a curva do coletor, utilizando-se modelos de ajuste da curva para estimar riqueza total e métodos não paramétricos para estimativa de riqueza, como as equações: Jackknife 1 e 2, Chao 1 e 2, AEC e ICE, e Bootstrap (SANTOS, 2004);
- Abundância relativa em número e peso (será apresentada também a curva de abundância relativa – CPUE) (MAGURRAN, 1988);
- Diversidade - índice de Shannon-Wiener (H). No intuito de estabelecer intervalos de confiança para os índices de diversidade obtidos deverá ser aplicado um procedimento bootstrap (MANLY, 1997);

$$H' = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \cdot \ln \left( \frac{N}{n_i} \right)$$

Onde:  $n_i$  = número de indivíduos da inésima espécie;  $N$  = o número total de indivíduos;  
 $\ln$  = base dos logaritmos naturais.

- Equitabilidade - índice de Evar (SMITH & WILSON, 1996);
- Constância de ocorrência (C): deverá ser determinada com base no percentual e períodos em que cada espécie ocorre, sendo calculada de acordo com as equações a seguir:  $C = (p_i \times 100/P)$ , onde:  $p_i$  = número de coletas contendo a espécie  $i$ ; e  $P$  = total de coletas realizadas;
- Coeficientes de similaridade/dissimilaridade: deverão ser utilizados índices de Bray-Curtis, Sorensen, Morisita-Horn e Jaccard (MAGURRAN, 1988); e
- Índice de dominância: deverá ser utilizado o Índice de Dominância de Simpson, o qual mede a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso em uma mesma amostra pertencer à mesma espécie;

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Onde:  $D$  = índice de dominância;  $S$  = riqueza de espécies;  $n_i$  = abundância da inésima espécie;  $N$  = o número total de indivíduos.

#### ***d) Avifauna***

Existem no mundo cerca de 10.426 espécies de aves (BirdLife International). Dessas, 1.919 são encontradas no Brasil, segundo o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO), o que coloca o país entre os três maiores detentores de diversidade de aves do mundo (ICMBio, 2020). Muitas aves estão diretamente relacionadas a ambientes aquáticos. Dentre essas, se destacam as aves limícolas, que são aquelas que dependem de ambientes úmidos e buscam alimento nas zonas entre-marés e margens dos corpos aquáticos, especialmente lagunas costeiras e estuários. A forte relação desse grupo com muitos sistemas aquáticos costeiros se dá pelo fato dessas aves se alimentarem de pequenos invertebrados que vivem no “limus” (lodo), refletindo a condição desses sistemas através da oferta e qualidade do alimento disponível.

De forma mais abrangente, outras aves aquáticas (sejam elas lacustres, costeiras ou marinhas) e terrestres se encontram nos sistemas aquáticos costeiros representando parte essencial da cadeia alimentar, e muitas vezes atuando como polinizadores e dispersores de sementes. Além da importância que o grupo tem na teia trófica desses sistemas, há um enorme interesse para biodiversidade e conservação, pois muitas espécies limícolas são migratórias, e são foco da Convenção Internacional de Ramsar, cujo objetivo é justamente proteger as áreas úmidas, essenciais para o desenvolvimento dessa comunidade.

O objetivo específico deste programa é determinar periodicamente a riqueza e composição da avifauna nos diferentes tipos de habitats do sistema lagunar, e acompanhar as tendências na abundância relativa das espécies de aves.

#### **Metodologia Aplicável**

Para avaliação da avifauna devem ser feitos transectos por dentro das lagoas com embarcação, e na região do entorno por meio de trilhas a serem estabelecidas em diferentes parcelas, de maneira a abranger a maior parte da área e a diversidade de ambientes do sistema peri-lagunar.

O monitoramento da avifauna deverá ser realizado em duas frentes distintas: Levantamento qualitativo e levantamento quantitativo. Durante a amostragem qualitativa, observadores registrarão todos indivíduos e espécies de aves avistados ao

longo dos transectos da parcela, juntamente com o tipo de ambiente onde foram registrados. Vocalizações emitidas que não puderem ser identificadas na hora serão gravadas. A amostragem quantitativa, também conhecida como censo da avifauna, será realizada pelo método do levantamento quantitativo por pontos de escuta (BIBBY et al., 1992). Serão definidos 12 pontos ao longo do sistema peri-lagunar, que serão amostrados por 15 min a fim de se estimar a densidade de espécies de aves da comunidade. Em cada parcela serão feitos esforços amostrais a partir de 30 min antes do nascer do sol e durante o crepúsculo.

### ***e) Herpetofauna***

No Brasil, existem, atualmente, 1.812 táxons de répteis e anfíbios. A grande maioria dos anfíbios é da ordem Anura, incluindo 1.039 espécies representando 20 famílias e 90 gêneros. A ordem Gymnophiona (cecílias) tem 36 espécies, de quatro famílias e 12 gêneros. Em seguida, a ordem Caudata (salamandras) é representada por cinco espécies de apenas uma família e um gênero (Segalla *et al.*, 2016). O país conta ainda com 842 espécies e subespécies de répteis, sendo 36 Testudines, seis Crocodylia, e 753 Squamata (72 anfisbenas, 276 “lagartos” e 442 serpentes) (Costa & Bérnils, 2018). Esses dados colocam o Brasil como o país detentor da terceira maior riqueza de espécies de répteis do mundo, atrás da Austrália (1057) e do México (942) (Uetz & Hošek, 2018).

Adicionalmente, diversas espécies de anfíbios podem ser consideradas agentes bioindicadores, uma vez que são altamente sensíveis à fragmentação de habitats (Lemos *et al.*, 2010). Essa associação pode ser observada através da análise do padrão de distribuição de espécies em diferentes áreas. Por exemplo, habitats com forte pressão antrópica, roçados e pastagens, têm a diversidade de espécies de anfíbios reduzida praticamente pela metade quando comparados com habitats de floresta primária (Tocher, 1998).

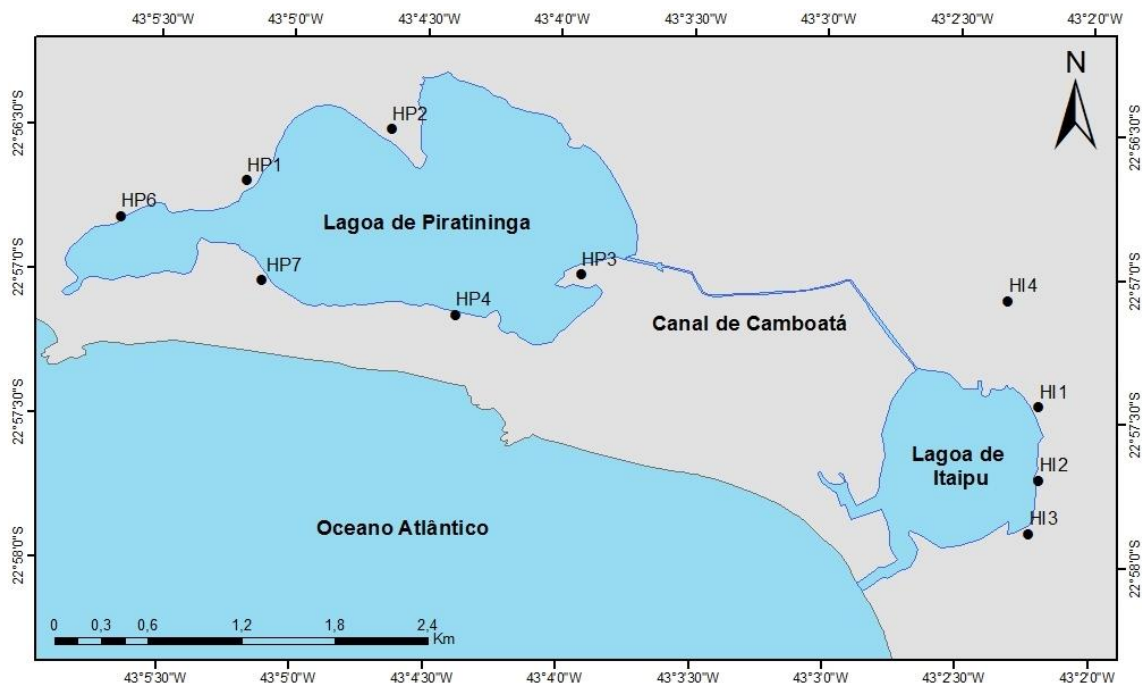
Estudos como os inventários de fauna são de grande importância e, apesar do aumento desses estudos nos últimos anos, a diversidade biológica do planeta ainda é pouco conhecida, principalmente nas regiões tropicais, onde ocorre um acelerado processo de extinção de espécies (Wilson, 1997).

A realização de estudos ambientais que visam à preservação dos grupos supracitados, portanto, tornam-se fundamentais, considerando a importância ecológica que estes grupos têm demonstrado e o declínio populacional devido à fragmentação de habitats, alterações climáticas, dentre outros. Estes estudos são parâmetros elementares e fundamentais para descrever as comunidades biológicas e a definição de estratégias de conservação e monitoramento compatíveis com a realidade do local estudado.

Desta forma, o monitoramento da comunidade herpetofaunística no sistema lagunar deverá permitir a identificação de padrões de ocorrência nos locais selecionados para o monitoramento, identificar mudanças na estrutura da comunidade em função das melhorias do sistema e elaborar uma lista atualizada das espécies de anfíbios e répteis presentes nas margens das lagoas.

### Metodologia Aplicável

Para avaliação da estrutura da comunidade deverão ser monitorados seis pontos no entorno da lagoa de Piratininga e quatro pontos no entorno da lagoa de Itaipu, conforme Figura 7 e Tabela 6. Para este programa de monitoramento optou-se pela manutenção dos pontos avaliados durante os estudos de caracterização ambiental do sistema, transcorridos desde 2018.



**Figura 7. Pontos de amostragem do Programa de Monitoramento da comunidade herpetofaunística.**

**Tabela 6 – Estações para monitoramento da comunidade herpetofaunística no entorno da lagoa de**

**Piratininga (HP) e lagoa de Itaipu (HI). Coordenadas georreferenciadas pelo Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM)**

<b>PONTOS</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
HP1	7461315.00 m S	696215.00 m E
HP2	7461642.00 m S	697146.00 m E
HP3	7460710.00 m S	698363.00 m E
HP4	7460450.00 m S	697553.00 m E
HP6	7461085.062 m S	695405.859 m E
HP7	7460672.698 m S	696308.820 m E
HI1	7459856.00 m S	701303.00 m E
HI2	7459386.00 m S	701303.00 m E
HI3	7459044.00 m S	701236.00 m E
HI4	7460039.275 m S	700933.505 m E

Em geral os estudos da herpetofauna que visam inventariar a comunidade utilizam diversos métodos de captura conjugados, devido à grande diversidade de formas, tamanho, hábitos, habitats e horários de atividade das espécies de répteis e anfíbios. Para este monitoramento, sugere-se dois métodos de amostragens: busca ativa limitada por tempo e busca auditiva, cada um deles apresentando maior eficiência para determinados grupos, visando assim uma melhor caracterização da comunidade herpetofaunística. Complementarmente a estas metodologias foram registradas espécies por encontros oportunistas.

**Procura Ativa Visual e Auditiva**

Este método consiste em deslocamentos realizados a pé, em velocidade reduzida (cerca de 100 metros por hora), buscando por indivíduos ativos ou inativos, abrigados em diversos microambientes visíveis (Martins & Oliveira, 1998). As buscas devem ser realizadas nos períodos diurno e noturno durante uma hora e meia por observador, por período em cada ponto, durante os quatro dias de monitoramento/ponto, totalizando 48 horas de amostragem/campanha.

**Análise de Dados**

A comunidade herpetofaunística deverá ser analisada em termos de riqueza e abundância. A riqueza deverá ser avaliada em nível de espécie, estimada pelo total de espécies registradas, e em nível de família, através do número total de famílias as quais pertencem as espécies registradas. Essa análise deverá ser realizada para anfíbios e répteis separadamente. A abundância de espécies deve ser estimada pelo número total de indivíduos registrados de cada espécie.



Para análise das estimativas de riqueza deverá ser gerada uma curva de rarefação de espécies com estimadores de riqueza Bootstrap. Para comparação entre os valores de abundância e riqueza, devem ser utilizados os índices de Diversidade de Shannon e o de Equabilidade de Pielou.

### **3.2 Subprograma de monitoramento das bacias contribuintes**

O Programa de Monitoramento Ambiental abrange o monitoramento qualitativo das bacias contribuintes e dos efluentes nelas lançados. Esse monitoramento compreende: descarga sólida e líquida dos córregos contribuintes; análises da qualidade da água dos córregos contribuintes; e monitoramento hidrometeorológico nas bacias contribuintes.

#### **3.2.1 Monitoramento Quantitativo - hidrometeorológico**

O monitoramento quantitativo das bacias contribuintes ao sistema lagunar compreende medições de descarga líquida e sólida dos córregos que deságuam nas lagoas e suas correlações com os índices de precipitação ao longo do tempo. Esse monitoramento deverá ser realizado durante 24 meses.

As estações fluviométricas propostas contemplam os rios Jacaré, João Mendes e Vala, sendo estas as maiores sub-bacias contribuintes. Em cada um dos rios será determinada uma seção para instalação do ponto de monitoramento. A determinação das seções deve ser feita de maneira a permitir a medição constante do nível da água e levar em conta características como escoamento da água, margens estáveis e altas suficientes, e trecho com pouca inclinação. As estações são compostas por linígrafos com sensores de nível, acoplados a dataloggers para registro e transmissão dos dados em intervalos de tempo subdiários. As estimativas de vazão são realizadas através da correlação dos níveis d'água com a curva-chave da seção. O levantamento da curva-chave deverá ser realizado por equipe especializada durante 1 ano hidrológico, contemplando medições de vazão em diferentes períodos hidrológicos. Os linígrafos poderão ser instalados em conjunto com outros sensores ou dispostos individualmente na seção (Figura 8).



**Figura 8. Exemplos de linígrafos para compor as estações fluviométricas.**

Os pluviógrafos a serem instalados contemplam as sub-bacias do Arrozal, Jacaré e João Mendes (Figura 9 e Tabela 7). A localização dos pluviógrafos propostos baseia-se na topografia e uso e cobertura do solo na região. A estação meteorológica proposta situa-se no mesmo local onde atualmente se encontra instalada e operante uma estação meteorológica da Prefeitura de Niterói. Isto é, a proposta de instalação pode ser substituída pela manutenção da estação meteorológica atual. Todas as estações serão contempladas com *datalogger* para armazenamento e transmissão dos dados. O *download* dos dados registrados nas estações é mensal, com geração de relatório semestral e cumulativo.



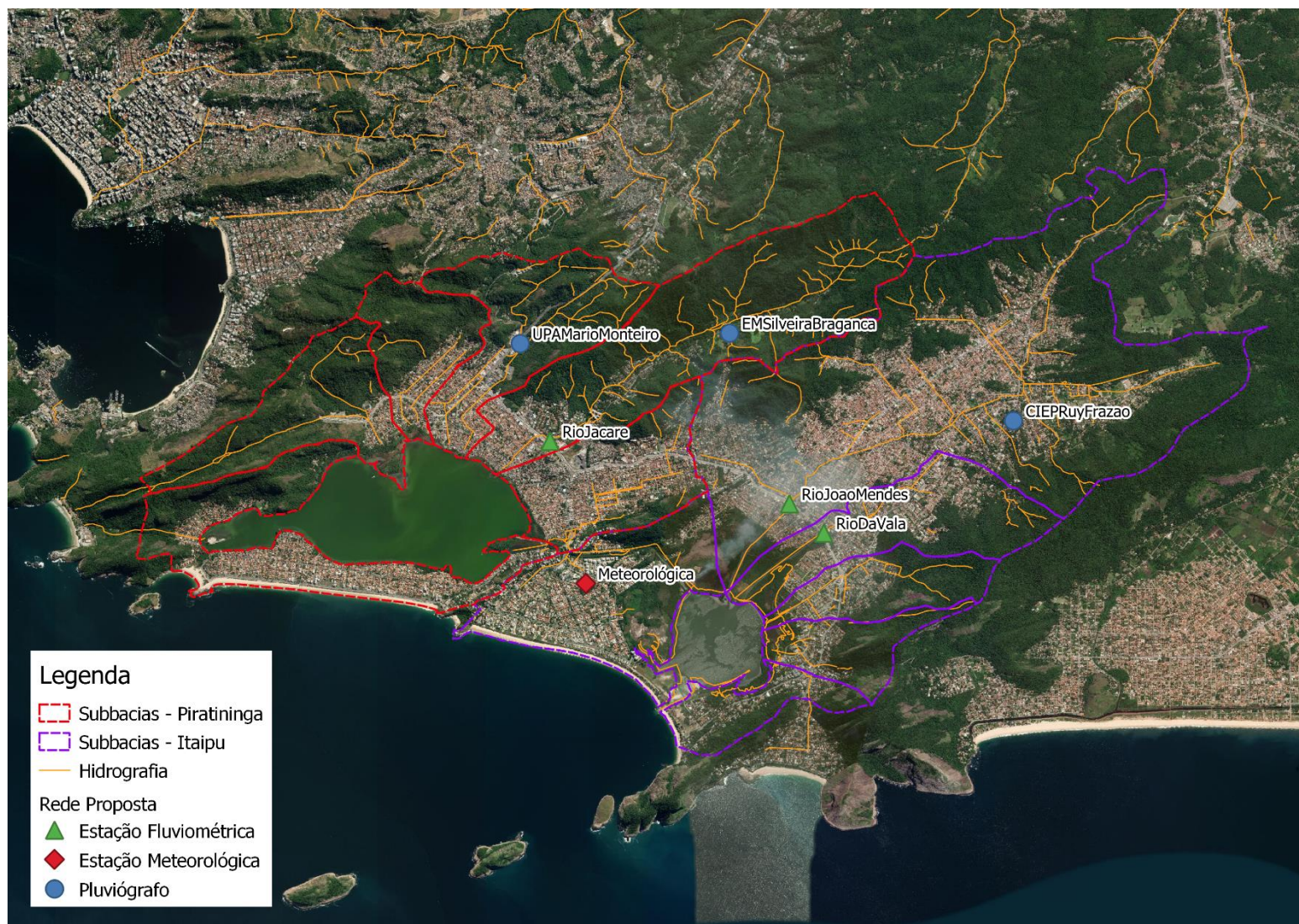


Figura 9. Rede de monitoramento hidrometeorológico proposta.

**Tabela 7. Localização das estações de monitoramento hidrometeorológico das bacias de Piratininga e Itaipu.**

Nome	Tipo de estação	Latitude	Longitude
Meteorológica	Meteorológica	7460237.69 m S	699334.38 m E
Rio da Vala	Fluviométrica	7460808.91 m S	701997.10 m E
Rio João Mendes	Fluviométrica	7461166.69 m S	701617.89 m E
Rio Jacaré	Fluviométrica	7461955.33 m S	698958.09 m E
CIEP Ruy Frazão	Pluviométrica	7462133.16 m S	704130.81 m E
EM Silveira Bragança	Pluviométrica	7463230.99 m S	700978.74 m E
UPA Mario Monteiro	Pluviométrica	7463136.50 m S	698641.24 m E

### 3.2.2 Monitoramento Qualitativo

Para avaliar a qualidade de água dos contribuintes, deverão ser realizadas campanhas trimestrais de monitoramento dos córregos das sub-bacias de Piratininga e Itaipu, totalizando oito pontos amostrais (Figura 10 e Tabela 8). O monitoramento de qualidade da água deverá ocorrer a cada três meses, concomitantemente com as campanhas trimestrais nas lagoas de Piratininga e Itaipu.

Além disso, também deverão ser realizadas duas campanhas de *first flush* nos contribuintes, sendo realizada uma campanha por ano, durante eventos de chuva. As amostragens de *first flush* deverão ser realizadas com intervalos de 10 minutos, a partir do início das chuvas até 30 minutos após o término dos eventos de precipitação. Esses resultados deverão ser utilizados para avaliação do transporte de sólidos e compostos poluentes para as lagoas durante os eventos de chuva. As diferentes variáveis descritivas de qualidade de água serão monitoradas *in situ* e através da coleta de amostras para análises laboratoriais posteriores.

Após a aquisição dos dados, deverão ser produzidos relatórios com os resultados da campanha. Os relatórios devem abranger os resultados detalhados da campanha realizada e a compilação dos resultados das campanhas anteriores, caracterizando relatórios cumulativos. Ademais, também deverão ser apresentados os resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) calculados a partir da obtenção dos resultados do monitoramento.



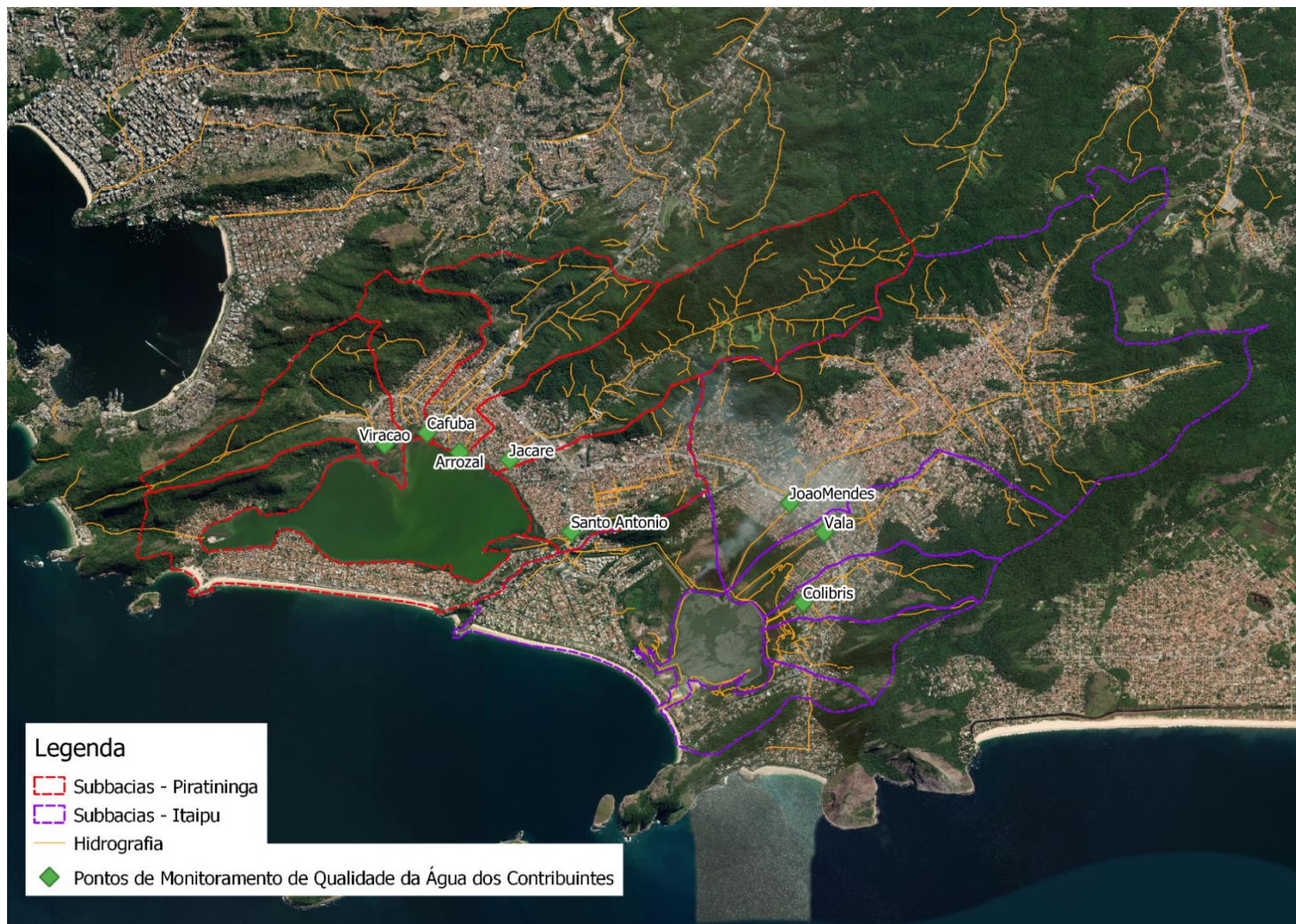


Figura 10. Pontos para monitoramento qualitativo dos córregos contribuintes do sistema lagunar Piratininga-Itaipu.



**Tabela 8. Pontos de monitoramento da qualidade de água dos contribuintes do sistema lagunar de Piratininga-Itaipu.**

Ponto	Latitude	Longitude
Córrego da Viração	7461951,90 m S	697008,77 m E
Canal do Cafubá	7462057,27 m S	697594,15 m E
Rio Arrozal	7461931,00 m S	698002,00 m E
Rio Jacaré	7461731,86 m S	698516,92 m E
Rio Santo Antônio	7460848,10 m S	699178,88 m E
Rio João Mendes	7461167,04 m S	701616,16 m E
Rio da Vala	7460786,02 m S	701969,09 m E
Córrego dos Colibrís	7459955,67 m S	701733,43 m E

### **a) Monitoramento *in situ***

O monitoramento *in situ* da qualidade de água dos córregos contribuintes compreenderá as seguintes variáveis: **temperatura da água (°C)**, **oxigênio dissolvido – OD (mg/L)**, **pH**, **turbidez (NTU)** e **condutividade elétrica (µS/cm)**. O monitoramento e registro dessas variáveis deverão ser realizados no momento da coleta de amostras, com o uso de sonda multiparamétrica.

### **b) Análises laboratoriais**

O monitoramento da qualidade dos contribuintes deverá compreender as seguintes variáveis a serem analisadas em laboratório: **carbono orgânico total – COT (mg/L)**, **coliformes termotolerantes (NMP/100mL)**, **demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)**; **fósforo total (mg/L)**, **nitrato (mg/L)**, **nitrogênio total (mg/L)**, **nitrogênio amoniacal (mg/L)** e **sólidos dissolvidos totais – SDT (mg/L)**, **sólidos suspensos totais (mg/L)** e **sólidos totais (mg/L)**. As coletas das amostras de água deverão ser realizadas concomitantemente ao registro das variáveis monitoradas *in situ*. A Tabela 9 relaciona as variáveis analisadas e as metodologias de referência.

**Tabela 9. Parâmetros para monitoramento dos córregos contribuintes do sistema lagunar de Piratininga-Itaipu.**

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Carbono Orgânico Total - COT	Oxidação por combustão catalítica
Coliformes termotolerantes	SMEWW, 23ª Ed - 9221-E
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	SMEWW, 23ª Ed - 5210-B
Fósforo total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-P B e 4500-P E
Nitrato	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NO3 E
Nitrogênio total	SMEWW, 23ª Ed - 4500B

<b>PARÂMETROS</b>	<b>METODOLOGIA DE REFERÊNCIA</b>
Nitrogênio amoniacal total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NH3 B e 4500-NH3 D
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT	SMEWW, 23ª Ed - 2540-C
Sólidos Suspensos Totais - SST	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D
Sólidos Totais - ST	SMEWW, 23ª Ed - 2540-G

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017 e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados.

As amostras de água deverão ser coletadas na região de superfície da coluna da água e devem ser acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório contratado. Após a coleta, os frascos deverão ser mantidos em caixa térmica, refrigerados com gelo na temperatura entre 4º C e 6º C, dependendo do ensaio a ser realizado. O material coletado deverá ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

### ***3.2.3 Monitoramento de efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto***

Na região há duas Estações de Tratamento de Esgoto doméstico que lançam os efluentes tratados nesse sistema lagunar. Na Figura 11 e Tabela 10 é possível identificar os pontos de lançamento de cada uma das estações. O monitoramento dos impactos dos efluentes das ETEs Cambinhas e Itaipu deverá ser realizado com frequência mensal, com coleta nos pontos de lançamento, a fim de identificar possíveis aumentos irregulares na carga poluente lançada. As diferentes variáveis descritivas de qualidade da água deverão ser monitoradas *in situ* e através da coleta de amostras para posteriores análises laboratoriais. Além disso, também deverão ser monitorados mensalmente os possíveis impactos do extravasamento das estações elevatórias de

efluentes no entorno do sistema lagunar. A determinação dos pontos amostrais para avaliação do monitoramento do extravasamento das estações elevatórias de efluentes (EEE) ocorreu por conta da maior proximidade junto ao corpo hídrico. Na Figura 11 são identificados os pontos de monitoramento correspondentes em cada uma das lagoas, bem como no Canal de Camboatá (Tabela 10), e também são apresentadas a localização das EEE.

Após a aquisição dos dados, deverão ser produzidos relatórios com os resultados da campanha. Os relatórios abrangem resultados detalhados da última campanha e compilação dos resultados das campanhas anteriores, caracterizando relatórios cumulativos.

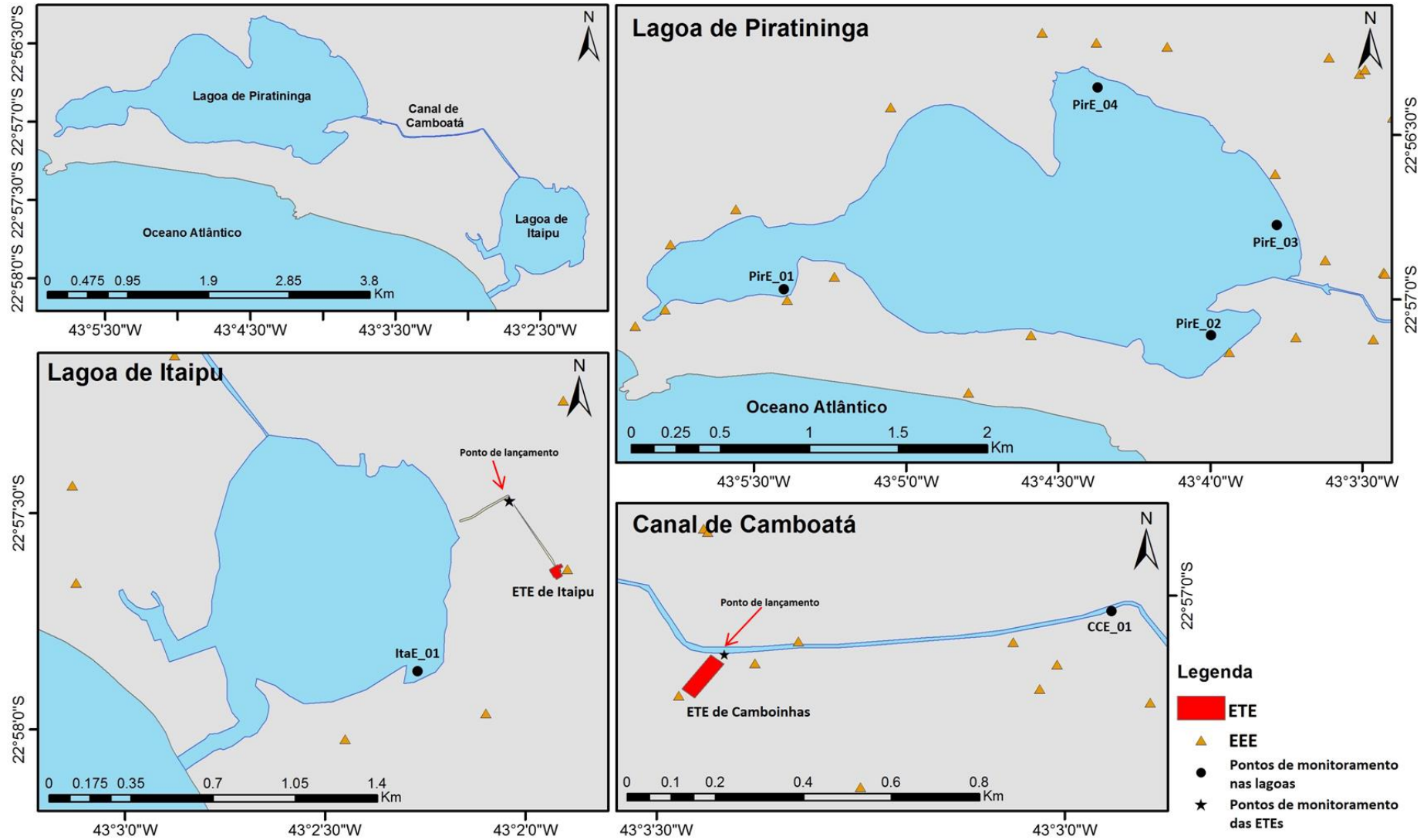


Figura 11. Identificação dos locais de lançamento das ETEs, das EEEs e dos pontos de monitoramento da influencia do efluente no sistema lagunar Piratininga-Itaipu.

**Tabela 10. Estações para monitoramento do lançamento dos efluentes das ETEs do sistema lagunar de Piratininga-Itaipu.**

Ponto	Latitude	Longitude
ETE Cambinhas	7460565.00 m S	699225.00 m E
ETE Itaipu	7459823.00 m S	701546.00 m E
Ponto de lançamento Cambinhas	7460566.00 m S	699225.00 m E
Ponto de lançamento Itaipu	7459824.00 m S	701551.00 m E
PirE_01	7460757.07 m S	695815.83 m E
PirE_02	7460497.71 m S	698217.86 m E
PirE_03	7461116.80 m S	698586.58 m E
PirE_04	7461889.08 m S	697579.45 m E
CCE_01	7460675.39 m S	700065.54 m E
ItaE_01	7459097.55 m S	701154.45 m E

#### **a) Monitoramento in situ**

O monitoramento *in situ* da qualidade dos efluentes lançados compreenderá as seguintes variáveis: **temperatura da água (°C)**, **oxigênio dissolvido – OD (mg/L)**, **pH**, e **condutividade elétrica (µS/cm)**. O monitoramento e registro dessas variáveis deverá ser realizado no momento da coleta de amostras, com o uso de sonda multiparamétrica.

#### **b) Análises laboratoriais**

O monitoramento da qualidade dos efluentes lançados compreenderá as seguintes variáveis a serem analisadas em laboratório: **fósforo total (mg/L)**, **MBAs (mg/L)**, **nitrogênio amoniacal (mg/L)**, **nitrito (mg/L)**, **nitrato (mg/L)**, **demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)**, **carbono orgânico total – COT (mg/L)**, **óleos e graxas totais (mg/L)**, **sólidos dissolvidos totais – SDT (mg/L)** e **coliformes termotolerantes (UFC/100mL)**, conforme CONAMA 430/2011. As coletas das amostras de efluente deverão ser realizadas concomitantemente ao registro das variáveis monitoradas *in situ*. A Tabela 11 relaciona as variáveis analisadas e as metodologias de referência.

**Tabela 11. Parâmetros para monitoramento do lançamento dos efluentes das ETEs do sistema lagunar de Piratininga-Itaipu.**

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Coliformes termotolerantes	SMEWW, 23ª Ed - 9221-E
Carbono Orgânico Total - COT	Oxidação por combustão catalítica



PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	SMEWW, 23ª Ed - 5210-B
Fósforo total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-P B e 4500-P E
MBA's	SMEWW, 23ª Ed - 5540-C
Nitrato	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NO3 E
Nítrito	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NO2 B
Nitrogênio amoniacal total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NH3 B e 4500-NH3 D
Óleos e Graxas Totais	SMEWW, 23ª Ed - 5220-B e 5220-F
Sólidos Suspensos Totais - SST	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017 e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados.

As amostras dos efluentes deverão ser coletadas na região de superfície da coluna da água e devem ser acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório contratado. Após a coleta, os frascos devem ser mantidos em caixa térmica, refrigerados com gelo. O material coletado deve ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

#### **4. Programa de Monitoramento das Atividades de Recuperação do Sistema**

O programa de monitoramento das atividades de recuperação do sistema lagunar de Piratininga-Itaipu tem como objetivo identificar e dimensionar os impactos das atividades de recuperação no sistema.

A partir da análise de resultados das simulações computacionais, foram propostas as seguintes obras para recuperação do sistema lagunar:

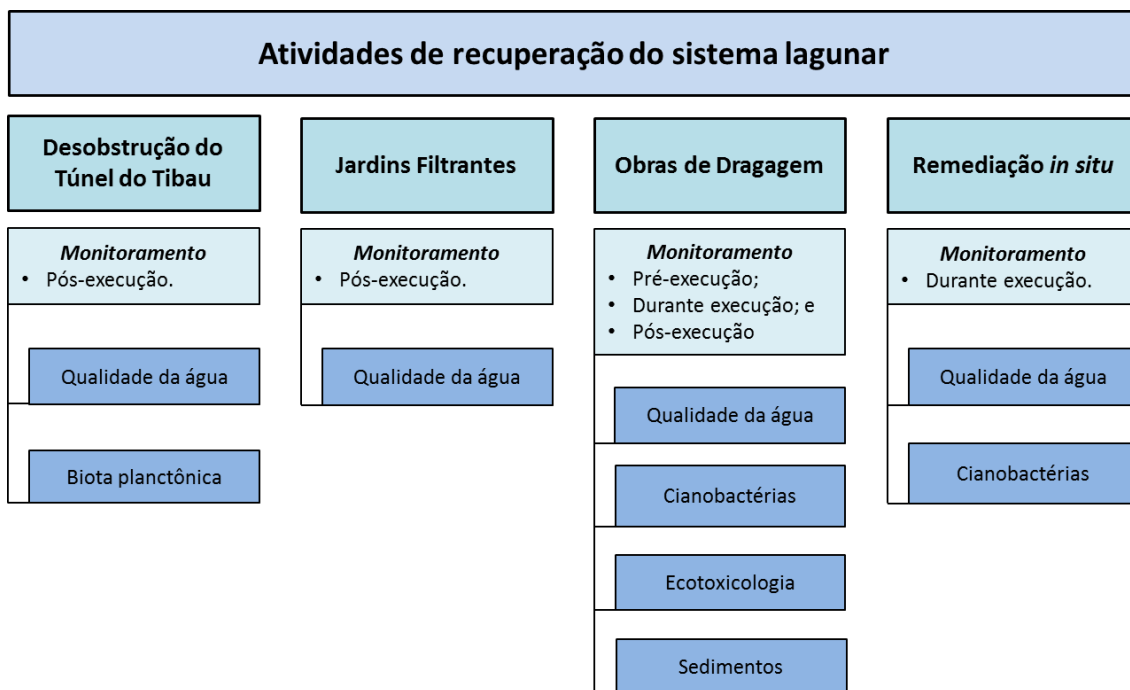
- 1. Desobstrução do Túnel do Tibau;**
- 2. Implantação dos Jardins Filtrantes;**

- 3. Abatimento de pelo menos 20% da carga poluidora recebida pelas lagoas;**
- 4. Dragagem do Canal de Itaipu e recuperação dos molhes existentes; e**
- 5. Dragagem do Canal de Camboatá.**

Para acompanhamento das atividades foram propostos três fases de monitoramento ambiental:

- Pré-execução: uma campanha de monitoramento para caracterização da condição ambiental do sistema antes da execução das obras de recuperação;
- Durante a execução: campanhas semanais de monitoramento para acompanhamento das condições ambientais do sistema durante as obras;
- Pós-execução: uma campanha semanal de monitoramento, durante três semanas seguidas, após a conclusão de cada atividade de recuperação.

Essas campanhas devem contemplar a avaliação da qualidade da água, qualidade dos sedimentos e comunidades biológicas, quando for o caso. A síntese das atividades propostas, bem como o escopo de cada subprograma, é apresentada na Figura 12. Para as obras que já foram iniciadas, os dados de diagnóstico do sistema lagunar, obtidos a partir do monitoramento realizado pela empresa Hydrosience, devem ser utilizados para a análise comparativa da progressão de qualidade da água do sistema, sendo estes comparados com os dados do monitoramento nas etapas de “Durante” e “Pós-Execução”, quando possível.



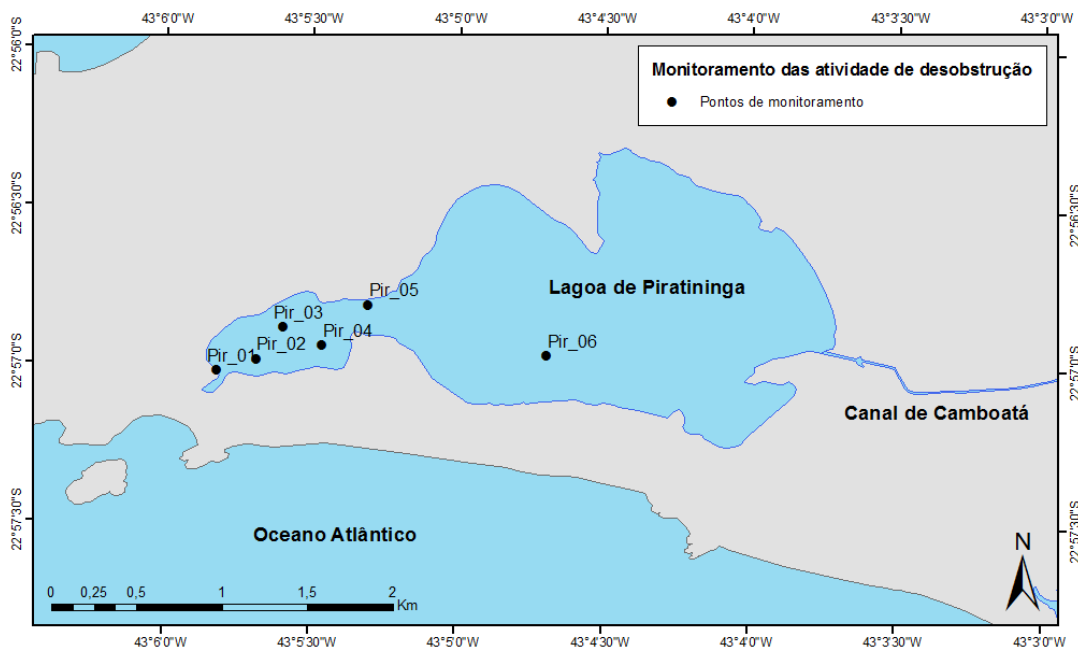
**Figura 12. Síntese dos subprogramas de monitoramento das obras de recuperação do sistema lagunar Piratininga-Itaipu.**

A análise dos dados obtidos deverá ser realizada de maneira que seja possível avaliar a variabilidade espacial e temporal dos resultados registrados. Ademais, deverão ser realizadas análises identificando possíveis diferenças dos resultados registrados nos três diferentes momentos de amostragem. Após a realização das obras será necessária manutenção das condições e monitoramento das alterações. Essa demanda deverá ser suprida por meio da execução do monitoramento continuado, conforme apresentado nos Itens 3.1.1 e 3.1.2.

#### **4.1 Subprograma de monitoramento ambiental das atividades de desobstrução do Túnel do Tibau**

Conforme apresentado no “**RELATÓRIO FINAL E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS**”, a primeira obra de melhoria a ser realizada para a recuperação do sistema lagunar é a desobstrução do Túnel do Tibau, localizado na região oeste da lagoa de Itaipu. Os efeitos dessa obstrução afetam diretamente a qualidade da água da lagoa de Piratininga, visto que compromete a renovação hidráulica do sistema. Desta forma, para o monitoramento ambiental das atividades de desobstrução do túnel deverão ser

realizadas amostragens para avaliação da qualidade da água em pelo menos seis pontos do sistema, conforme Figura 13 e Tabela 12. A definição dos pontos ocorreu em função da área estar mais sujeita aos efeitos de ressuspensão de sedimentos e as consequências disso na comunidade planctônica. O acompanhamento da qualidade ambiental do sistema deverá ser monitorado no período pós-execução da obra, sendo realizado uma vez por semana, durante três semanas seguidas. Desta forma, podendo avaliar ou não uma melhora progressiva da qualidade da água na região.



**Figura 13. Pontos determinados para realização do monitoramento das obras de desobstrução do Túnel do Tibau – Lagoa de Piratininga.**

**Tabela 12. Estações para monitoramento da qualidade de águas das atividades de desobstrução do Túnel do Tibau, na lagoa de Piratininga.**

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
Pir_01	7460710.97 m S	695111.10 m E
Pir_02	7460778.80 m S	695340.55 m E
Pir_03	7460962.84 m S	695497.19 m E
Pir_04	7460856.40 m S	695728.36 m E
Pir_05	7461090.82 m S	695997.59 m E
Pir_06	7460793.06 m S	697040.45 m E

#### 4.1.1 Qualidade da Água

O monitoramento deverá contemplar análises de **oxigênio dissolvido** (mg/L); **temperatura da água** (°C); **turbidez** (NTU); **condutividade elétrica** ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); **pH**; **ORP** (mV); **salinidade** (ppt); e **transparência da coluna da água** (m). A determinação desses

parâmetros deverá ser realizada por meio de sonda multiparamétrica. Os resultados de transparência da coluna da água devem ser obtidos com disco de *Secchi*. Em laboratório deverão ser analisados parâmetros de **sólidos totais – ST** (mg/L); **sólidos suspensos totais – SST** (mg/L); **sólidos dissolvidos totais – SDT** (mg/L); **clorofila-a** (µg/L); e **densidades planctônicas** (fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton).

**Tabela 13. Parâmetros para caracterização da qualidade da água da lagoa de Piratininga durante a execução das atividades de desobstrução do Túnel do Tibau.**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>METODOLOGIA DE REFERÊNCIA</b>
Oxigênio Dissolvido	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Temperatura da Água	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Turbidez	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Condutividade Elétrica	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
pH	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
ORP	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Salinidade	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Transparência da coluna da Água	Disco de <i>Secchi</i>
Clorofila-a	SMEWW, 23ª Ed - 10200-H Chlorophyll
Densidades Planctônicas	***
Fósforo total	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D
Sólidos Dissolvidos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-C
Sólidos Suspensos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D
Sólidos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-G

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados.

As amostras de água deverão ser coletadas na região de superfície da coluna da água, seguindo periodicidade semanal descrita no Item 4. Caso a região amostral tenha profundidade superior a 2 metros, também deverão ser obtidas amostras na região de fundo com a utilização de uma garrafa de *Van Dorn*. As amostras devem ser acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório contratado, e após a coleta, os frascos devem ser mantidos em caixa térmica, refrigerada com gelo. O material coletado deve ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de

uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

#### **4.1.2 Monitoramento da biota planctônica**

A amostragem das comunidades planctônicas deverá ser realizada junto com as campanhas de avaliação da qualidade da água, conforme escopo apresentado no Item 4.1. Com a finalidade de obter informações sobre a qualidade ambiental do sistema lagunar, a estrutura das comunidades deverá ser avaliada por meio de análises de composição, densidade, diversidade, equitabilidade, frequência de ocorrência e abundância relativa. Ainda, deverão ser identificadas as espécies bioindicadoras avaliando os padrões de distribuição das mesmas em relação aos parâmetros abióticos, correlacionando com os resultados observados nas campanhas de qualidade da água e a fim de se verificar as diferenças da estrutura dessas comunidades, serão realizadas análises espaço-temporais.

Abaixo são especificadas as metodologias a serem usadas para cada comunidade.

##### **4.1.2.1 Fitoplâncton**

Para a análise qualitativa, deverão ser realizados arrastos horizontais na subsuperfície da água com rede específica de malha de 20  $\mu\text{m}$ , após a coleta, as amostras deverão ser acondicionadas em frasco plástico e fixadas com formol 4%. Em laboratório, deverá ser feita a identificação dos táxons sempre que possível até o menor nível taxonômico possível. Para a análise quantitativa, as amostras deverão ser coletadas com uso de garrafas coletoras na subsuperfície da água e posteriormente acondicionada em frasco plástico e fixada com formol 4%. Em laboratório, deverá ser procedida a contagem do fitoplâncton, a qual deverá ser realizada através do método de sedimentação proposto por Utermöhl (1958) contando-se o número de células por campos aleatórios (UEHLINGER, 1964). A contagem do número de células do fitoplâncton, além de permitir uma estimativa da densidade dessas populações, também apresenta vantagens como verificação de possíveis alterações na forma e tamanho das espécies observadas e oferece uma noção do grau de diversidade de



espécies em cada estação. A presença de espécies de microalgas produtoras de toxinas também será avaliada.

#### **4.1.2.2 Zooplâncton**

Para coleta de amostras quali-quantitativas do zooplâncton deverá ser utilizada rede específica de malha de 68  $\mu\text{m}$ . Após as coletas as amostras deverão ser acondicionadas em frasco plástico e fixadas com formol a 4%. Posteriormente às amostragens, em laboratório, com uso de microscópio óptico binocular, os organismos deverão ser contados e identificados, com auxílio de chaves de identificação e bibliografia especializada, até o menor nível taxonômico possível.

#### **4.1.2.3 Ictioplâncton**

Para as amostragens da comunidade ictioplanctônica, deverão ser realizadas amostragens com rede cônico-cilíndrica de 300  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. As amostras coletadas deverão ser acondicionadas em frascos plásticos e fixadas com formol 4%. Em laboratório, os ovos e as larvas de peixes devem ser triados, quantificados e identificados em menor nível taxonômico possível.

### **4.2 Subprograma de controle da qualidade de água da Lagoa de Piratininga durante a implantação dos Alagados Construídos**

A execução desse programa tem por objetivo monitorar a qualidade de água da Lagoa de Piratininga em função dos possíveis impactos da construção dos Jardins Filtrantes, principalmente próximo às áreas sob influência direta dessas obras na lagoa. Para monitorar esses possíveis impactos, sugere-se a alocação de sete pontos de monitoramento nessa região, conforme apresentado na Figura 14. As coordenadas constam Tabela 16. O acompanhamento da qualidade ambiental do sistema deverá ser monitorado no período pós-execução da obra, com seis campanhas quinzenais, em um período de três meses. Essa periodicidade é justificada pelo grande aporte de cargas orgânicas na região. Desta forma, com a realização dessas campanhas, será possível avaliar ou não uma melhora progressiva da qualidade da água na região.

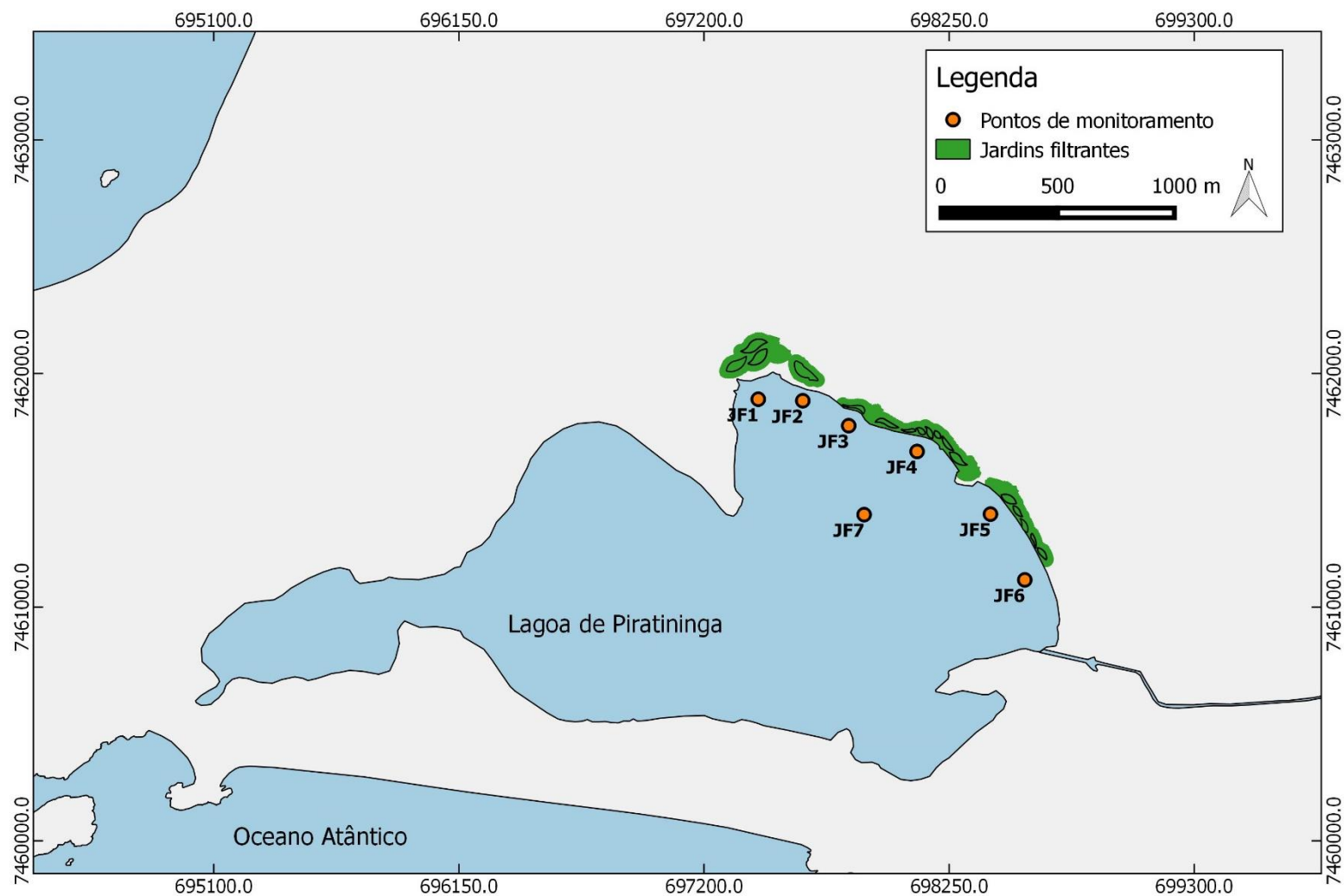


Figura 14. Pontos determinados para realização do monitoramento da qualidade de água da Lagoa de Piratininga durante a implantação dos Jardins Filtrantes.

**Tabela 14. Estações para monitoramento da qualidade de água da Lagoa de Piratininga durante a implantação dos Jardins Filtrantes.**

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
JF1	697432	7461890
JF2	697623	7461883
JF3	697820	7461777
JF4	698113	7461666
JF5	698427	7461398
JF6	698574	7461116
JF7	697886	7461396

O monitoramento *in situ* deverá contemplar análises de **oxigênio dissolvido** (mg/L); **temperatura da água** (°C); **turbidez** (NTU); **condutividade elétrica** ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); **pH**; **ORP** (mV); **salinidade** (ppt); e **transparência da coluna da água** (m). A determinação desses parâmetros deverá ser realizada por meio de sonda multiparamétrica. Os resultados de transparência da coluna da água devem ser obtidos com disco de *Secchi*. Em laboratório deverão ser analisados parâmetros de **fósforo total** (mg/L), **nitrogênio amoniacal** (mg/L), **carbono orgânico total – COT** (mg/L), **clorofila-a** ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), **coliformes termotolerantes** (UFC/100mL), **sólidos totais – ST** (mg/L); **sólidos suspensos totais – SST** (mg/L); **sólidos dissolvidos totais – SDT** (mg/L); (Tabela 15).

**Tabela 15. Parâmetros para caracterização da qualidade a água da lagoa de Piratininga durante a execução das atividades de desobstrução do Túnel do Tibau.**

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Oxigênio Dissolvido	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
Temperatura da Água	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
Turbidez	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
Condutividade Elétrica	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
pH	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
ORP	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
Salinidade	<i>In situ</i> – Sonda Multiparamétrica
Transparência da coluna da Água	Disco de <i>Secchi</i>
Carbono Orgânico Total - COT	Oxidação por Combustão Catalítica
Clorofila-a	SMEWW, 23ª Ed - 10200-H Chlorophyll
Nitrogênio amoniacal total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NH3 B e 4500-NH3 D
Fósforo total	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D
Coliformes termotolerantes	SMEWW, 23ª Ed - 9221-E
Sólidos Dissolvidos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-C
Sólidos Suspensos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-D
Sólidos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540-G

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados.

As amostras de água deverão ser coletadas na região de superfície da coluna da água, seguindo periodicidade descrita no Item 4.2. Caso a região amostral tenha profundidade superior a 2 metros, também deverão ser obtidas amostras na região de fundo com a utilização de uma garrafa de *Van Dorn*. As amostras devem ser acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório contratado, e após a coleta, os frascos devem ser mantidos em caixa térmica, refrigerada com gelo. O material coletado deve ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

#### **4.3 Subprograma de controle e regularização de ligações clandestinas de esgoto**

A execução desse programa visa atender a terceira proposição de ação de recuperação do sistema lagunar, que se refere o abatimento de pelo menos 20% do abatimento da carga gerada nas sub-bacias das lagoas de Piratininga e Itaipu.

A eficiência do sistema de esgotamento sanitário depende do controle da qualidade do efluente lançado pelas ETEs, do controle de possíveis vazamentos e/ou extravasamentos do sistema e, principalmente, da participação dos usuários através das corretas ligações prediais. Atualmente, o município de Niterói possui cobertura de esgotamento sanitário em, aproximadamente, 96% do município. Entretanto, o diagnóstico da situação atual do sistema lagunar e seus contribuintes indica expressiva contaminação por esgoto sanitário. Considerando o elevado índice de cobertura, a contaminação se dá, mais intensamente, pela ocorrência de ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem urbana e, possivelmente, do extravasamento das

elevatórias de esgoto.

Atualmente, a região já apresenta um programa de regularização das ligações prediais de esgoto denominado “Ligado na Rede”. Programas de fiscalização e regularização de ligações prediais de esgoto compreendem visitas domiciliares para identificação do destino das águas descartadas pelos sistemas hidráulico-prediais das edificações. O **Programa de controle e regularização de ligações clandestinas de esgoto** aqui proposto reforça atividades já desempenhadas no “**Se Liga na Rede**”.

O **Programa de controle e regularização de ligações clandestinas de esgoto** compreende também atividades de *Comunicação Social e Educação Ambiental*. Essas atividades abordam a importância do saneamento e da participação popular através das corretas ligações prediais e também abrange tópicos mais globais sobre a qualidade ambiental do sistema lagunar. O programa compreende, também, a realização de cursos de capacitação de profissionais para realização das obras relacionadas à regularização das ligações prediais, incluindo técnicos e pedreiros. A Tabela 16 relaciona as atividades propostas para a realização do programa.

**Tabela 16. Atividades do Programa de controle e regularização de ligações clandestinas de esgoto.**

<b>ATIVIDADES</b>
Comunicação social e educação ambiental.
Curso técnico de capacitação de profissionais habilitados para a realização das obras de regularização de ligações prediais.
Fiscalização com vistoria de instalações prediais de esgoto em edificações públicas, comerciais e residenciais unifamiliares e multifamiliares.

O controle das cargas poluidoras lançadas no sistema lagunar será realizado através do **Subprograma de monitoramento das bacias contribuintes**, inserido no programa de monitoramento ambiental continuado. O subprograma de monitoramento das bacias contribuintes contempla o monitoramento da qualidade da água dos rios contribuintes e dos efluentes tratados lançados pelas ETEs no sistema lagunar. Esse subprograma irá monitorar o aporte de carga no sistema lagunar ao longo do tempo e, se necessário, intensificar o **Programa de Controle e regularização de ligações clandestinas de esgoto**.

#### **4.4 Subprograma de monitoramento das obras de dragagem**

O monitoramento das atividades de dragagem no sistema inclui o

acompanhamento da qualidade da água e dos sedimentos, além da realização de ensaios de ecotoxicidade com *Mysidopsis juniae* e *Lytechinus variegatus* (ouriço do mar). A Figura 15, indica a localização dos pontos para o monitoramento da região a ser dragada. Foram determinados 17 pontos amostrais (Tabela 17 e Figura 17), sendo seis pontos localizados na lagoa de Itaipu, cinco pontos no Canal de Camboatá e seis pontos na lagoa de Piratininga. Caso as obras de dragagem nos diferentes compartimentos (Canal de Itaipu, Canal de Camboatá e lagoa de Piratininga) não ocorram no mesmo momento, os monitoramentos desses pontos poderão ser desmembrados nesse subprograma para abranger apenas a região de execução das atividades de dragagem. A frequência amostral deverá ser realizada conforme apresentado no Item 4, sendo que para a fase de pós execução deverão ser realizadas campanhas semanais durante três semanas seguidas. Para lagoa de Piratininga sugere-se que o monitoramento pós execução ocorrerá a cada 15 dias, visto o maior tempo de residência da lagoa. Desta forma, para Piratininga, no monitoramento pós execução, serão realizadas três campanhas quinzenais.



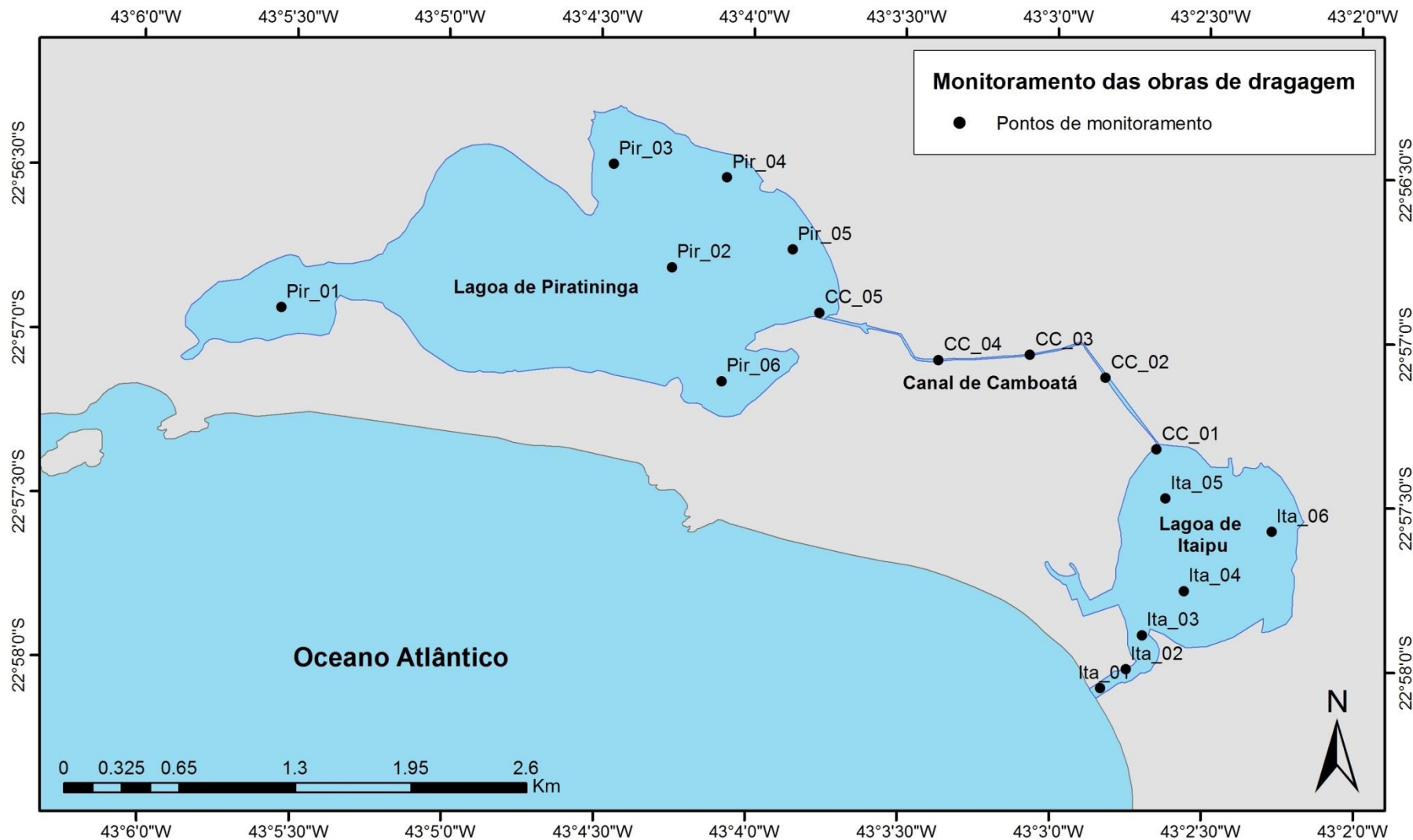


Figura 15. Pontos determinados para realização do monitoramento das obras no Canal da lagoa de Itaipu, Canal de Camboatá e lagoa de Piratininga.

**Tabela 17. Estações para monitoramento das obras de dragagem no Canal da lagoa de Itaipu e no Canal de Camboatá.**

<b>PONTOS</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
ITA_01	7458732.70 m S	700187.59 m E
ITA_02	7458839.39 m S	700332.30 m E
ITA_03	7459030.77 m S	700423.36 m E
ITA_04	7459278.08 m S	700659.25 m E
ITA_05	7459798.16 m S	700556.11 m E
ITA_06	7459610.89 m S	701152.44 m E
CC_01	7460074.79 m S	700505.74 m E
CC_02	7460477.72 m S	700219.51 m E
CC_03	7460606.57 m S	699794.25 m E
CC_04	7460577.41 m S	699280.54 m E
CC_05	7460843.39 m S	698611.93 m E
Pir_01	7460874.00 m S	695587.00 m E
Pir_02	7461099.00 m S	697782.00 m E
Pir_03	7461680.00 m S	697457.00 m E
Pir_04	7461604.00 m S	698093.00 m E
Pir_05	7461199.00 m S	698461.00 m E
Pir_06	7460458.00 m S	698061.00 m E

#### **4.4.1 Qualidade da água**

O monitoramento da qualidade da água das lagoas inclui diversas variáveis indicadoras, e se divide em monitoramento *in situ* e análises laboratoriais. A amostragem para avaliação das condições ambientais deverá ocorrer conforme escopo proposto no Item 4, com monitoramento pré-execução, durante execução e pós-execução.

As análises *in situ* devem contemplar dos seguintes parâmetros ambientais: **oxigênio dissolvido (mg/L); temperatura da água (°C); turbidez (NTU); condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); pH; ORP (mV); salinidade (ppt); e transparência da coluna da água (m)**. A determinação desses parâmetros deverá ser realizada por meio de sonda multiparamétrica. Os resultados de transparência da coluna da água devem ser obtidos com disco de *Secchi*. Em laboratório deverão ser analisados parâmetros de **fósforo total (mg/L), ortofosfato (mg/L); sólidos suspensos totais – SST (mg/L); sólidos totais; carbono orgânico total – COT (mg/L); coliformes termotolerantes (UFC/100mL); clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ); densidade de cianobactérias (cél/mL); arsênio (mg/L);**

**boro (mg/L); chumbo (mg/L); cádmio (mg/L); zinco (mg/L); mercúrio (mg/L); níquel (mg/L); e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA (Tabela 18).**

**Tabela 18. Parâmetros para monitoramento das obras de dragagem no Canal da lagoa de Itaipu e no Canal de Camboatá.**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>METODOLOGIA DE REFERÊNCIA</b>
Oxigênio Dissolvido	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Temperatura da Água	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Turbidez	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Condutividade Elétrica	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
pH	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
ORP	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Salinidade	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Transparência da coluna da Água	Disco de <i>Secchi</i>
Fósforo Total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-P B e 4500-P E
Ortofosfato	SMEWW, 23ª Ed – 4500 B r 4500 C
Sólidos Suspensos Totais	SMEWW, 23ª Ed - 2540 B, C, D e E
Carbono Orgânico Total	Oxidação por Combustão Catalítica
Coliformes Termotolerantes	SMEWW, 23ª Ed - 9221-E
Clorofila-a	SMEWW, 23ª Ed - 10200-H Chlorophyll
Densidade de Cianobactérias	***
Arsênio	USEPA 3050-B
Boro	USEPA 3050-B
Chumbo	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Pb A
Cádmio	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Cd
Zinco	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Zn A
Mercúrio	USEPA 3050-B
Níquel	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Ni
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos	SMEWW, 23ª Ed – 3535 A

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados. Para cianobactérias as análises deverão atender as especificações apresentadas no item 4.3.1.1.

As amostras de água deverão ser coletadas na região de superfície da coluna da água. Caso a região amostral tenha profundidade superior a 2 metros, também deverão ser obtidas amostras na região de fundo com a utilização de uma garrafa de

*Van Dorn*. As amostras devem ser acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório contratado e posterior a coleta, os frascos devem ser mantidos em caixa térmica, refrigerada com gelo. O material coletado deve ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

#### **4.4.1.1 *Cianobactérias***

Para análise qualitativa e quantitativa da comunidade, deverá ser realizada a filtragem de 100 litros de água, coletados na região da superfície da água, com rede específica de malha de 20 µm. Após a coleta, as amostras deverão ser armazenadas em frasco plástico e fixadas com solução de lugol acético 5%. Em laboratório, deverá ser realizada a identificação dos táxons sempre que possível até o menor nível taxonômico.

As flutuações nas densidades de cianobactérias no sistema lagunar devem ser acompanhadas ao longo de todo período de monitoramento, visto que a ocorrência de elevadas densidades pode restringir o uso das lagoas. A amostragem deverá ser realizada nos mesmos pontos apresentados no Item 4.4 e deverá contemplar análise pré-execução, durante a execução e pós-execução, conforme apresentado no Item 4. Os resultados do monitoramento de cianobactérias deverão ser sempre expressos em células por mililitro (cél/mL) a fim de permitir a comparação com os limites da legislação CONAMA 357/2005. Ademais, a partir da identificação dos grupos e/ou espécies, deverão ser apresentadas uma discussão sobre a produção potencial de toxinas das espécies encontradas.

Para planejamento amostral e procedimentos de coleta, deverão ser seguidas as disposições do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Brandão, 2011). Amostras devem ser coletadas em água subsuperficial, e conservadas com adição de lugol acético 5%. Para contagem da densidade de cianobactérias, deve ser feita a dissolução prévia da mucilagem com hidrólise alcalina. Posteriormente, as amostras

devem ser homogêneas e preparadas em câmara de Utermöhl para sedimentação e contagem. A quantificação de células deve ser feita a partir da fórmula:

$$F = \frac{A/a''}{v}$$

Onde: F = fator de concentração;

A = área da câmara de Utermöhl;

a'' = área de um transecto;

v = volume da câmara.

Multiplicando-se o fator de concentração obtido pelo número de organismos ou células encontrados nos transectos, ter-se-á o número de cianobactérias por mililitro.

#### 4.4.2 Qualidade dos sedimentos

As análises de sedimento devem contemplar as seguintes variáveis: **granulometria; arsênio (mg/L); mercúrio (mg/L); níquel (mg/L); zinco (mg/L); cádmio (mg/L); cobre (mg/L); fósforo total (mg/L); carbono orgânico total – COT (mg/L); nitrogênio kjeldahal total (mg/L) e coliformes termotolerantes (UFC/100mL)** (Tabela 19). As coletas devem ocorrer nos mesmos pontos determinados para avaliação da qualidade da água e devem contemplar a mesma periodicidade amostral.

**Tabela 19. Parâmetros para monitoramento das obras de dragagem no Canal da lagoa de Itaipu e no Canal de Camboatá.**

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Granulometria	***
Arsênio	USEPA 3050-B
Mercúrio	USEPA 3050-B
Níquel	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Ni
Zinco	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Zn A
Cádmio	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Cd
Cobre	SMEWW, 23ª Ed - 3500-Cu A
Fósforo Total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-P B e 4500-P E
Carbono Orgânico Total	Oxidação por Combustão Catalítica
Nitrogênio Kjeldahal Total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-N
Coliformes Termotolerantes	SMEWW, 23ª Ed - 9221-E

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a

metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados.

A coleta das amostras de sedimento deverá ser realizada com uma draga do tipo *Van Veen* em aço inoxidável. Cada amostra deverá ser acondicionada em sacos plásticos devidamente identificados. O material coletado deverá ser mantido em caixa térmica, refrigerada com gelo. As amostras devem ser entregues para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

#### **4.4.3 Ensaios de Ecotoxicidade**

As amostras para realização das análises de ecotoxicidade no sistema deverão ser realizadas por meio da coleta de água e sedimentos no ponto ITA\_04 (7459278.08 m S / 700659.25 m E), no ponto CC\_03 (7460606.57 m S / 699794.25 m E), no Canal de Camboatá e no ponto Pir\_02 (7461099.00 m S / 7461099.00 m S). As coletas devem apresentar periodicidade semanal e concomitante às amostragens de água e de sedimentos nos pontos pré-determinados, conforme proposto no Item 4 (Pré-execução, Durante e Pós-execução).

As análises de toxicidade aguda deverão ser realizadas utilizando *Mysidopsis juniae* como organismo modelo, uma espécie de crustáceo que apresenta elevada sensibilidade a diversas substâncias tóxicas. Com relação às análises de toxicidade crônica, os ensaios deverão ser realizados com *Lytechinus variegatus*, uma espécie de ouriço do mar. Testes com ouriço do mar permitem, além da análise da água superficial, a análise de água intersticial e do próprio sedimento. A avaliação do efeito tóxico das amostras deverá ser realizada através do desenvolvimento embriolarval da espécie. Os organismos testes recomendados são apresentados na Figura 16.

Todos os procedimentos para coleta, armazenamento e análise das amostras devem ser realizados de acordo com os procedimentos descritos pelas Normas ABNT NBR 15308 (2001), ABNT NBR 15350 (2006) e CETESB L5.250 – Maio /99.





Figura 16. *Mysidopsis juniae*, à esquerda e *Lytechinus variegatus*, à direita.

#### 4.4.4 Monitoramento topobatimétrico do Canal de Itaipu

Deverá ser realizado um manejo adaptativo do sedimento no Canal de Itaipu para que possa definir a frequência e o volume a ser dragado periodicamente e, além disso, garantir um melhor reaproveitamento do sedimento. Para isso deverão ser realizados levantamentos topográficos e batimétricos na região do Canal de Itaipu em intervalos trimestrais, a partir da finalização da primeira obra de dragagem, com o objetivo de avaliar o desempenho do projeto e auxiliar nas medidas corretivas e/ou preventivas.

Medições topobatimétricas deverão ser realizadas trimestralmente e também sempre após um evento climático extremo (tempestade oceânica), devendo ocorrer sequencialmente caso um novo evento ocorra.

As campanhas topobatimétricas devem ser realizadas nas praias adjacentes (3 perfis de praia em cada lado da desembocadura), porção oceânica em frente à desembocadura (até a isóbata aproximada de 5 m), no canal e bancos internos da Laguna de Itaipu.

Os perfis de praia devem partir da origem (pós-praia) e se estender até a profundidade de fechamento (aproximadamente 5 m). As medições de perfil praias deverão ser realizadas por companhia de engenharia especializada, com o auxílio de RTK-GPS na parte emersa e trenó submarino ou veículos automatizados (CRAB ou JET-SKI) em zonas submersas do perfil da praia.

Na porção interna da laguna, deve ser realizado serviço de topografia por caminhamento (com RTK-GPS), ou levantamento com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).

Na porção submersa, deve ser utilizada embarcação de pequeno calado equipada com sistema de posicionamento RTK ou DGPS e ecobatímetro monofeixe, operando na frequência de 200 KHz.

Os dados coletados deverão ser pós-processados para criação de um modelo digital de superfície de alta resolução, com o qual devem ser calculados os volumes de erosão e sedimentação, tendo como base o modelo de superfície criado a partir dos levantamentos realizados imediatamente após a conclusão da obra de dragagem (as-built).

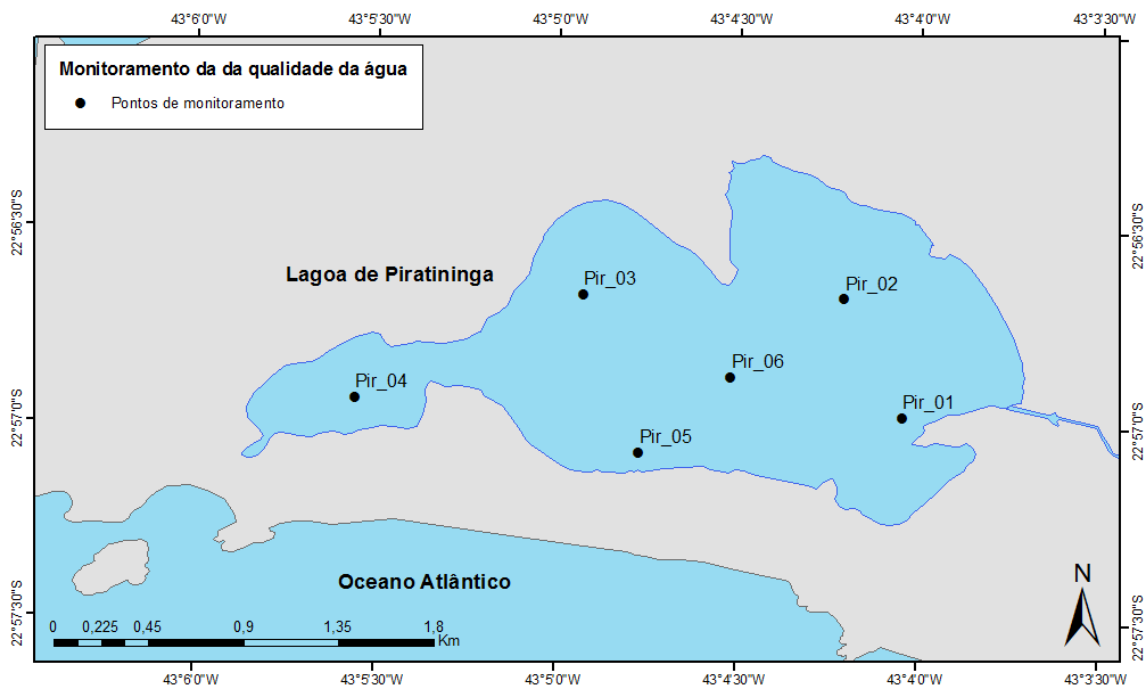
Cada levantamento deve ser comparado com o as-built e com o levantamento imediatamente anterior.

#### **4.5 Subprograma de monitoramento de remediação *in situ***

Conforme citado no “**RELATÓRIO FINAL E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS**”, recomenda-se que sejam realizadas ações complementares para recuperação da qualidade da água, como, por exemplo, remediação para redução do excesso de nutrientes (e.g fósforo) na massa da água e fonte interna de eutrofização existente no sedimento na Lagoa de Piratinga.

##### **4.5.1 Monitoramento da Qualidade da Água**

O monitoramento das atividades de remediação *in situ* da qualidade da água deverá ser realizado em seis pontos na lagoa de Piratininga, conforme Figura 17 e Tabela 20. Para esse subprograma sugere-se a realização de campanhas mensais de monitoramento durante a execução das atividades de remediação.



**Figura 17. Pontos determinados para realização do monitoramento da qualidade d'água durante as atividades da remediação *in situ* na lagoa de Piratininga.**

**Tabela 20. Estações para monitoramento da qualidade da água durante as atividades da remediação *in situ* na lagoa de Piratininga.**

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
Pir_01	7460763.80 m S	698149.29 m E
Pir_02	7461327.62 m S	697877.35 m E
Pir_03	7461350.40 m S	696641.64 m E
Pir_04	7460866.10 m S	695561.79 m E
Pir_05	7460603.79 m S	696901.45 m E
Pir_06	7460957.69 m S	697338.91 m E

As análises para avaliação do tratamento devem contemplar as variáveis imediatas, tais como: **oxigênio dissolvido (mg/L); temperatura da água (°C); turbidez (NTU); condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm); pH; ORP (mV); salinidade (ppt); transparência da coluna da água (m).**

Como as técnicas de remediação objetivam melhorar o estado trófico do sistema por meio da redução de nutrientes na água e sedimento, recomenda-se o monitoramento das principais variáveis indicadoras de estado trófico, como: **demanda bioquímica de oxigênio – DBO<sub>5</sub> (mg/L); nitrogênio amoniacal (mg/L); fósforo total (mg/L); ortofosfato (mg/L); nitrogênio total (mg/L); clorofila-a ( $\mu$ g/L) e densidade de cianobactérias (cél/mL).** A metodologia de referência consta na Tabela 21.

**Tabela 21. Parâmetros para monitoramento da qualidade da água durante as atividades da remediação *in situ* na lagoa de Piratininga.**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>METODOLOGIA DE REFERÊNCIA</b>
Oxigênio Dissolvido	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Temperatura da Água	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Turbidez	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Condutividade Elétrica	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
pH	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
ORP	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Salinidade	<i>In situ</i> – Sonda Multiparametrica
Transparência da coluna da Água	Disco de <i>Secchi</i>
Cor	SMEWW, 23ª Ed - 2120 B
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	SMEWW, 23ª Ed - 5210-B
Nitrogênio Amoniacal	SMEWW, 23ª Ed - 4500-NH3 B e 4500-NH3 D
Fósforo Total	SMEWW, 23ª Ed - 4500-P B e 4500-P E
Ortofosfato	SMEWW, 23ª Ed – 4500 B r 4500 C
Nitrogênio Total	SMEWW, 23ª Ed – 4500 N C
Clorofila-a	SMEWW, 23ª Ed - 10200-H Chlorophyll
Densidade de Cianobactérias	***

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª Ed. ou por outros métodos padronizados. Para cianobactérias as análises deverão atender as especificações apresentadas no item 4.4.1.

As amostras de água deverão ser coletadas na região de superfície da coluna da água. Caso a região amostral tenha profundidade superior a 2 metros, também deverão ser obtidas amostras na região de fundo com a utilização de uma garrafa de *Van Dorn*. As amostras devem ser acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório contratado e posterior a coleta, os frascos devem ser mantidos em caixa térmica, refrigerada com gelo. O material coletado deve ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.

A entrega das amostras coletadas deve ser realizada junto com apresentação de

uma cadeia de custódia, incluindo número de pontos coletados, quantidade de amostras, identificação do ponto, data, hora e coletor responsável.

#### ***4.5.1.2 Densidades de Cianobactérias***

O monitoramento das densidades de cianobactérias deverá ser realizado em seis pontos na lagoa de Piratininga, conforme apresentado no Item 5.4. Para esse subprograma sugere-se a realização de campanhas mensais de monitoramento durante a execução das atividades de remediação.

Para análise qualitativa e quantitativa da comunidade, deverá ser realizada a filtragem de 100 litros de água, coletados na região da superfície da água, com rede específica de malha de 20 µm. Após a coleta, as amostras deverão ser armazenadas em frasco plástico e fixadas com solução de lugol acético 5%. Em laboratório, deverá ser realizada a identificação dos táxons sempre que possível até o menor nível taxonômico.

As flutuações nas densidades de cianobactérias no sistema lagunar devem ser acompanhadas ao longo de todo período de monitoramento, junto com as amostragens para acompanhamento da qualidade da água, conforme apresentado no Item 4.4. Os resultados do monitoramento de cianobactérias serão sempre expressos em células por mililitro (cél/mL) a fim de permitir a comparação com os limites da legislação CONAMA 357/2005. Ademais, a partir da identificação dos grupos e/ou espécies, deverão ser apresentadas uma discussão sobre a produção potencial de toxinas das espécies encontradas.

Para planejamento amostral e procedimentos de coleta, deverão ser seguidas as disposições do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Brandão, 2011). Amostras devem ser coletadas em água subsuperficial, e conservadas com adição de lugol acético 5%. Para contagem da densidade de cianobactérias, deve ser feita a dissolução prévia da mucilagem com hidrólise alcalina. Posteriormente, as amostras devem ser homogeneizadas e preparadas em câmara de Utermöhl para sedimentação e contagem. A quantificação de células deve ser feita a partir da fórmula:

$$F = \frac{A/a''}{v}$$

Onde: F = fator de concentração;

A = área da câmara de Utermöhl;

a" = área de um transecto;

v = volume da câmara.

Multiplicando-se o fator de concentração obtido pelo número de organismos ou células encontrados nos transectos, ter-se-á o número de cianobactérias por mililitro.

#### 4.5.2 Monitoramento da Qualidade do Sedimento

O monitoramento da qualidade do sedimento deverá ser realizado nos mesmos seis pontos determinados para avaliação da qualidade da água, conforme Figura 17 e Tabela 20. Para esse subprograma sugere-se a realização de campanhas mensais de monitoramento durante a execução das atividades de remediação concomitantes as campanhas de qualidade da água.

As análises para avaliação do tratamento devem contemplar os parâmetros **fósforo total** (mg/kg) e **lantânio total** (mg/kg), conforme Tabela 22.

**Tabela 22. Parâmetros para monitoramento da qualidade do sedimento durante as atividades da remediação *in situ* na lagoa de Piratininga.**

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Fósforo Total	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8
Lantânio Total	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001

Todas as amostras deverão ser encaminhadas para laboratório de análises acreditado pela Norma NBR ISO/IEC 17025:2017, e analisadas de acordo com a metodologia de referência proposta.

As amostras de sedimento deverão ser coletadas com a utilização de uma draga de *Eckman Bridge* e acondicionadas em sacos plásticos fornecidos pelo laboratório contratado. Após a coleta, as amostras devem ser mantidas em caixa térmica, refrigerada com gelo. O material coletado deve ser entregue para análise em período inferior a 24 horas, desta forma respeitando os prazos de validade e mantendo a confiabilidade dos resultados.



## 5. Referências Bibliográficas

- ABNT NBR 15308 2001. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com misídeos (Crustacea).
- ABNT NBR 15350. 2006. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio com ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea).
- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ S.M.; GOMES L.C., 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, 19 (3): 646-652.
- AMARAL, A.C.Z & JABLONSKI, S., 2005. Conservação da Biodiversidade marinha e costeira do Brasil. *Megadiversidade*. 1(1):43-51
- AMERICAN PUBLISH HEALTH ASSOCIATION, 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23<sup>th</sup> ed, Washington.
- BIBBY, C.; BURGUESS, N.D., & HILL, D.A., 1992. Bird Census Techniques. London, Academic Press, 257 p.
- BONECKER, A.C.; BONECKER, S.L.C.; BASSANI, C. 2002. Plâncton marinho. In: *Biologia Marinha*. R. CRESPO e A. SOARES (org.), Rio de Janeiro: Interciência. Cap. 6. p.103-23.
- BRANDÃO, C. J. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB, 2011.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
- \_\_\_\_\_, Resolução CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Publicado no D.O.U.
- BRIGHENTI, L., STAEHR, P., GAGLIARDI, L.M., BRANDÃO, L.P.M., ELIAS, E.C., MELLO, N.A.S.T., BARBOSA, F. A.R. & BEZZERA-NETO, J.F., 2015. Seasonal changes in metabolic rates of two tropical lakes in the Atlantic Forest of Brazil. *Ecosystems*, 18, pp. 589-604.
- CARLSON, R.E., 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 22: 361-80.
- CETESB, 1999. Água do mar – teste de toxicidade crônica de curta duração com *Lytechinus variegatus* Lamarck, 1816 (Echinodermata: Echinoidea). L5.250, Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, Brasil, p.22
- CHRISTENSEN J.P.A., SAND-JENSEN K., STAEHR P.A., 2013. Fluctuating water levels control

- water chemistry and metabolism of a charophyte pond. *Freshw. Biol.*10.1111/fwb.12132
- COSTA, R.C., FRANSOZO, A.; MELO, G.A.S. & FREIRE, F.A.M., 2003. An illustrated key for Dendrobranchiata shrimps from the northern coast of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 3(1): 1-12.
- ESTEVES, F. DE, A., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência. 226 p.
- FISCHER, L.G.; PEREIRA, L.E.D., & VIEIRA, J.P., 2004. *Peixes estuarinos e costeiros*. Luciano Gomes Fischer
- FORTES, W.L.; ALMEIDA-SILVA, P.H.; PRESTRELO, L., & MONTEIRO-NETO, C., 2014. Patterns of fish and crustacean community structure in a coastal lagoon system, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Biology Research*, 10(2), 111-122.
- HANSON, P.C.; BADE, D.L.; CARPENTER, S.R. & KRATZ, T.K., 2003. Lake metabolism: Relationships with dissolved organic carbon and phosphorus. *Limnol. Oceanogr.* 48: 1112–1119.
- ICMBIO, 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/3398-aves-limicolas>. Acesso dia 24/03/2020, às 16h59min.
- INFANTE, A., 1988. *El plancton de las aguas continentales*. Washington: OEA, p. 130.
- MAGURRAN, A.E., 1998. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- MANLY, B.F J., 1997 *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology*. 2nd Ed., Chapman and Hall, London
- MENEZES, N.A.; BUCKUP, P.A; FIGUEIREDO, J.L. & MOURA, R.L. (eds.), 2003. *Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia, 159 p.
- MILLIKIN, M.R. & AB. WILLIAMS., 1984. Synopsis of biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. NOAA Technical Report NMFS 1: 1-39
- MORETTI, M.S. & CALLISTO, M., 2005. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.17: 267-282.
- MORGADO, F.; QUEIROGA, H.; MELO, F. & SORBE, J.-C., 2003. Zooplankton abundance in a coastal station off the Ria de Aveiro inlet (north-western Portugal): relations with tidal and day/night cycles. *Acta Oecologica*, 24: S175-S181.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F., 2010. *Manual de identificação de*

macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books. 176 p.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FS>. 2018.

PALMEIRA, L.P., 2012. Ictio e carcinofauna do sistema lagunar Piratininiga-Itaipu, Niteroií, Brasil, antes e depois da abertura do canal do Tibau. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense (UFF).

REIS, R.E., KULLANDER, S.O. & FERRARIS, C.J., 2003. Introduction; pp. 1–9, in: R.E. Reis, S.O. Kullander and C.J. Ferraris (ed.). Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs.

ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H., 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. London: Chapman&Hall. 486p.

SANTOS, J.H.S. et al. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p.387-396, 2004.

SMITH B. & WILSON, B., 1996. - A consumer's guide to evenness indices. *Oikos*, n° 76, p. 70-82.

SZPILMAN, M., 1992. Aqualung guide to fishes: A practical guide to the identification of Brazilian coastal fishes (p. 307). Rio de Janeiro: Aqualung.

TOLEDO Jr., A.P., 1990. Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. São Paulo: CETESB, 12p.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, v.9, p. 1-38, 1958.

## 6. Anexos

### 6.1 Monitoramento Participativo

Os programas de monitoramento propostos neste documento necessitam de equipe e equipamentos específicos para a execução, o que por consequência

necessitará de valores elevados para a execução dos estudos. Uma das alternativas para realização dos monitoramentos é o envolvimento ativo da população na execução das atividades, o monitoramento participativo. Deste modo, para redução das despesas relacionadas à execução do monitoramento, a Prefeitura Municipal de Niterói poderá propor às instituições de ensino superior da região parcerias para execução dos programas de monitoramento. Esses custos podem ser reduzidos por meio da implementação de bolsas de pesquisas, estimulando alunos de cursos técnicos, de graduação e pós-graduação. Além do envolvimento da população, com amparo técnico, nas questões de monitoramento do sistema lagunar, os estudos poderão ter mais visibilidade no meio acadêmico, com ampla divulgação em periódicos nacionais e internacionais.

Além do envolvimento das instituições de ensino, sugere-se que a comunidade de entorno participe ativamente do monitoramento do sistema. Pelo fato da necessidade de expertise para o desenvolvimento de grande parte das atividades propostas, a participação da comunidade se torna limitada. Porém, como as obras propostas objetivam a melhoria da qualidade ambiental, propõe-se que moradores locais e pescadores que frequentam a região estejam envolvidos, principalmente, no monitoramento da comunidade ictiofaunística e carcinofaunística. Mais informações a respeito da execução do programa são apresentadas no item abaixo.

### ***6.1.1 Criação de rede de monitoramento participativo***

Para criação e execução do monitoramento, os agentes integrantes do programa devem apresentar disponibilidade de colaborar voluntariamente com o projeto e participar de treinamentos sempre que necessário. Para esse programa, é desejável que a comunidade de pescadores se envolva ativamente. Antes de iniciar as atividades de acompanhamento da fauna, os participantes envolvidos deverão receber informações a respeito da real condição do sistema, a qual poderá ser feita com base na apresentação dos resultados obtidos a partir da execução do monitoramento realizado pela Hydroscience. Os resultados obtidos no decorrer do monitoramento podem ser utilizados como parâmetros iniciais de progressão.

Após as explanações iniciais, os participantes do programa deverão ser orientados quanto à realização dos registros. Para acompanhamento dos resultados, sugere-se que sejam feitos relatos sobre as regiões de avistamento ou captura da fauna, espécie (nome popular), método de captura, tamanho dos indivíduos e possível identificação de mortalidade de peixes. Essas informações poderão ser repassadas através de formulários, fotos e vídeos. A compilação desses dados permitirá acompanhar mudanças na estrutura das comunidades.

No que concerne à comunidade herpetofaunística, os integrantes do programa podem colaborar com relatos a respeito do coaxo da comunidade de anuros. Na região dos jardins, é esperado que ocorra um incremento da abundância e riqueza da comunidade. Em função dessas alterações é esperado que os sons se intensifiquem na região. Esses registros podem ser realizados por meio de gravações com o aparelho celular do integrante envolvido. Ademais, poderão ser realizados registros sobre em quais condições ambientais (frio, chuva, sol, calor) houve maior registro dos coaxos. Além disso, também poderão ser feitos registros a respeito do avistamento do jacaré do papo amarelo (*Caiman latirostris*). Locais de avistamento, número de indivíduos observados e tamanho aproximado dos espécimes.

Esses resultados devem contribuir para identificação do aumento da abundância e diversidade no sistema, uma vez que a partir da execução das obras propostas espera-se que ocorra uma melhora da qualidade ambiental do sistema perilagunar.

## 6.2 Custos

Os valores estimados para a realização dos programas de monitoramento no sistema lagunar Piratininga-Itaipu constam na Tabela 22.

**Tabela 23. Tabela de custos para execução dos programas de monitoramento no sistema lagunar Piratininga-Itaipu.**

<b>MONITORAMENTO AMBIENTAL CONTINUADO</b>				
	<b>Periodicidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>12 meses</b>	<b>24 meses</b>
Monitoramento de Alta Frequência	Quinzenal	R\$ 3,115.20	R\$ 74,764.80	R\$ 149,529.60
Monitoramento Mensal	Mensal	R\$ 23,194.08	R\$ 278,328.96	R\$ 556,657.92
Monitoramento Trimestral	Trimestral	R\$ 109,131.12	R\$ 436,524.48	R\$ 873,048.96
Monitoramento dos Contribuintes	Trimestral	R\$ 39,619.67	R\$ 158,478.68	R\$ 316,957.36
Monitoramento das ETEs e EEE	Mensal	R\$ 9,883.68	R\$ 118,604.16	R\$ 237,208.32
<b>SUBTOTAL</b>			<b>R\$ 1,066,701.08</b>	<b>R\$ 2,133,402.16</b>
<b>MONITORAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE RECUPERAÇÃO DO SISTEMA</b>				
	<b>Periodicidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Campanhas</b>	<b>Total</b>
Desobstrução do Tibau	Semanal	R\$ 17,030.17	3	R\$ 51,090.51
Monitoramento dos Jardins Filtrantes	Quinzenal	R\$ 14,528.16	6	R\$ 87,168.96
Monitoramento das Obras de Dragagem				
Lagoa de Piratininga	Semanal	R\$ 21,973.50	19	R\$ 417,496.50
Lagoa de Itaipu	Semanal	R\$ 21,973.50	19	R\$ 417,496.50
Canal de Camboatá	Semanal	R\$ 19,211.25	11	R\$ 211,323.75
Monitoramento topobatimétrico - Canal de Itaipu	Variável*	R\$ 15,000.00	6	R\$ 90,000.00
Monitoramento da Remediação <i>in situ</i>	Mensal	R\$ 16,612.75	6	R\$ 99,676.50
<b>SUBTOTAL</b>				<b>R\$ 1,374,252.72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 3,507,654.88</b>

\* Sugere-se monitoramento trimestral seguido de levantamentos adicionais após eventos maregráficos expressivos.

Para o monitoramento continuado do sistema estimou-se um montante de R\$ 1.066.701,08 por ano. Como o Plano de monitoramento prevê o acompanhamento do sistema por um período de 24 meses, o valor total para a execução do monitoramento é de R\$ R\$ 2.133.402,16.

Com relação ao monitoramento das obras de recuperação do sistema lagunar, o valor estimado foi de R\$ 1.374.252,72. Para o cálculo do monitoramento das obras de dragagem foram consideradas 19 campanhas de monitoramento para as lagoas de Piratininga e Itaipu e 11 campanhas para o Canal de Camboatá.