

**INSTITUTO FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
Rio de Janeiro

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO DE JANEIRO**

**Programa de Pós-graduação *Lato sensu***

**Especialização em Gestão Ambiental**

*Campus Nilópolis*

Gabriel Rodrigues da Silva

**OLIMPÍADAS RIO 2016:** Uma análise da qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas.

Nilópolis – RJ

2017

Gabriel Rodrigues da Silva

**OLIMPIADAS RIO 2016:** Uma análise da qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas.

Trabalho de Conclusão do curso de Especialização em Gestão Ambiental apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Profa. Me. Cristina Maria Teixeira Soares Carneiro.

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Passos Louzada.

Nilópolis - RJ

2017

S586oSilva, Gabriel Rodrigues da

Olimpíadas Rio 2016: uma análise da qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas / Gabriel Rodrigues da Silva; orientadora: Cristina Maria Teixeira Soares Carneiro ;co-orientador: Marco Aurélio Passos Louzada. – Nilópolis, RJ: IFRJ, 2017.

53 f. : il. ; 30 cm.

Trabalho de conclusão de curso (pós-graduação) - Instituto Federal Rio de Janeiro - IFRJ, Programa de Pós-Graduação Latu Sensu em Gestão Ambiental, 2017.

1. Poluição da água. 2. Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ). 3. Olimpíadas Rio 2016. I. Carneiro, Cristina Maria Teixeira Soares, **orient.** II. Louzada, Marco Aurélio Passos, **co-orient.** III. IFRJ. IV. Título.

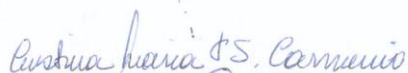
CDU 628.19

Gabriel Rodrigues da Silva

**OLIMPIADAS RIO 2016:** Uma análise da qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas.

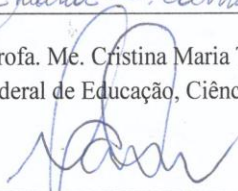
Trabalho de Conclusão do curso de Gestão Ambiental apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de especialista em Gestão Ambiental.

Data de aprovação: 08/03/2017



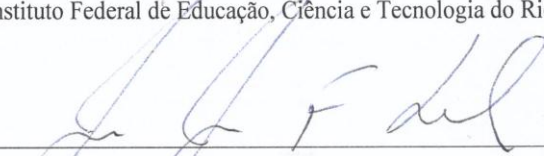
---

Profa. Me. Cristina Maria Teixeira Soares Carneiro  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.



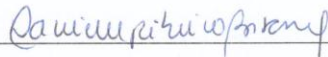
---

Prof. Dr. Marco Aurélio Passos Louzada  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.



---

Prof. Dr. João José Fonseca Leal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.



---

Prof. Dra. Danielle Frias Ribeiro Bisaggio  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Nilópolis – RJ  
2017

*Aos professores, família e amigos que ajudaram na conclusão deste trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, à Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e pela Fundação RIOÁGUAS pela cessão dos dados para a execução deste trabalho. Agradeço, também, à professora Cristina, pela orientação, revisão e sugestão de ideias para o trabalho, ao professor Marco, por sua paciência e dedicação nas revisões, pelo auxílio nas questões burocráticas e pelo contato com a Fundação RIOÁGUAS para a obtenção dos dados brutos da Lagoa Rodrigo de Freitas. Agradeço, também, aos professores João José, Karla Pinto e Danielle Bisaggio pela contribuição ao trabalho e pela ajuda nos momentos solicitados.

Além disso, gostaria de agradecer aos amigos de turma Amanda Nogueira, Dalton Gomes, Giselle Gregório, Juliana Nogueira, Marcelo Leite, Mariana Santana e Sara Clemente pelos incontáveis momentos de descontração e alegria, seja no trajeto ao IF ou nos intervalos e saídas de campo. Vocês foram muito importantes durante todo o curso e agregaram amizade para além deste. Espero ter vocês como colegas de profissão e carregue cada um de vocês com carinho.

Além disso, gostaria de agradecer à professora Maylta por mostrar, não só a mim, mas à todos da turma a importância da alteridade, no pensar no outro, e a investir nos seus sonhos. Agradeço também pela oportunidade de publicar meu primeiro trabalho, em educação ambiental. Creio que este tenha sido o primeiro trabalho publicado para muitos integrantes da turma. Muito obrigado pela oportunidade, pelos ensinamentos e por todas as reflexões durante as aulas, professora. Guardo com carinho todos esses momentos.

Gostaria de agradecer também meus familiares por me apoiarem e incentivarem os estudos acadêmicos, aos amigos pela torcida e eventuais ausências por conta da redação do trabalho e, principalmente, à Deus por estar comigo em todos os momentos, incondicionalmente.

*Um nó, dois nós*  
*Eu, mais um ou mais, um ser simplesmente*  
*O eu poético do verdadeiro encontro*  
*Nó, no plural, nós*  
*Se o nó é na garganta e um de nós aflito*  
*O outro sossegado, erudito, tem o antídoto*  
*E assim, sucessiva, alternada*  
*E alternativamente, amigos*  
*Do saber, no lazer, no ócio e no labor*  
*Buscando o equilíbrio, temperante*  
*Dás-me que dou todo meu ser*  
*Todo meu querer ser*  
*Todo ouvido, havendo ouvido*  
*E por seus conteúdos movido*  
*Cada indivíduo vai e ver vir ávido dizer...*  
*Conte comigo!*  
*Práxis edificante*  
Encontro (Oficina G3 / Roberto Diamanso)

SILVA, Gabriel Rodrigues. *Olimpíadas Rio 2016: Uma análise da qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas*. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Nilópolis*, Nilópolis, RJ, 2016.

## RESUMO

A Olimpíada Rio 2016 foi um importante evento realizado na cidade do Rio de Janeiro que contou com investimentos tanto da iniciativa privada quanto do poder público. Este evento contou com a participação de 10.500 atletas de 206 países em 32 locais de competição. Para as modalidades aquáticas, foram destinadas a Lagoa Rodrigo de Freitas, a Marina da Glória e a praia de Copacabana como locais de competição. No entanto, uma série de eventos anteriores à Olimpíada, como a detecção de vírus entéricos, mortandade de peixes e despejo de esgoto clandestino levantaram dúvidas quanto à viabilidade da Lagoa Rodrigo de Freitas de sediar o evento esportivo. No presente trabalho foram analisados dados ambientais de oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total e componentes da série microbiológica no intuito de verificar se estes dados estavam ou não em conformidade legal, de acordo com a classificação da resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de água salobra de classe 2. Foram encontradas um total de 967 não conformidades nas avaliações realizadas para oxigênio dissolvido (181), pH (731), nitrogênio amoniacal (42) e fósforo total (13) em seis pontos de monitoramento (LRF1, LRF2, LRF3, LRF4, LRF5 e LRF6) ao longo de quatro anos de monitoramento (2012 – 2015). Além disso, o ponto LRF6 também foi analisado como um trecho da Lagoa Rodrigo de Freitas destinado à prática de esqui-aquático, sendo este trecho considerado como um corpo hídrico de classe 1, onde o contato primário é permitido. Para este trecho foram observadas 242 não conformidades nas análises realizadas para oxigênio dissolvido (79), pH (121), nitrogênio amoniacal (15) e *E.coli* (27). Foi discutida, também, a necessidade de revisão da Lagoa Rodrigo de Freitas quanto à sua inclusão em um corpo hídrico de uso mais abrangente, que considere outros usos preponderantes da Lagoa, como a pesca e a prática de esportes aquáticos.

**Palavras-chave:** Lagoa Rodrigo de Freitas. Olimpíadas Rio2016. Poluição.



SILVA, Gabriel Rodrigues. *Rio 2016 Olympic Games: Water quality analysis of the Rodrigo de Freitas Lagoon*. 54p. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2016.

### ABSTRACT

The Rio 2016 Olympic Games was an important event held in Rio de Janeiro city, which included investments from both the private and public sectors. This event was attended by 10,500 athletes from 206 countries and 32 competition sites. For water modalities, the places designated to hold competitions were Rodrigo de Freitas Lagoon, Marina da Glória and Copacabana beach. However, some events prior to the Olympics such as the presence of enteric viruses, fish deaths and illegal sewage launches, raised concern about the viability of Rodrigo de Freitas Lagoon to host this sport event. In the present work, environmental data of Dissolved Oxygen, pH, Ammoniacal Nitrogen, Nitrate, Total Phosphorus and microbiological components were analyzed in order to verify whether these data were in legal agreement, according to the CONAMA 357/2005 resolution for class 2 brackish water. A total of 967 legal disagreements were found at analysis performed for Dissolved Oxygen (181), pH (731), Ammoniacal Nitrogen (42) and Total Phosphorous (13) split in six monitoring points (LRF1, LRF2, LRF3, LRF4, LRF5 and LRF6) over 4 years of observation (2012 – 2015). In addition, the monitoring point LRF6 was analyzed as a section of Rodrigo de Freitas Lagoon destined to aquatic skiing and as a class 1 water body itself, where primary contact is permitted. For this section, 242 legal disagreements were observed at analysis performed for Dissolved Oxygen (79), pH (121), Ammoniacal Nitrogen (15) and *E. coli* (27). It was also discussed the need of Rodrigo de Freitas Lagoon water class revision according to the CONAMA 357/2005 resolution, in order to include it in a more widely classification, which considers other prevailing usages, such as fishing and water sports.

**Palavras-chave:** Rodrigo de Freitas Lagoon. Rio 2016 Olympics. Pollution.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Locais de competição aquática das Olimpíadas Rio 2016.
- Figura 2 - Bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas.
- Figura 3 - Boletim diário de qualidade da água da Lagoa Rodrigo de Freitas.
- Figura 4 - Informações ambientais da Lagoa Rodrigo de Freitas.
- Figura 5 - Pontos de monitoramento pontual e contínuo.
- Figura 6 - Variação de Oxigênio Dissolvido ao longo do período observado.
- Figura 7 - Variação de pH ao longo do período observado.
- Figura 8 - Variação de Nitrogênio Amoniacoal ao longo do período observado.
- Figura 9 - Variação de Nitrato ao longo do período observado.
- Figura 10 - Variação de Fósforo total ao longo do período observado.
- Figura 11 - Variação de Coliformes Totais ao longo do período observado.
- Figura 12 - Variação de *E.coli* ao longo do período observado.
- Figura 13 - Variação de balneabilidade da Lagoa Rodrigo de Freitas.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Não conformidades de Oxigênio Dissolvido por ponto de monitoramento ao longo do período observado.
- Tabela 2 - Não conformidades de Oxigênio Dissolvido para o trecho destinado à prática de esqui-aquático.
- Tabela 3 - Não conformidades de pH ao longo do período observado.
- Tabela 4 - Não conformidades de Nitrogênio Amoniacal por ponto de monitoramento ao longo do período observado.
- Tabela 5 - Não conformidades de Nitrogênio Amoniacal observadas no trecho destinado à prática de esqui-aquático.
- Tabela 6 - Não conformidades de Fósforo Total por ponto de monitoramento ao longo do período observado.
- Tabela 7 - Classificação de Balneabilidade das águas do corpo hídrico em relação à quantidade de microrganismos. NMP = Número mais provável
- Tabela 8 - Eventos de mortandade de peixes ao longo de dez anos na Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: SOARES *et al.*, 2012).
- Tabela 9 - Presença de Vírus entéricos e Coliformes Termotolerantes na Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: Associated Press).
- Tabela 10 - Quantidade de vírus presentes na Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: Vieira et al, 2012).

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

Av. - Avenida

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro.

CET-RIO - Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro.

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DZ - Diretriz.

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente.

LRF's - Pontos de Monitoramento da Lagoa Rodrigo de Freitas.

OD - Oxigênio Dissolvido.

pH - Potencial Hidrogênioônico.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

SMAC - Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

R. - Rua

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO:</b> .....	13
1.1.AS OLIMPÍADAS RIO-2016: .....	13
1.2. LAGOA RODRIGO DE FREITAS: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA: .....	14
1.3.CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: .....	15
1.4.INSTRUMENTOS LEGAIS: .....	18
1.5. GESTÃO DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS:.....	18
<b>1.5.1.Gestão Institucional:</b> .....	18
<b>1.5.2.Gestão Operacional:</b> .....	18
<b>1.5.3.Monitoramento da Qualidade de Água:</b> .....	19
1.6.OBJETIVOS:.....	21
<b>1.6.1.Objetivo Geral:</b> .....	21
<b>1.6.2.Objetivos Específicos:</b> .....	21
1.7.METODOLOGIA: .....	22
<b>2.DESENVOLVIMENTO:</b> .....	24
2.1.RESULTADOS E DISCUSSÃO: .....	24
<b>2.1.1.Oxigênio Dissolvido:</b> .....	24
<b>2.1.2.pH:</b> .....	27
<b>2.1.3.Nitrogênio Amoniacal:</b> .....	30
<b>2.1.5.Fósforo Total:</b> .....	36
<b>2.1.6.Coliformes Totais, Termotolerantes e <i>Escherichia coli</i>:</b> .....	38
<b>2.1.7.Mortandade de Peixes e presença de Vírus Entéricos:</b> .....	43
<b>2.1.8.Reenquadramento da Lagoa Rodrigo de Freitas e Propostas Mitigadoras:</b> .....	46
<b>3.CONCLUSÃO:</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</b> .....	49

## 1. INTRODUÇÃO:

### 1.1. AS OLIMPÍADAS RIO-2016:

As olimpíadas são um evento esportivo que englobam vários países do mundo, com diversas modalidades, categorias e atletas. A cidade do Rio de Janeiro foi sede deste evento que ocorreu em agosto de 2016, em diversos pontos da cidade. As regiões que abrigaram os locais de competição foram os bairros de Deodoro, Maracanã, Copacabana e Barra da Tijuca. No total foram quarenta e dois esportes com diferentes modalidades, disputados por 10.500 atletas de 206 países em 32 locais de competição (RIO2016, 2016).

Dentre os esportes que foram disputados estão os esportes aquáticos, como vela, canoagem e remo, que geralmente são disputados em praias, lagoas e rios dos países sedes. No Rio de Janeiro, os esportes aquáticos foram realizados na praia de Copacabana, Marina da Glória e Lagoa Rodrigo de Freitas. Na primeira localidade ocorreram as provas de Maratona Aquática e Triatlo, enquanto na segunda ocorreram as provas de Vela. Já a Lagoa Rodrigo de Freitas foi responsável por sediar as provas de Canoagem Velocidade e Remo (RIO2016, 2016) (figura 1).

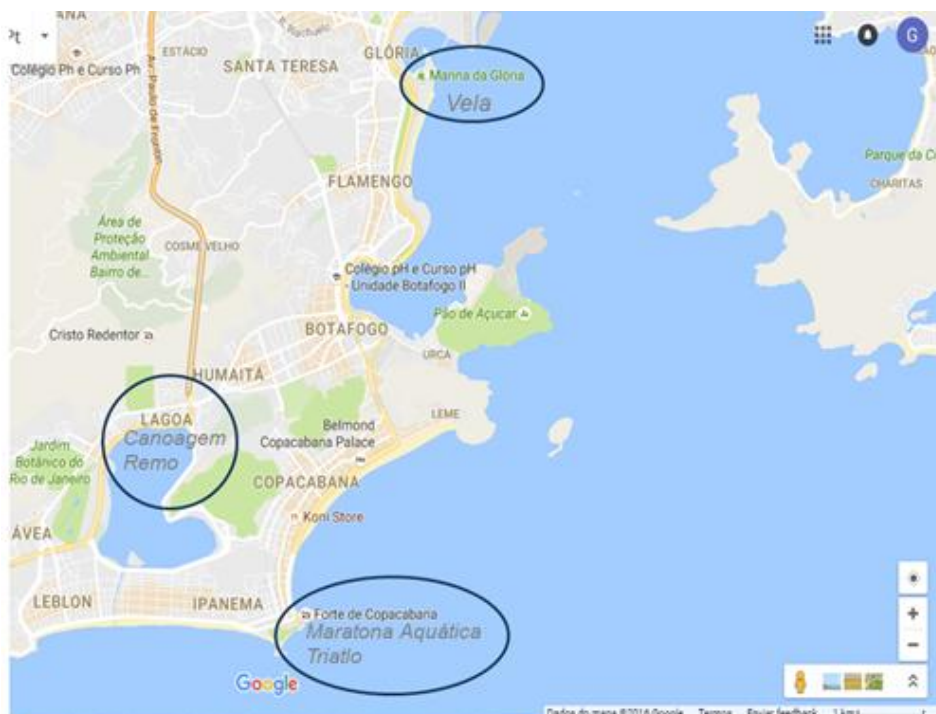


Figura 1 Locais de Competição Aquática Olimpíadas Rio2016 (Fonte: <http://www.rio2016.com/mapa-de-instalacoes>).

A Lagoa Rodrigo de Freitas, apesar de grande importância social e turística, já foi cenário de sucessivos eventos de mortandade de peixes, causados pela poluição gerada no

entorno, alterações na comunicação com o mar e pela contribuição de águas pluviais e de esgoto clandestino. Entretanto, devido à várias intervenções feitas pelas autoridades locais, a frequência e severidade desses eventos citados tem diminuído, de forma a melhorar a qualidade ambiental do local. No entanto uma série de evidências demonstrou a presença de vírus entéricos no local (VIEIRA *et al.*, 2012; BOECKEL *et al.*, 2015) mortandade de peixes (COELHO, 2015) e despejo de esgoto *in natura* (ALVES, 2016; SALLES, 2016), de forma a contestar a capacidade do local de sediar os esportes aquáticos.

Neste sentido, a preparação das Olimpíadas de 2016 foi objeto de uma série de questionamentos referentes à qualidade da água nos pontos onde ocorreram as provas aquáticas. Logo, a realização deste evento compreendeu um desafio para autoridades locais, no intuito de adequar os locais de competição à legislação local. Portanto, um estudo que detalhe os parâmetros ambientais da Lagoa Rodrigo de Freitas é necessário no intuito de verificar se estes atendem ao disposto pela legislação e o exigido por cada esporte. Além disso, as possíveis não conformidades legais e suas causas, assim como medidas mitigadoras dos problemas ambientais encontrados no local também devem ser avaliados.

## 1.2. LAGOA RODRIGO DE FREITAS: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA:

A Lagoa era conhecida, inicialmente, como Sapopepinã pelos índios tamoios, e como lagoa dos socós pelos portugueses, devido à presença destas aves na região (RIO DE JANEIRO, 2013). No início da colonização, o Governador Antônio Salema fundou o primeiro engenho da região, repassando esta propriedade anos mais tarde para o vereador Diogo de Amorim Soares, sendo a lagoa conhecida neste momento como “Lagoa de Amorim Soares”. Após a expulsão deste vereador por corrupção, seu genro -Sebastião Fagundes Varela- herdou o local, passando a Lagoa a se chamar “Lagoa do Fagundes”. Anos mais tarde, a bisneta de Sebastião Fagundes casou-se com Rodrigo de Freitas de Carvalho e, a partir daí, a Lagoa ficou conhecida pelo nome atual (RIO DE JANEIRO, 2013).

A partir do século XIX, uma série de alterações foram feitas na Lagoa. Desde a instalação de uma fábrica de pólvora até a de fábricas têxteis. No entanto, foi a partir do século XX que houve as maiores intervenções urbanas, implementadas pelo Prefeito Pereira Passos. Neste período, programas de saneamento, ressalinizações e aterros foram implantados. Em 1921, houve a criação dos sistemas de comportas e canais observados atualmente, com o intuito de melhorar a qualidade das águas da região. No entanto, devido ao crescimento desordenado da região, esta intervenção não foi suficiente para manter a qualidade das suas águas de forma desejável. Além disso, a criação da Avenida Eptácio

Pessoa, Jóquei Clube Brasileiro e do túnel Rebouças agravou a situação (RIO DE JANEIRO, 2013; EDMILSON *et al.*, 2012).

A partir da década de 70, outra série de intervenções foram feitas, de forma mais satisfatória. Estas se deram a partir de convênios com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), além de consórcios com o Instituto de Limnologia da Universidade de Lund, da Suécia. Estes trabalhos permitiram a neutralização da contribuição de esgotos em diversos pontos da lagoa, recuperação de algumas comportas danificadas, drenagem de parte do lodo do fundo da Lagoa e criação do emissário de Ipanema (RIO DE JANEIRO, 2013).

Atualmente, a qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas é mantida pela abertura do canal do Jardim de Alah, que permite uma renovação das águas do corpo hídrico. No entanto, ainda há relatos de despejo de esgoto clandestino na região, e a qualidade de água da Lagoa tende a piorar em eventos de chuva intensa (SALLES, 2016).

### 1.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO:

A Lagoa Rodrigo de Freitas se caracteriza como uma lagoa costeira, de águas salobras e com conexão sazonal com o mar. As lagoas costeiras possuem um metabolismo muito dinâmico, alta produtividade biológica, acumulam matéria orgânica e estão submetidas a ventos frequentes (ENRICH-PRAST *et al.*, 2008 *apud* VAN WEERELT *et al.* 2012). Além disso, são considerados ambientes frágeis e expostos à eutrofização por conta da densidade populacional no seu entorno, uso de fertilizantes na agricultura e aporte de efluentes (VAN WEERELT *et al.* 2012).

A Lagoa Rodrigo de Freitas está localizada na região sudeste do Brasil, município do Rio de Janeiro. Possui uma área de 2,2 Km<sup>2</sup> e 7,8 Km de perímetro, um volume de água de aproximadamente 6.200.000 m<sup>3</sup>, profundidade média de 2,8m (FEEMA, 2006 *apud* RIO DE JANEIRO, 2013) e salinidade variando entre 15,06‰ e 16,68‰ (VAN WEERELT *et al.* 2012). A Lagoa pertence à Bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas, inserida na Bacia Hidrográfica da Baía da Guanabara e Lagoas Metropolitanas, e seus principais afluentes são os rios Cabeça, Macaco e Rainha, que integram microbacias de mesmo nome (Figura 2).

O rio Cabeça drena uma área de 1,9 Km<sup>2</sup>, nasce dentro do Parque Nacional na Tijuca, desaguando no canal da Av. Lineu de Paula Machado e, por fim, no rio Macacos. O rio Rainha nasce na encosta Sul da Serra da Carioca e drena uma área de 4,3 Km<sup>2</sup>, desembocando no canal da Avenida Visconde de Albuquerque. Já o rio Macacos, por sua vez, possui uma área de drenagem de aproximadamente 7,2 Km<sup>2</sup> e nasce no Parque Nacional da Tijuca. Além



destes rios, parte das nascentes da Bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas está inserida em unidades de conservação como o Parque Nacional da Tijuca e Parque da Cidade, ou em áreas protegidas como o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2013 ; BRASIL, 2000).



Figura 2 Bacia Hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: RIO DE JANEIRO, 2013).

O sistema hídrico da Lagoa Rodrigo de Freitas também possui três comportas e uma elevatória, que funcionam de forma a manter a qualidade de água da lagoa. As comportas são localizadas na Avenida Visconde de Albuquerque, General Garzon e no Jardim de Alah.

#### 1.4. INSTRUMENTOS LEGAIS:

No âmbito legal, a Lagoa Rodrigo de Freitas é classificada como um corpo hídrico de águas salobras, de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. De acordo com a qualidade da água, a diretriz municipal DZ-0115.R-1 enquadra a Lagoa Rodrigo de Freitas na classe 2 de águas salobras. Nesta classificação, o contato secundário é permitido, e este é caracterizado como “esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação”. Já os rios componentes da bacia drenante são classificados pela diretriz DZ-0116.R-1 apenas para fins estéticos e de preservação da fauna e flora local.

Além disso, as margens da Lagoa Rodrigo de Freitas são consideradas uma Área de Preservação Permanente (APP) pela lei Nº 12.651 que institui a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (BRASIL, 2012), sendo sua proteção assegurada pela mesma e pela Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2010). Seu espelho de água é tombado pelo decreto municipal 9396/1990 e o uso do mesmo, como a prática de esqui-aquático e outras atividades é regulamentado pelo decreto estadual 18415/2000.

#### 1.5. GESTÃO DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS:

##### 1.5.1. Gestão Institucional:

O órgão gestor da Lagoa Rodrigo de Freitas é a Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro –RioÁguas. Além deste órgão gestor, também participam de forma indireta da gestão da Lagoa Rodrigo de Freitas a COMLURB, CET-RIO, Secretaria Municipal de Meio Ambiente –SMAC, Defesa Civil, Instituto Estadual do Ambiente-INEA e Companhia Estadual de Águas e Esgotos-CEDAE (RIO DE JANEIRO, 2013). No entanto, a lagoa também conta com um Conselho Consultivo que tem por objetivo debater projetos e soluções para os problemas da bacia hidrográfica da lagoa (RIO DE JANEIRO, 2004).

##### 1.5.2. Gestão Operacional:

A gestão operacional das comportas que compõe o sistema lagunar visa a qualidade ambiental da Lagoa, além da balneabilidade das praias de Ipanema e Leblon. As principais metas desta gestão são controlar o nível da coluna d'água na Lagoa, manter a desembocadura dos canais desassoreada, operar e manter o funcionamento da elevatória da Av. Visconde de

Albuquerque, vistoriar as galerias de águas pluviais, remover lixo e macrófitas dos canais adjacentes.

De forma geral, as comportas da Av. Visconde de Albuquerque e da R. General Garzon permanecem fechadas com o intuito de diminuir o aporte de sedimentos dos rios Macacos, Cabeça e Rainha na lagoa. Neste período, estas águas que desembocariam na lagoa são recalçadas por uma elevatória para o sistema de esgotamento sanitário da CEDAE e, a partir daí, para o emissário de Ipanema. Com o início de precipitação, estas comportas são abertas e há o aporte de água doce para a Lagoa e para o mar (RIO DE JANEIRO, 2013).

A comporta do canal do Jardim de Alah é operada diariamente em função de condições climáticas e de maré. Em ocasiões de chuva a comporta é aberta e o fechamento se dá no intuito de normalizar o nível de água. A abertura do canal também é feita quando há ressaca, no intuito de melhorar a qualidade da água da Lagoa e evitar danos à comporta.

Atualmente, a Lagoa Rodrigo de Freitas conta com um Plano Municipal de Contingências, instituído pelo decreto municipal nº 42675 e tem por finalidade focar em ações de prevenção e socorro. Estas ações são tomadas frente a sete tipos de cenários diferentes, como detecção de lançamento de efluente, presença atípica de resíduos sólidos, alteração no comportamento na fauna, entre outros (RIO DE JANEIRO, 2013).

### **1.5.3. Monitoramento da Qualidade de Água:**

O monitoramento da qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas é realizado pela Coordenadoria de Monitoramento Ambiental da Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC. Este monitoramento é feito de forma pontual e contínua. Os resultados do monitoramento são divulgados diariamente através de um boletim pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC em seu sítio eletrônico (<http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/>) e no Centro de Operações Rio (figura 3).





Figura 3 Boletim Diário de Qualidade de Água da Lagoa Rodrigo de Freitas. (Fonte: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/gestao-da-lagoa-rodrigo-de-freitas>)

O boletim é constituído pelo diagnóstico da qualidade de água e por outras informações ambientais. O diagnóstico de águas classifica a situação das comunidades aquáticas (Estado de Equilíbrio, Alerta e Crítico) e o corpo hídrico em “próprio” e “não próprio” para atividades recreativas, de acordo com o disposto pela resolução CONAMA 357/2005. Além disso, classifica o Cenário de Contingência, de forma a alertar para situações de risco. As demais informações ambientais contidas no Boletim Diário são relativas ao teor de oxigênio dissolvido, condições meteorológicas, aspectos das comunidades fitoplanctônicas, nível da lagoa, deságue de efluentes, manejo das comportas e produção pesqueira (figura 4).

É importante ressaltar que o Boletim divide a Lagoa em três trechos (1, 2 e 3) e classifica esses trechos em próprios e impróprios. De acordo com o Boletim, apenas no trecho 3 é permitida a realização de esqui aquático, de acordo com o Decreto Municipal nº 18.415/2000, que regulamenta atividades na lagoa.

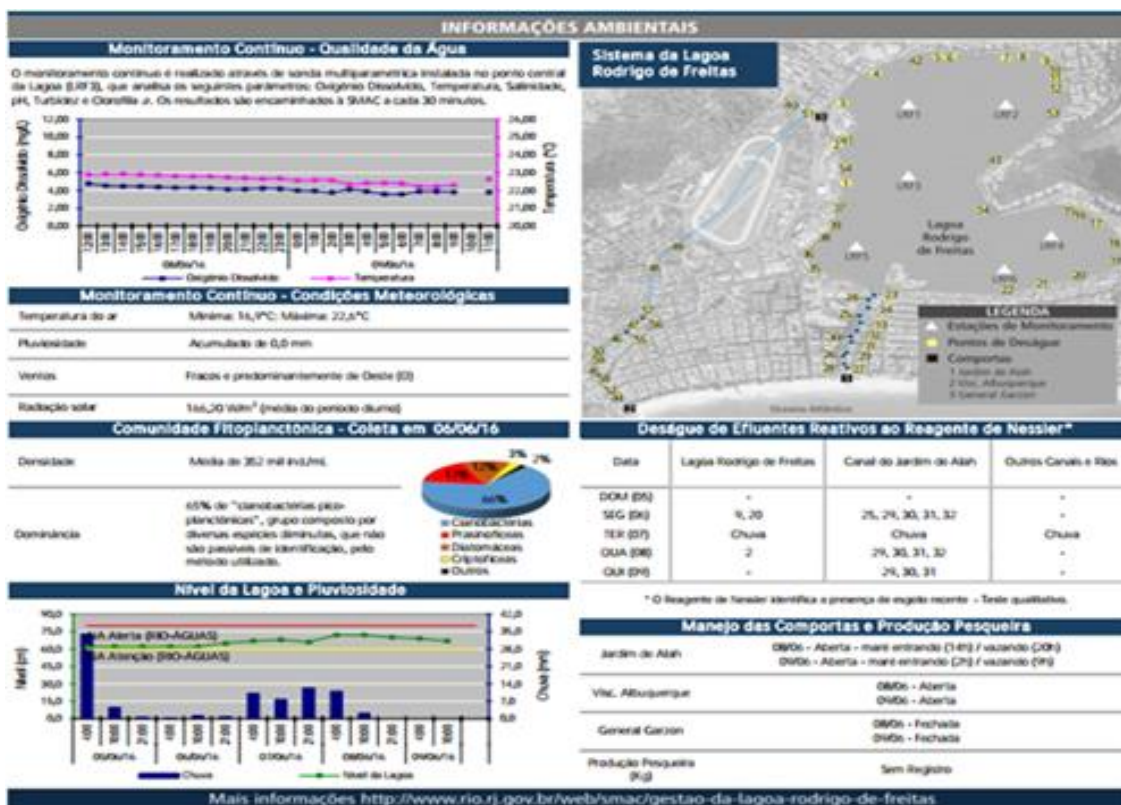


Figura 4 Informações ambientais da Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/gestao-da-lagoa-rodrigo-de-freitas>).

## 1.6. OBJETIVOS:

**1.6.1. Objetivo Geral:** Analisar se os parâmetros de qualidade de água da Lagoa Rodrigo de Freitas estão atendendo os padrões legais, visando a realização dos eventos olímpicos de 2016.

### 1.6.2. Objetivos Específicos:

- Classificar a exigência de qualidade de água de cada esporte que ocorreu na Lagoa Rodrigo de Freitas.
- Analisar os parâmetros de qualidade de água obtidos da Lagoa Rodrigo de Freitas e correlacionar estes dados com os requerimentos da legislação vigente,
- Averiguar se os dados obtidos estão em conformidade ou não com a legislação.
- Investigar e explicar as possíveis causas de não uma não conformidade.
- Propor ações mitigadoras para sanar as possíveis não conformidades.

### 1.7. METODOLOGIA:

Os dados de qualidade da água foram fornecidos pela Fundação Instituto das Águas, do Município do Rio de Janeiro (RIO - ÁGUAS), entidade vinculada a Secretaria de Meio Ambiente do município. Os parâmetros fornecidos para análise e correlacionados com a legislação foram oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, coliformes totais e *Escherichia coli*. Já a legislação utilizada para correlacionar estes dados foram a resolução CONAMA 357/2005 e a CONAMA 274/2000.

Os dados foram obtidos na superfície, através de sondas multiparamétricas em seis pontos de monitoramento de qualidade de água, denominados LRF1, LRF2, LRF3, LRF4, LRF5 e LRF6 (figura 5). A obtenção desses dados se deu semanalmente, às segundas e quartas-feiras, no período de Janeiro de 2012 a Novembro de 2015, contabilizando um total de 2434 amostras divididas pelos seis pontos de monitoramento. No entanto, somente no ponto LRF6, os dados de nitrogênio amoniacal, nitrato e fosfato total foram obtidos a partir de Dezembro de 2013.

Após correlação, foi analisada a quantidade de não conformidades legais para cada ponto de monitoramento. Além disso, devido à possibilidade de prática de esqui-aquático no trecho próximo ao ponto LRF6, este trecho foi analisado como sendo de classe 1 de acordo com a CONAMA 357/2005, uma vez o esqui-aquático considerado um esporte de contato primário.

A criação de gráficos, tabelas e a edição de imagens foram feitas a partir de softwares do pacote Microsoft® Office 2010 e Photoscape®, respectivamente.

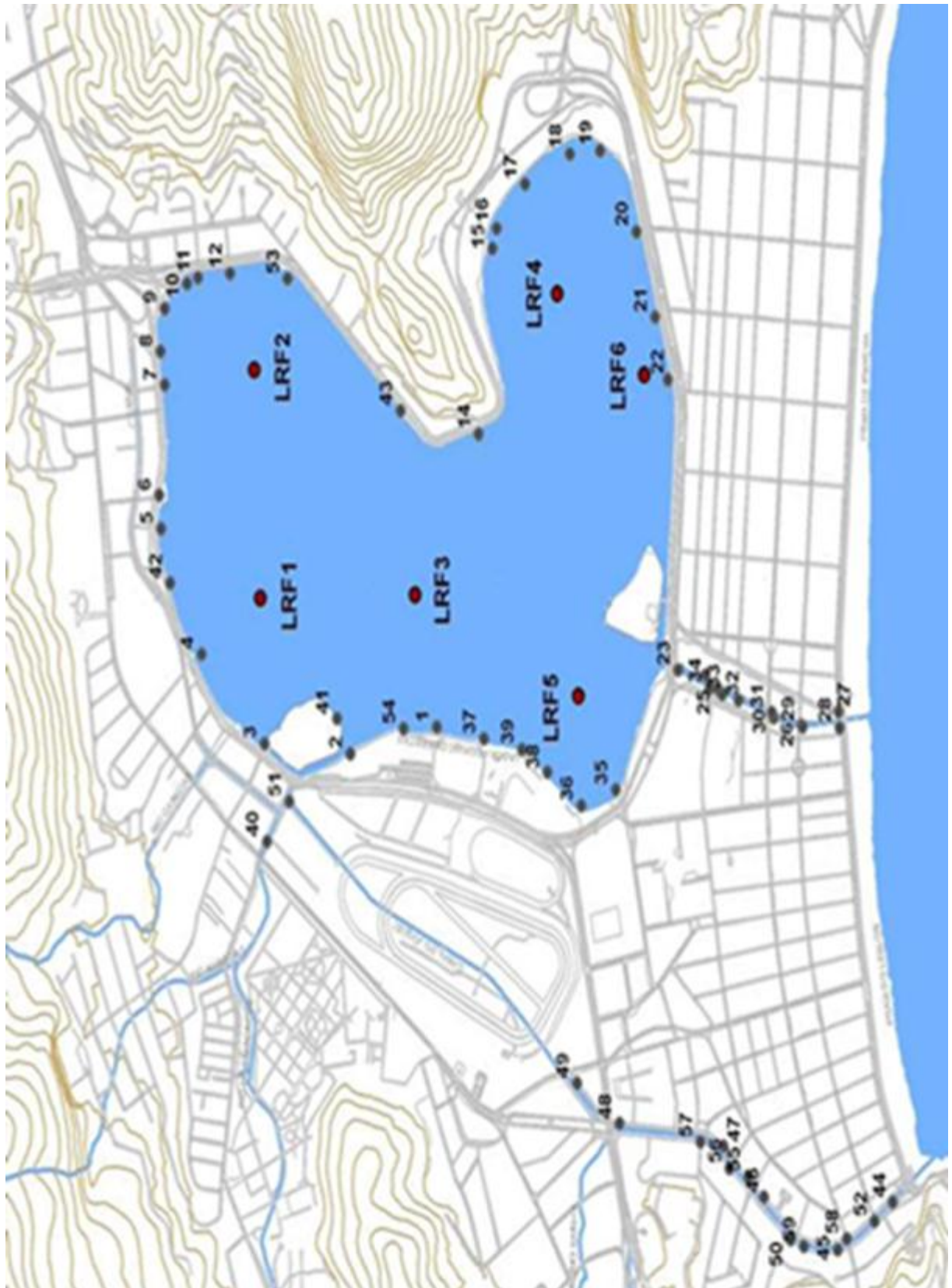


Figura 5 Pontos de monitoramento Lagoa Rodrigo de Freitas (LRF1, LRF2, LRF3, LRF4, LRF5 e LRF6) e pontos de deságüe de efluentes (1 – 59). Fonte:(RIO DE JANEIRO, 2013).



## **2. DESENVOLVIMENTO:**

### **2.1. RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Os esportes praticados na Lagoa Rodrigo de Freitas durante a realização dos Jogos Olímpicos Rio2016 foram Canoagem Velocidade e Remo. Segundo a resolução CONAMA 357/2005, estes esportes seriam considerados como uma prática de contato secundário, onde o “contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena”. Considerando a Lagoa Rodrigo de Freitas como um corpo hídrico de classe 2, onde o contato secundário é permitido, a prática destes esportes durante as Olimpíadas Rio2016 se deu dentro do estabelecido legalmente. No entanto, a variação dos parâmetros ambientais demonstrou não conformidades legais para este corpo hídrico para a classe citada acima.

Analisando-se os parâmetros ambientais, foram observadas não-conformidades ao longo dos 4 anos de amostragem para os parâmetros O.D (oxigênio dissolvido), pH, nitrogênio amoniacal, fósforo total e *E.coli*.

#### **2.1.1. Oxigênio Dissolvido:**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o limite mínimo para oxigênio dissolvido em águas salobras de classe 2 é de 4,0 mg/L. Foi observado um total de 181 não conformidades, onde o O.D este abaixo do disposto pela resolução, distribuídas pelos seis pontos de monitoramento (Figura 6 e Tabela 1).

O oxigênio dissolvido em corpos hídricos varia inversamente de acordo com a temperatura. No entanto, as taxas de O.D variam também de acordo com outros fatores como pressão atmosférica, salinidade, produção primária algal e disponibilidade de matéria orgânica, sendo este último metabolizado por organismo decompositores aeróbicos, que utilizam o O<sub>2</sub> disponível no meio (ESTEVEVES, 1998).

Em lagos tropicais, comumente há uma estratificação de oxigênio dissolvido ao longo da coluna d'água devido à alta temperatura dos trópicos, aumentando a taxa de decomposição por microrganismos e consequentemente o consumo de O<sub>2</sub> (ESTEVEVES, 1998). Na Lagoa Rodrigo de Freitas, esta estratificação também é observada, havendo uma supersaturação na superfície e uma hipóxia/anóxia no fundo, com uma oxiclina situando-se entre 2,5 e 3 m (DOMINGOS *et al.* 2012; SOARES *et al.* 2012). Além disso, a precipitação também tem influência direta sobre a variação de oxigênio dissolvido na lagoa, uma vez que o sistema de comportas funciona de forma a permitir o fluxo de água da bacia drenante para a Lagoa nos períodos de precipitação, carreando sedimentos e matéria orgânica para a mesma (RIO DE JANEIRO, 2013 ; MURARO *et al.* 2001 ; MIGUEZ *et al.* 2012).

De acordo com os resultados obtidos, houve grande variação de oxigênio dissolvido, com valores entre 0,41 e 18,43 mg/L. Estudos anteriores também demonstraram grande variações temporais e espaciais de oxigênio com valores entre 2,0 e 21,0 mg/L na superfície e entre 0 e 7,5 mg/L nas camadas do fundo (DOMINGOS *et al.*, 2012; SOARES *et al.*, 2012; VAN WEERELT *et al.* 2012).

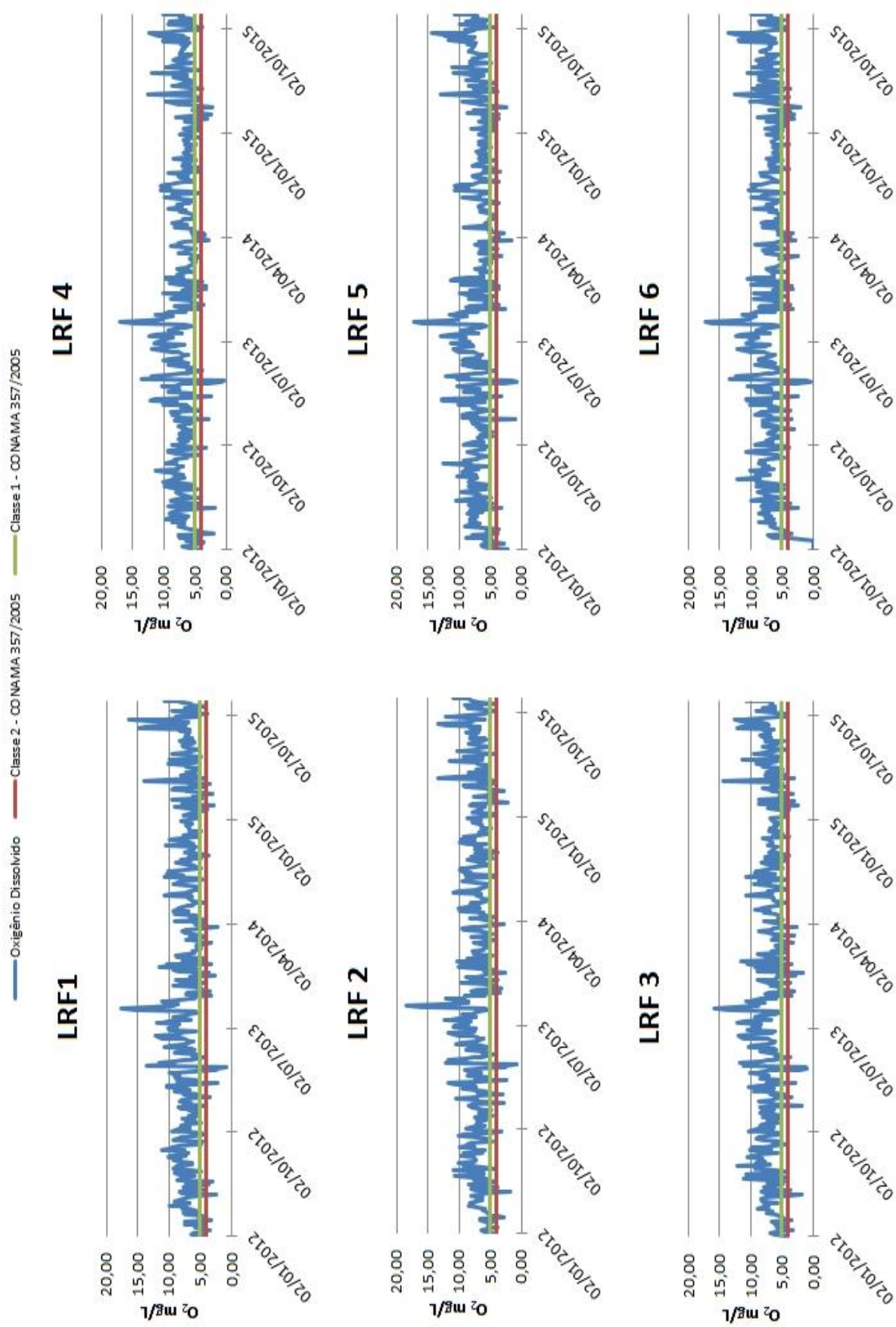


Figura 6 - Variação de Oxigênio Dissolvido ao longo do período observado.

Tabela 1–Número de não conformidades de Oxigênio Dissolvido por ponto de monitoramento ao longo dos quatro anos de amostragem.

<b>O.D ≤ 4,0 mg/L</b>						
<b>Ano/Ponto</b>	<b>LRF1</b>	<b>LRF2</b>	<b>LRF3</b>	<b>LRF4</b>	<b>LRF5</b>	<b>LRF6</b>
<b>2012</b>	8	9	8	7	6	15
<b>2013</b>	10	10	14	9	8	9
<b>2014</b>	5	2	8	4	10	8
<b>2015</b>	5	2	7	6	6	7
<b>Sub-total</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>39</b>
<b>Total</b>	<b>181</b>					

Foi analisado também o ponto de monitoramento LRF6 considerando este trecho como um corpo hídrico de classe 1, devido a possibilidade de prática de esqui-aquático neste trecho, sendo este esporte considerado de contato primário.

Neste trecho foi observado um total de 79 não conformidades distribuídas pelos quatro anos de observação, sendo as não conformidades caracterizadas como índices de O.D menores que 5,00 mg/L, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 2).

Tabela 2–Número de não conformidades de Oxigênio Dissolvido para o trecho destinado à prática de esqui-aquático.

<b>O.D ≤ 5,0 mg/L</b>	
<b>Ano/Ponto</b>	<b>LRF6</b>
<b>2012</b>	25
<b>2013</b>	15
<b>2014</b>	21
<b>2015</b>	19
<b>Total</b>	<b>79</b>

### 2.1.2. pH

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o valor mínimo e o máximo de pH para corpos hídricos incluídos na classe 1 e 2 de águas salobras são 6,5 e 8,5, respectivamente. Foi observado um total de 731 não conformidades –onde o pH foi menor do que 6,5 ou maior do que 8,5- distribuídas pelos seis pontos de monitoramento (Figura 7 e Tabela 3).

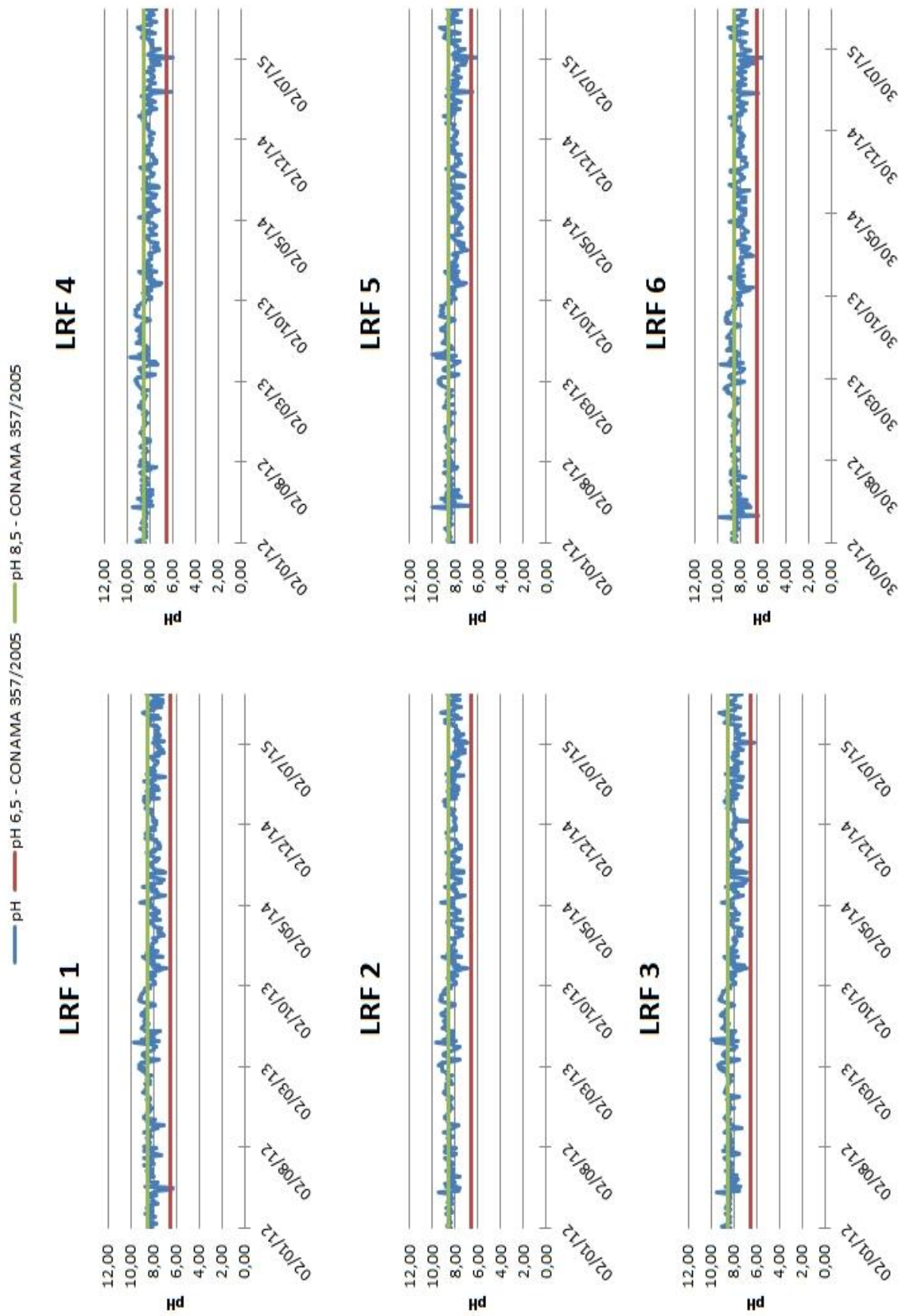


Figura 7 - Variação de pH ao longo do período observado.

Tabela 3 – Número de não conformidades de pH ao longo do período observado.

<b>pH &lt; 6,5 ou &gt; 8,5</b>						
<b>Ano/Ponto</b>	<b>LRF1</b>	<b>LRF2</b>	<b>LRF3</b>	<b>LRF4</b>	<b>LRF5</b>	<b>LRF6</b>
<b>2012</b>	32	38	33	48	42	43
<b>2013</b>	60	58	55	57	57	57
<b>2014</b>	13	12	7	7	4	7
<b>2015</b>	17	18	15	16	21	14
<b>Total:</b>	<b>122</b>	<b>126</b>	<b>110</b>	<b>128</b>	<b>124</b>	<b>121</b>
<b>Somatório</b>	<b>731</b>					

A variação de pH também está intimamente ligada com a decomposição de compostos orgânicos ao longo do tempo. A decomposição de compostos orgânicos pode ser aeróbica ou anaeróbica, completa ou incompleta. Desta forma, os produtos gerados podem ser diferentes. A decomposição aeróbica completa gera H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> e a incompleta pode gerar diversos compostos intermediários dependendo do substrato utilizado e dos microrganismos envolvidos. Já a decomposição anaeróbica ocorre na ausência de oxigênio, gerando principalmente metano, ácido sulfídrico e compostos nitrogenados, mas podendo gerar também ácidos orgânicos e acetatos.

No entanto, apesar de majoritariamente ocorrer produção de compostos ácidos durante a decomposição de compostos orgânicos, os resultados obtidos mostraram a maioria dos pontos com amostras de pH maiores que 8,5, semelhante a resultados de estudos anteriores (MAROTTA *et al.* 2012; VAN WEERELT *et al.* 2012).

Este aumento nos valores de pH também pode estar diretamente ligado com dois fatores, que são a taxa fotossintética elevada e a contribuição e água do mar pelo canal do Jardim de Alah. A taxa fotossintética elevada contribui para um aumento no valor de pH pois retira CO<sub>2</sub>, incorporando-o em molécula orgânica. O CO<sub>2</sub>, por sua vez, tem o papel de diminuir o pH. Logo, a incorporação deste composto na matéria orgânica pela taxa fotossintética tende a elevar o valor de pH em corpos hídricos. Além disso, a contribuição de água do mar incrementa aporte de íons carbonato e bicarbonato no corpo hídrico. Estes íons, por sua vez, são provenientes de compostos básicos e tendem a alcalinizar o meio.

É importante ressaltar também a influência do pH em vários processos físico-químicos, como o balanço NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub> precipitação química de metais tóxicos e

oxidação/redução química de compostos como cianeto, cromo, compostos orgânicos (DOS SANTOS *et al.* 2012 ; CETESB, 2009).

### **2.1.3. Nitrogênio Amoniacal**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o valor máximo de Nitrogênio Amoniacal para corpos hídricos de classe 2 de águas salobras é 0,7 mg/L. Para este parâmetro, houve um total de 42 não conformidades –onde o valor de Nitrogênio Amoniacal foi maior que 0,7 mg/L- distribuídas pelos seis pontos de monitoramento ao longo do período observado (Figura 8 e Tabela 4).

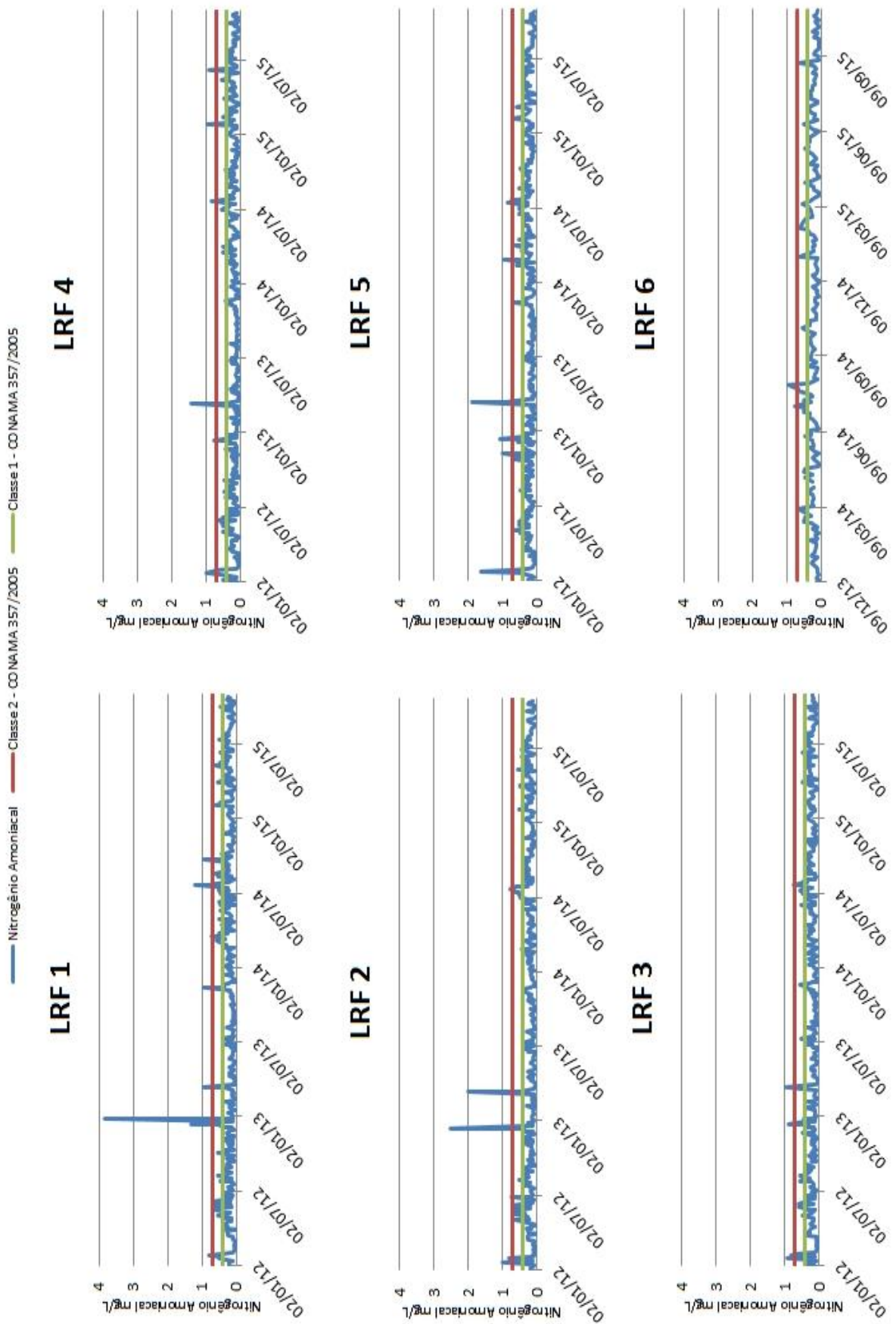


Figura 8 - Variação de Nitrogênio Amoniacoal ao longo do período observado.



Tabela 4– Número de não conformidades de Nitrogênio Amoniacal por ponto de monitoramento ao longo do período observado.

<b>Nitrogênio Amoniacal <math>\geq 0,7</math> mg/L</b>						
<b>Ano/Ponto</b>	<b>LRF1</b>	<b>LRF2</b>	<b>LRF3</b>	<b>LRF4</b>	<b>LRF5</b>	<b>LRF6</b>
<b>2012</b>	3	4	3	4	4	0
<b>2013</b>	2	1	2	1	3	0
<b>2014</b>	4	1	1	2	3	2
<b>2015</b>	0	0	0	2	0	0
<b>Total:</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Somatório</b>	<b>42</b>					

Devido ao aporte de efluente doméstico na lagoa, há contribuição de compostos nitrogenados, entre eles o nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal (DOS SANTOS *et al.* 2012; SOARES *et al.*, 2012). Além disso, há contribuição destes compostos pela água pluvial, pela água das chuvas e pela atmosfera (CETESB, 2009 ; DOS SANTOS *et al.* 2012).

A presença de nitrogênio amoniacal sob as formas de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e íon amônio ( $\text{NH}_4$ ) está diretamente ligada à decomposição de compostos orgânicos e é padrão de identificação de emissão de esgotos. Além disso, pode-se associar as etapas de degradação orgânica com a presença de amônia. Em locais onde há aporte de efluente próximo, as concentrações de nitrogênio amoniacal são maiores devido a hidrólise da uréia, e a concentração de nitrito e nitrato são maiores em áreas mais distantes do foco da poluição (CETESB, 2009). A decomposição de compostos orgânicos e a oxidação de amônia à nitrito e nitrato também diminuem a concentração de oxigênio dissolvido.

Os compostos nitrogenados, juntamente com os fosfatados, também influenciam diretamente na proliferação da comunidade fitoplanctônica, uma vez que servem de elementos para incorporação de biomassa desses seres (DOMINGOS *et al.*, 2012; MENEZES *et al.*, 2012). No entanto, a proliferação destes organismos pode incluir espécies produtoras de toxinas, causando eventos de mortandade de peixes (MENEZES *et al.*, 2012; SOARES *et al.*, 2012). Entretanto, para a Lagoa Rodrigo de Freitas, apenas um evento de mortandade de peixes ocorrido em 2010 esteve relacionado à presença de toxinas, uma vez que neste evento não houve significativa diminuição de oxigênio dissolvido que pudesse explicar o ocorrido (DOMINGOS *et al.*, 2012).

Em relação à toxicidade, a amônia é um componente tóxico para a maioria dos organismos aquáticos, devido ao seu caráter lipofílico e a fácil difusão por entre as

membranas respiratórias de peixes (BARBIERI & DOI, 2012). Além disso, estudos anteriores demonstraram que concentrações de amônia entre 0,11 mg/L (OSTRENSKY e WASIELESKY, 1995) e 0,91 mg/L (CHEN & LIN, 1992), foram suficientes para comprometer o crescimento de espécies peixes juvenis.

Os resultados obtidos demonstram poucos pontos com Nitrogênio Amoniacal acima de 0,7 mg/L. Estudos anteriores também demonstraram resultados semelhantes, com valores de Nitrogênio Amoniacal entre 0,3 e 44  $\mu\text{mol/L}$ , abaixo do observado (DOS SANTOS *et al.* 2012). Espacialmente, a distribuição de nitrogênio amoniacal solúvel está mais concentrada na região oeste da lagoa, onde estão as ilhas Caiçaras e Piraquê (DOMINGOS *et al.*, 2012; DOS SANTOS *et al.* 2012). Nesta região, há maior influência continental com o deságue dos rios Macacos e Cabeça, que contribuem com o aporte de sedimentos, além da presença dos clubes nas ilhas citadas, que contribuem com efluentes.

Considerando o trecho destinado à prática de esqui-aquático, a resolução CONAMA 357/2005 dispõe valores de no máximo 0,4 mg/L de nitrogênio amoniacal para inclusão de águas na classe 1. Neste trecho, foram observadas um total de 15 não conformidades, todas estas ocorridas no ano de 2014 (Tabela 5).

Tabela 5–Número de não conformidades de Nitrogênio Amoniacal observadas no trecho destinado à prática de esqui-aquático.

<b>Nitrogênio Amoniacal <math>\geq 0,4</math> mg/L</b>	
Ano/Ponto	LRF6
<b>2012</b>	0
<b>2013</b>	0
<b>2014</b>	15
<b>2015</b>	0
<b>Total</b>	<b>15</b>

#### **2.1.4. Nitrato**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo para nitrato em águas de salobras de classe 2 é 0,7 mg/L. Para este parâmetro, não foram observadas não conformidades em nenhum ponto de monitoramento ao longo do período observado, seja considerando a lagoa como de classe 1 ou 2 de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (Figura 9).

Em lagos tropicais, a atividade fotossintética elevada de organismos produtores faz com que a incorporação de formas oxidadas de nitrogênio em sua biomassa seja alta. Estudos anteriores demonstraram que a incorporação de nitrato pode ser regulada por fatores como temperatura (KUMAR *et al. apud* BERGES *et al.*, 2013), disponibilidade de ferro e fósforo (STERNER *et al.*, 2004) e luminosidade (IVANIKOVA *et al.*, 2007; BERGES *et al.*, 2013). Além disso, os valores elevados de pH observados na Lagoa podem estimular a formação de hidróxido de amônia, o que diminuiria a formação de nitrato, uma vez que este hidróxido é convertido mais dificilmente à nitrato. Portanto, considerando a Lagoa Rodrigo de Freitas como uma lagoa tropical sob influência antrópica, a descarga de efluentes juntamente com as condições de temperatura e luminosidade e pH refletem no resultado observado.

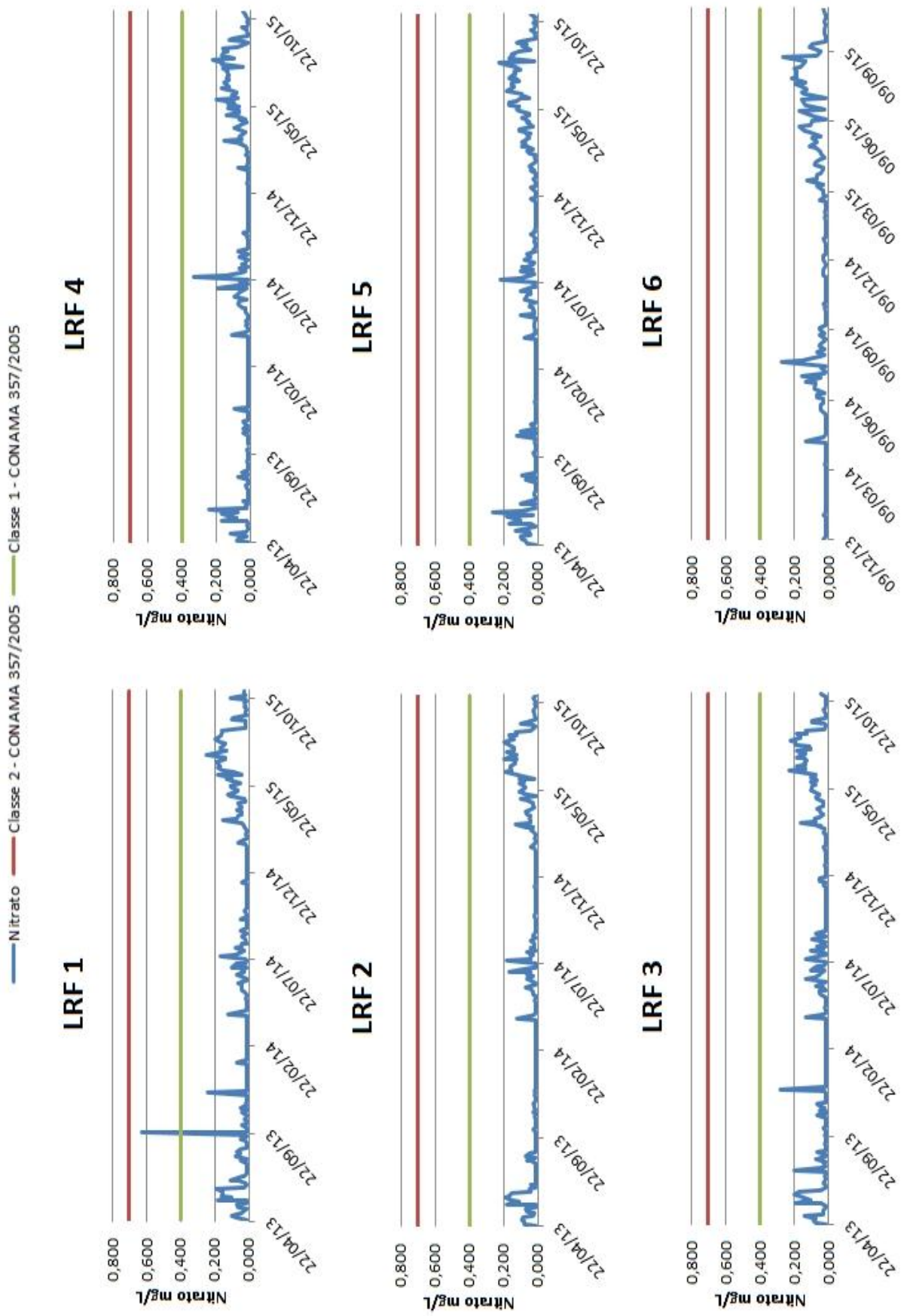


Figura 9 - Variação de Nitrato ao longo do período observado.

### 2.1.5. Fósforo Total

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo de Fósforo Total em águas salobras de classe 2 é 0,186 mg/L. Para este parâmetro, foram observados 13 não conformidades distribuídas pelos seis pontos de monitoramento ao longo do período observado. Já para o trecho da lagoa destinado à prática de esqui-aquático, não foi observada nenhuma não conformidade (Figura 10 e Tabela 6).

O fósforo, assim como os compostos nitrogenados, é considerado um macro-nutriente, pois é incorporado na biomassa de organismos produtores, contribuindo largamente para o processo de eutrofização em corpos d'água. As principais fontes de fósforo para os corpos hídricos urbanos são o esgoto doméstico e alguns produtos de limpeza como os detergentes (CETESB, 2009).

Em águas naturais, o fósforo pode se apresentar sob as formas de fosfato orgânico, ortofosfatos e polifosfatos. Os primeiros são quando o fosfato está conjugado com moléculas orgânicas, como no DNA. Os segundos são representados por radicais que se combinam com cátion, formando sais, e os terceiros, que são polímeros de ortofosfatos rapidamente hidrolisáveis (CETESB, 2009).

Assim como os compostos nitrogenados, o fosfato pode ser utilizado por organismos produtores em corpos hídricos tropicais muito rapidamente devido à alta luminosidade e temperatura, o que aumenta a atividade fotossintética destes organismos (STERNER *et al.*, 2004; BERGES *et al.*, 2013). No entanto, diferentemente de compostos nitrogenados, a quantidade e fonte de fósforo são mais escarças em corpos hídricos (HUDSON *et al.* 2000), fazendo com que este componente seja alvo preferencial para controle de eutrofização (CETESB, 2009).

Estudos anteriores também demonstraram concentrações de fósforo total majoritariamente abaixo do disposto pela resolução CONAMA 357/200 (DOS SANTOS *et al.* 2012; SOARES *et al.*, 2012). Além disso, semelhantemente ao parâmetro nitrogênio amoniacal, concentrações maiores de fósforo foram observadas na região oeste e sul da lagoa, próximo aos clubes Caiçaras e Piraquê, devido à maior contribuição continental e de efluentes desses clubes (DOMINGOS *et al.*, 2012).

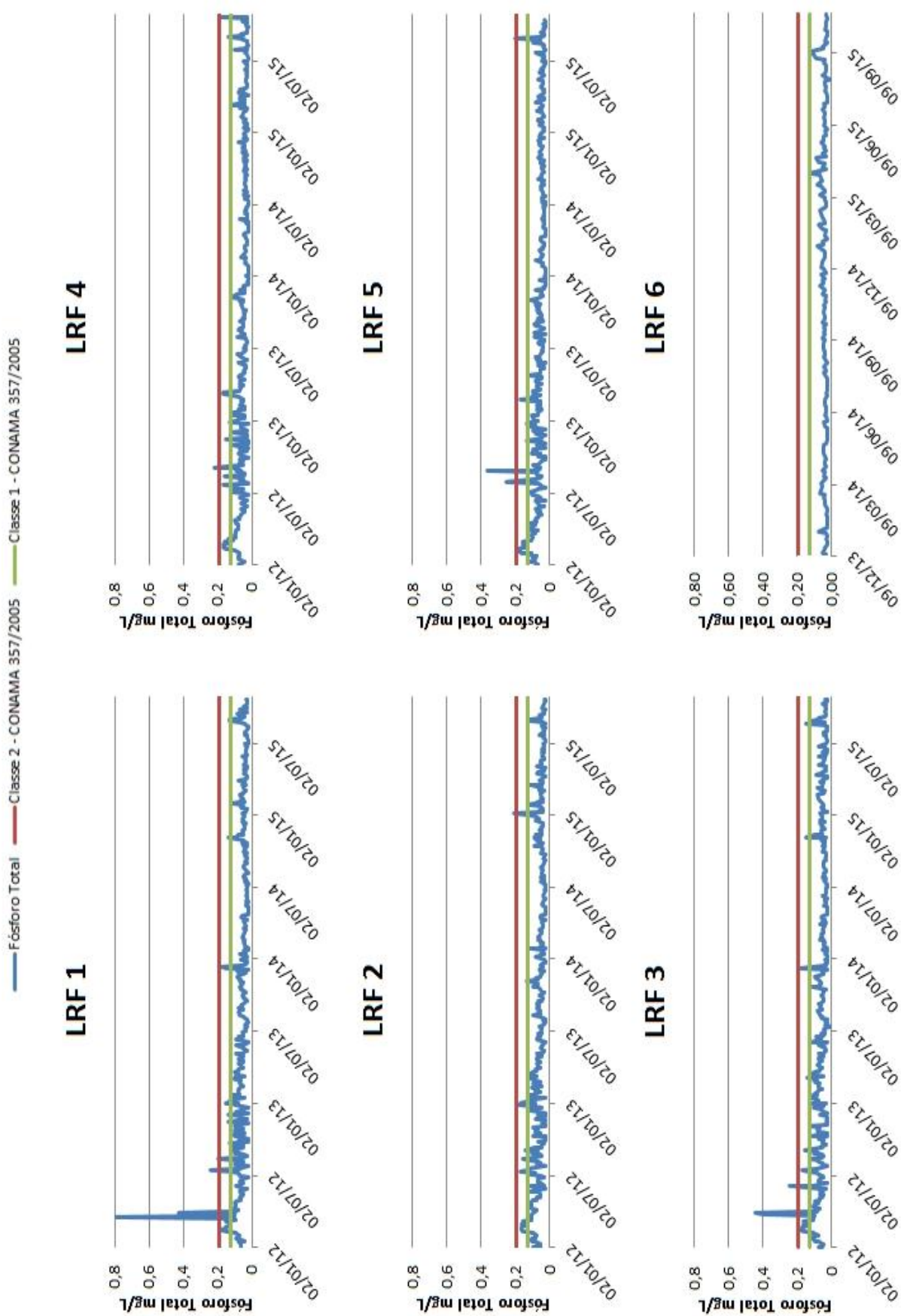


Figura 10 - Variação de Fósforo total ao longo do período observado.

Tabela 6–Número de não conformidades de Fósforo Total por ponto de monitoramento ao longo do período observado.

<b>Fósforo Total <math>\geq 0,186</math> mg/L</b>						
<b>Ano/Ponto</b>	<b>LRF1</b>	<b>LRF2</b>	<b>LRF3</b>	<b>LRF4</b>	<b>LRF5</b>	<b>LRF6</b>
<b>2012</b>	4	0	3	1	2	0
<b>2013</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2014</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2015</b>	0	1	0	0	1	0
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Somatório</b>	<b>13</b>					

### 2.1.6. Coliformes Totais, Termotolerantes e *Escherichia coli*:

A resolução CONAMA 357/2005 estabelece como parâmetro microbiológico a análise de coliformes termotolerantes, sendo possível a substituição deste parâmetro por *E. coli*, de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Uma vez que não se deteve de dados sobre coliformes termotolerantes para a elaboração deste trabalho e não há um limite estabelecido de valores de *E.coli* pela fundação RIOÁGUAS, será feita uma correlação entre coliformes totais observados com dados da literatura, que abordam também dados sobre coliformes termotolerantes e/ou *E.coli*.

Por definição, os coliformes totais são caracterizados por serem bactérias gram-negativas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, capazes de se desenvolver na presença de agentes tensoativos, como os sais biliares, e são capazes de fermentar lactose com produção de ácido e gás em temperatura de 36°C. Já os coliformes termotolerantes são um subgrupo de coliformes e são caracterizados pela CONAMA 357/2005 como sendo bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído, além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos. Também ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminadas por material fecal, tendo como o principal representante a *E. coli*. Esta última, por sua vez, é de origem exclusivamente fecal, e é considerada o indicador de contaminação fecal mais específico entre os três (BRASIL, 2013).

Para o parâmetro coliformes totais, houve uma variação de 1~35.000.000 NMP/100mL distribuídos ao longo dos seis pontos de monitoramento. Ao analisar os

resultados, pode-se perceber que há picos de Coliformes Totais distribuídos ao longo do período observado (figura 11). Já para o parâmetro *E.coli*, foi observada uma variação de 2~490.000 NMP/100mL, sendo o limite estabelecido pela resolução CONAMA 274/2005 para classificação de águas em “próprias” de 2000 NMP/100 mL(Figura 12).

Segundo Soares *et al* (2012) há uma correlação positiva entre precipitação e índices de coliformes termotolerantes, indicando o funcionamento do sistema de comportas da Lagoa Rodrigo de Freitas, que permite o fluxo de água para a Lagoa em períodos/eventos chuvosos, carreando sedimentos e volume de água de rios tributários igualmente impactados (MIGUEZ *et al.* 2012; RIO DE JANEIRO, 2013). Portanto, estes picos de coliformes totais observados podem estar associados à períodos de chuva intensa, que ocorrem principalmente entre os meses de Dezembro e Março.



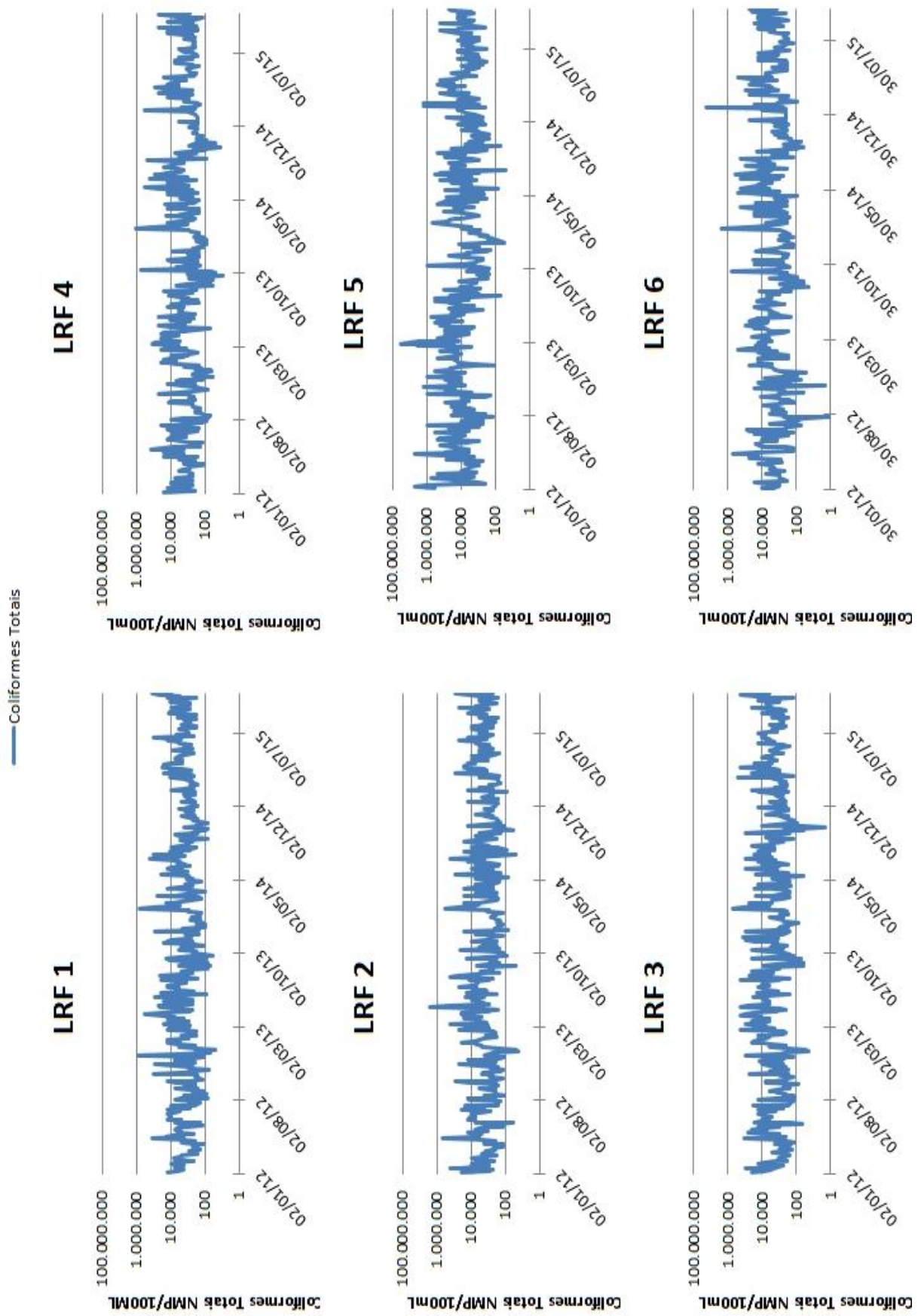


Figura 11 - Variação de Coliformes Totais ao longo do período observado.

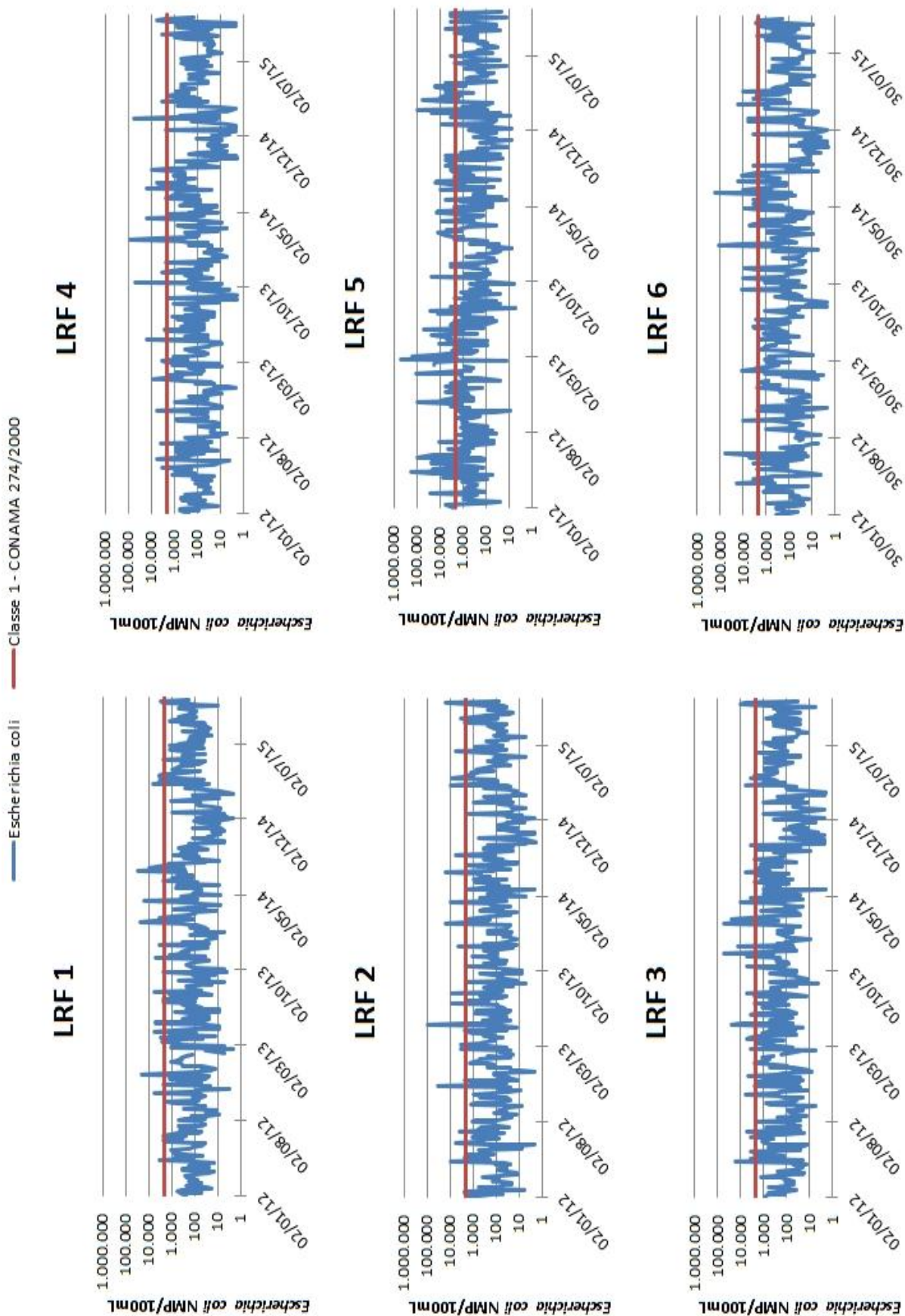


Figura 12 - Variação de *E. coli* ao longo do período observado.

Abordando dados da literatura, Van Weerelt, Signori e Enrich-Prast (2012) observaram uma variação de coliformes totais de 2.400~240.000 NMP/100mL com predominância de valores maiores na superfície. Em relação à coliformes termotolerantes, os valores variaram de 930 à 24.000 NMP/100mL. Segundo o mesmo autor, a maioria dos pontos esteve com quantidades acima do disposto pela resolução CONAMA 357/2000 para o contato primário. Além disso, os níveis de *Enterococcus* também ficaram acima do limite máximo para balneabilidade, disposto pela CONAMA 274/2000.

Abordando o parâmetro *E.coli*, Vieira *et al.* (2012) observaram não conformidades para o contato primário na região norte da Lagoa em Junho/2008 (10.700 NMP/100mL) e próximo ao clube Caiçaras, na região sul da Lagoa em Janeiro/2008 (6.294 NMP/100mL) e em praticamente todos os meses entre agosto/2007 e Julho/2008 na desembocadura do Rio dos Macacos, não abordado neste trabalho. No entanto, nenhuma análise foi feita para conformidades com contato secundário e, apesar de serem encontradas não conformidades, cerca de 87,5% das amostras estudadas estavam dentro dos padrões de balneabilidade, segundo a CONAMA 274/2000.

Soares *et al.* (2012) também observaram uma concentração espacial de coliformes totais na região oeste e sul da Lagoa Rodrigo de Freitas, o que também foi observado para os parâmetros Nitrato e Fosfato. Segundo o autor, a concentração desses parâmetros é decorrente da presença dos clubes caiçaras e piraquê, que contribuem com aporte de efluentes na Lagoa Rodrigo de Freitas. O mesmo foi observado para Coliformes Termotolerantes e *Enterococcus*, que além de estarem concentrados nesta região estavam acima do limite disposto pela resolução CONAMA 357/2000 e 274/2000 para contato primário. Além disso, as variáveis abióticas que mais correlacionaram positivamente com os microorganismos citados acima foram temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido.

A resolução CONAMA 274/2000 estabelece os critérios de balneabilidade das águas brasileiras para o contato primário, e classifica os corpos hídricos entre próprios e impróprios e entre categorias como Excelente, Muito Boa e Satisfatório, dependendo da quantidade coliformes termotolerantes, *E.coli* ou *Enterococcus* presente na água. Para enquadramento do corpo hídrico em uma determinada divisão de categorias, há de se ter 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores à classificação, colhidas no mesmo local obedecendo à determinadas quantidades de microorganismos (Tabela 7).

Tabela 7–Classificação de Balneabilidade das águas do corpo hídrico em relação à quantidade de microorganismos. NMP = Número mais provável

<b>Classificação de Balneabilidade (em NMP/100 mL)</b>				
	Excelente	Muito Boa	Satisfatória	Imprópria
<b>Coliformes termotolerantes</b>				
<i>Escherichia coli</i>	200	400	800	2000
<i>Enterococcus</i>	25	50	100	400

Para o trecho destinado à prática de esqui-aquático na Lagoa Rodrigo de Freitas (LRF6), os resultados demonstraram uma variação de *E.coli* entre 0 e 160.000 NMP/100 mL (Figura 12). Essa variação no trecho citado resultou numa variação em relação à classificação entre própria e imprópria, e entre as categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória na Lagoa Rodrigo de Freitas (Figura 13).

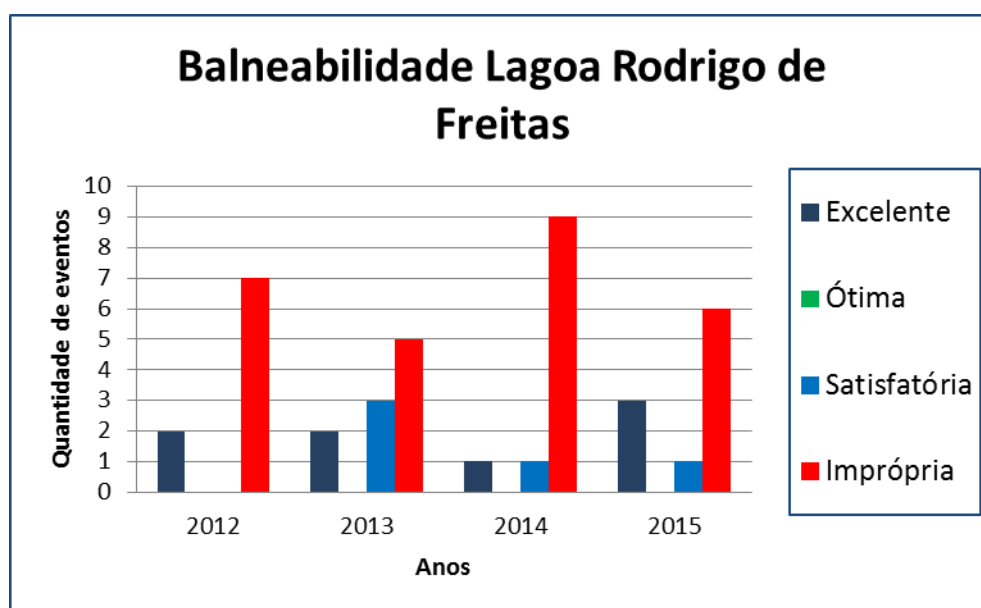


Figura 13 - Variação de balneabilidade da Lagoa Rodrigo de Freitas

### 2.1.7. Mortandade de Peixes e presença de Vírus Entéricos:

A diminuição de efluente doméstico apontada por Soares *et al.* (2012) através da construção da galeria de cintura permitiu uma considerável diminuição na intensidade e frequência de eventos de mortandade de peixes. Anteriormente à construção da galeria de cintura no entorno da Lagoa, os registros de mortandade de peixes chegavam à 140 toneladas

eram muito mais frequentes. Após a construção da galeria de cintura houve uma interrupção de eventos semelhantes, só ocorrendo com magnitude semelhante em 2010 (Tabela 8). No entanto, este evento se deu de forma diferente, pois os níveis de oxigênio dissolvido estavam de acordo à manutenção da vida aquática (SOARES *et al.*, 2012). Portanto, uma possível explicação para este evento é apontada por Domingos *et al.* (2012), que afirma que a produção de cianotoxinas por algas nocivas poderia ser a causa da mortandade de peixes.

Tabela 8 - Eventos de mortandade de peixes ao longo de dez anos na Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: SOARES *et al.*, 2012).

<b>DATA</b>	<b>Quantidade (toneladas)</b>
<b>2000</b>	140
<b>2001</b>	56
<b>2002</b>	94
<b>2003</b>	0
<b>2004</b>	0,14
<b>2005</b>	0
<b>2006</b>	0
<b>2007</b>	0,30
<b>2008</b>	0
<b>2009</b>	0
<b>2010</b>	86

Em relação à presença de Vírus entéricos localizados na Lagoa Rodrigo de Freitas, o relatório solicitado pela Associated Press (2015) evidenciou a presença de Adenovírus do tipo 2 e 5, próximos ao ponto de largada e chegada das competições de remo, que estão próximas aos pontos LRF4 e LRF5 do presente estudo. Segundo o relatório, foi observada uma variação entre  $3,72 \times 10^6$  e  $1,73 \times 10^9$  de cópias genômicas/L no ponto de largada (LRF4) e entre  $3,6 \times 10^4$  e  $9,56 \times 10^8$  de cópias genômicas/L no ponto de chegada (LRF5) das competições de Remo e Canoagem. Além disso, também foi observado picos de coliformes termotolerantes nos dois pontos (Tabela 9).

Tabela 9 - Presença de Vírus entéricos e Coliformes Termotolerantes na Lagoa Rodrigo de Freitas  
(Fonte: Associated Press, 2015)

	<b>Ponto de largada (LRF4)</b>	<b>Ponto de chegada (LRF5)</b>
<b>Vírus Entéricos (Adenovírus)</b>	372.000 ~1,73x10 <sup>9</sup> cópias genômicas/L	36.600 ~ 956x10 <sup>6</sup> cópias genômicas/L
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	41.066NMP/100mL (Setembro/2015)	36.540 NMP/100mL (Setembro/2015).

É importante observar também que as localidades citadas acima se encontram próximas à ilha Caiçaras, na face sul da Lagoa Rodrigo de Freitas, onde há grande despejo de efluente oriundo do clube Caiçaras. Este despejo de efluentes também foi evidenciado devido à concentração de fósforo e nitrogênio amoniacal nesta região e próximo ao Clube Piraquê, apontado por Domingos *et al.* (2012)

Vieira *et al.* (2012), também encontraram amostras positivas para Adenovírus, Rotavírus, Norovírus e vírus da Hepatite A (Tabela 10). Além disso, estes autores observaram que apesar de a maioria das amostras estarem de acordo com os padrões de balneabilidade para o parâmetro *E.coli*, isto não significou a ausência dos tipos virais citados acima, comprovando que este padrão de qualidade não é suficiente para garantir a qualidade virológica da água.

Tabela 10 - Quantidade de vírus presentes na Lagoa Rodrigo de Freitas (Fonte: Vieira *et al.*, 2012).

<b>Vírus</b>	<b>Cópias Genômicas/litro</b>
<b>Adenovírus</b>	1,2 x 10 <sup>1</sup> - 1,2 x 10 <sup>3</sup>
<b>Rotavírus</b>	3,0 x 10 <sup>1</sup> – 5,6 x 10 <sup>4</sup>
<b>Norovírus</b>	1,4 x 10 <sup>0</sup> – 3,2 x 10 <sup>2</sup>
<b>Hepatite A</b>	1,3 x 10 <sup>4</sup> – 2,43 x 10 <sup>5</sup>

Apesar de os estudos acima demonstrarem a presença de vírus entéricos de veiculação hídrica na Lagoa Rodrigo de Freitas, a Organização Mundial da Saúde não recomenda a análise de vírus em testes de monitoramento, uma vez que não há métodos padronizados disseminados, o que dificultaria a interpretação dos dados (JUNE, 2016; WHO, 2003). Desta forma, a mesma organização recomenda a classificação de qualidade de água baseada na análise microbiológica de *E.coli* e *Enterococcus*, com monitoramentos regulares e contínuos,

uma vez que dados epidemiológicos mostram que os indicadores bacterianos são os que melhores predizem a presença de doenças gastrointestinais (JUNE, 2016; WHO, 2003).

#### **2.1.8. Reenquadramento da Lagoa Rodrigo de Freitas e Propostas Mitigadoras:**

Em relação ao enquadramento da Lagoa Rodrigo de Freitas, alguns autores sugerem que este deve ser revisto, de forma a considerar todos os aspectos ali presentes. Segundo Van Weerelt, Signori & Enrich-prast (2012), a utilização de espécies de peixes para fins comerciais deve incluir este corpo hídrico como sendo de classe 1, e Ricci & Medeiros (2012) também abordam a necessidade de revisão do enquadramento não só da Lagoa, mas também dos outros rios da bacia, uma vez que estes possuem apenas fins estéticos e, portanto, usos muito mais restritos. No entanto, para que políticas públicas relativas à gestão de recursos hídricos se tornem eficiente, os mesmos autores afirmam que é importante que haja uma maior inclusão dos atores sociais no processo de gestão, de forma a garantir os usos múltiplos da água, descrito na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o enquadramento de um corpo hídrico deve se dar de forma a levar em consideração o seu uso preponderante mais exigente. Na Lagoa Rodrigo de Freitas, os atuais usos da água estão relacionados à pesca comercial e amadora, prática de esportes e recreação de contato primário e secundário, navegação, paisagismo e conservação das espécies aquáticas. Somente em relação à pesca, de acordo com os pescadores, são retirados mensalmente 500 Kg de pescado, caracterizando a pesca como fim comercial (PINHEIRO & PINHEIRO, 2009 *apud* VAN WEERELT; SIGNORI; ENRICH-PRAST, 2012). Portanto, de acordo com os usos observados na Lagoa Rodrigo de Freitas, sua importância sócio-ambiental e urbana e a resolução CONAMA 357/2005, é razoável afirmar que seu enquadramento pode ser revisto, uma vez que há usos preponderantes que se enquadram na classe 1 de corpos hídricos, como a pesca comercial e a prática de esqui-aquático, descritos como atividades de contato primário. No entanto, apesar da discussão sobre a revisão de enquadramento da Lagoa Rodrigo de Freitas considerando os usos acima citados, Vieira *et al.* (2012) alertam para o surgimento de doenças com a utilização da água para fins mais abrangentes, como a recreação de contato primário.

Como propostas para garantir uma melhora ambiental na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rosman (2012) cita a construção de dutos subterrâneos de ligação com o mar, o que aumentaria a renovação de águas e, conseqüentemente, evitaria eventos de mortandade de peixes. Além disso, Van Weerelt *et al.* (2012) também apontam medidas mitigadoras como educação ambiental, fiscalização por órgãos ambientais e da sociedade como ferramentas para

uma melhora do ambiente. No entanto, além das medidas acima apontadas por Rosman (2012), há um consenso de que deve haver a diminuição de carga orgânica na Lagoa no intuito de melhorar a qualidade ambiental (DOMINGOS *et al.*, 2012; RICCI & MEDEIROS, 2012; SOARES *et al.*, 2012; VAN *et al.* 2012).



### 3. CONCLUSÃO:

Apesar de a Lagoa Rodrigo de Freitas ser classificada como um corpo hídrico de classe 2 pela resolução CONAMA 357/2005, a mesma resolução define em seu capítulo V, artigo 38 que o enquadramento do corpo hídrico deve se dar de acordo com os seus usos preponderantes mais restritivos. Na Lagoa Rodrigo de Freitas, além da prática de esportes de contato secundário, há atividades relacionadas com o contato primário, definido pela resolução citada acima.

O presente trabalho identificou não conformidades para os parâmetros oxigênio dissolvido (181), pH (731), nitrogênio amoniacal (42) e fósforo total (13) divididos pelos seis pontos de monitoramento entre 2012 e 2015. Para o trecho destinado à prática de esqui-aquático, não conformidades foram observadas para oxigênio dissolvido(79), pH (121), nitrogênio amoniacal (15) e *E.coli* (27), considerando este trecho como um corpo hídrico de classe 1.

Analisando dados da literatura, a qualidade da Lagoa Rodrigo de Freitas melhorou entre 2000 e 2010. No entanto, os dados fornecidos para a elaboração deste trabalho entre 2012 e 2015 permitiram observar que ainda há não conformidades legais, apesar das melhoras obtidas através de obras de infraestrutura, como a galeria de cintura, dragagens e manutenção no sistemas de comportas.

O decreto municipal nº18.415/2000 permite a prática de esportes de contato primário na região sul da Lagoa, apesar de esta ser classificada como um corpo hídrico de classe 2. No entanto, o presente trabalho aponta não conformidades para este ponto, o que poderia trazer risco à saúde dos usuários. Além disso, há a necessidade de se rever o enquadramento da Lagoa para classe 1 de corpos hídricos de água salobra, uma vez que há usos preponderantes relativos à esta classe, como a pesca comercial e a prática de esqui-aquático.

Com relação à presença de vírus entéricos no local, a OMS não recomenda a análise destes em testes de monitoramento, e sim de parâmetros microbiológicos como coliformes termotolerantes, *E.coli* e *Enterococcus*. No entanto, uma melhora na qualidade ambiental através da diminuição de despejo de efluentes, fiscalização e educação ambiental é necessária no intuito de garantir a Lagoa na classe de corpo hídrico atual e, futuramente, como uma classe que abranja todos os usos preponderantes do local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, F.E. Biólogo flagra manchas de esgoto na Baía de Guanabara a 50 dias dos Jogos. *O dia*, Rio de Janeiro, 15 jun.2016. Disponível em: <<http://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2016-06-15/biologo-flagra-manchas-de-esgoto-na-baia-de-guanabara-a-50-dias-dos-jogos.html>>. Acesso em 31 jul.2016.

ASSOCIATED PRESS. Rio de Janeiro's Olympic Pollution: What's in the Water? Associated Press, 30 jul.2015. Disponível em: <http://interactives.ap.org/2015/brazil-water/>. Acesso em: 02 nov.2016.

BARBIERI E, DOI SA. Acute toxicity of ammonia on juvenile cobia (*Rachycentron canadum*, Linnaeus, 1766) according to the salinity. *Aquaculture Int.* 2012;20(2):373-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-011-9467->

BERGES, J. A. *et al.* Identification of factors constraining nitrate assimilation in Lake Superior, Laurentian Great Lakes. *Hydrobiologia*, p. 1–14, 2013.

BOECKEL, C. *et al.* Especialistas analisam risco da água contaminada para atletas. *O Globo*, Rio de Janeiro, 30 set. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/olimpiadas/rio2016/noticia/2015/07/rio-2016-especialistas-analisam-risco-da-agua-contaminada-para-atletas.html>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água* / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em 13 mar. 2017.

BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em 13 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 266, de 03 de agosto de 2000. Regulamenta a criação de jardins botânicos.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de Novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo*. Relatório Técnico CETESB, 2009. 43p.

CHEN JC, LIN CY. Effects of ammonia on growth and molting of *Penaeus monodon* juveniles. *Comp Biochem Physiol C*. 1992;101(3):449-52. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0742-8413\(92\)90068-i](http://dx.doi.org/10.1016/0742-8413(92)90068-i)

COELHO, H. Mortandade de peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas incomoda turistas. *O Globo*, Rio de Janeiro, 17 abr. 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/04/mortandade-de-peixes-na-lagoa-rodrigo-de-freitas-incomoda-turistas.html>. Acesso em: 31 jul.2016.

DOMINGOS, P. *et al.* Eventos de mortandade de peixes associados a florações fitoplanctônicas a lagoa Rodrigo de Freitas: Programa de 10 anos de monitoramento. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 441–446, 2012.

DOS SANTOS, M. C. B.; MAROTTA, H.; ENRICH-PRAST, A. Elevadas mudanças de curto prazo e heterogeneidade intralagunar na emissão de amônia de uma lagoa costeira urbana tropical (lagoa Rodrigo de Freitas - Rio de Janeiro) à atmosfera. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 408–420, 2012.

ESTEVES, F. D. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro.

HUDSON, J. J.; TAYLOR, W. D.; SCHINDLER, D. W. Phosphate concentrations in lakes. *Nature*, v. 406, n. 6791, p. 54–6, 2000.

IVANIKOVA, N. V. *et al.* Nitrate utilization by phytoplankton in Lake Superior is impaired by low nutrient (P, Fe) availability and seasonal light limitation - A cyanobacterial bioreporter study. *Journal of Phycology*, v. 43, n. 3, p. 475–484, 2007.

JUNE, U. *Q & A on recreational water quality in Rio de Janeiro*, Brazil. n. June, 2016.

MAROTTA, H. *et al.* Variação de curto prazo do metabolismo e da  $p\text{CO}_2$  na Lagoa Rodrigo de Freitas: Elevado dinamismo em um ecossistema tropical urbano. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 391–407, 2012.

MENEZES, M. *et al.* Composição florística de cianobactérias e microalgas do canal do piraquê, lagoa Rodrigo de Freitas, sudeste do Brasil. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 421–440, 2012.

MIGUEZ, M. G. *et al.* Interações entre o rio dos macacos e a lagoa rodrigo de freitas sob a ótica dos problemas de drenagem urbana e ações integradas de revitalização ambiental. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 615–650, 2012.

MURARO, L. G. *et al.* Caracterização da qualidade da água do rio dos Macacos, Município do Rio de Janeiro, II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: 2003.

OSTRENSKY A, WASIELESKY Jr W. Acute toxicity of ammonia to various lifestages of the São Paulo shrimp, *Penaeuspaulensis* Pérez-Farfante, 1967. *Aquaculture*. 1995;132(3-4):339-47. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00343-m](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(94)00343-m)

RIO DE JANEIRO (ESTADO). Diretriz DZ-0115.R-1. Diretriz de Classificação da Lagoa Rodrigo de Freitas.

\_\_\_\_\_. Diretriz DZ-0116.R-1. Diretriz de Classificação da Bacia Hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas.

\_\_\_\_\_. Decreto 35.487, 24 de maio de 2004. Institui, no âmbito da secretaria de estado de meio ambiente e desenvolvimento urbano, o conselho consultivo de gestão da bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas no município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: <https://govrj.jusbrasil.com.br/legislacao/131950/decreto-35487-04>. Acesso em 13 mar. 2017.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Decreto 18.415, 1 de março de 2000. Estabelece parâmetros de uso para o espelho d'água da Lagoa Rodrigo de Freitas.

\_\_\_\_\_. Decreto 42.675, de 19 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Municipal de Contingência da Lagoa Rodrigo de Freitas. Disponível em: [http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis\\_consulta/53243Dec%2042675\\_2016.pdf](http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis_consulta/53243Dec%2042675_2016.pdf). Acesso em 13 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 9.396 de 13 de junho de 1990. Determina o tombamento definitivo do bem cultural que menciona e dá outras providências. Diário Oficial do Rio de Janeiro, de 19/06/90. Disponível em:  
[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto\\_n\\_9.396\\_de\\_13\\_de\\_junho\\_de\\_1990.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_n_9.396_de_13_de_junho_de_1990.pdf)  
. Acesso em 13 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Rio Lei Orgânica do Município. - 2. ed. rev. e ampl. - Rio de Janeiro: Centro de Estudos da Procuradoria-Geral do Município, 2010. 224 p. Disponível em:  
[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4946719/4126916/Lei\\_Organica\\_MRJ\\_comaltdo205.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4946719/4126916/Lei_Organica_MRJ_comaltdo205.pdf). Acesso em 13 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Obras. Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro – RIOÁGUAS. *Atualização do Plano de Gestão Ambiental da Lagoa Rodrigo de Freitas (PGALRF)*. Versão 2. Rio de Janeiro: 2013, 51 p.

RIO2016. Os Jogos em números. Disponível em: <<https://www.rio2016.com/olimpicos>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

RODRIGUES, A. E. M. Lagoa Rodrigo de Freitas/RJ: História de uma ocupação desordenada. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 339–352, 2012.

ROSMAN, P.C.C. Ligação lagoa-mar, uma necessidade. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 651–693, 2012.

SALLES, S. Despejo clandestino de esgoto ainda ameaça as águas da Lagoa. *O Globo*, Rio de Janeiro, 21 jul.2016. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/bairros/despejo-clandestino-de-esgoto-ainda-ameaca-as-aguas-da-lagoa-19758304>>. Acesso em: 31 jul.2016.

SOARES, M. F. *et al.* 10 anos de monitoramento da qualidade ambiental das águas da lagoa Rodrigo de Freitas. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 581–614, 2012.

STERNER, R. W. *et al.* Phosphorus and trace metal limitation of algae and bacteria in Lake Superior. *Limnology and Oceanography*, v. 49, n. 2, p. 495–507, 2004.

VIEIRA, C. B. *et al.* Vírus entéricos na lagoa Rodrigo de Freitas. , v. 16, n. 3, p. 540–565, 2012.

WEERELT, M.D.M. van; SIGNORI, C.; et al. Balneabilidade da Lagoa Rodrigo de Freitas: Variação temporal e espacial. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 3, p. 566–580, 2012.

WHO. *Faecal pollution and water quality. Guidelines for Safe Recreational Environments.*  
Volume 1: Coastal and Fresh Waters, p. 51–101, 2003.