



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de
Química Programa de Engenharia
Ambiental

BARBARA GUIMARÃES CIQUEIRA

UTILIZAÇÃO DE MACRÓFITAS NA OTIMIZAÇÃO DA ÁGUA EM
RECINTOS DE ANIMAIS EM ZOOLOGICOS

Rio de Janeiro

2017



UFRJ
BARBARA GUIMARÃES CIQUEIRA

Utilização de macrófitas na otimização de água em recintos de animais em zoológicos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Cristina Aparecida Gomes Nassar

Rio de Janeiro
2017

Ciqueira, Barbara Guimarães

Utilização de Macrófitas na Otimização da Água em
Recintos de Animais em Zoológicos / Barbara Guimarães
Ciqueira. – 2017.

114f.: il

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2017.

Orientadora: Cristina Aparecida Gomes Nassar

1. Macrófitas. 2. Água. 3. Filtração. 4. Zoológicos. 5. Absorção I. Nassar, Cristina Aparecida Gomes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Utilização de Macrófitas na Otimização da Água em Recintos de Animais em Zoológicos.



UFRJ

UTILIZAÇÃO DE MACRÓFITAS NA OTIMIZAÇÃO DE ÁGUA EM RECINTOS
DE ANIMAIS EM ZOOLOGICOS

BARBARA GUIMARÃES CIQUEIRA

Orientador: Cristina Aparecida Gomes Nassar

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca: 15/09/17

Cristina Aparecida Gomes Nassar, D. Sc., UFRJ (orientadora)

Sérgio Luiz Costa Bonecker, D. Sc., UFRJ

Maria Fernanda S. Q. C. Nunes, D. Sc., UFRJ

Fábio de França Moreira, D. Sc., FAMATH

Rio de Janeiro

2017

DEDICATÓRIA

À minha avó Nicélia (*in memorian*), amor da minha vida, a qual não me esqueço nem por um momento, e sinto falta todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por permitir que eu pudesse chegar até aqui e superar todos os momentos difíceis em todas as etapas da minha vida.

À minha orientadora, Cristina Aparecida Gomes Nassar, pelo apoio, orientações, paciência, contribuições à dissertação, atenção dispensada e não ter desistido de mim.

Ao especialista Rodrigo Valadares por identificar a espécie de Lemna disponível nos tanques e utilizada neste trabalho.

Aos meus pais Célia e Orlando, que mesmo sem compreender muito a minha profissão e escolhas, sempre me incentivaram, apoiaram, se orgulharam e tiveram confiança em mim, mesmo quando nem eu mesma tinha. É um agradecimento especial ao meu pai, por participar de quase todas as idas ao zoológico para ajudar a coletar as amostras de água, transportar e preparar os experimentos. Sua ajuda e força físicas foram indispensáveis em todo o processo.

Aos amigos Gilson Pereira, Anna Paula Costa, Camila Gonzalez, Estevão Mano e Natália Pacheco, por lerem e contribuírem com suas opiniões e dicas na parte textual para que o mesmo tivesse uma melhor coesão e clareza.

Ao amigo Rafael Alves, pelo apoio e incentivo durante todo o processo, e também por me ajudar na execução dos experimentos: carregando as bombonas de água, a vidraria de laboratório e colocar a mão na massa, literalmente junto comigo. Sua ajuda foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos Fernanda Almeida, Aline Goulart, Nanci Sierpe, Elisangela Souza e Aline Miranda por sempre confiarem, me incentivarem e me acalmarem para continuar essa empreitada.

À minha gerente Katia Aguiar por me escutar e apoiar durante todo esse processo e me liberar do trabalho sempre que necessário, e aos amigos do trabalho: Fábio Costa, Arnaldo Varella e Gilberto Freitas pelo apoio e incentivo desde o início desta jornada.

Ao colega de turma, Anderson Augusto, que apesar de estar realizando

também sua dissertação, sempre possibilitou o acesso ao Zoológico do Rio de Janeiro, acompanhou e forneceu dados de extrema importância para a execução deste.

Aos funcionários do zoológico que sempre foram muito simpáticos e prestativos ao oferecerem seu tempo e dividindo seus conhecimentos durante as coletas de água nos tanques.

Ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro pela oportunidade.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

RESUMO

CIQUEIRA, Barbara Guimarães. **Título: Utilização de Macrófitas na otimização de Água em recintos de animais em Zoológicos.** Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Em um zoológico a quantidade de água necessária para a manutenção dos animais é muito grande. Ela é destinada a diversos fins, entre eles como habitat ou como barreira de separação de espaços físicos de alguns animais, dessedentação e limpeza. A manutenção correta da água é de grande importância para garantir a qualidade de vida aos animais e conforto aos visitantes. No entanto, os custos de manutenção deste recurso no Zoológico do RJ é muito alto. Diversos estudos vêm utilizando macrófitas aquáticas para reduzir o nível de nutrientes e poluentes dos corpos hídricos. Apesar de ocorrerem naturalmente em tanques de animais em zoológicos, nenhum estudo verificou a sua eficácia na melhoria da qualidade da água nesses locais. No presente estudo foram utilizadas as macrófitas *Eichhornia crassipes* e *Lemna valdiviana*, como ferramenta para filtrar/absorver a matéria orgânica disponível, de forma natural e de baixíssimo custo. Para tanto, foram realizados experimentos com as duas espécies, comparando-se as concentrações de Oxigênio dissolvido, Nitrito, Nitrato, Fosfato e pH (3 réplicas) antes e após a exposição por 72h às macrofitas. Foram testados os tanques nos recintos de macaco aranha, cisne e cachorro do mato. Concomitantemente, foi realizada uma pesquisa com os zoológicos sobre a forma com que eles realizam a gestão da água. Os resultados indicaram que a espécie *E. crassipes* teve um desempenho melhor que *L. valdiviana* no que se refere a diminuição da concentração dos parâmetros analisados, incremento do volume de oxigênio dissolvido nos corpos, assim como estabilização do pH para valores ideais, nos tanques estudados. As respostas obtidas nos questionários indicam que muitas instituições não se preocupam em adotar medidas ou atividades que possam ajudar a diminuir o consumo e utilização da água.

Palavras-chave: Absorção; Água; Filtração; Macrófitas; Zoológico.

ABSTRACT

CIQUEIRA, Barbara Guimarães. **Title: Use of macrophytes in water optimization in animal enclosures in zoos.** Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

In a zoo the amount of water needed to maintain the animals is enormous. It is destined to several purposes, among them as habitat or as barrier of separation of physical spaces of some animals, watering and cleaning. The correct maintenance of the water is very important to guarantee animal's quality life and comfort to the visitors. However, the maintenance costs of this feature at the RJ Zoo is very high. Several studies have used aquatic macrophytes to reduce the level of nutrients and pollutants of water bodies. Although they occurred naturally in animal tanks in zoos, any study has found its effectiveness in improving water quality at these sites. In the present study, the macrophytes *Eichhornia crassipes* and *Lemna valdiviana* were used as a tool to filter / absorb the organic matter available, naturally and at a very low cost. For this, experiments were carried out with the two species, comparing dissolved oxygen, Nitrite, Nitrate, Phosphate and pH (3 replicates) before and after exposure to the macrophytes for 72 hours. Tanks were tested in the spider monkey, swan and wild dog enclosures. A survey was also carried out with Brazilian zoos to check how they perform water management. The results indicated that *E. crassipes* had a better performance than *L. valdiviana* in terms of decreasing the concentration of the analyzed parameters, increasing the volume of dissolved oxygen in the bodies, as well as stabilizing the pH to ideal values in the studied tanks. The answers obtained in the questionnaires indicate that many institutions do not bother to adopt measures or activities that can help to reduce the consumption and use of water.

Keywords: Absorption; Water; Filtration; Zoological; Macrophytes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Denominações dos corpos hídricos de acordo com a concentração de fósforo total	31
Tabela 2: Parâmetros analisados e método utilizado pelo laboratório que realizou as análises.....	58
Tabela 3: Caracterização dos tanques visitados	66
Tabela 4: Temperatura da água nos tanques aferida no momento da coleta. .	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Fundação RIOZOO – RJ	23
Figura 2: Pórtico Monumental da entrada do Zoológico do Rio de Janeiro – Fundação RIOZOO	24
Figura 3: Proporção de Área Territorial, Disponibilidade de Água e População para as Cinco Regiões do Brasil.	26
Figura 4: Classificação das macrófitas. Fonte: Esteves (1998).....	36
Figura 5: Esquema <i>E. crassipes</i>	39
Figura 6: <i>E. crassipes</i> disponíveis no tanque do macaco-aranha no zoológico do Rio de Janeiro	40
Figura 7: Esquema <i>Lemna valdiviana</i>	41
Figura 8: <i>Lemna valdiviana</i> presente na área externa onde se encontram o tamanduá bandeira no zoológico do Rio de Janeiro	43
Figura 9: Mecanismos de fitorremediação utilizados pelas plantas.....	45
Figura 10: Aspecto dos tanques utilizados no estudo no momento da coleta: a) Tanque 1: macaco-aranha; b) Tanque 2: cisnes e patos; c) Tanque 3: cachorro do mato/quati após retirada das macrófitas	56
Figura 11: Detalhes do experimento com de <i>E. crassipes</i> : a) plantas selecionadas para o experimento; b) recipiente contendo a água dos tanques; c) montagem do experimento; d) aspectos dos recipientes com as plantas.....	62
Figura 12: Detalhe do experimento com <i>L. valdiviana</i> . a) Local de coleta das plantas selecionadas para o experimento; b) coleta de água no tanque 1; c) coleta de água no tanque 2; d) aspectos dos recipientes com as plantas cobrindo todo o espelho d'água	64
Figura 13: Aspecto dos principais tanques visitados: a) Macaco-Aranha; b) Píttons; c) Jacaré-de-papo-amarelo; d) Gansos e Cisnes; e) Cachorro-do- mato / Quati; f) Hipopótamo. Fonte: Autor do trabalho.....	68
Figura 14: Consumo do volume faturado de água e esgoto entre os meses de janeiro e agosto de 2016 no Zoológico do Rio de Janeiro	70
Figura 15: Precipitações no Estado do Rio de Janeiro entre janeiro e agosto de 2016	71

Figura 16: Relação entre o número total de zoológicos e número de respostas ao questionário por região geográfica.....	73
Figura 17: Situação das estações de tratamento de esgoto (ETE) nos zoológicos brasileiros.....	74
Figura 18: Percentual de zoológicos que realizam captação de água da chuva e seu uso.....	76
Figura 19: Ações para reduzir as trocas de água nos tanques nos zoológicos brasileiros.....	78
Figura 20: Questão ambiental mais grave individual.....	79
Figura 21: Concentração Oxigênio dissolvido nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita <i>E. crassipes</i> (barra clara).....	82
Figura 22: Concentração Oxigênio dissolvido nos tanques no momento inicial da coleta, (barra escura) e após exposição à macrófita <i>L. valdiviana</i> (barra clara).....	83
Figura 23: Concentração de Nitrito nos tanques no momento inicial da coleta, (barra escura) e após exposição à macrófita <i>E. crassipes</i> (barra clara) ...	84
Figura 24: Concentração de Nitrito nos tanques no momento inicial da coleta, (barra escura) e após exposição à macrófita (barra escura) e após exposição a macrófita <i>L. valdiviana</i> (barra clara).....	85
Figura 25: Concentração de Nitrato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita <i>E. crassipes</i> (barra clara).....	86
Figura 26: Concentração de Nitrato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita <i>L. valdiviana</i> (barra clara).....	87
Figura 27: Valor do pH nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição a macrófita <i>E. crassipes</i> (barra clara).....	88
Figura 28: Valor do pH nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição a macrófita macrófita <i>L. valdiviana</i> (barra clara).....	89
Figura 29: Concentração de Fosfato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita (barra escura) e após exposição à macrófita <i>E. crassipes</i> (barra clara).....	90

Figura 30: Concentração de Fosfato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita *L. valdiviana* (barra clara) 92

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
As	Arsênio
Ca	Cálcio
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
Cu	Cobre
DBO	Demanda bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
Fe	Ferro
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
H	Hidrogênio
Hg	Mercúrio
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Potássio
Mg	Magnésio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
ODM	Objetivo de Desenvolvimento do Milênio
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Enxofre
SZB	Sociedade de Zoológicos Brasileira
WWF	World Wide Fund for Nature Zoológico
ZOO	Zoológico
Z	Zinco

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE SIGLAS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. JUSTIFICATIVA.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. OBJETIVO GERAL.....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
4.1. ZOOLOGICOS E A FUNDAÇÃO RIOZOO.....	21
4.2. GESTÃO DA ÁGUA.....	25
4.3. CRISE HÍDRICA.....	28
4.4. EUTROFIZAÇÃO.....	31
4.5. MACRÓFITAS.....	34
4.5.1. Características.....	35
4.5.2. <i>Eichhornia crassipes</i>	38
4.5.3. <i>Lemna valdiviana</i>	41
4.5.4. Mecanismos de Remoção de Poluentes por Plantas Aquáticas - Fitorremediação.....	43
4.5.5. Utilização de Macrófitas como alimento.....	49
5. METODOLOGIA.....	52
5.1. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES A RESPEITO DOS PRINCIPAIS TANQUES E DO CONSUMO DE ÁGUA DA FUNDAÇÃO RIO ZOO.....	53
5.2. AVALIAÇÃO DA GESTÃO DO USO DA ÁGUA NOS ZOOLOGICOS BRASILEIROS.....	54
5.3. EXPERIMENTOS REALIZADOS PARA TESTAR E COMPARAR A EFICÁCIA DAS MACRÓFITAS <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i> E <i>LEMNA VALDIVIANA</i> COMO FILTRADORAS NOS TANQUES NO ZOOLOGICO	55
5.4. ETAPAS DO ESTUDO.....	60
5.4.1. Experimento com <i>Eichhornia crassipes</i>	60
5.4.1.1. Coleta.....	60
5.4.1.2. Preparação do experimento.....	60
5.4.1.3. Período do Experimento.....	61
5.4.2. Experimento com <i>Lemna valdiviana</i>	63
5.4.2.1. Coleta.....	63

5.4.2.2. Preparação do Experimento.....	63
5.4.2.3. Período do Experimento.....	65
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS TANQUES DA FUNDAÇÃO RIOZOO.....	66
6.2. CONSUMO DE ÁGUA NOS TANQUES X PRECIPITAÇÃO.....	70
6.3. GESTÃO DO USO DA ÁGUA NOS ZOLÓGICOS BRASILEIROS	73
6.4. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS.....	81
6.4.1. Resultado dos Experimentos de acordo com os parâmetros analisados.....	81
6.4.1.1. Oxigênio Dissolvido.....	81
6.4.1.2. Nitrito.....	84
6.4.1.3. Nitrato.....	85
6.4.1.4. pH.....	88
6.4.1.5. Fosfato.....	90
7. CONCLUSÃO.....	96
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
APÊNDICE.....	111

1. INTRODUÇÃO

Um dos recursos naturais mais valiosos é a água, pois é o elemento essencial e insubstituível para a conservação da vida. Desde os tempos mais remotos as comunidades se estabeleciam perto de uma fonte de água, e esta condição ainda é percebida até hoje (BRANCO, 2012).

Água potável adequada e em condições segura é de extrema importância para a sobrevivência de todos os organismos, funcionamento das comunidades, ecossistemas e economias. (Organização das Nações Unidas - ONU, 2010).

No Brasil, a disponibilidade dos recursos hídricos é muito grande, pois o país possui cerca de 12% de toda a água doce disponível no planeta. No entanto, apesar da abundância, este recurso pode se esgotar. Sua distribuição natural não é homogênea, cada região apresenta diferentes características geográficas e as mudanças de vazão dos rios, afetam sua distribuição. Além disso, o uso indiscriminado dos mananciais tanto superficiais quanto subterrâneos não permite que a mesma esteja disponível para todos em quantidade e regularidade equivalentes (BRASIL, 2010).

A qualidade da água mundial esta cada vez mais está ameaçada, pois a população aumenta e as atividades industriais e agrícolas se expandem. Além desses fatores as alterações climáticas acabam por ameaçar e modificar o ciclo hidrológico do globo (ONU, 2010). A má distribuição, o uso desordenado, o aumento da demanda, aliados aos níveis crescentes de poluição fazem com que esse recurso se torne cada vez mais escasso (CUNHA, 2008).

A ONU vem realizando diversos encontros mundiais voltados para a preservação da água. Dentre eles podemos citar a Conferência das Nações Unidas para a Água (1977), a Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento (1981-1990), a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente (1992) e a Cúpula da Terra (1992) (ONU, 2014).

Para fortalecer ainda mais uma ação global e sensibilizar as pessoas sobre a importância do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, em 2003 a Assembleia Geral da ONU proclamou este ano como o Ano Internacional da Água Potável. Ainda em 2003 foi criada a “ONU Água” – que tem como objetivo estruturar as ações do Sistema das Nações Unidas para

atingir as metas relacionadas à água provenientes da Declaração do Milênio da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável de 2002. Posteriormente, foi proclamada a Década Internacional de Ação, “Água para a Vida” (2005 - 2015) para atingir às metas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio - ODM relacionadas à água (ONU, 2014).

A falta de água potável no mundo, resultante do gerenciamento inadequado dos recursos hídricos, vem sendo amplamente discutida, e a busca constante de alternativas para o seu gerenciamento não é apenas baseada nos custos de abastecimento, mas também no que diz respeito à consciência ambiental (LOBO, 2004).

De acordo com o Manual de Orientações para o setor industrial, elaborado pela FIESP/CIESP (2004), o mecanismo de cobrança pelo uso da água, instituído pela Lei nº 9.433/97, pretende garantir água, para as gerações atuais e futuras, na quantidade e qualidade necessárias, assim como propor a utilização racional e ajustada dos recursos hídricos. Esta prática visa ser um instrumento para gestão destes recursos já que o usuário que economiza, reutiliza e racionaliza o uso de suas águas reduz os custos em sua cobrança, além de promover a racionalização de seu consumo.

A água é utilizada em todo e qualquer empreendimento. Em um zoológico a água é um recurso indispensável uma vez que dá suporte e assistência a vida de todas as espécies que o habitam. A quantidade de água necessária para a manutenção dos animais, suas atividades e alimentação é muito grande. O uso da água nos zoológicos, em sua maioria, é para tanques onde alguns animais a utilizam como parte de seu habitat ou para tanques que servem de separação de espaços físicos ou barreiras. Um grande volume de água também é utilizado para a dessedentação animal e limpeza geral.

Para a dessedentação de animais, a legislação brasileira, através da RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17/3/2005 (CONAMA, 2005), estabelece a utilização de água de classe 3 e, de acordo com Amaral (2001), diversos estudos sugerem ainda que a água destinada ao consumo animal deve ter as mesmas características da água potável consumida pelos seres humanos.

Neste contexto, deve-se destacar a importância em relação a potabilidade da água nos zoológicos, pois ela não é apenas para uso humano, mas também para o uso dos animais, que muitas vezes são raros e/ou

exóticos. Assim, a correta manutenção da água utilizada é de extrema importância para assegurar a qualidade de vida dos animais e conforto visual e olfativo aos visitantes (BARBOSA *et al.*, 2001).

Por serem extremamente abundantes em lagoas e reservatórios alguns estudos vem explorando a possibilidade do uso da biomassa das macrofitas para a produção de alimentos tanto para o homem quanto para os animais (herbívoros). Outra vertente importante é o uso de macrofitas no tratamento de água (SANTOS, 2008). Macrófitas aquáticas da espécie *Eichhornia crassipes* e *Lemna valdiviana* crescem naturalmente ou foram introduzidas em recintos de espécies da Fundação RIOZOO (Zoológico do Rio de Janeiro) na cidade do Rio de Janeiro. Até o momento a única função desses organismos era a de ornamentação dos recintos. O presente trabalho pretende responder as seguintes perguntas: as macrófitas podem ser utilizadas para a retirada de nutrientes da água e desta forma aumentar o tempo de permanência da água nos tanques, permitindo uma melhor gestão deste recurso? Como os demais zoológicos brasileiros lidam com a questão da água?

2. JUSTIFICATIVA

Os custos de manutenção dos recursos utilizados pelo Zoológico do RJ são altos. O mesmo acontece com a água, que é de extrema importância para a manutenção da vida dos animais. Uma vez que a água dos tanques não é corrente, a sujeira e dejetos se acumulam resultando na eutrofização dessas áreas. Assim, visando a redução destes gastos, é importante propor o gerenciamento adequado deste recurso. Uma das formas de gerenciamento seria prolongar o tempo de permanência da água nos recintos/tanques.

A cada dia, diversas metodologias são utilizadas para promover a eficácia na despoluição de ambientes aquáticos, e muitas vezes apresentam custos bastante elevados, além de poder causar algum dano ambiental no processo e aumentando ainda mais os custos do tratamento. Diante desta situação, a utilização de métodos que causem menor impacto ao ambiente e que sejam mais econômicos vem sendo utilizados.

As macrófitas foram escolhidas como ferramenta para filtrar/absorver a matéria orgânica disponível, pois é uma forma natural e de baixíssimo custo, diminuindo assim os gastos com a reposição da água.

Além disso, os zoológicos brasileiros, por apresentarem características únicas e bem diferentes entre si, necessitam de atenção quanto às informações e procedimentos relativos à gestão, uso e manejo da água em suas instituições. Portanto, é de grande relevância o conhecimento da atual situação dos zoológicos brasileiros neste aspecto, e a busca por uma melhor compreensão sobre o comportamento destes se faz de extrema importância.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Testar a utilização de macrófitas como filtradoras da água dos recintos de animais em zoológico.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a eficácia das macrófitas *Eichhornia Crassipes* e *Lemna valdiviana* na redução da carga orgânica nos tanques de recintos no zoológico;
- Comparar qual espécie de macrófitas é mais adequada para filtrar a água nos tanques selecionados neste estudo;
- Indicar em quais tanques as macrófitas podem ser introduzidas;
- Verificar como os zoológicos brasileiros lidam com as questões ambientais, especialmente, com relação à gestão e uso da água.
- Indicar possíveis destinos para as macrófitas removidas dos recintos durante o manejo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. ZOOLOGICOS E A FUNDAÇÃO RIOZOO

Desde a Antiguidade o hábito de colecionar animais em cativeiro era comum entre os imperadores chineses, astecas, faraós egípcios e chefes de estado. Os zoológicos possuíam apenas animais vivos em exposição para entretenimento dos visitantes (GARCIA, 2006).

No entanto, passados os anos, a crescente devastação dos ambientes naturais alterou o papel que estes locais desempenhavam, e com a criação do zoológico de Londres em 1826, passaram a ser reconhecidos como fonte e centro de pesquisa (ARAGÃO & KAZAMA, 2013).

Segundo Jabour (2010, p. 74):

Os zoológicos são instituições históricas e culturais que se ocupam da gestão e do manejo de animais selvagens e domésticos, visando, além da conservação das espécies em confinamento, a exposição pública de sua coleção viva de animais, tendo como principais atribuições: a conservação, a pesquisa e, sobretudo, o compromisso de contribuir com a educação ambiental dos visitantes e da comunidade.

Ainda segundo Aragão e Kazama (2013), estes espaços possibilitam o contato próximo com animais silvestres, despertando a curiosidade humana e acaba por induzir um aprendizado informal. Atualmente os zoológicos desempenham importantes funções, por serem locais propensos às pesquisas e a conservação ambiental, mas ainda fazem uso da exposição de animais para atrair o público.

Os Zoológicos estão em constante busca para se aperfeiçoarem e atender suas funções principais, que são: conservação das espécies, pesquisa, educação e lazer educativo. Para manter animais selvagens em cativeiro, diversos cuidados devem ter tomados, pois é muito difícil atender todas as necessidades do animal, desde cuidados com a alimentação ideal até a construção de um ambiente em que estes se sintam bem e à vontade, para que possam se reproduzir (MARINO *et al.*, 2011). Geralmente, as instalações dos zoológicos tentam reproduzir os ambientes naturais, enriquecendo os recintos com plantas, árvores, rochas, lagos e outros elementos presentes na natureza.

Além disso, a temperatura e a luminosidade são ajustadas ao gosto/necessidade dos animais. O Ministério do Meio Ambiente (2008), por meio da Instrução normativa nº 169, de 20 de fevereiro de 2008, define os jardins zoológicos como sendo:

Empreendimento autorizado pelo IBAMA, de pessoa física ou jurídica, constituído de coleção de animais silvestres mantidos vivos em cativeiro ou semiliberdade e expostos à visitação pública, para atender a finalidades científicas, conservacionistas, educativas e socioculturais.

No Brasil, os zoológicos são responsáveis pela manutenção de animais silvestres em cativeiro, especialmente para espécies da fauna brasileira. Todos os zoológicos e aquários devem buscar a sustentabilidade e a redução da sua pegada ambiental, ou seja, devem utilizar seus recursos naturais de forma sustentável, contribuindo, além da conservação da diversidade biológica, como para servir de exemplo ao usar práticas verdes em todos os aspectos das suas operações e demonstrando métodos pelos quais os visitantes possam adotar modos de vida sustentáveis (WAZA, 2005).

Na atualidade os zoológicos públicos e privados brasileiros ainda passam por diversas questões ambientais (AUGUSTO & NASSAR, 2015 e 2017), como os sérios impactos gerados pela grande produção de resíduos resultantes das atividades desempenhadas, e principalmente o consumo excessivo, o desperdício e a falta de gestão/manejo de recursos naturais, principalmente a água.

O primeiro zoológico brasileiro foi inaugurado em 1888 em Vila Isabel, no Rio de Janeiro, pelo Barão de Drummond, mas devido a dificuldades financeiras foi fechado e reaberto posteriormente no Parque da Quinta da Boa Vista s/nº, no bairro de São Cristóvão, em 18 de março de 1945 (Figura 1). Ele está situado a 44 metros de altitude, a 2 km de distância da Baía de Guanabara e a cerca de 7 km do Sumaré na vertente norte do Maciço da Tijuca. O clima predominante é tropical quente e úmido, com verão chuvoso e inverno seco. Há poucas precipitações na estação seca que vai de junho a meados de setembro e possibilidade de precipitações intensas na estação chuvosa, de dezembro a abril. No verão, a temperatura é elevada e o mês mais quente é fevereiro.



Figura 1: Localização da Fundação RIOZOO – RJ. Fonte: Google Maps.

Em 1985 o zoológico do Rio de Janeiro foi transformado em Fundação RioZoo e hoje é considerada uma instituição de pesquisa e educação ambiental respeitada, reconhecida nacionalmente e no exterior. Abrange uma área de 138 mil metros quadrados e mantém diversas espécies de animais (Figura 2).

O plantel da Fundação RioZoo é composto por exemplares oriundos de diversas partes do mundo, sendo um dos maiores do Brasil, devido a quantidade e diversidade de espécies. Dentre mamíferos, aves, répteis e anfíbios, totalizam hoje, aproximadamente, 1390 espécies, sendo 453 répteis, 651 mamíferos e 287 herbívoros (Fonte: administração da Fundação RioZoo).

Reproduzem-se ali espécies raras e ameaçadas de extinção como o urubu rei, o cachorro do mato vinagre, e a ararajuba. A fundação RioZoo, como os demais zoológicos da atualidade, não é apenas uma vitrine de animais, mas busca a preservação do meio ambiente, através de programas de educação, qualidade de vida e pesquisa baseado sempre no conceito “Conhecer para preservar”. Conforme a Fundação RIOZOO (2015, p. 01), sua missão é:

Praticar a conservação ambiental, através dos trabalhos de manejo e reprodução em cativeiro, colaborando com a manutenção de um

banco genético de espécies ameaçadas de extinção, bem como desenvolver programas de educação ambiental, difundido conceitos sobre a biologia dos animais e conscientizando a população acerca da importância da preservação ambiental, além de representar centro de desenvolvimento científico e importante espaço de lazer e entretenimento para a sociedade.



Figura 2: Pórtico Monumental da entrada do Zoológico do Rio de Janeiro – Fundação RIOZOO. Fonte: Autor do trabalho.

Em setembro de 1977, foi fundada a Sociedade de Zoológicos do Brasil – SZB, em Sorocaba - SP, que tem por missão unir os zoológicos e aquários do Brasil, visando seu desenvolvimento integral, melhoria e fortalecimento destas instituições. Em estudo desenvolvido pela SZB em 2013 (www.szb.org.br/arquivos/zoos-e-aquarios-brasil.pdf), foram identificados 106 zoos no Brasil, sendo incluídos neste total os zoos temporariamente fechados para reformas. Foi possível verificar também, que a região Sudeste concentra mais de 57% das instituições do país.

4.2. GESTÃO DA ÁGUA

A água é o recurso mais importante em todos os aspectos da vida humana; em demasia, provoca dilúvios e desastres ambientais, e sua falta ou ausência pode gerar fome e miséria.

O despertar da água como um direito humano básico, bem como a preocupação com a publicação de legislações para proteger a qualidade e a promoção a este recurso natural, frente a políticas públicas, tratam-se de questões atuais. Neste contexto, uma ampla variedade de órgãos legisla sobre a água no Brasil (PAZ, 2000).

A gestão múltipla dos recursos hídricos é imprescindível para assegurar a sua utilização de maneira saudável, garantindo assim a sua disponibilidade para as gerações porvindouras. Por diversas vezes, os impactos negativos sobre os cursos d'água se encontram pertinentes com ações que teriam como finalidade promover saneamento, dentro de uma visão higienista isolada, cuja predominância, na prática, tem por finalidade apenas o afastamento dos dejetos (CUNHA *et al.*, 2011).

Assim, pode-se entender que há visivelmente uma necessidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos como meio de assegurar a disponibilidade de água em quantidade satisfatória e qualidade apropriada para as gerações presentes e futuras. A sustentabilidade dos recursos hídricos se encontra intensamente relacionada com o controle das cargas poluidoras que a eles chegam. A água potável vem se tornando um recurso escasso e mais desedificado no contexto ambiental (TUNDISI, 2008).

O Brasil possui uma área de 8.512.000 km² e aproximadamente 157 milhões de habitantes; como apresenta dimensões continentais, a disparidade existente quanto à distribuição populacional, ao clima, ao desenvolvimento social e econômico, entre outros fatores, são muito grandes, fazendo com que o país apresente os mais diversificados cenários. Somado a isso, o país é beneficiado frente a maioria dos países no que diz respeito a disponibilidade e volume de seus recursos hídricos. No entanto, mais de 73% da água doce disponível no país está localizada na bacia amazônica que é habitada por menos de 5% da população. Portanto, pode-se afirmar então que apenas 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para o restante da

população, ou seja, 95% dela (LIMA *et al.*, 2003). Na Figura 3 é possível visualizar essa disparidade entre área, população e distribuição de água no país.

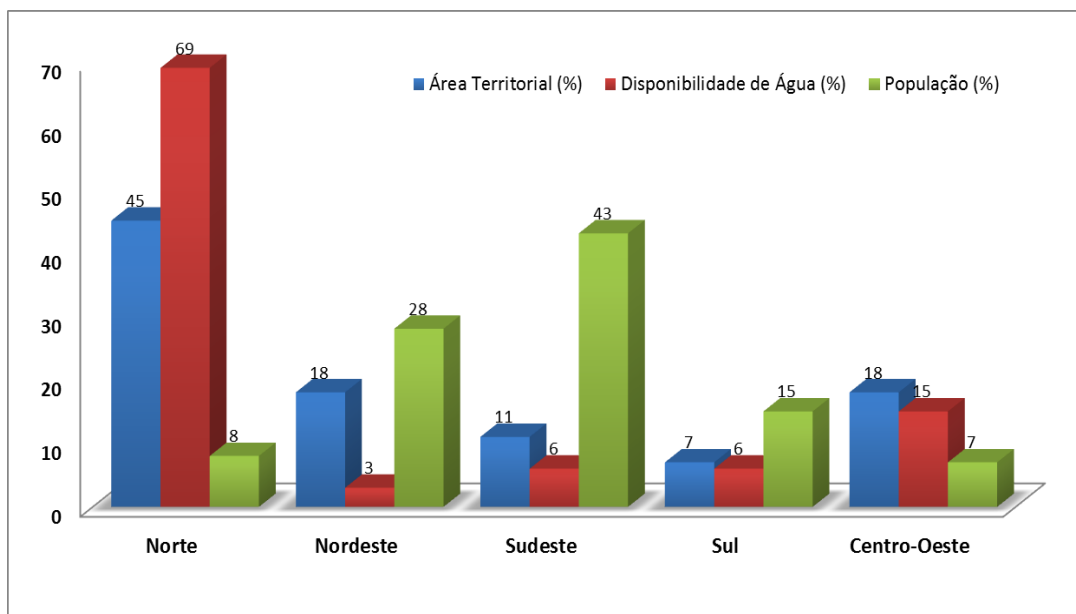


Figura 3: Proporção de Área Territorial, Disponibilidade de Água e População para as Cinco Regiões do Brasil. Fonte: GHISI (2006).

Com uma disponibilidade hídrica de aproximadamente 35.732 m³/hab/ano, o Brasil é considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o país conta com 12% da quantidade total de água doce do mundo (THOMAZ e BINI, 1988).

Os recursos hídricos no país encontram-se distribuídos em bacias hidrográficas. As principais bacias são do Rio Amazonas, do Tocantins Araguaia, do São Francisco, do atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos rios Paraná e Paraguai (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2002).

A maior rede hidrográfica mundial é a da Bacia Amazônica, com uma área de drenagem de 6.112.000 km², com aproximadamente 42% da superfície do território brasileiro indo além da fronteira da Venezuela à Bolívia. Um fato importante que deve ser esclarecido é a diferença entre a produção hídrica brasileira e a sua disponibilidade de produção hídrica da bacia amazônica, de 133.380 m³/s, refere-se apenas ao incremento de vazão gerado em território brasileiro; visto que essa bacia tem suas nascentes em outros países, a

disponibilidade hídrica no território brasileiro é igual à soma da água que vem desses países para o Brasil, mais sua população (CAROLO, 2007).

A vazão média da bacia amazônica é estimada em 209.000 m³/s em sua foz, enquanto sua produção hídrica é de 133.380 m³/s. Nas outras bacias transfronteiriças, não é necessário fazer essa correção, pois suas nascentes ficam em território brasileiro. Sendo assim, a disponibilidade hídrica brasileira é de 257.790 m³/s, 19% dos recursos hídricos disponíveis no mundo (LIMA *et al.*, 2003).

4.3. CRISE HÍDRICA

Apesar de o Brasil ser um dos países mais ricos em recursos hídricos do mundo, estes recursos não estão distribuídos e/ou disponíveis de maneira uniforme pelo território nacional. A questão da escassez de água no Brasil está ligada as questões geográficas e demográficas que estão intimamente relacionadas. A região Norte é a que possui maior concentração de água no país, mas tem o menor índice demográfico, enquanto nas regiões Nordeste e Sudeste, há a maior concentração populacional e este recurso não está disponível de forma tão abundante. É no nordeste onde ocorrem os maiores níveis de escassez de água e históricos de secas do país (GANDRA, 2015).

Uma outra questão está relacionada ao uso e a gestão dos recursos hídricos no país que são importantes para a compreensão desta situação. O uso errôneo, indiscriminado e ineficiente dos recursos hídricos, é uma das principais causas de desabastecimento no país. Soma-se a isso, a inexistência de políticas públicas adequadas, aliados a falta de investimentos no setor (CERQUEIRA, 2015).

Pela Constituição Federal de 1988 (CF), cabe aos governos estaduais a missão de gerir e administrar a captação e distribuição de água, embora o governo federal também precise atuar por intermédio do fornecimento de verbas públicas e obras interestaduais. Nesse sentido, alguns governos, por questões administrativas ou até políticas, acabam por falhar no que se refere ao planejamento do manejo dos recursos hídricos (CF, 1988).

Muitas das Políticas e leis existentes e instituídas tratam de forma indireta os recursos hídricos, como a Política Nacional de Mudanças Climáticas, instituída pela Lei no. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Esta lei tem como objetivo a preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais e, como diretriz, medidas de adaptação para reduzir os efeitos adversos da mudança do clima e a vulnerabilidade dos sistemas ambiental, social e econômico (CERQUEIRA, 2015).

Existem ainda leis que regulamentam e sancionam o desperdício e a perda de água pelas concessionárias de serviços e pelos usuários, como a Lei do Saneamento (11.445/2007), que obriga as concessionárias a incluir nos contratos metas progressivas e graduais de uso racional da água, além dos

Planos de Saneamento, que apresentam ações para emergências e contingências, e definem tarifas, instrumento econômico que afeta o usuário quando do desperdício de água (CERQUEIRA, 2015).

Alguns Municípios, como São Paulo, já possuem projetos de lei que visam à aplicação de multa quando houver ações que acarretem desperdício de água. Por exemplo, o Projeto de Lei nº 529/2014, que autoriza o Município a cobrar multa no caso de lavagem de calçadas e/ou veículos com a água tratada proveniente da rede de abastecimento da cidade (CERQUEIRA, 2015).

O correto gerenciamento dos recursos hídricos é uma forma de melhorar e possibilitar o uso correto das águas, com o objetivo de resguardar o meio ambiente, objetivando a sustentabilidade e melhor uso dos recursos financeiros. No entanto, a administração pública não utiliza estes recursos de maneira coerente, o que causa o colapso no setor agrícola, restrições no abastecimento urbano e na zona rural. Por este motivo, a água vem sendo usada de forma incorreta, de forma exagerada e sem consciência, gerando assim um colapso hídrico no país (VASCONCELOS, 2015).

Fora os problemas já mencionados como aumento populacional e consequente consumo excessivo de água, gastos com irrigação e problemas com a poluição dos corpos hídricos, o Brasil nos últimos anos, principalmente em 2014 e 2015, apresentou níveis de precipitação muito abaixo do esperado. Como consequência os reservatórios em todo o país registraram baixas históricas. Nesses últimos anos, a região Sudeste sofreu e vem sofrendo até hoje longos períodos de estiagem, o que ocasionou a diminuição no volume das bacias hidrográficas e baías que abastecem a população (FERREIRA *et al.*, 2008 *apud* OLIVEIRA, 2016).

Essa situação de diminuição da pluviosidade veio em decorrência das mudanças climáticas que alteram a dinâmica da temperatura e suas consequências no planeta. Essas alterações no clima ocorrem naturalmente em períodos ou ciclos biogeográficos no planeta e vem sendo acompanhado e percebido ao longo dos milhares de anos. No entanto, a velocidade em que a temperatura começou a subir no último século alterou os padrões de pluviosidade, resultando na ocorrência de secas e enchentes, derretendo geleiras e aumentando o nível do mar (NOBRE *et al.*, 2012).

Tal alteração na velocidade na mudança climática atual vem sendo

atribuída à emissão de gases do efeito estufa provenientes das atividades antrópicas que resultam no aumento da concentração destes na atmosfera (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

De acordo com *World Wide Fund for Nature* (WWF), ondas de calor e secas vêm ocorrendo e serão mais frequentes nos próximos anos, trazendo inúmeros prejuízos para a população e economia em geral. No Brasil, o ano de 2015 teve a temperatura média mais alta registrada e observada pelas estações meteorológicas do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia desde o ano de 1961 (SILVA; SALVADOR, 2016).

O monitoramento das chuvas no país feito pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) revelou, através das análises e estudos climáticos, que o nível de chuvas em todo o Brasil foi muito abaixo do normal e esperado nos últimos dois anos. Tal situação gerou inúmeros problemas e prejuízos para a população em geral que teve como resultado a falta d'água em suas casas, além do aumento nas contas d'água (INMET, 2016).

Como em todo e qualquer empreendimento o uso da água é altamente necessário, nos zoológicos esta é de extrema importância para a manutenção da vida de todas as espécies que o habitam. A quantidade de água necessária para a manutenção dos animais, suas atividades e alimentação é muito grande. Com o aumento dos custos nas contas de água, proveniente da crise hídrica de 2016, muitos zoológicos tiveram que reduzir a frequência da troca de água dos tanques, onde não haviam filtros, para diminuir o consumo, mas, sem afetar a saúde dos animais (comunicação pessoal). A utilização de macrófitas aquáticas, através do processo de fitorremediação, que utiliza sistemas vegetais para recuperar águas e solos contaminados por poluentes orgânicos e inorgânicos, prolongaria o tempo para troca de água dos tanques, e consequentemente diminuiria os custos e o consumo da mesma.

4.4. EUTROFIZAÇÃO

A poluição, de maneira geral, causa diversos danos aos corpos hídricos, e um deles é a eutrofização, que pode ser definida como um fenômeno pelo qual a água é enriquecida por nutrientes, principalmente compostos nitrogenados e fosforados (BARRETO *et al*, 2013).

Estes elementos, Nitrato (N) e/ou Fósforo (P) principalmente, que são elementos essenciais à existência de vida, quando acumulados em excesso nos corpos d'água, podem promover um desenvolvimento rápido e em grande quantidade de algas, cianobactérias ou de macrófitas como *Eichhornia crassipes* ou *Pistia stratiotes*, por exemplo (NUNES, 2012), causando mudanças variadas no seu funcionamento.

Esses corpos hídricos apresentam diferentes denominações de acordo com a concentração de nutrientes, que no caso do fósforo total pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1: Denominações dos corpos hídricos de acordo com a concentração de fósforo total. Fonte: Wetzel (2001 *apud* ESTEVES, 2011, p. 280)

DENOMINAÇÃO	CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO
	(µg/L)
Oligotrófico	3,0 a 17,7
Mesotrófico	10,9 a 95,6
Eutrófico	16 a 386
Hipereutrófico	750 a 1200

O termo eutrofização, de origem grega, é definido por "eu" = bom e "trophein" = nutrir, ou seja, literalmente este termo significa "bem nutrido". No entanto, esta terminologia é empregada de forma negativa, em que um ambiente eutrofizado geralmente é considerado "poluído".

No início dos anos 60, já havia uma questão de responsabilidade e precaução com a crescente degradação dos corpos hídricos, porém, raros eram os que conseguiam distinguir os efeitos da poluição dos resultados da eutrofização. Isso porque uma das formas de verificar ou constatar que o ambiente está eutrofizado é pela quantidade plantas aquáticas ou macrófitas,

presentes em determinado corpo hídrico (POMPÊO, 1996).

Este processo pode ocorrer de forma natural ou artificialmente. A eutrofização natural ocorre em intervalos de tempo grandes, resultantes do acúmulo de nutrientes provenientes do solo, ação de animais e outros mecanismos naturais. Já a eutrofização artificial, também conhecida como antrópica ou cultural, ocorre pela influência da ação humana, como por exemplo, descarga e lançamento de efluentes industriais e domésticos, adubos químicos provenientes das atividades agrícolas, entre outros, que podem provocar mudanças drásticas em um ecossistema aquático (ROCHA *et al*, 2009). Além disso, o rápido e desestruturado crescimento demográfico, o aumento das atividades industriais e consequente despejo de nutrientes, principalmente sem tratamento, nos ambientes aquáticos vêm acelerando sensivelmente a evolução deste processo (NUNES, 2012).

Ainda segundo Mota (2006 *apud* ROCHA, 2009), a eutrofização faz com que alguns efeitos se tornem perceptíveis, como: aumento de turbidez; alterações de sabor, odor e cor da água; diminuição do oxigênio dissolvido; mortandade de peixes e de outros animais; etc.

Branco (2012) afirma que esse acúmulo nutrientes é prejudicial para a saúde dos organismos que habitam e/ou utilizam este recurso, pois pode ocorrer crescimento excessivo de plantas flutuantes, além dos chamados *blooms* de fitoplâncton, que podem ser tóxicos ao meio. Como consequência pode haver a redução dos níveis de oxigênio dissolvido na água e a perda de biodiversidade, através da maior mortalidade de peixes, doenças e morte de aves e mamíferos marinhos; modificação de habitats naturais e da estrutura trófica; além de problemas estéticos e recreacionais.

Nos zoológicos, os tanques que são utilizados como barreira física ou habitat nos recintos necessitam de manutenção periódica, para que a água presente não atinja um alto grau de eutrofização e cause danos à saúde dos animais e ao conforto visual e olfativo do visitante. Para tanto, cada um deles deve ser analisado de maneira particular para definir o tempo de retenção e quando deve haver a renovação de água no mesmo, levando-se em consideração o não desperdício e a economia do uso/consumo de água.

A administração do zoológico do Rio de Janeiro busca com frequência uma forma de aumentar o tempo entre as trocas de água, e que está

permaneça limpa por mais tempo. Isso poderia ser alcançado pelo manejo adequado dos tanques utilizando-se as macrófitas como filtradores da matéria orgânica presente nos tanques (DINIZ *et al*, 2005).

4.5. MACRÓFITAS

A comunidade limnítica de macrófitas foi uma das mais negligenciadas nas pesquisas e estudos realizados até a década de 60 no Brasil. Estas pesquisas eram muito poucas ou de pouca importância ecológica, apenas de cunho taxonômico. Todavia, as macrófitas já vinham sendo estudadas desde a década de 1960 e 1970 em outros países para verificação de seu uso no tratamento de efluentes, já que já havia estudos anteriores que conseguiram demonstrar que estas plantas aquáticas eram capazes de remover alguns poluentes das águas, tais como: fósforo, nitrogênio e metais pesados (ESTEVEZ, 1988).

Valentim (1999), afirma que a utilização de plantas aquáticas para o tratamento de efluentes comparados a um filtro convencional, de pedras ou solo, por exemplo, trazem diversas vantagens como o apelo ecológico e a estética pelo uso de plantas, o controle de mau odor, já que as mesmas agem como um biofiltro de odor; tratamento aeróbio e anaeróbio do efluente; e o controle de insetos, devido a influência das plantas superficiais.

Diniz *et al.* (2005) afirmam que, dos estudos realizados no Brasil para verificar o potencial das macrófitas na melhoria da qualidade da água, os primeiros foram desenvolvidos por Manfrinato (1989), que estudou a eficiência da *Eichhornia* na descontaminação das águas do Rio Piracicaba em São Paulo; Luciano (1996) que verificou a importância dessa planta no processo de retenção e liberação de nutrientes na represa Jurumirim, também em São Paulo; Lopes-Ferreira (2000) avaliou a eficiência da mesma para reduzir coliformes e nutrientes durante um ciclo hidrológico.

No entanto, ainda são poucos os estudos realizados com as macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água, especialmente no Rio de Janeiro.

4.5.1. Características

As macrófitas são plantas visíveis a olho nu, com partes que realizam ativamente fotossíntese, que se adaptaram ao ambiente aquáticos, como lagos, lagoas, brejos e outras áreas alagadas, que podem estar total ou parcialmente submersas, ou ainda flutuando sobre a água (BRANCO, 2012).

Segundo Cancian (2006 *apud* FREITAS ET AL., 2009), as macrófitas aquáticas são plantas herbáceas que foram originadas dos vegetais terrestres e que ao longo de sua evolução passaram por alterações adaptativas para colonizar ambientes aquáticos. Ainda apresentam características de vegetais terrestres, tais como cutícula, que nas macrófitas são finas, e estômatos, que não são funcionais na maioria das espécies, reforçando esta teoria (ESTEVES, 1988).

Esteves (1988, p. 56) afirma que as macrófitas apresentam, portanto, grande variedade, capacidade de adaptação e heterogeneidade filogenética e taxonômica, e por este motivo, são agrupadas nos seguintes grupos ecológicos (Figura 4), conforme seu biótipo no ambiente aquático. A saber:

- a. Macrófitas aquáticas emersas ou emergentes: enraizadas e com folhas fora d'água;
- b. Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes: enraizadas e com folhas flutuantes no espelho d'água;
- c. Macrófitas aquáticas submersas: todas as estruturas permanecem embaixo da água. Podem ser enraizadas ou livres, quando permanecem flutuando submergidas na água. Estas podem estar presas a pecíolos e caules de outras macrófitas;
- d. Macrófitas aquáticas flutuantes: flutuam na superfície da água, apenas as raízes ficam submersas.

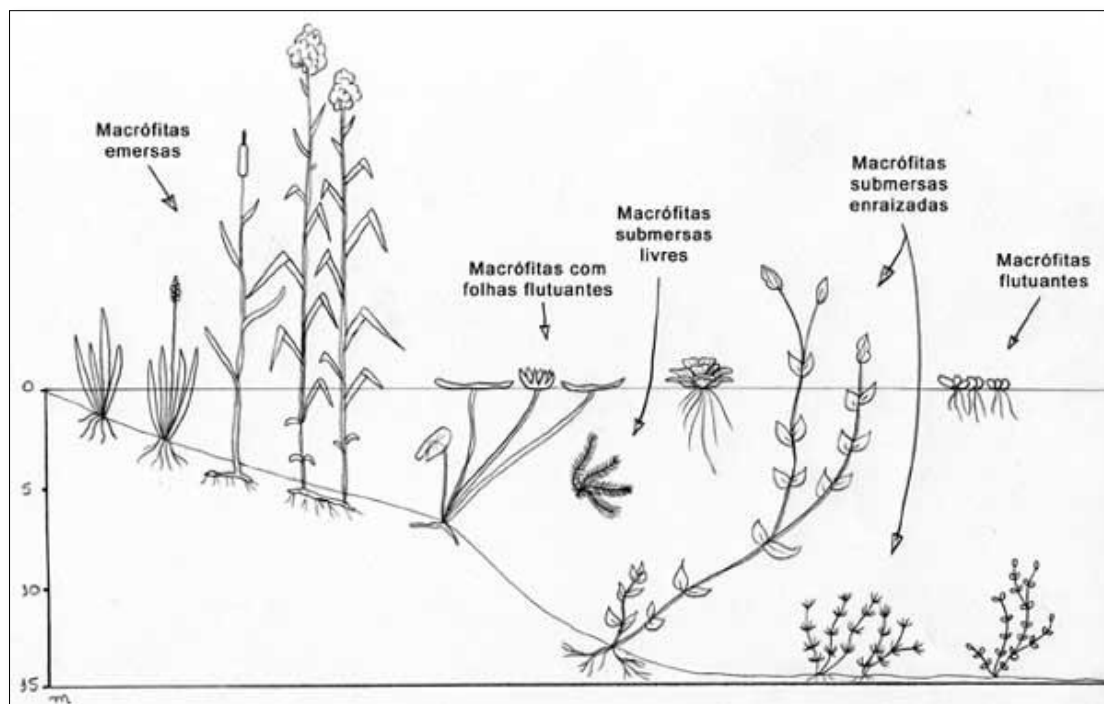


Figura 4: Classificação das macrófitas. Fonte: Esteves (1998)

Essas plantas têm uma ampla distribuição geográfica, pois dependendo do ambiente aquático, é possível o aparecimento de espécies cosmopolitas e adaptadas às características de cada região. As macrófitas apresentam grande importância ecológica nos ambientes aquáticos, pois servem como alimento para alguns animais; proporcionam local para reprodução, como desova de peixes, e abrigo para a fauna aquática; auxiliam na proteção e estabilização das margens; favorecem e possibilitam melhoria na oxigenação da água; filtram nutrientes dissolvidos; retêm material particulado; dentre outras funções (CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JR., 2011).

As macrófitas aquáticas podem também ser indicadoras da qualidade da água, já que a densidade da vegetação e o estado trófico do ambiente também intervêm (tanto quantitativa quanto qualitativamente) nos tipos de espécies animais predominantes do local, além do fato de que sua presença, em quantidade ideal ao ambiente, pode melhorar a qualidade da água devido a sua habilidade em absorver nutrientes em excesso e outros elementos (CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JR., 2011).

Outras características das macrófitas são: a capacidade de acumular biomassa; servir como substrato para algas e equilibrar a cadeia de detritos e de herbivoria (POMPÊO, 1996).

Em regiões cujo volume de água é baixo e a velocidade de correnteza é baixa, as macrófitas aquáticas apresentam produtividade bastante elevada (ESTEVES, 1988). A distribuição e produtividade das macrófitas depende tanto das características físicas e químicas da água quanto do sedimento.

A grau de turbidez das águas, a disponibilidade de nutrientes e ação dos herbívoros, e as condições climáticas são fatores que favorecem o crescimento das plantas aquáticas. No entanto, as ações antrópicas podem contribuir de forma mais significativa de condições favoráveis para o desenvolvimento destes vegetais, como exemplo a eutrofização (CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JR., 2011).

As macrófitas apresentam um crescimento rápido e são muito tolerantes à poluição hídrica em geral, atuando com eficiência nos processos de depuração de efluentes, sendo capazes de contribuir para a melhoria da qualidade da água poluída, tanto por efluentes de esgotos domésticos, quanto por efluentes industriais ou da mineração, minimizando os impactos provocados pelos processos poluidores (ZOCHE, 2013 *apud* ALVARENGA, 2005). Isto porque as macrófitas aquáticas possuem grande capacidade de reter os nutrientes em sua biomassa, representando um papel importante na reserva de nutrientes em ecossistemas aquáticos continentais (ESTEVES e CAMARGO, 1986).

Estes nutrientes são assimilados pelas macrófitas de forma direta em seus tecidos, aumentam a diversidade ambiental na zona radicular, promovendo diversas reações químicas e bioquímicas nos ciclos biogeoquímicos (OLIVEIRA, 2012). Além disso, as macrófitas translocam oxigênio da parte aérea para a rizosfera produzindo assim um microambiente oxigenado que auxilia na decomposição de matéria orgânica e crescimento bacteriano.

No entanto, segundo Hadad e Mainea (2007 *apud* OLIVEIRA, 2012), o que propicia as elevadas taxas de crescimento e fácil propagação das macrófitas, além da disponibilidade de nutrientes, estão à disponibilização de espaço para a colonização destas plantas.

As macrófitas encontram nos ambientes eutrofizados as condições ideais e favoráveis para crescer devido ao seu alto potencial de retenção de nutrientes. No Brasil, diversos estudos foram e vem sendo realizados no sentido de verificar o papel das macrófitas para melhorar a qualidade da água (THOMAZ, 2002 & ALVES *et al.*, 2003 *apud* PALMA-SILVA, 2012).

Martins (2009) informa que a escolha da espécie de planta a ser utilizada é de fundamental importância para alcançar o melhor potencial fitorremediador, já que algumas espécies podem absorver um tipo de substância em maior quantidade do que outra, possibilitando assim melhores taxas de remoção de determinados poluentes em menor tempo.

4.5.2. *Eicchhornia crassipes*

A *Eicchhornia crassipes*, da família *Pontederiaceae*, popularmente conhecida como aguapé, ou ainda, jacinto ou lírio de água, camalote e mureré da Amazônia, de acordo com a região em que é encontrada. Essa macrófita é amplamente encontrada nos corpos de água doce, podendo ser considerada cosmopolita no Brasil. Originária da América do Sul tropical, atualmente já é encontrada em todos os continentes, e é uma das espécies de plantas aquáticas mais estudadas (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

A espécie é um tipo de macrófita flutuante, perene, com caule estolonífero curto, e com diversas raízes pendentes e longas (podendo chegar até um metro), como mostra a figura 5 (PALMA-SILVA, 2012). Possui ainda uma roseta de folhas com pecíolos curtos e grossos, que atuam como flutuadores, e lâmina orbicular ou reniforme, glabra; as flores produzidas são azuis, com matriz amarela, que ficam dispostas em espigas, podendo ocorrer quase o ano todo; sua reprodução se dá pela forma vegetativa ou através de sementes (POTT; POTT, 2000).

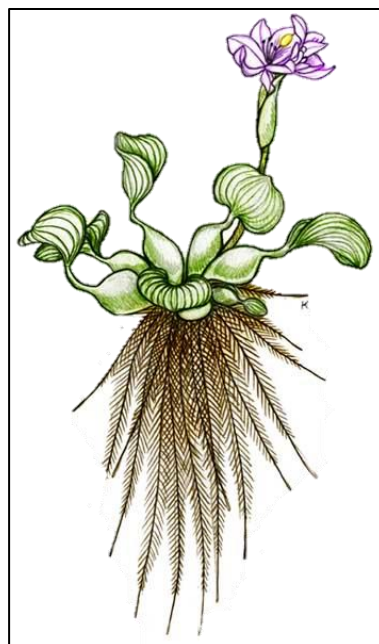


Figura 5: Esquema *E. crassipes*. Fonte: http://www.ufscar.br/~probio/m_eichhornia.jpg

Seu sistema radicular atua como um filtro mecânico que adsorve o material particulado da água, tanto orgânico quanto mineral, criando um ambiente propício a atuação de fungos e bactérias, sendo um importante agente de despoluição, reduzindo a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), a DQO (Demanda química de Oxigênio), níveis de detergentes, a taxa de coliformes, o grau de turbidez, além de outros elementos e metais pesados (POMPÊO, 2003).

Segundo Greco & Freitas (1996 *apud* Lima *et al*, 2003) e Henry-Silva & Camargo (2002), em condições favoráveis, a espécie pode duplicar sua massa em entre 12 e 15 dias; ZHU *et al* (1999 *apud* Nunes, 2012) afirmam que este tempo cai para 6 dias em condições favoráveis, enquanto Malik (2007) afirma que esse prazo pode ser ainda mais curto, e essas plantas podem dobrar de tamanho em 5 dias. No entanto, esta velocidade de crescimento e reprodução está ligada diretamente à disponibilidade de nutrientes e às condições de temperatura e luminosidade do mesmo. Desta forma, pode-se dizer que os resultados de crescimento dessas plantas em determinado ambiente não são os mesmos de outros. Estes indivíduos em baixas temperaturas diminuem exponencialmente sua taxa de reprodução e sua sobrevivência, mas com o aumento da temperatura rebrota rapidamente (PEDRALLI, 1989 *apud* LIMA *et*

al, 2003).

A *E. crassipes* é uma das espécies considerada despoluidora de água, pois apresenta grande potencial para retenção de nutrientes, metais e sedimentos. No entanto, por ter também como característica um rápido crescimento (Figura 6), é a mais temida espécie invasora de canais, represas, lagos e rios em diversos países (POTT; POTT, 2002). No entanto, se essas macrófitas fossem utilizadas de forma correta e planejada como em qualquer outro sistema de tratamento, levando-se em consideração o local e área disponíveis, a qualidade e carga do efluente, otimização de custo/benefício, realizando o manejo adequado, não seria considerada como daninha (POMPÊO, 2003).

Por concentrar em suas raízes uma grande quantidade de N e P, sustentam inúmeros micro-organismos que degradam e matéria orgânica, liberando assim oxigênio na água, aumentando assim a taxa de remoção de P em um curto espaço de tempo (ZHU *et al.*, 1999 *apud* NUNES, 2012).

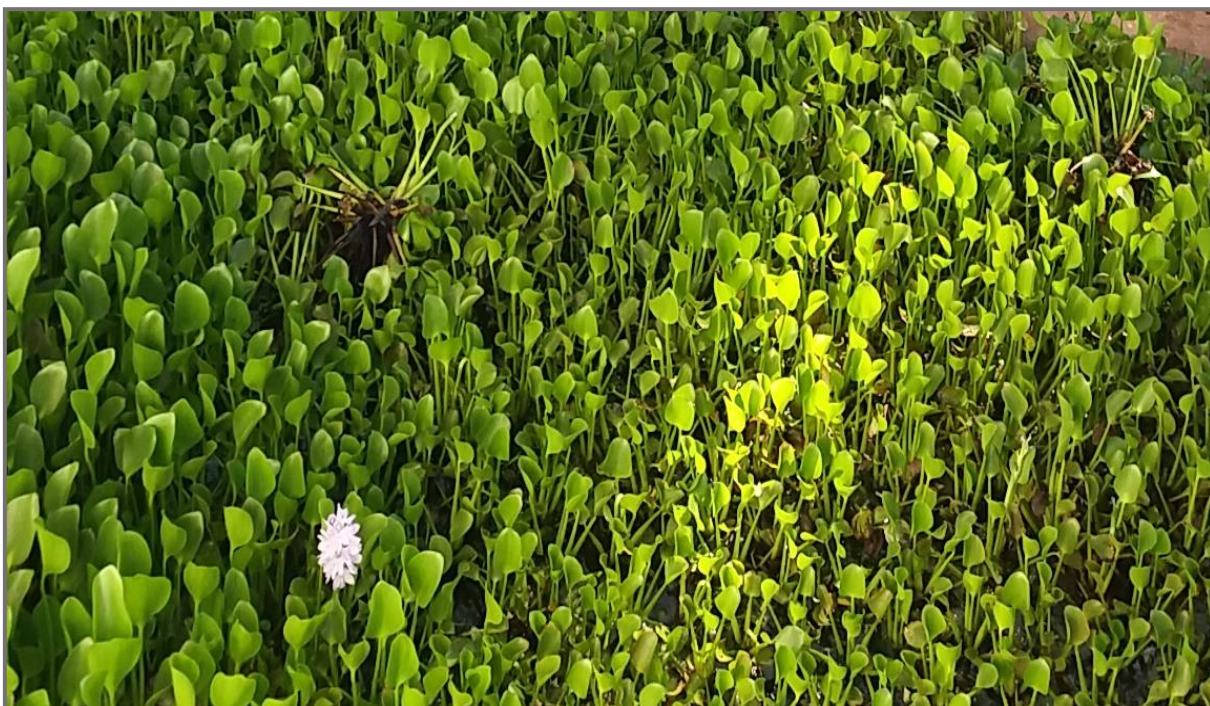


Figura 6: *E. crassipes* disponíveis no tanque do macaco-aranha no zoológico do Rio de Janeiro. Fonte: Autor do trabalho.

4.5.3. *Lemna valdiviana*

As Araceas são as menores plantas vasculares com flores existentes, e assim como as espécies de *E. crassipes*, se adaptaram ao ambiente aquático ao longo de seu processo evolutivo.

A família Araceae Juss é composta por 14 gêneros e 41 espécies aquáticas (COELHO et al, 2015). Sendo que os gêneros, Lemna e Spirodela são os mais conhecidos e utilizados pelo homem (MOHEDANO, 2010). A espécie presente nos recintos estudados é a *Lemna valdiviana*, que ocorre em todo o território nacional (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>).

A família possui grande capacidade de utilização em processos biotecnológicos, como: tratamento de efluentes, através da remoção de nutrientes ou metais pesados da água, tratamentos de água, já que algumas espécies são consideradas ótimos filtros biológicos, absorvendo até 97% do teor de ortofosfato em pequenos ambientes aquático, além da utilização para alimentação de animais (ROSE & SELWIN, 2000 *apud* MOHEDANO, 2004); (ISLAM, 2002).

O gênero Lemna apresenta geralmente folha única, ou grupos de dois a quatro, contendo uma única raiz não ramificada (Figura 7). Não apresentam diferenciação de caule, apresentando apenas uma fronde - pequeno corpo taloide vegetativo. Podem se reproduzir por sementes, e principalmente, a partir de meios vegetativos, como a liberação de brotos que se desprendem da planta-mãe (SANTOS, 2008).



Figura 7: Esquema *Lemna valdiviana*.

Fonte: <http://www.elgoldfish.com/articulos/greene1.html>

A espécie *L. valdiviana*, identificadas neste estudo pelo especialista pelo Rodrigo Valadares, apresentam como principais características: frondes flutuantes ou levemente submersas, oblongo-ovadas, com base assimétrica e unidas entre si. Sua raiz pode atingir até 22mm e sua semente é única e de cor castanha e fruto exserto, indeiscente com estilete persistente (<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC>).

Essas macrofitas não possuem muitas fibras, já que não precisam sustentar folhas e galhos, não havendo, portanto, a necessidade de um tecido estrutural. Por esse motivo é considerada uma fonte de alimento bastante atrativa, visto que grande parte de sua biomassa é utilizada, diferente de outras culturas, como milho, arroz e soja, onde grande parte de sua biomassa é desprezada no beneficiamento. Em sua composição química, as *Lemnas* apresentam um bom balanço de aminoácidos, como lisina, metionina, triptofano, treonina, e leucina (GRAEFF *et al*, 2007). Assim como outras macrófitas, elas se caracterizam por apresentar um crescimento acelerado dentre as plantas vasculares, e dependendo da quantidade de nutrientes, temperatura e luminosidade, duplicam sua biomassa a cada três dias. No inverno, portanto, diminuem um pouco suas taxas de crescimento, enquanto no verão atingem seu ponto máximo. Outros fatores que podem reduzir o crescimento dessas plantas, resultantes da ausência de um manejo adequado, são: grande densidade e volume da planta em determinada área, que vai afetar a disponibilidade de nutrientes; valores extremos de pH e competição com outras plantas por luz e nutrientes (MOHEDANO, 2004).

Encontradas em quase todo o mundo, exceto em regiões polares ou desérticas, estão adaptadas as diferentes condições climáticas e podem sobreviver em temperaturas extremas, mas seu potencial de crescimento é maior em climas de temperatura amena e ensolarado (LANDOLT; KANDELER, 1987 *apud* TAVARES, 2009).

Em condições ideais estas plantas se proliferam em colônias, formando densos e uniformes tapetes na superfície dos cursos de água, conforme é possível verificar na Figura 8.

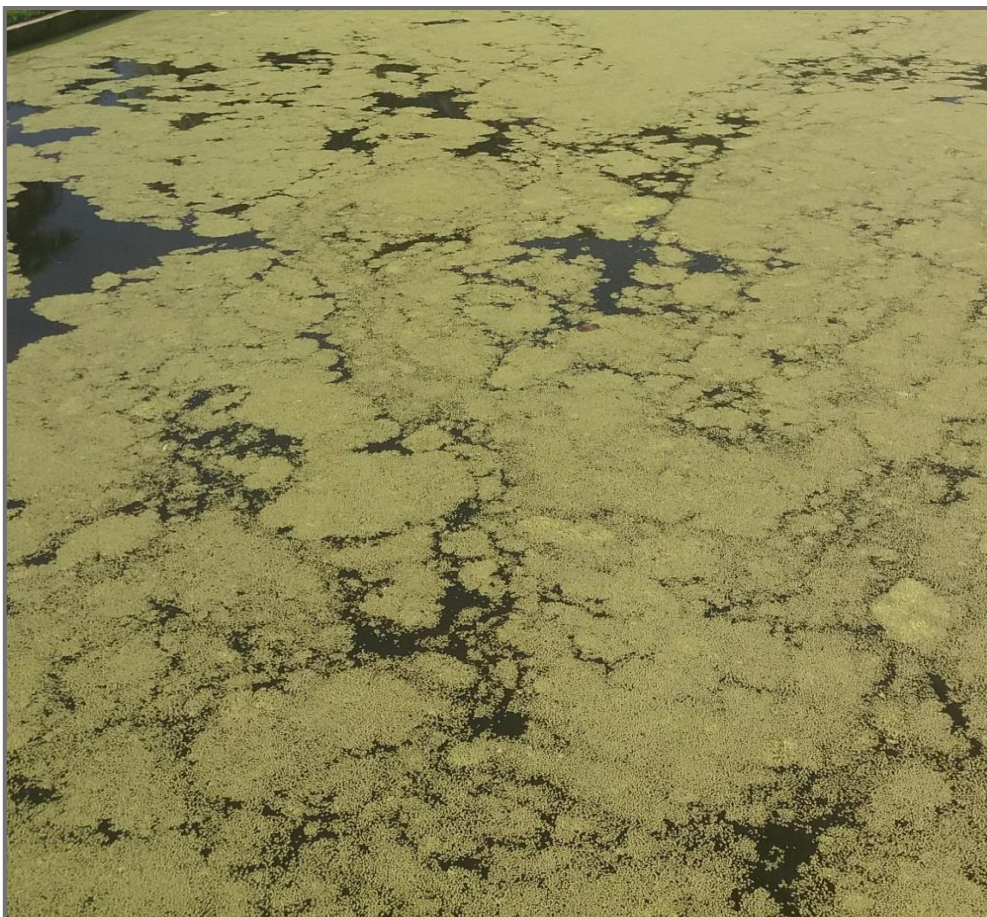


Figura 8: *Lemna valdiviana* presente na área externa onde se encontram o tamandú bandeira no zoológico do Rio de Janeiro. Fonte: Autor do trabalho.

4.5.4. Mecanismos de Remoção de Poluentes por Plantas Aquáticas - Fitorremediação

Diversos são os métodos utilizados para que se possa recuperar os ambientes aquáticos ou terrestres que sofreram algum tipo de degradação ambiental. Estes métodos podem ser convencionais que se baseiam na utilização de sistemas físico-químicos para tratamento, ou alternativos como a biorremediação, que se baseia na utilização de organismos vivos para a remoção ou redução de poluentes do meio (MARTINS, 2009).

A fitorremediação é uma das técnicas mais utilizadas e estudadas dentro da biorremediação devido a sua aplicabilidade e baixo custo. Utiliza-se de macrófitas e sua microbiota para remover, degradar ou isolar poluentes do ambiente (LIMA *et al*, 2003).

Como já dito anteriormente, as macrófitas necessitam de altas concentrações de nutrientes para seu desenvolvimento, e suas raízes podem absorver grande quantidade de substâncias tóxicas, além de formarem uma espécie de rede que não permite a passagem de partículas em suspensão, justificando assim sua aplicabilidade. Outros motivos para utilização dessas plantas é que sua retirada dos corpos hídricos pode ser feita de maneira fácil e menos agressiva ao meio ambiente do que outras metodologias e ainda oferecem diversas possibilidades de utilização de sua biomassa (LIMA *et al*, 2003).

As plantas aquáticas apresentam diferentes formas “para remoção, imobilização ou transformação de poluentes específicos”, sejam através da absorção dos poluentes pelas raízes, ou pela retenção dos mesmos pelas folhas tornando-os bioindisponíveis, etc. As macrófitas flutuantes, segundo Shimoda (1984 *apud* MOHEDANO, 2004), quando comparadas as plantas enraizadas apresentam maior eficácia, pois estas atuam diretamente na remoção dos nutrientes da coluna d’água, enquanto as outras atuam no sedimento (NUNES, 2012).

Dentre as espécies de macrófitas flutuantes mais estudadas e utilizadas na remoção de nutrientes estão a *Eichhornia crassipes* e *Lemna valdiviana* utilizadas neste trabalho.

Os mecanismos utilizados pelas plantas para remediar o ambiente, segundo Martins (2009, p. 49) e Nunes (2012) são os seguintes (Figura 9):

- Fitotransformação: quebra ou decomposição dos contaminantes pela ação metabólica interna da planta ou através da liberação de enzimas produzidas pela mesma;
- Fitoextração: absorção, armazenamento e transporte dos contaminantes pela raiz até as partes aéreas das plantas, sendo esta a forma mais utilizada para descontaminação de solos;
- Fitovolatilização: a planta transforma o poluente para uma forma volátil que é eliminada para a atmosfera, como nos casos de contaminação por arsênio (As) e mercúrio (Hg);
- Rizodegradação: o poluente é degradado na área das raízes pela ação de bactérias e fungos. As plantas oferecem em sua rizosfera um ótimo

local para desenvolvimento desses microrganismos que irão atuar no processo de degradação dos contaminantes orgânicos;

- Fitoestabilização: estabilização de poluentes e resíduos através da absorção e acúmulo destes na raiz ou rizosfera da planta, reduzindo a mobilidade e exposição dos contaminantes para a água ou ar nos processos de erosão ou lixiviação, por exemplo;
- Rizofiltração: as plantas absorvem e concentram os contaminantes presentes na água em suas raízes e brotos, e diferentemente da fitoextração, não há a translocação dos mesmos para a parte aérea da planta.

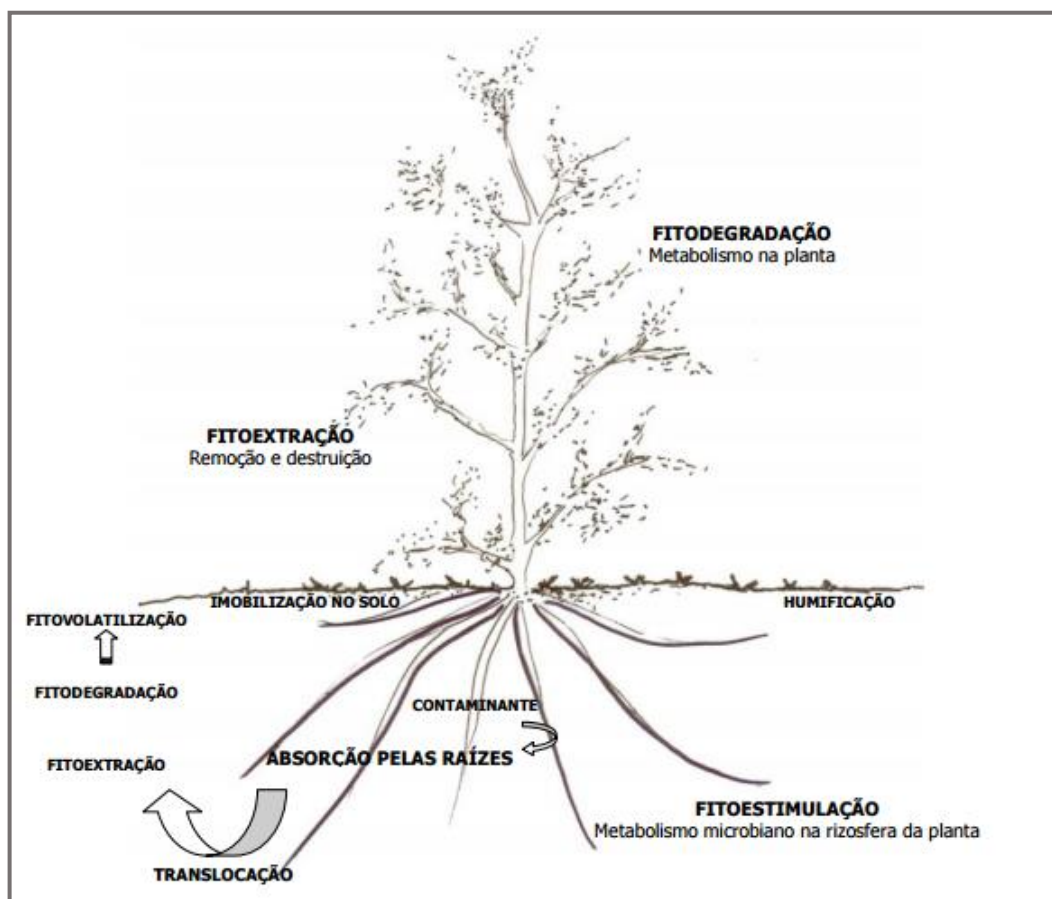


Figura 9: Mecanismos de fitorremediação utilizados pelas plantas. Fonte: Andrade *et al.* (2007) *apud* Tavares (2009)

As plantas aquáticas podem, portanto, recuperar o ambiente poluído por contaminantes de natureza diferentes, como: compostos inorgânicos (nitrato, amônia); metais (Zinco, Ferro, Cobre), hidrocarbonetos derivados de petróleo;

elementos radioativos (Urânio, Césio); pesticidas e herbicidas, além de várias outras substâncias (TAVARES, 2004).

Diversos são os benefícios e vantagens da fitorremediação: os custos e investimentos para a operação da técnica são muito baixos; é aplicável a diversos tipos de contaminantes; é bem aceita pela população, esteticamente falando; uma técnica aplicável *in situ* e em grande escala; por utilizar plantas, há um melhor controle e monitoramento do que outras técnicas, além de acarretar melhoria na qualidade da água (TAVARES, 2009).

Apesar das inúmeras vantagens, como toda técnica, apresenta algumas desvantagens também: os resultados na resposta da técnica como descontaminante é mais demorado de acontecer, pois depende do crescimento das plantas, que está diretamente relacionado ao ambiente de cultivo e condições climáticas, por exemplo. Além disso, levando-se em consideração esse crescimento, se ele acontecer de forma desordenada, principalmente devido à grande quantidade de nutrientes no ambiente, e não haver o manejo correto pode causar mais prejuízos do que vantagens.

Outras questões levantadas, é que os resultados são melhores em corpos d'água mais rasos e pode não haver a redução de 100% na concentração do poluente, isto porque a capacidade fitorremediadora da espécie da planta a ser utilizada é importante para atuar no tipo de poluente presente em determinado ambiente. Ou seja, algumas espécies podem absorver maiores quantidades de alguns contaminantes do que outras (MARTINS, 2009).

As macrófitas, para fazer a remoção do nitrogênio e fósforo do efluente, utilizam alguns mecanismos biológicos, como a absorção direta, que ocorre normalmente pelas raízes da planta, mineralização microbológica e transformações como desnitrificação e amonificação.

Para Roquete Pinto *et al.* (1986, p. 81 *apud* Tavares, 2009), no caso específico da *Eichhornia*, os mecanismos utilizados para despoluição de ambientes são os seguintes:

- Filtração: o sistema radicular que é bem denso e numeroso, e funciona como um filtro mecânico que retém as partículas, tanto orgânicas quanto minerais, que estão em suspensão na coluna d'água;

- Absorção: absorve, também por suas raízes, diversas contaminantes presentes nos corpos d'água;
- Oxigenação: por apresentar um sistema lacunar contínuo entre a parte aérea e o sistema radicular, realiza a transferência de oxigênio do ar para o corpo hídrico, oxigenando a massa de água;
- Ação bioquímica: as raízes da planta, em contato com a água rica em nutrientes, criam um ambiente ideal para o desenvolvimento de fungos e bactérias, que realizam a absorção de nitrogênio e fósforo. Estas bactérias acabam por promover a oxidação biológica dos compostos orgânicos degradáveis reduzindo a DBO e a DQO, a taxa de coliformes e de outros índices que são indicadores de poluição orgânica, além de diminuir a turbidez das águas poluídas.

No caso da remoção de compostos nitrogenados, tem-se os seguintes mecanismos de remoção: parte é consumida pelas macrófitas e outra parte removida pelo processo de nitrificação/desnitrificação, onde ocorre a transformação de nitrogênio através da metabolização pelas bactérias que utilizam o carbono (presente nos tecidos das plantas e no efluente), fósforo (disponível também nos efluentes líquidos), e nitrogênio (na matéria orgânica ou em forma gasosa) como parte de sua dieta (NUNES 2012).

No entanto, a taxa de remoção destes contaminantes pela planta está diretamente ligada ao tempo de atuação da superfície radicular ao corpo d'água, do volume de plantas na área de atuação, ao clima e o estágio de crescimento das plantas (POMPÊO, 1996).

Já os indivíduos da espécie *Lemna valdiviana* removem os poluentes através de processos físicos, químicos e biológicos, tal qual a *Eichhornia*. No entanto, as Araceas, não apresentam morfológicamente um grande sistema radicular para realizar a absorção, e conseqüentemente apresentam uma menor superfície de contato para fixação e crescimento de microrganismos, como no caso da *E. crassipes*, acabam por desempenhar papel indireto no tratamento de efluentes.

Portanto, a remoção dos nutrientes não ocorre somente pela ação das plantas. A atividade bacteriana e processos físico-químicos, como a sedimentação, absorção e precipitação, formam os principais mecanismos de

remoção de poluentes pelas *L. valdiviana* (MOHEDANO, 2004).

Estas plantas apresentam enorme habilidade na assimilação de nutrientes e oferecem condições favoráveis e ideais para a decomposição biológica da matéria orgânica. Além de apresentar resultados bastante satisfatórios na redução de nitrito, nitrato, fosfato, metais pesados, DBO e DQO nos corpos d'água (GODFREY *et al.*, 1985 *apud* TAVARES, 2008).

A camada formada pela concentração desta espécie no espelho d'água diminui a atividade fotossintética devido a diminuição na passagem de luz, impedindo assim o crescimento e a proliferação de algas. Outros benefícios trazidos por esta cobertura são os seguintes: menor variação de temperatura no meio; favorecimento da sedimentação da matéria em suspensão; micro-organismos se fixam nas raízes, devido a presença de oxigênio que é absorvido da atmosfera e transportado para lá desde as folhas (TAVARES, 2004).

Na área radicular da planta, ocorre a oxigenação do corpo hídrico, que permite o crescimento e desenvolvimento de uma microflora simbiótica, que degrada matéria orgânica e permite a nitrificação do Nitrogênio amoniacal presente no meio. A desnitrificação pode ocorrer nas zonas anaeróbias dos sedimentos.

No que se refere à remoção de compostos nitrogenados e fósforo, 50% da redução de nitrogênio ocorre pela absorção direta da macrófita; o restante através da ação de microrganismos disponíveis nas raízes e pela volatilização da amônia. Já a forma de remoção do fósforo ocorre principalmente pela incorporação na biomassa vegetal e microbiana, outra parte sofre precipitação, dependendo das condições químicas da água, sendo eventualmente necessária a dragagem do solo (MOHEDANO, 2004).

4.5.5. Utilização de Macrófitas como alimento

Diversos estudos comprovaram que as macrófitas aquáticas também são consideradas extremamente atrativas economicamente, pois o excesso de biomassa vegetal produzido e coletado após o manejo pode ser aproveitado de diversas formas, como na produção de papel, de biogás, na fertilização de solos e na alimentação animal (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2002).

Alguns estudos apresentam outras formas de uso de algumas espécies de macrófitas, tais como, a aplicação da *Eichhornia* apenas como cobertura orgânica morta (*mulching*) em, vinhedos, pomares, jardins, hortas e praças (DINIZ *et al.*, 2005). Já as lemnáceas, de acordo com Costa (2014), se cultivadas em meio livre de metais pesados ou outras substâncias tóxicas, podem ser utilizadas na agricultura como adubo, por exemplo, e na produção de composto de alta qualidade.

Já foi demonstrado em estudos anteriores que as macrófitas aquáticas possuem grande potencial nutritivo para utilização como componente da dieta e composição de ração de animais. Entretanto, é necessário conhecer as características de sua composição química para melhor aproveitamento dessa biomassa. Uma análise bromatológica tem como principal objetivo determinar as frações nutritivas de um alimento. Essas frações são formadas por diversos elementos essenciais para a manutenção da vida. São classificadas em água, carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e vitaminas. Essas características quando analisadas em conjunto demonstram o valor nutricional dessas plantas, proporcionando condições para definir o melhor aproveitamento da biomassa vegetal (GRAEFF *et al.*, 2007).

A análise da composição química é importante também para indicar quais as possibilidades de uso da biomassa dessas macrófitas aquáticas, sendo necessário, entretanto, que se façam outros experimentos para avaliar a aceitabilidade desses vegetais pelos organismos que irão consumi-los (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2002).

A nutrição animal está cada vez mais sendo levada em consideração no intuito de aumentar a produção dos animais para fins comerciais, além de oferecer maiores e melhores condições alimentares para a sobrevivência dos animais, buscando para isso fontes alternativas para diminuir os custos com

alimentação. Para isso, os nutricionistas vêm buscando substituir as fontes proteicas de origem animal por fontes vegetais de mesmo valor nutricional, como os farelos obtidos de plantas oleaginosas, produtos energéticos de plantas amiláceas, leveduras, frutos e outros (GRAEFF, 2007).

A quantidade de proteína presente nas macrófitas aquáticas varia diretamente em função as condições de cultivo na água em que se desenvolve. As lemnáceas podem apresentar entre 30 e 40% de proteínas e entre 5 a 15% de fibras, quando cultivadas em águas ricas em nutrientes (meio eutrofizado), e esse número de proteínas pode cair para entre 15 a 25% enquanto a quantidade de matéria fibrosa pode subir para uma taxa entre 15 a 30%, quando o nível de nutrientes na água for baixo. No que diz respeito aos demais compostos, pode-se dizer que a composição de aminoácidos das lemnas pode ser comparada ao da soja e farinha de amendoim. Também são encontrados outros componentes importantes como minerais, aproximadamente 40 tipos diferentes, e vitaminas (A, B1, B2, B6, C, E), além de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Sódio (Na), Potássio (K), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) nos tecidos dessas plantas (TAVARES, 2008).

As *Lemnas* apresentam ainda altas concentrações de pigmentos, como de beta caroteno e xantofila, o que as torna atrativas na nutrição de aves e outros animais. Além do alto valor nutricional, as *araceas* apresentam bons índices de digestibilidade. Podem ser fornecidas como único alimento, em sua forma fresca, ou combinadas a outras fontes. Sua farinha vem sendo utilizada com bons resultados na incorporação da dieta de diversos grupos de animais, como frangos, suínos, gado e peixes (TAVARES, 2008).

Diversos estudos, segundo Henry-Silva e Camargo (2002), mostram a utilização da *Lemna* como suplemento alimentar em atividades de aquicultura. A utilização de farinha de *Lemna* reduziu em 30% o custo da ração em relação à dieta utilizando a farinha de peixe. Todavia, o ideal seria complementar a nutrição dos animais cuja alimentação se dá a partir da farinha de *Lemna* com suplementos ricos em gordura, pois a mesma apresenta baixa quantidade de lipídios, já que a mesma é feita a base das folhas e não de sementes, como no caso da soja (MOHEDANO, 2004).

Além disso, segundo Pott (2000), em ambientes naturais, essas macrófitas constituem um importante recurso alimentar para aves aquáticas,

peixes e insetos.

No que diz respeito a *Eichhornia*, 85% de sua massa é composta por água, e apresentam 4,9 a 6,4% de proteína bruta, de 4,3 a 5,2% de fibra e de 4,6 a 5,7% de cinzas, numa produção de 4 toneladas de biomassa molhada/dia. Em seu peso seco é possível verificar grande quantidade de outros compostos, como Carbono (C), Hidrogênio (H), Nitrogênio (N), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Fósforo (P), Enxofre (S), Magnésio (Mg), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mg) (SILVA *et al.*, 1978 *apud* GARCIA, 2006).

A biomassa produzida por macrófitas aquáticas, principalmente por *Eichhornia*, pode ser introduzida na dieta de ruminantes e na composição de rações, desde que seu índice de toxidez esteja dentro dos limites e parâmetros considerados adequados para os animais (LIMA, 2003 *et al*). No caso da *Eichhornia*, esta não pode ser servida unicamente como forma de dieta para seus animais, pois seu elevado teor de água pode causar diarreia, mas estas podem ser oferecidas como complementando a alimentação diária. A biomassa de *aracea* também é ótima matéria-prima que pode ser utilizada para incrementar as dietas alimentares para diversos animais (POMPÊO, 2008; HENRY-SILVA E CAMARGO, 2002).

Levando-se em consideração os altos custos com ração, a diminuição do consumo das mesmas seria de grande importância. Desta forma, outro ponto vantajoso no utilização das macrófitas nos tanques no zoológico é a diminuição dos gastos com alimentos, em especial para algumas espécies herbívoros.

5. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica. Esta revisão bibliográfica se deu por meio de artigos científicos e publicações. Todo o material foi obtido por meio de sites de busca e bibliotecas virtuais, tais como Science Direct; SciELO, tendo como critérios de seleção, optou-se por selecionar obras publicadas entre os anos de 1980 e 2017.

Após a fase de levantamento bibliográfico foi realizada uma triagem de todo o material que aborda em específico o assunto em estudo. Os descritores utilizados na busca foram: Absorção; Água; Filtração; Macrófitas; Zoológico. Posteriormente, foi feito um estudo de caso no Jardim Zoológico localizado na cidade do Rio de Janeiro. A pesquisa é do tipo exploratória-descritiva, caracterizando-se como qualitativa.

O estudo possui um aspecto empírico. A abordagem usada nesta pesquisa foi a qualitativa, em que existiu a coleta de informações para posteriormente serem expostas e analisadas, além da observação do ambiente, com a preocupação de colher e atentar para uma maior quantidade de elementos, objetivando assim um entendimento maior e mais profundo do problema trabalhado.

Numa primeira visita realizada ao Zoológico do Rio de Janeiro foi possível verificar que alguns dos tanques nos recintos dos animais apresentavam uma quantidade muito grande de macrófitas e uma coloração de água que, a princípio esteticamente, não eram consideradas adequadas ou ideais para os animais viverem e nem para os visitantes que acreditavam que aquilo era indício de uma má conservação do ambiente.

5.1. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES A RESPEITO DOS PRINCIPAIS TANQUES E DO CONSUMO DE ÁGUA DA FUNDAÇÃO RIO ZOO

Em fevereiro de 2016 foi realizada uma visita preliminar a todos os tanques do zoo, objetivando definir quais seriam os escolhidos como objeto de estudo, além de identificar a presença de macrófitas e a finalidade de utilização da água nos tanques dos animais. Foi realizado também o levantamento, a partir de informações de funcionários do zoológico e de documentos disponíveis na Fundação Rio Zoo, do volume aproximado de água nos respectivos tanques.

Informações a respeito do consumo de água no zoológico foram obtidas junto à diretoria do Zoo, e foi realizada uma pesquisa sobre o nível pluviométrico através do site do INMET, que possibilitou a comparação entre o consumo do período e a relação com a quantidade de chuvas.

5.2. AVALIAÇÃO DA GESTÃO DO USO DA ÁGUA NOS ZOOLOGICOS BRASILEIROS

Para obter informações a respeito das questões referentes à gestão e ações para diminuição do consumo de água, reuso, captação e uso de água da chuva nos zoológicos brasileiros, além de ações para reduzir as trocas de água nos tanques, foi elaborado e enviado, para os 106 zoológicos brasileiros, um questionário que, além de outros dados cadastrais, também buscava informações gerais a respeito de outras questões ambientais importantes (ex. gerenciamento de resíduos).

O questionário foi enviado previamente via e-mail e parte deles foram respondidos durante o Congresso Brasileiro de Zoológicos, realizado em Foz do Iguaçu no ano de 2015. Os mesmos foram respondidos pelos gestores ou Técnicos (Biólogos, Veterinários e Zootecnistas) dos zoológicos. Por questão de confidencialidade os zoológicos que contribuíram com este trabalho não foram citados.

5.3. EXPERIMENTOS REALIZADOS PARA TESTAR E COMPARAR A EFICÁCIA DAS MACRÓFITAS *EICHHORNIA CRASSIPES* E *LEMNA VALDIVIANA* COMO FILTRADORAS NOS TANQUES NO ZOOLOGICO

O material disponível para análises seria proveniente do zoológico, mas o acompanhamento e a realização do restante do experimento foram feitos no interbloco jardim didático do Instituto de Biologia da UFRJ. Para desenvolvimento deste experimento foi realizado o levantamento das bibliografias existentes a respeito do tema, principalmente em sites como: Science Direct; Portal Periódicos CAPES; Scielo; entre outros.

As principais palavras-chave utilizadas foram: macrófitas; potencial filtrador; fitorremediação; *Eichhornia crassipes*; *Lemna valdiviana*.

Foram realizados dois experimentos, aplicando-se a mesma metodologia de coleta e condições de crescimento. As macrofitas escolhidas foram: *Eichhornia crassipes* e *Lemna valdiviana*.

O objetivo seria o de verificar qual das duas espécies teria a melhor resposta de potencial filtrador para os tanques do zoológico. Para ambos os experimentos, foram selecionados 3 tanques por apresentarem diferentes características da água, tanto pelo hábito do animal quanto pela presença de macrófita, conforme figura 10. São eles:

- ✓ Tanque 1 – Macaco-aranha: a água servindo apenas como barreira física impeditiva de ultrapassagem de seu habitat no recinto deste animal, ou seja, não usada diretamente como forma de suprir as necessidades fisiológicas destes. Neste tanque haviam as macrófitas da espécie *E. crassipes* em abundância e as plantas utilizadas no primeiro experimento foram selecionadas e retiradas dele.
- ✓ Tanque 2 – Cisnes, patos e marrecos: a água é utilizada diretamente pelos animais como parte de seu habitat. Neste tanque havia pouquíssimas macrófitas visíveis e disponíveis, principalmente *E. crassipes*, mas havia também uma pequena

quantidade de *L. valdiviana*.

- ✓ Tanque 3 – Cachorro do mato/Quati: a água também era utilizada apenas como barreira física no recinto do animal e não apresentava nenhuma macrófita, de nenhuma espécie, visível a olho nu, pois o tanque foi esvaziado e limpo no mês anterior a execução do experimento. Porém, não utilizaram nenhum produto que pudesse remover efetivamente quaisquer vestígios de sementes ou células das paredes do tanque.



Figura 10: Aspecto dos tanques utilizados no estudo no momento da coleta: a) Tanque 1: macaco-aranha; b) Tanque 2: cisnes e patos; c) Tanque 3: cachorro do mato/quati após retirada das macrófitas. Fonte: Autor do trabalho.

Para o experimento com a macrófita *Eicchornia crassipes* foram coletados exemplares proveniente do tanque do macaco-aranha, que na época da coleta estava bastante eutrofizado. Já para o experimento com *Lemna* os exemplares foram retirados do tanque do tamanduá-bandeira, devido a sua grande disponibilidade e fácil acesso.

Para avaliar a qualidade da água disponível nos tanques, as análises físicoquímicas normatizadas pela Resolução CONAMA 357/2005, alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011, complementada pela Resolução nº 393, de 2009, que 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, é uma ferramenta de suma importância para definição dos valores dos parâmetros destas análises. Tais análises foram realizadas pelo laboratório contratado Laqam – Laboratório de Análises químicas e ambientais, localizado no Polo de Biotecnologia do Rio de Janeiro – Bio-Rio.

Estas análises são diferenciadas em físicas, químicas e biológicas e, para cada tipo de amostra os parâmetros devem estar nos padrões estabelecidos pelas normas vigentes.

Segundo Nogueira *et al* (2015), para se caracterizar fisicamente as águas, os parâmetros utilizados são cor, turbidez, sólidos em suas diversas frações, temperatura, sabor e odor. Estes parâmetros, apesar de serem físicos, ajudam na caracterização preliminar da qualidade química da água como, as concentrações de sólidos dissolvidos que está diretamente associada a cor do corpo hídrico, os níveis de sólidos em suspensão, que estão intimamente ligados à turbidez e os sólidos orgânicos (voláteis) e os minerais (fixos), os compostos que produzem odor, etc. Dentre os parâmetros químicos o potencial hidrogeniônico (pH), Oxigênio dissolvido (OD), Fosforo, acidez, cloretos, entre outros, são os parâmetros mais utilizados para caracterizar a qualidade da água. Desta forma, podem ser avaliados o conteúdo orgânico, a presença dos gases dissolvidos, quais os nutrientes e/ou compostos orgânicos sintéticos ou não, dentre outros, podem estar presentes na água.

Segundo Matsuzaki *et al* (2004 *apud* MILLAN, 2009), analisar os parâmetros químicos e físicos da água é de extrema importância no monitoramento da qualidade hídrica. A temperatura, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, dureza, condutividade elétrica, sólidos em suspensão e DBO, estão entre os parâmetros mais estudados.

Ainda segundo este autor supracitado, a temperatura interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento vegetal, devido à influência sobre as reações químicas. O oxigênio pode ser considerado fator limitante, pois é o elemento vital para sobrevivência de diversas formas de vida. A dinâmica dos nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, tem efeito direto na biota aquática, interferindo no crescimento e desenvolvimento dos organismos planctônicos e macrófitas. Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante da produtividade. Além disso, este elemento

tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

Neste trabalho, os parâmetros definidos para análise da água e verificação do potencial filtrador de ambas as macrófitas foram: Temperatura da água; pH; Oxigênio dissolvido (OD); Nitrato, Nitrito e Fosfato. Os demais parâmetros como coliformes e sólidos em suspensão não foram analisados, pois a presença destes já era esperada e percebida, e não julgamos de grande importância estas análises para este estudo.

Com relação a análise do parâmetro nitrito, apesar da planta não absorver o mesmo de forma direta, é importante avaliar sua concentração na água pois a presença de compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).

A temperatura foi verificada no momento da coleta e os demais parâmetros foram analisados em laboratório. Os resultados analíticos das amostras foram realizados para cada parâmetro, de acordo com as seguintes metodologias informadas na tabela 2, abaixo:

Tabela 2: Parâmetros analisados e método utilizado pelo laboratório que realizou as análises.
Fonte: Laboratório que realizou os experimentos (LAQAM)

VARIÁVEL	MÉTODO
pH	SMEWW 4500H+
Oxigênio Dissolvido	SMEWW 4500O-C
Nitrato	SMEWW 4500NO3B
Nitrito	SMEWW 4500NO3B
Fosfato	SMEWW 4110B

Para os dois experimentos foram realizadas duas análises da água: uma prévia, realizada no momento da coleta para verificar as condições e composição dessa água, e uma segunda após 72 horas da ação da macrófita para mensurar a absorção dos nutrientes disponíveis na água pelas mesmas.

Este prazo foi definido devido ao baixo volume de água disponível no recipiente plástico escolhido para o experimento, além do estresse físico submetido à planta ao ser retirada de seu habitat e do transporte da mesma,

podendo comprometer sua eficácia na absorção. Além disso, baseado nas informações referentes ao grande crescimento e necessidade de nutrientes por parte das plantas, este prazo também se fazia suficiente já que para as espécies estudadas, estas poderiam dobrar sua biomassa em até 3 dias, no caso da *L. valdiviana* e 5 dias, no caso da *E. crassipes*. Para realizar a coleta de água em ambos os tanques, houve grande dificuldade para alcançar a mesma, havendo a necessidade de remover algumas destas plantas para abrir espaço e ter acesso à água.

5.4. ETAPAS DO ESTUDO

5.4.1. Experimento com *Eichhornia crassipes*

5.4.1.1. Coleta

Primeiro foram coletadas cerca de 30 plantas da espécie *Eichhornia crassipes* de tamanho, quantidade de folhas e peso semelhantes no tanque do Macaco-aranha (T1) devido à elevada quantidade de plantas no local e facilidade no acesso ao mesmo. Estas foram acondicionadas em um recipiente plástico transparente para transporte até a universidade, onde seria feito o estudo.

Em seguida, neste mesmo tanque, foi aferida a temperatura da água, e coletada e armazenada em recipientes de cerca de 20 L desta água para transporte até o laboratório. Ainda neste local foi coletada 700 ml de água, previamente filtrada com peneira plástica de malha fina, que não permitia a passagem de sólidos em suspensão visíveis a olho nu, para ser enviada ao laboratório contratado que fez a análise prévia desta amostra.

Esse volume foi dividido e disposto em 2 frascos: um dos frascos com volume para 200 ml contendo reagente para análise de OD e o outro frasco de 500 ml, para análise dos demais parâmetros. Os mesmos foram identificados e colocados em uma caixa de isopor contendo gelo para transporte até o laboratório (intervalo de 1 hora). O mesmo procedimento de coleta da água ocorreu nos demais tanques.

5.4.1.2. Preparação do experimento

Ao chegar ao interbloco do Instituto de Biologia da UFRJ, foram escolhidas e separadas as 9 plantas em melhores condições e semelhança para serem utilizadas no estudo. A água coletada dos tanques foi dividida e dispostas em recipientes de 5 L cada. Foi selecionado um local onde houve a incidência de luz solar durante a maior parte do dia. Em cada recipiente foi inserida 1 planta com 6 folhas de *E. crassipes*, ou seja, foram utilizados no total

9 baldes: 3 tanques X 3 réplicas para validação de cada tanque.

5.4.1.3. Período do Experimento

Após 72 horas de experimento foi realizada a segunda coleta para análise. Tal qual a primeira, foram coletadas amostras de água para a análise de OD e dos demais parâmetros. O volume residual de água e as macrófitas foram descartados.

Na figura 11, abaixo, é possível verificar as etapas acima mencionadas.



Figura 11: Detalhes do experimento com de *E. crassipes*: a) plantas selecionadas para o experimento; b) recipiente contendo a água dos tanques; c) montagem do experimento; d) aspectos dos recipientes com as plantas. Fonte: Autor do trabalho.

5.4.2. Experimento com *Lemna valdiviana*.

5.4.2.1. Coleta

Primeiro foram coletadas do tanque do tamanduá-bandeira, devido a grande disponibilidade e fácil acesso, uma quantidade de plantas da espécie *L. valdiviana*, com o auxílio de uma peneira plástica de malha fina, que fosse suficiente para cobrir todo o espelho d'água de todos os recipientes plásticos do experimento (os nove baldes).

Estas foram acondicionadas em um recipiente plástico transparente, com uma pequena quantidade de água do próprio tanque, para transporte até a universidade, onde seria feito o estudo. Em seguida, todo o procedimento de coleta de água do experimento com *E. crassipes* foi realizado, inclusive nos mesmos tanques.

5.4.2.2. Preparação do Experimento

No interbloco do Instituto de Biologia da UFRJ, a água coletada foi dividida e disposta em recipientes de 5L, devidamente etiquetados.

Em cada recipiente foi inserida uma quantidade de plantas da espécie *L. valdiviana*, suficiente para recobrir a superfície de cada um dos mesmos. Neste experimento, tal qual o anterior, foram utilizados no total 9 recipientes: 3 tanques X 3 réplicas para validação de cada tanque.



Figura 12: Detalhe do experimento com *L. valdiviana*. a) Local de coleta das plantas selecionadas para o experimento; b) coleta de água no tanque 1; c) coleta de água no tanque 2; d) aspectos dos recipientes com as plantas cobrindo todo o espelho d'água. Fonte: Autor do trabalho.

5.4.2.3. Período do Experimento

Após 72 horas de exposição da macrófita ao volume de água, foi realizada a segunda coleta para análise. Tal qual a primeira, o laboratório enviou 2 frascos de vidro, com volume total de 700ml, um para realizar a análise do OD, e outro para os demais parâmetros. Posteriormente foi avaliado o peso úmido médio de cada amostra, que foi de aproximadamente 40 g. O volume residual de água e as macrófitas foram descartados.

Sendo assim, com esta análise aqui apresentada, buscou-se verificar a eficácia da utilização da espécie de dois diferentes tipos de macrófitas como filtradoras em diferentes tanques com dinâmicas de uso diferentes.

Na figura 12, acima, é possível verificar as etapas acima mencionadas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS TANQUES DA FUNDAÇÃO RIOZOO

O zoológico possui em suas instalações oito tanques principais. Destes, um, dos pinguins, possui água salgada e é filtrado constantemente. O outro fica na área de expansão do zoológico, externa a área cercada, onde está situada a passarela da fauna e onde estão o tamanduá-bandeira, anta, e alguns outros animais. Dentre os demais tanques visitados, os que possuíam maior volume de água e/ou presença de macrófitas, foram caracterizados conforme a tabela 3, apresentada logo abaixo:

Tabela 3: Caracterização dos tanques visitados. Fonte: Autor do trabalho.

ANIMAL	UTILIZAÇÃO DA ÁGUA	VOLUME APROXIMADO DO TANQUE (L)	PRESENÇA/ QUANTIDADE DE MACRÓFITA	ESPÉCIES DE MACRÓFITAS
Macaco-Aranha	Barreira física	326.000	Alta	<i>E. crassipes</i>
Cachorro-do-mato/Quati	Barreira física	287.200	Alta	<i>E. crassipes</i>
Gansos e Cisnes	Habitat	200.000	Baixa	<i>E. crassipes</i> e <i>L. valdiviana</i>
Hipopótamo	Habitat	586.000	Ausente	-
Jacaré-de-papo-amarelo	Habitat	313.000	Baixa	<i>L. valdiviana</i>
Pítons	Barreira física	194.000	Alta	<i>L. valdiviana</i>

Pode-se verificar que nos tanques onde os animais usam a água como

parte de seu habitat a presença das macrófitas é muito baixa e/ou quase ausente a olho nu. Este fato se deve a necessidade de água limpa e apropriada para o bem-estar do animal, sendo, portanto, frequentemente renovada. Outra possibilidade é a dificuldade das plantas aquáticas se desenvolverem por serem continuamente movimentadas e/ou consumidas pelos herbívoros.

Já nos casos onde os tanques são utilizados apenas como barreira física impeditiva da fuga dos animais dos recintos, a água é trocada apenas quando atinge uma alta concentração de macrófitas no espelho d'água e/ou um alto grau de eutrofização. Embora a troca mais frequente fosse desejável (comunicação pessoal), o período de permanência da água é muitas vezes estendido, a fim de reduzir o consumo de água no zoo. Essa prática passou a ser adotada nos últimos anos com maior frequência, devido à crise hídrica na região sudeste. A chuva é uma forma gratuita de aporte de água nos tanques nos períodos de alta precipitação. Nesses períodos a água da companhia de abastecimento é utilizada apenas para manter o nível de água nos tanques.

A presença das macrófitas em tanques não se trata de algo novo, de acordo com estudo realizado por Barbosa e Gentil (2009), que informou que a Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. utilizou-se de vários processos para manter sob controle a infestação de plantas aquáticas em seus reservatórios. Entre as formas de remoção estava a manual, que era utilizada principalmente para a remoção de pequenas quantidades de plantas esparsas em locais de fácil acesso.

Na Figura 13 é possível visualizar o aspecto dos tanques inicialmente visitados. O aspecto visual dos principais tanques no zoológico não era agradável aos visitantes. Parte deles apresentavam grandes quantidades de macrófitas em sua superfície, o que sugeria que os mesmos estavam bastante eutrofizados. Nos tanques do Macaco-Aranha (a) e Cachorro-do-Mato/Quati (e), a presença de *E. crassipes* formava uma camada tão densa na superfície, que era impossível ver que abaixo desta havia um corpo d'água.



Figura 13: Aspecto dos principais tanques visitados: a) Macaco-Aranha; b) Pítons; c) Jacaré-de-papo-amarelo; d) Gansos e Cisnes; e) Cachorro-do-mato / Quati; f) Hipopótamo. Fonte: Autor do trabalho.

A partir das informações obtidas durante a visita inicial, facilidade de

acesso aos tanques com segurança e disponibilidade de macrófitas, os tanques escolhidos para realização dos experimentos, como mostra a Figura 13, tanto coleta de água quanto da *E. crassipes*, foram os do macaco-aranha (a), cisnes e gansos (d), e cachorro-do-mato / quati (e).

No entanto, para realização do segundo experimento, os mesmos tanques foram utilizados para coleta de água, mas para coletar a macrófita levando-se em consideração as questões de segurança, acesso ao tanque e disponibilidade, a macrófita *Lemna* foi retirada de uma área denominada cerrado, onde se encontra o tamanduá-bandeira e outras espécies (Figura 12a).

6.2. CONSUMO DE ÁGUA NOS TANQUES X PRECIPITAÇÃO

Os documentos fornecidos pela diretoria do zoológico, com informações sobre o consumo de água na Fundação Rio Zoo, informados pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), indicaram que entre os meses de janeiro a agosto de 2016, ultrapassou o montante de R\$ 1.267,000,00, com consumo de 70.547,5 m³ de água e esgoto e uma média de custo mensal superior a R\$ 105.000,00. Parece haver uma forte correlação entre as precipitações no Estado do Rio de Janeiro e o consumo de água na Fundação Rio Zoo. Conforme a Figura 14 é possível identificar que no mês de fevereiro houve o maior consumo de água. Certamente a elevada insolação aliado a altas temperaturas, propiciaram uma alta evaporação e, portanto, a necessidade de completar o volume de água nos troncos para conforto e segurança do animal. O gráfico abaixo indica que esse mês em 2016 foi extremamente seco no Rio de Janeiro, o que certamente justifica o alto consumo de água.

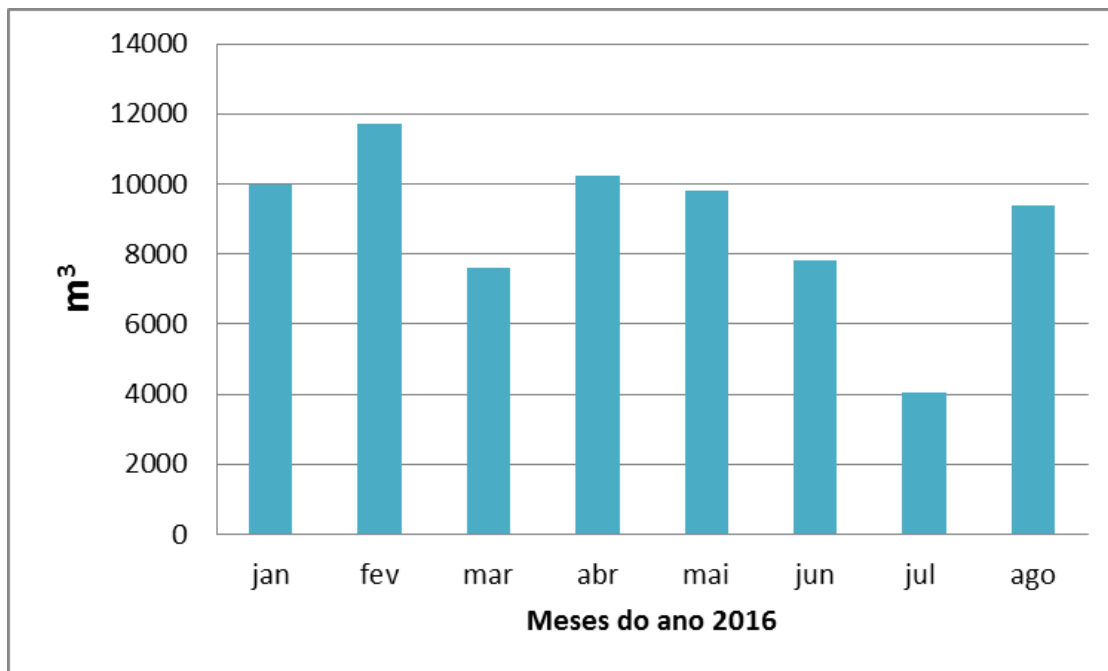


Figura 14: Consumo do volume faturado de água e esgoto entre os meses de janeiro e agosto de 2016 no Zoológico do Rio de Janeiro. Fonte: Autor do trabalho.

Nos meses de abril e maio o consumo foi superior ao esperado em anos anteriores devido ao período de seca que ocorreu na cidade, como é possível

verificar na Figura 15, e que assim como ocorreu em fevereiro, houve também a necessidade de completar o volume de água dos tanques. O gasto financeiro nesses dois meses foi de R\$ 357.091,88, o que representa uma média de R\$ 178.545,94. Esse valor é bem próximo do valor referente ao mês de janeiro, em que a temperatura média é maior e o número de visitantes também.

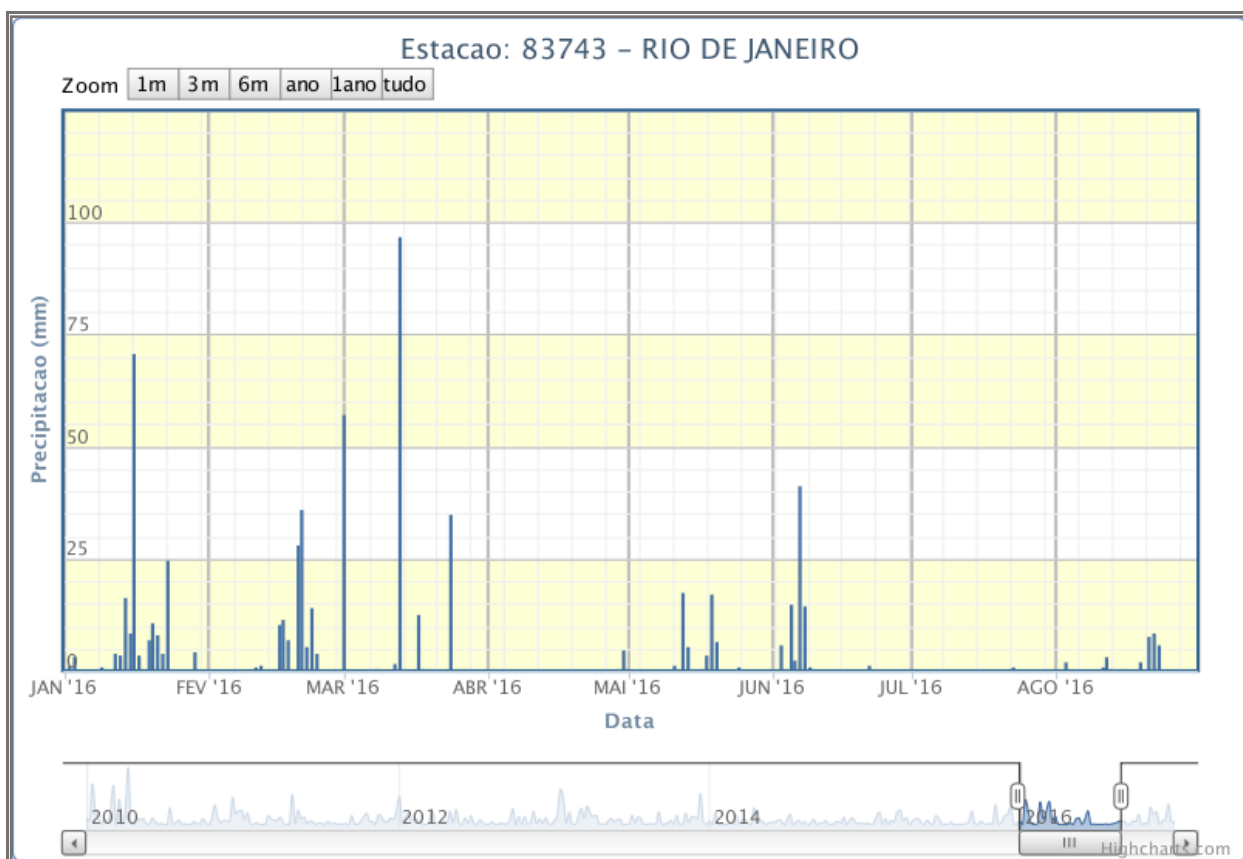


Figura 15: Precipitações no Estado do Rio de Janeiro entre janeiro e agosto de 2016.
Fonte: INMET (2016).

Muitos dos tanques e lagos do zoológico tiveram um rebaixamento no volume de água por causa do calor excessivo (evaporação) e falta de chuvas (comunicação pessoal). Diversas medidas podem ser adotadas para diminuir o consumo de água nos zoológicos, como: instalação de estações de tratamento de esgoto e de água para ser reutilizada na limpeza e nos tanques que não servem como habitat dos animais; instalação de um sistema de captação de água da chuva para utilização na limpeza; manutenção preventiva e constante de equipamentos, pias, descargas, mangueiras, para evitar o vazamento e consequente desperdício; realizar campanhas para conscientização de funcionários e visitantes. Todas essas medidas teriam como objetivo

intensificar as ações de uso racional da água nas instituições. No entanto, grande parte dessas metodologias apresentam custos elevados, e a utilização de métodos que causem menor impacto ao ambiente e que sejam mais econômicos seria a solução ideal para estas instituições.

6.3. GESTÃO DO USO DA ÁGUA NOS ZOOLOGICOS BRASILEIROS

Dos questionários enviados foi obtido retorno de 58 zoológicos, o que corresponde a aproximadamente 55% do total de 106 instituições no Brasil. Na Figura 16 é possível verificar que a região Sudeste é a que apresenta um maior número de Zoológicos do Brasil e a que teve maior retorno dos questionários, com um percentual de aproximadamente 61%, seguido da Região Sul, tanto na quantidade de zoológicos, quanto no percentual de respostas: 54%.

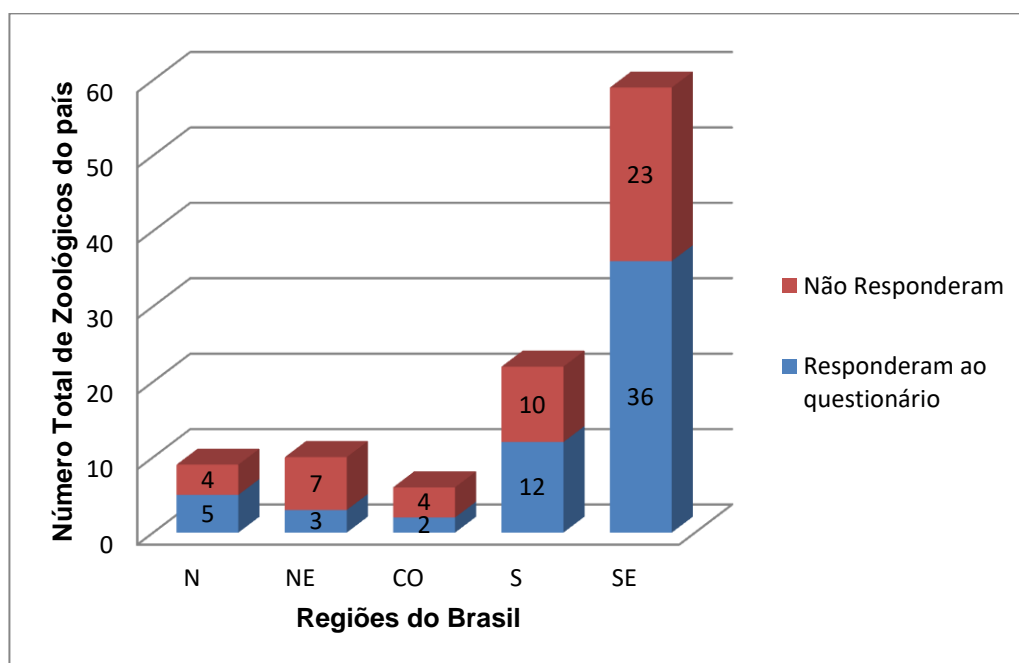


Figura 16: Relação entre o número total de zoológicos e número de respostas ao questionário por região geográfica. Fonte: Autor do trabalho.

Dos zoológicos participantes da pesquisa, apenas 26% deles possuem estação de Tratamento de Efluentes (ETE) em suas instalações. Deste percentual, 5% delas estão inativas ou ainda em implantação, resultando em apenas 21% de ETEs ativas, ou seja, apenas doze zoológicos no Brasil possuem uma estação de tratamento de efluentes em suas instalações (Figura 17).

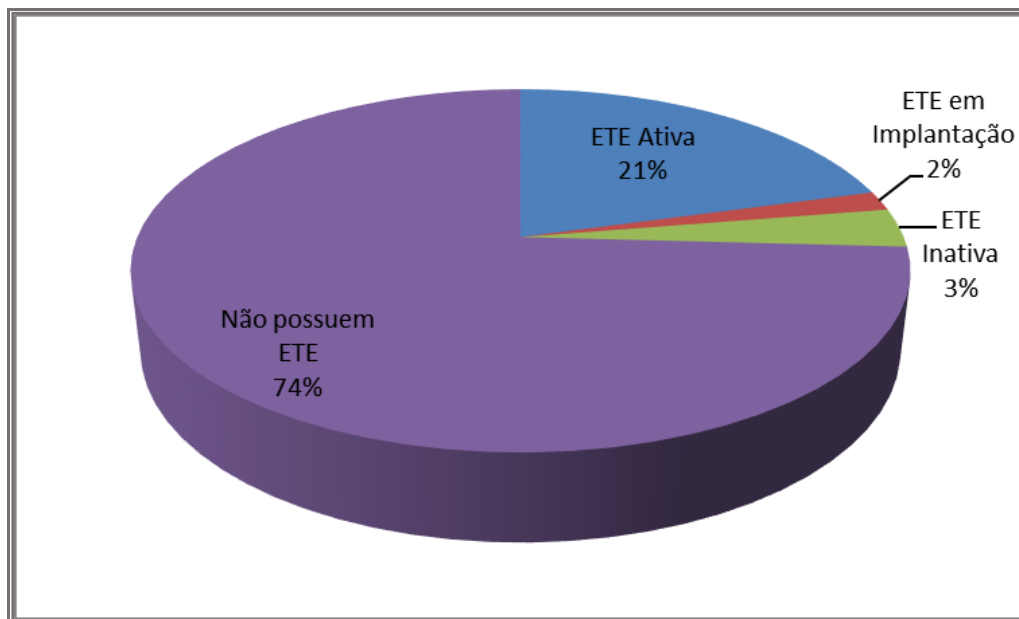


Figura 17: Situação das estações de tratamento de esgoto (ETE) nos zoológicos brasileiros. Fonte: Autor do trabalho.

Uma estação de tratamento de efluentes (ETE) tem como finalidade dar o melhor tratamento e encaminhamento possível para os efluentes. Para que não se perca material líquido, um terminal de intervenção para rejeitos se faz fundamental, permitindo que a água reaproveitada seja utilizada em outras atividades produtivas evitando que se utilize água potável, gerando economia e melhor aproveitamento deste recurso.

Tanto para tratamento contínuo (automático) ou por mecanismo de batelada a ETE pode ser projetada e considerada uma instalação altamente eficiente. Quando projetada para tratamento contínuo, a ETE pode servir para o controle automático na dosagem de PH e ORP, PH e vazão do efluente que está sendo tratado, como também atuar como um mecanismo de monitoramento e supervisão através de alarmes. O reuso da água proveniente das ETEs poderia ter fins específicos em um zoológico, tais como: irrigação, descarga de banheiros públicos e de funcionários; uso com barreira física nos recintos, limpeza de áreas públicas entre outros.

Para isso é necessário que seja investido em um sistema independente de armazenamento e distribuição da água.

No Zoológico do RJ apesar de existir uma estação de tratamento de efluentes (ETE), esta não funciona desde sua construção devido à falta de

verba disponível para manutenção e reparo da mesma.

Outra alternativa viável, de baixo custo de implantação, que ajudaria na diminuição do consumo e custo com o uso de água nas instituições, seria a captação de água de chuva. No questionário enviado, havia a pergunta referente a essa atividade, se as instituições realizavam esse tipo de coleta e reuso da água, e para o caso de a resposta ser positiva, oferecia como exemplo de uso as seguintes opções: abastecimento de tanques; manutenção de canteiros de plantas; limpeza de recintos; descarga de sanitários; limpeza de vias públicas; fontes e chafarizes. Mas, como pode ser verificado na Figura 18, apenas 6 das 58 instituições fazem a captação da água da chuva. Destes, quatro deles utilizam essa água para realizar a manutenção de canteiros de plantas, dois para abastecimento de tanques e apenas um faz limpeza de vias públicas com essa água captada.

O número de respostas individuais é superior ao número de zoológicos que realizavam esse tipo de atividade, pois alguns deles realizam mais de uma prática simultaneamente. Este número poderia ser maior, pois mesmo nos casos onde a verba disponível para a instituição não contemple este tipo de implantação de atividade, existem formas bem baratas e até mesmo rudimentares, mas que poderia trazer benefícios e redução de custos financeiros e da água como um bem, para os zoológicos.

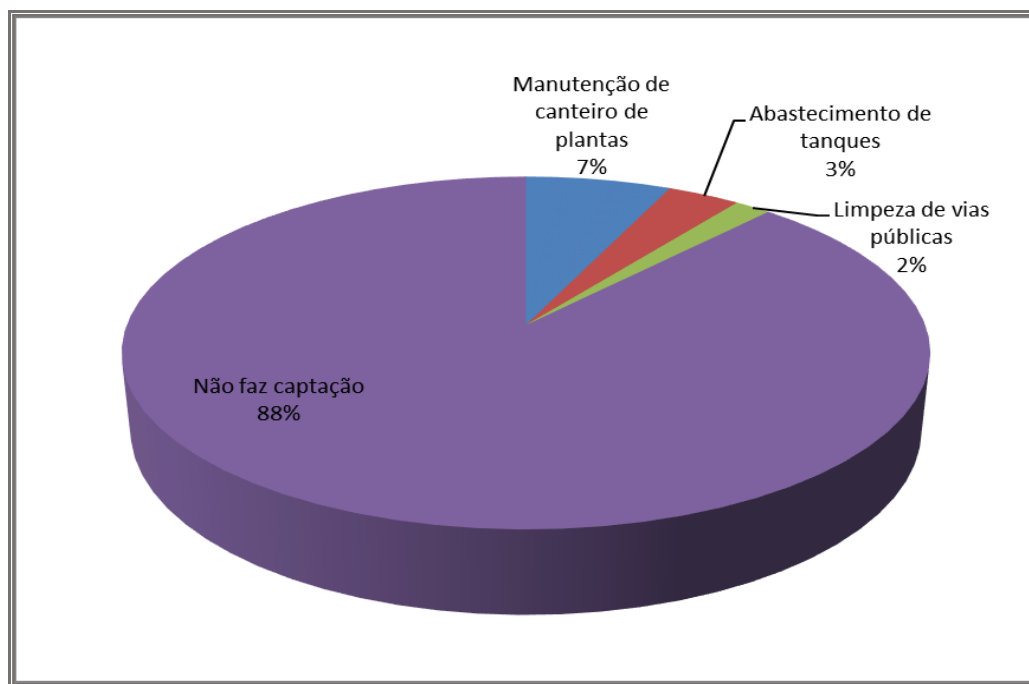


Figura 18: Percentual de zoológicos que realizam captação de água da chuva e seu uso.
Fonte: Autor do trabalho.

Reaproveitar a água da chuva é uma solução de baixo custo de implantação que pode diminuir os gastos com a conta de água. Outro benefício dessa prática é que essa captação de água minimiza os efeitos da falta de área permeável nas cidades e dificuldade no escoamento, que acaba por causar enchentes quando ocorrem chuvas intensas, pode evitar que haja o racionamento de água e ainda ajudar o meio ambiente (REIS e SILVA, 2014).

Existem diferentes formas e sistemas para captar a água da chuva, desde os mais simples e baratos, aos mais caros e sofisticados, que devem ser escolhidos de acordo com o porte do empreendimento e necessidade de captação dessa água para ser utilizada. E apesar de haver um custo inicial, a redução com os custos de água devido ao reaproveitamento dessa água compensariam rapidamente os gastos com a implantação do sistema (REIS E SILVA, 2014).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui uma norma técnica NBR 15.527:2007 que trata da utilização de água da chuva no aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, indicando os possíveis usos desta água coletada, como: descargas dos vasos sanitários; limpeza de áreas externas; irrigação de jardins; reserva de incêndios

e outros. Um alerta é que esta água não deve ser ingerida e nem utilizada para banho.

Segundo Ciocchi (2003) reutilizar a água gera benefícios, tais como, a diminuição da demanda nas águas de superfície e subterrâneas, além de proteger o meio ambiente; economia de energia; diminuição nos investimentos de infraestrutura. Assim, observa-se que a utilização eficiente da água representa uma expressiva economia para consumidores, organizações e a sociedade de maneira geral. No entanto, a reutilização de águas residuais apenas é permitida se forem seguidas as normas que medem o nível de impureza da água não potável, para que esta não prejudique e comprometa a saúde dos usuários.

Outra questão levantada no questionário (Figura 19) foi quais as ações para reduzir as trocas de água nos tanques (redução de consumo), e tinham como opções de resposta: uso de plantas aquáticas; produtos químicos; sistemas de filtração; aspiração e coleta superficial; e outras, que deixava o campo aberto para que fosse informada alguma prática diferente das apresentadas como opções. Do total de zoológicos, quinze não realizam nenhum tipo de ação para reduzir as trocas, totalizando quase 26% do universo pesquisado. Um dos zoológicos consultados informou ainda que não faz nenhum tipo ação, uma vez que em sua proximidade existe muita água disponível, pois no local se encontra uma nascente de água potável.

Os demais números e percentuais ultrapassam o número de zoológicos do estudo, pois os mesmos, muitas vezes, realizavam mais de uma prática concomitantemente. Destes, apenas nove instituições (15% do total), utilizam as macrófitas como forma de redução das trocas. Tal resultado indica que a utilização desta metodologia poderia ser difundida e realizada com sucesso nos demais zoológicos brasileiros, conforme se pode verificar o resultado positivo através dos experimentos realizados no zoológico do Rio de Janeiro.

Ainda na Figura 19, pode-se recomendar como ação a aplicação de um sistema de reuso de água, operando com estações de tratamento de esgoto e de água para reuso na limpeza e nos tanques, com trocas de água uma vez por semana, ao invés de duas, como atualmente é feito. Pois segundo Sayegh (2004), para atenuar o problema no sistema de abastecimento, o reaproveitamento da água é visto como uma alternativa legítima e admissível,

porquanto, além de beneficiar a natureza, igualmente favorece quem a reutiliza, pois reduz os custos mensais com água.

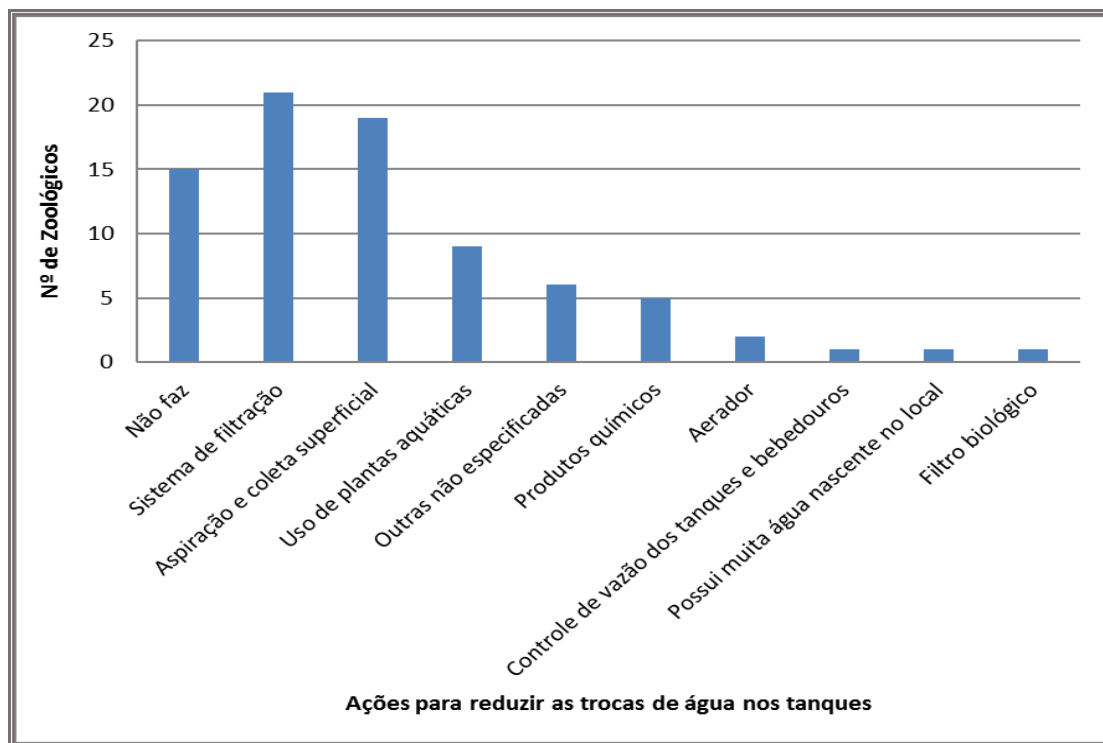


Figura 19: Ações para reduzir as trocas de água nos tanques nos zoológicos brasileiros.
 Fonte: Autor do trabalho.

Também foi perguntada qual a questão ambiental mais grave existente no parque. As opções de resposta oferecidas no questionário foram as seguintes: gasto com abastecimento de água; destinação de resíduos sólidos; destinação de esgoto in natura; gasto com energia elétrica; outros. Conforme Figura 20, uma das principais preocupações apontadas pelo estudo foi referente ao gasto com abastecimento de água, outro resultado que demonstra a discrepância entre o papel do zoológico, a preocupação e educação ambiental que devia estar vinculada ao seu existir, sendo que muitas das instituições afirmam não fazerem nenhum tipo de ação para reduzir o consumo/custo com água.

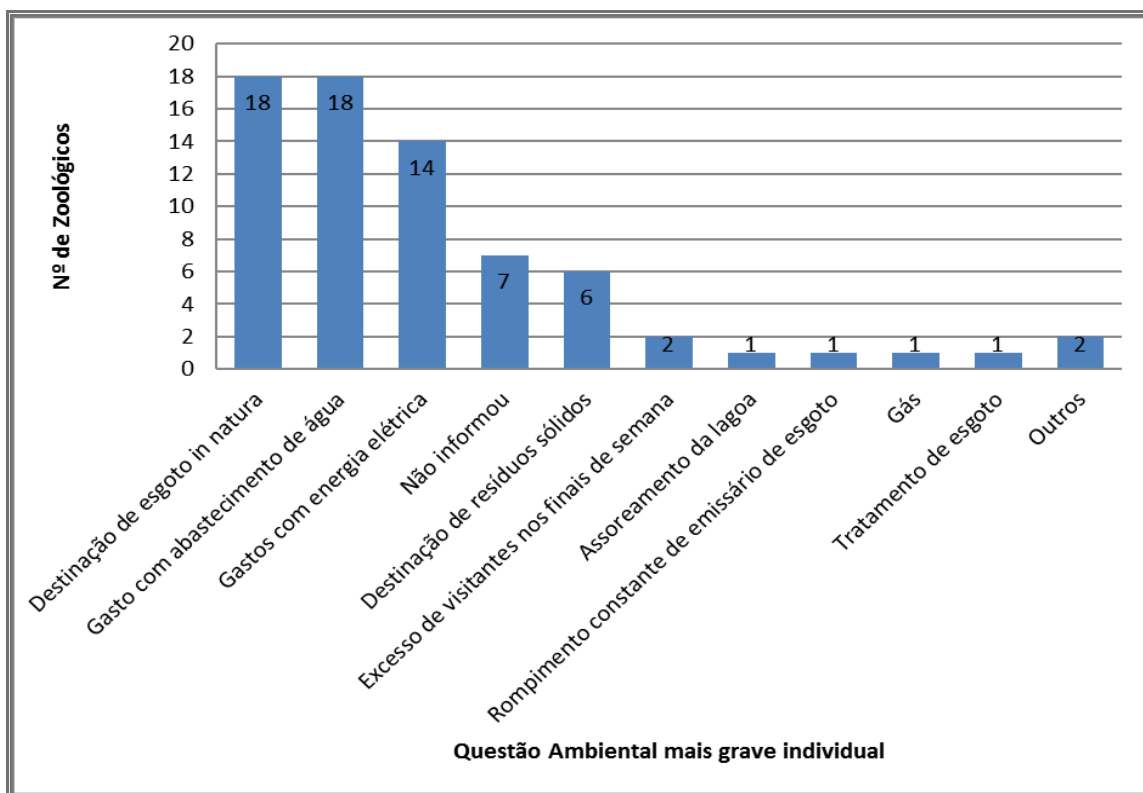


Figura 20: Questão ambiental mais grave individual. Fonte: Autor do trabalho.

O fato de o número total de respostas ser superior ao número de zoológicos participantes ocorre, pois algumas instituições apontaram mais de um problema como sendo os que acreditam ser os mais graves.

As informações obtidas demonstram o quanto os nossos zoológicos estão despreparados para atender as questões ambientais e de desenvolvimento sustentável. Esse fato é corroborado por Waza (2005), que sugere que estas instituições que deveriam buscar a sustentabilidade e utilizar seus recursos naturais de forma sustentável, de modo a servir de exemplo para a população, não possuem em sua cultura e sua missão, esta premissa.

Muitas das instituições não se preocupam em adotar medidas ou atividades que possam ajudar a diminuir o consumo e utilização de recursos naturais, como foi possível verificar e mensurar com a ajuda das respostas obtidas através do questionário. Pode-se perceber, portanto, o quanto os zoológicos brasileiros ainda estão bastante distantes de serem considerados instituições ativas e preocupadas com a questão ambiental no que diz respeito a sustentabilidade.

Na coletânea de práticas de otimização de recursos/redução de

desperdícios na Prestação de Serviços Terceirizados – Programa de Melhoria dos Gastos Públicos, elaborada pelo Governo do Estado de São Paulo, tem-se a parte de Gestão dos Recursos Hídricos, ressaltando que as boas práticas de otimização de recursos/redução de desperdícios se pautam por pressupostos que devem ser observados, a saber:

- Utilização racional de substâncias potencialmente tóxicas e poluentes;
- Alteração das substâncias tóxicas por outras atóxicas ou com grau de toxicidade menor;
- Racionalização e economia no consumo de água e energia, principalmente a elétrica;
- Realização de treinamento e capacitação periodicamente dos funcionários sobre as boas práticas para redução de consumo e uso racional da água;
- Reciclagem e destinação adequada dos resíduos gerados nas atividades de limpeza, asseio e conservação.

6.4. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Como parte inicial dos experimentos, a temperatura das amostras de água coletadas para os experimentos foi mensurada. Em ambos os dias de coleta, o horário das mesmas foi entre 9:00 e 10:00 horas da manhã, e pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4: Temperatura da água nos tanques aferida no momento da coleta. Fonte: Autor do trabalho.

	Experimento <i>E.crassipes</i> (°C)	Experimento <i>L. valdiviana</i> (°C)
Tanque 1	26	27
Tanque 2	27	27
Tanque 3	28	29

A temperatura nos tanque variou de 26 a 29° C, sendo o maior valor observado no tanque 3. A pequena variação possivelmente ocorreu pelo fato dos tanques possuírem profundidades semelhantes, localização e horário das coletas muito próximas. Von Sperling (2005) afirma que a utilização mais frequente deste parâmetro é para caracterização dos corpos d'água, mas é importante sua aferição pois quando ocorrem variações, principalmente quando há o aumento da temperatura, aumentam também as taxas das reações químicas, físicas e biológicas, além de diminuir a solubilidade dos gases, como o oxigênio dissolvido, nos corpos d'água.

6.4.1. Resultado dos Experimentos de acordo com os parâmetros analisados

6.4.1.1. Oxigênio Dissolvido

A concentração de OD (Figura 21) no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição a macrófita *E.crassipes* (barra clara)

apresentou um aumento expressivo no nível de OD principalmente no tanque 1, que passou de 0,20 mg/L para 5,94 mg/L, valor esse próximo ao observado nos demais tanques. No momento da coleta da água, apresentava um alto grau de eutrofização devido ao excesso de macrófitas e, conseqüentemente, o acúmulo de plantas mortas no fundo do tanque, além disso, a quantidade excessiva de macrófitas impedia a passagem de luz e dificultava também as trocas gasosas do corpo hídrico com o ambiente. De acordo com Von Sperling (2007), para estabilizar a matéria orgânica disponível, as bactérias utilizam este oxigênio em seu metabolismo, reduzindo assim a redução de sua concentração no meio, que pode causar a geração de maus odores caso esse oxigênio seja totalmente consumido. De tal maneira, estes resultados obtidos vão de encontro com o estudo de Fiorucci e Benedetti Filho (2005), onde os autores falam que este parâmetro, além de ser importante e necessário para a respiração de microrganismos aeróbicos, também previne a formação de substâncias com odores desagradáveis no corpo hídrico.

Nos tanques 2 e 3 também apresentaram aumento de OD, porém com menor amplitude.

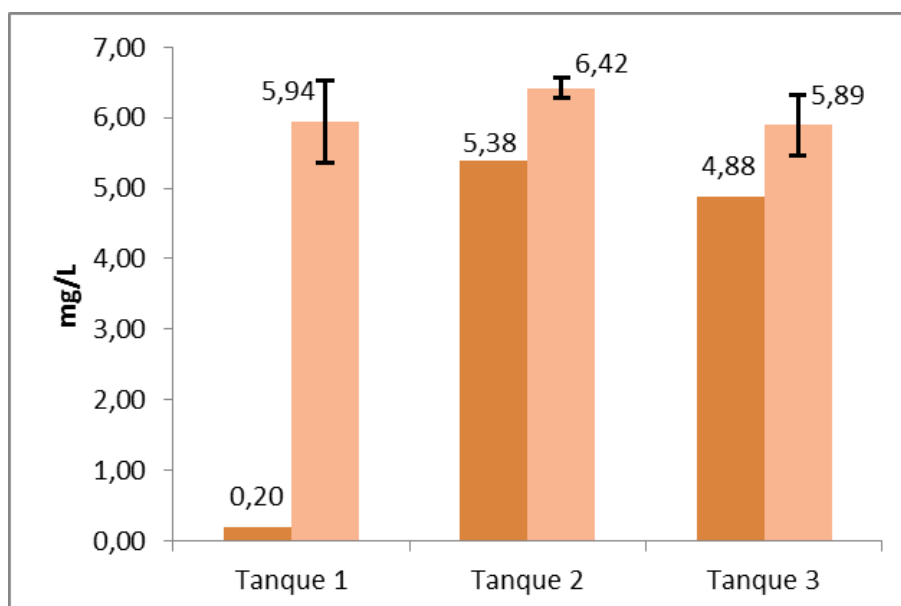


Figura 21: Concentração Oxigênio dissolvido nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita *E. crassipes* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

A concentração de OD nos tanques no momento inicial da coleta (barra escura) e após exposição a macrófita *L. valdiviana* (barra clara) pode ser observado na Figura 22. Nos tanques 1 e 3 as concentrações de OD apresentaram um resultado fora do esperado, uma vez que houve a diminuição do OD de 15,03 para 8,17mg/L, no tanque 1 e 15,02 para 8,04, no tanque 03. No tanque 2 onde a água é utilizada como parte do habitat dos animais observou-se uma melhora discreta, onde houve um aumento de 2,6mg/L no mesmo.

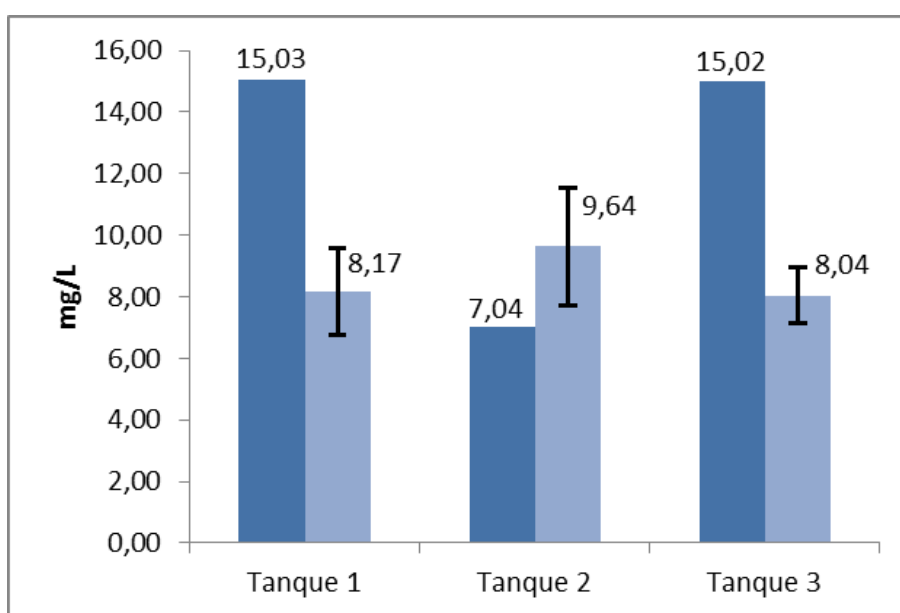


Figura 22: Concentração Oxigênio dissolvido nos tanques no momento inicial da coleta, (barra escura) e após exposição à macrófita *L. valdiviana* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

A resolução CONAMA Nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação das águas, e informa que e àquela destinada à dessedentação de animais, são as águas doces de classe 3, observarão as seguintes condições e padrões, no que diz respeito ao OD: “em qualquer amostra, não pode apresentar valores inferiores a 4 mg/L O₂”. No experimento com *E. crassipes* as concentrações de OD estavam abaixo do adequado para os animais, e após a utilização da macrófita como agente filtradora, esse nível atingiu os níveis normais e esperados.

Dessa forma, o OD é um parâmetro de grande importância na legislação

de classificação das águas naturais e na composição dos índices de qualidade de águas (NOGUEIRA *et al.*,2015).

6.4.1.2. Nitrito

As concentrações de Nitrito no experimento com *E. crassipes* podem ser observadas na Figura 22.

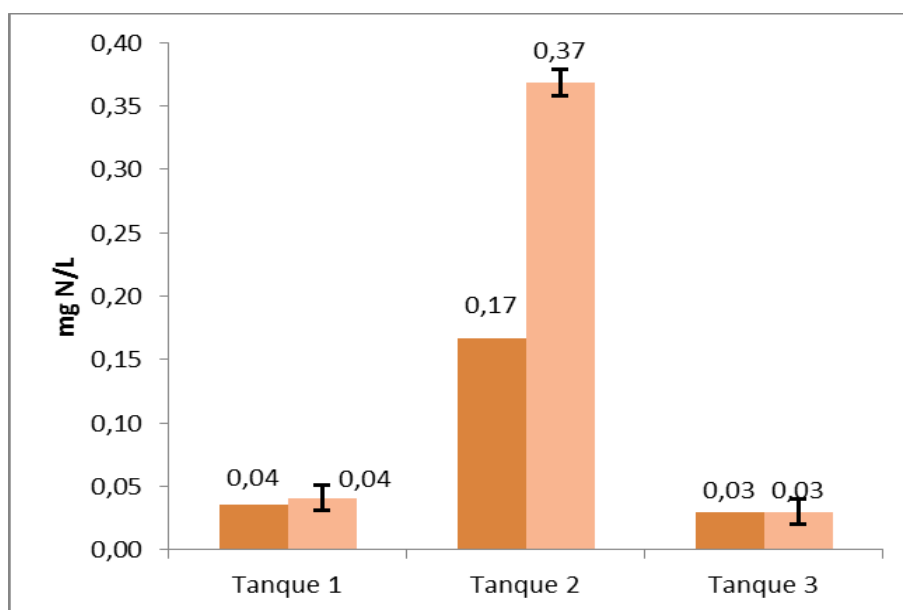


Figura 23: Concentração de Nitrito nos tanques no momento inicial da coleta, (barra escura) e após exposição à macrófita *E. crassipes* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

O maior valor de Nitrito no tanque 2 (0,17 mg/L) pode ser justificado pelo fato que na água desse tanque os animais, cisnes e patos, se banhavam e defecavam. O Nitrito apresentou uma elevada concentração inicial, mas conforme o estudo de Gadelha *et al.* (2005), para águas potáveis não são comumente encontrado em níveis superiores a 0,1 mg/L. Era esperado que a concentração de Nitrito sofresse uma queda após o contato com as macrófitas, é isso foi observado, uma vez que após 72h a concentração caiu para 0,03 mg/L.

De acordo com Pessoa Neto (2006), o nitrito é um composto necessário à sobrevivência dos seres vivos, mas torna-se um contaminante quando sua concentração está acima do limite do metabolismo biológico. Sua presença

indica recente contaminação, proveniente de material orgânico vegetal ou animal. Pode ser encontrado na água como resultado da decomposição biológica, devido à ação bacteriológica ou microbiológica sobre o nitrogênio amoniacal, ou de origem química, como por exemplo, através de ativos inibidores de corrosão em instalações industriais.

O Nitrito é um estado intermediário do nitrogênio, tanto pela oxidação da amônia a nitrato como pela redução do nitrato. Estes processos de oxidação e redução podem ocorrer em estações de tratamento de água, sistema de distribuição de águas e em águas naturais. O valor máximo permitido para este contaminante, de acordo com a Resolução Conama 357/05, para águas doce de classe 3 é de 1,0 mg/L.

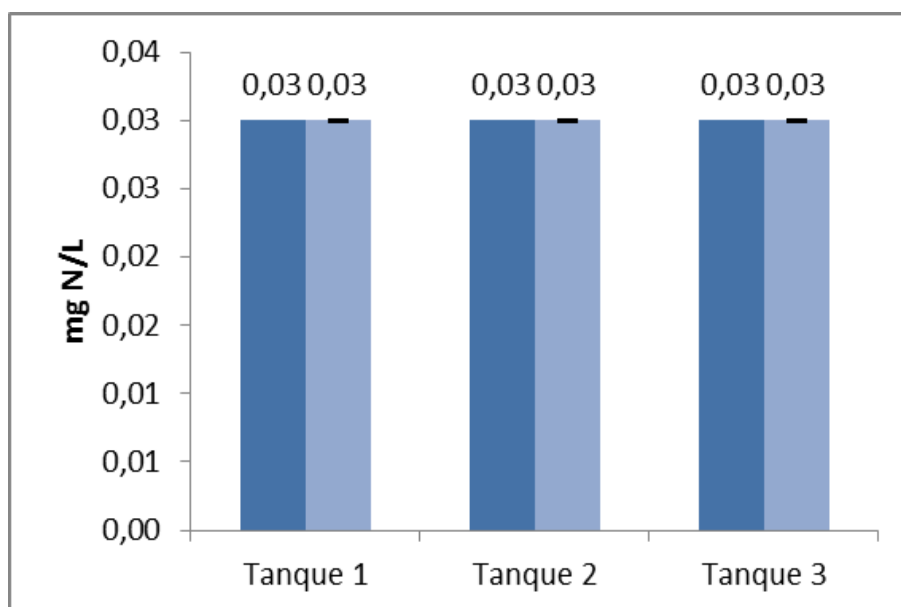


Figura 24: Concentração de Nitrito nos tanques no momento inicial da coleta, (barra escura) e após exposição à macrófita (barra escura) e após exposição a macrófita *L. valdiviana* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

De acordo com a figura 23 a concentração de Nitrito não apresentou qualquer alteração em contato com as macrófitas *Lemna* mesmo após ter sido observado o aumento no nível de oxigênio dissolvido.

6.4.1.3. Nitrato

Como é possível verificar na Figura 24 a concentração de Nitrato nos tanques no momento inicial da coleta, antes da exposição e após exposição a macrófita *E. crassipes*, a variação de Nitrato apresentou um comportamento próximo a do OD.

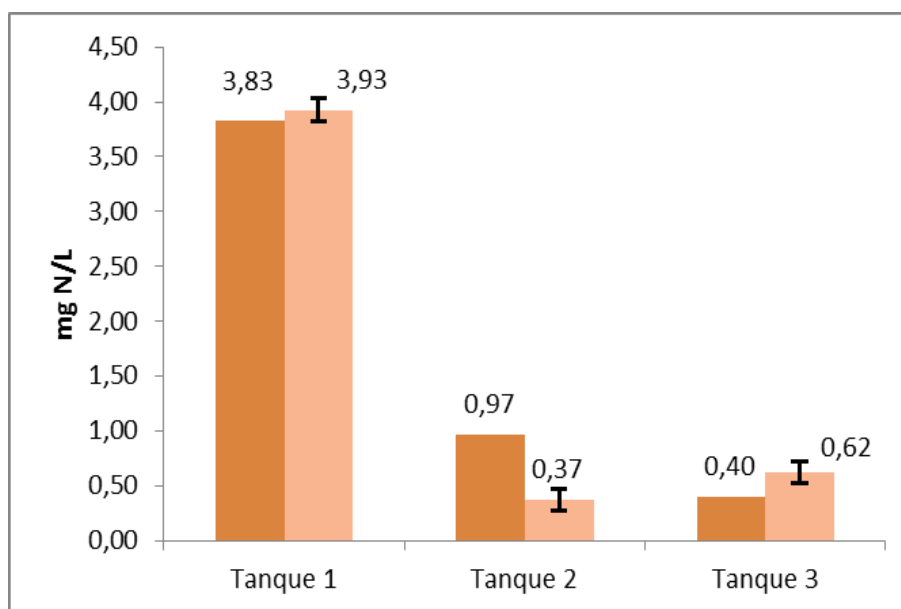


Figura 25: Concentração de Nitrato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita *E. crassipes* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

No tanque 1 o volume de Nitrato aumentou de 3,83 para 3,92 mg N/L, além de apresentar níveis extremamente mais elevados que nos demais tanques. Já no tanque 2, o resultado foi dentro do esperado, visto que houve o declínio da concentração do Nitrato. Também no tanque 3, ocorreu um incremento na concentração de Nitrato, quase duplicou de valor, passando de 0,36 para 0,61 mg N/L.

De acordo com Vasconcellos e Souza (2011), o nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrado nas águas, que é produzido pelo processo de nitrificação a partir da matéria orgânica nitrogenada no sistema aquático. O nitrogênio, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes, quando descarregados de forma não natural em águas naturais, provocam o enriquecimento do meio, e conseqüentemente a proliferação das macrófitas e de algumas algas (ESTEVES, 1988).

Já a disposição de nitrogênio de forma natural nas águas superficiais

ocorre devido à assimilação e fixação do mesmo em cadeia trófica, sendo o nitrato o produto da ação de micro-organismos sob a matéria orgânica (restos animais e vegetais). Em concentrações naturais, os resultados de Nitrato são baixos, uma vez que em índices reduzidos é facilmente sintetizado (VASCONCELLOS E SOUZA, 2011).

No trabalho desenvolvido por Fox *et al* (2008), a utilização da *Eichhornia* foi responsável pela remoção de 60 a 85% da concentração de Nitrogênio tornando-o um agente fitorremediador para esse elemento, resultado bastante diferente dos obtidos neste estudo.

Na Figura 25 é possível observar a diminuição da concentração de Nitrato nos tanques após o contato com a macrófita *L. valdiviana*.

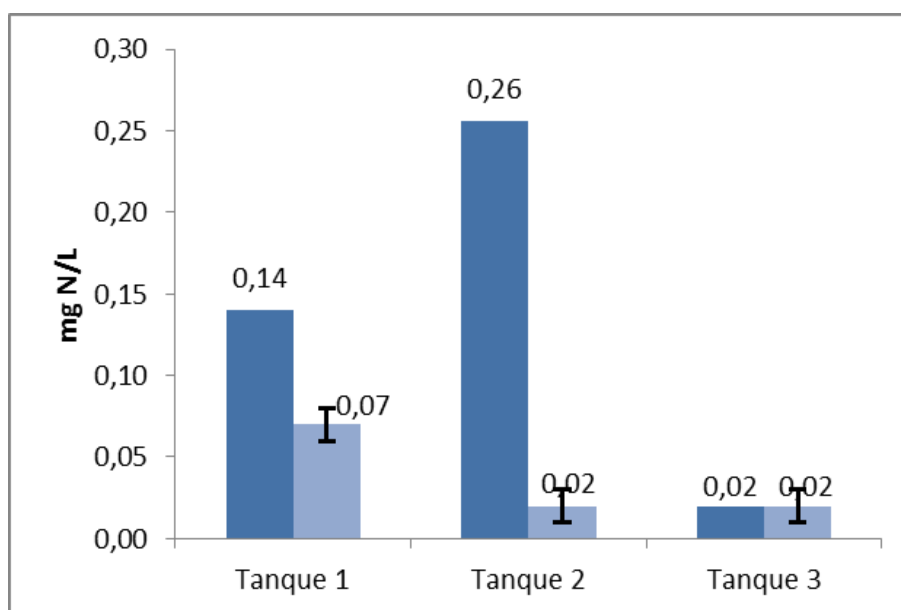


Figura 26: Concentração de Nitrato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita *L. valdiviana* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

Podemos observar que apesar da dificuldade em melhorar os níveis de oxigênio, após a exposição das amostras à macrófita *L. valdiviana*, nos tanques 1 e 2 as concentrações de Nitrato apresentaram reduções consideráveis, tendo variado de 0,12mg/L para 0,05mg/L, no tanque 1, e de 0,24mg/L para 0,01mg/L, no tanque 2. Neste último o valor alto inicial deve ser relacionado ao uso do tanque como habitat das espécies.

Assim como ocorreu com os níveis de OD, os níveis de Nitrato permitidos para as águas doces de classe 3, de acordo com a resolução CONAMA Nº 357/2005 não ultrapassaram os valores permitidos, pois ficaram inferiores a 10,0 mg/L N.

6.4.1.4. pH

No experimento com *E. crassipes* o valor do pH antes da exposição inicial a se mostraram abaixo do ideal, pois estava em desacordo com o ideal definido pela CONAMA 357/2005, que define para as águas doces de classe 3, um pH variando de 6 a 9. Após exposição à *Eichhornia*, o pH apresentou uma melhora nos níveis de pH nas primeiras 72 horas, tendo um aumento em todos os tanques, passando de 5,46, para 6,76 no tanque 1, de 5,10 para 6,06 no tanque 2 e de 5,22 para 6,02 no tanque 3. Todos os valores de pH estavam abaixo:

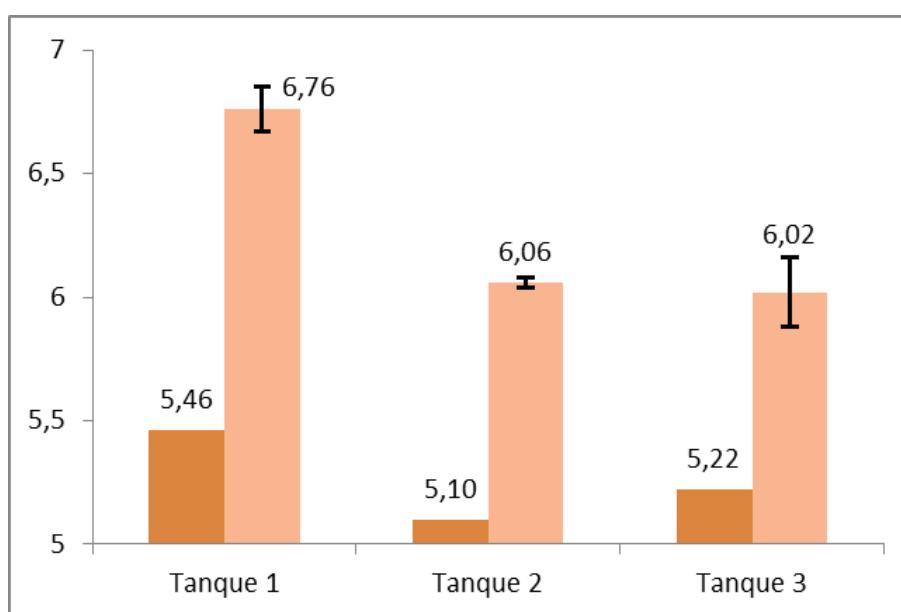


Figura 27: Valor do pH nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição a macrófita *E. crassipes* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

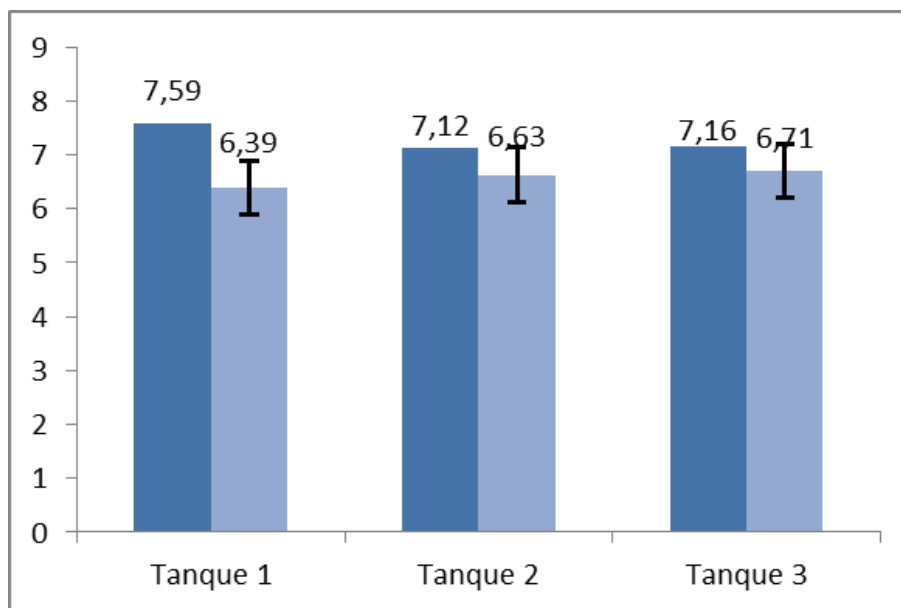


Figura 28: Valor do pH nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição a macrófita *L. valdiviana* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

Os resultados indicam o contato com a macrófita *Lemna* resultou em uma baixa no pH dos 3 tanques, deixando os tanques 2 e 3 com exatos 6,5 de pH e o tanque 1 que tinha o pH mais alto foi o que apresentou maior queda resultando no pH final de 6,2. O pH já se mostrava próximo ao ideal e se esperava uma manutenção dos mesmos.

O fato de o pH inicial entre as amostras do Tanque 1 em ambos os experimentos ser bastante diferente se explica pela modificação das condições do tanque entre as duas coletas. Tal fato ocorre devido às ações de limpeza do tanque com remoção das macrófitas, como pode ser visto na Figura 9. Este parâmetro é diretamente influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que o resultado é inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor será o pH, tal qual acontecia nas amostras coletadas para os experimentos 1, visto que o Tanque 1 e o Tanque 2 apresentavam quantidades significativas de macrófitas, eutrofizando o ambiente, e para haver a decomposição desse material, muitos ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone são encontrados pois foram formados, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos (ESTEVES, 1998).

O pH representa o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução aquosa por meio da medição da presença de íons hidrogênio H^+ . As alterações

de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais, por exemplo) (AFFONSO, 2016). Para Vasconcellos (2011), é um parâmetro que, juntamente com outros, fornece indícios do grau de poluição, e conseqüentemente os impactos que podem causar em um ecossistema aquático. No entanto, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo, é um complexo parâmetro de se interpretar.

6.4.1.5. Fosfato

No gráfico abaixo foi mensurado o volume de fosfato nos tanques após o contato com a *E. crassipes* onde se espera a redução desses volumes para melhoria na qualidade dos mesmos

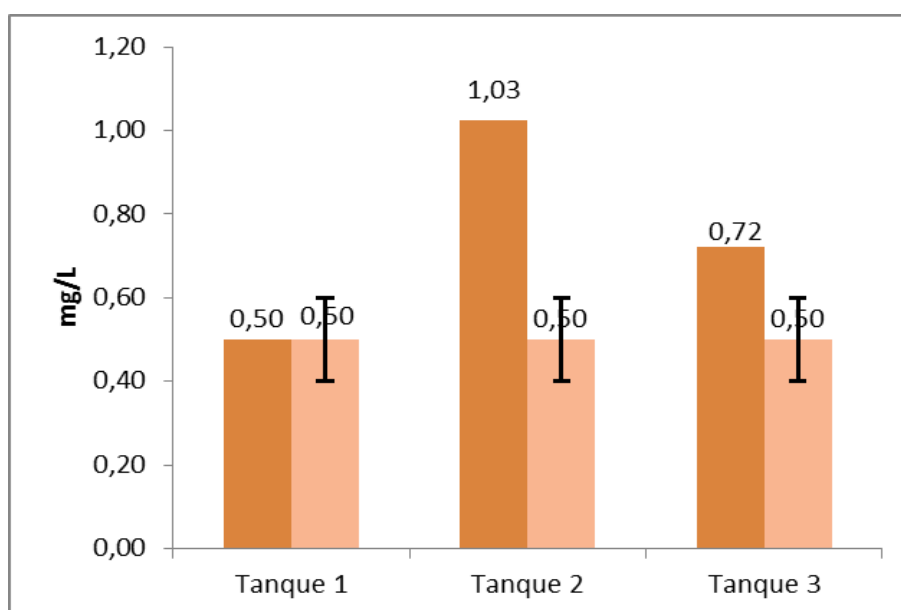


Figura 29: Concentração de Fosfato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita (barra escura) e após exposição à macrófita *E. crassipes* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

No tanque 1 não houve nenhuma melhora na qualidade da água com relação a este parâmetro. Tal fato, segundo (SILVA *et al*, 2014) pode ocorrer pois a *E. crassipes*, em condições de cativeiro, quando atinge seu ponto de saturação, tem seu potencial de absorção de nutrientes diminuído, conseqüentemente não conseguindo removê-los do meio aquático.

No tanque 2, o fosfato inicial era bastante elevado (1,03 mg/L), tendo sofrido um declínio significativo de 50% após a introdução das plantas (0,5 mg/L).

Já no terceiro tanque, também houve uma redução no nível de fosfato na amostra, mas embora os valores referendados neste experimento tenham sido menores que o de outros autores, é possível verificar que esta macrófita apresenta um bom potencial de redução desse nutriente da água.

Toda forma de fósforo presente em águas naturais, tanto na forma iônica quanto na complexada, encontra-se sob a forma de fosfato (ESTEVES, 1988). Segundo Affonso (2016), o fósforo está naturalmente associado à composição celular dos microorganismos e a decomposição da matéria orgânica por eles.

Diversos estudos demonstraram a eficiência do gênero *Eichhornia* na remoção de fósforo nos corpos hídricos, como os realizados por Crema (2005) que apresentou 43% de redução no nível deste parâmetro, o de Henry-Silva e Camargo (2006), com 82,0% de percentual de remoção e o de Gentelini *et al.* (2008), que obteve 71,6% de sucesso.

Quando se utilizou a macrófita *L. valdiviana*, verificou-se que a concentração de fosfato nos tanques foi pouco eficaz na redução dos níveis de Fosfato (Figura 29). Nos tanques 1 e 3 as concentrações de mantiveram estáveis, já no tanque 2 a redução foi muito pequena. Nesse último tanque era esperada uma maior eficiência na redução, já que neste os animais utilizam a água como habitat, não servindo apenas como barreira física, e o nível do mesmo era bastante elevado, conforme é possível ver na figura abaixo:

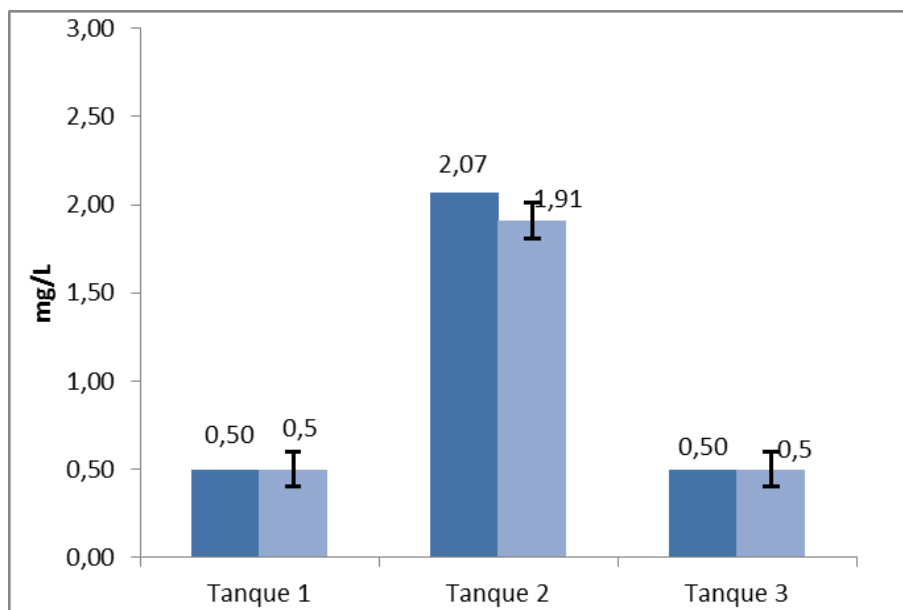


Figura 30: Concentração de Fosfato nos tanques no momento inicial da coleta, antes (barra escura) e após exposição à macrófita *L. valdiviana* (barra clara). Fonte: Autor do trabalho.

Desta forma, conforme os dados analisados fica evidente que o contato com a macrófita *L. valdiviana* foi inexpressivo na redução deste parâmetro. Segundo Mohedano (2010), na literatura os valores de remoção de fósforo por Araceas é de 5 a 10 vezes menores do que para a remoção do nitrogênio.

Com os resultados das análises e as informações obtidas através da revisão bibliográfica, em que ambas as espécies são consideradas importantes e relevantes no tratamento de efluentes e melhoria nas condições de qualidade da água, foi possível verificar que em se tratando do local do experimento ambas as espécies apresentaram resultados positivos para filtrar/absorver a matéria orgânica disponível nos tanques, de forma natural e de baixíssimo custo.

No entanto, de maneira geral, a macrófita *E. crassipes* apresentou resultados mais positivos no que diz respeito a diminuição da concentração dos parâmetros analisados, incremento do volume de oxigênio dissolvido nos corpos, assim como estabilização do pH para valores ideais, conforme tabela a seguir:

Tabela: Resumo dos resultados das análises de acordo com as atividades filtradoras das macrófitas, utilizando as cores vermelho e verde, demonstrando se foi benéfico ou não para o corpo hídrico em questão. Fonte: Autor do trabalho.

Espécies	Tanques	Parâmetros analisados				
		OD	Nitrito	Nitrato	pH	Fosfato
<i>E. crassipes</i>	T1	↑	↑	↑	↑	-
	T2	↑	↓	↓	↑	↓
	T3	↑	-	↑	↑	↓
<i>L. valdiviana</i>	T1	↓	-	↓	↓	-
	T2	↑	-	↓	↓	↓
	T3	↑	-	-	↓	-

O presente estudo indica que a utilização das macrófitas como alternativa para absorção dos nutrientes nos tanques além de ser uma solução sustentável e de baixo custo para o zoológico, pode otimizar não apenas seus recursos energéticos como também os financeiros. No entanto, há a necessidade de planejamento e manejo adequados para que a técnica seja eficiente para tratamento dessa água. Não basta deixar as plantas crescendo sem controle, pois sua morte natural acaba por assorear mais os corpos d'água e aumentar a quantidade de nutrientes durante sua decomposição.

Para tanto, se faz necessário um planejamento visando o controle e manejo para que seja mantido a capacidade de filtração, absorção e degradação do biofilme associado às raízes. As macrófitas podem ser também consideradas atrativas economicamente, pois o excesso de biomassa vegetal produzido por estas pode ser aproveitado para outros fins, tais como: produção de papel, de biogás, na fertilização de solos e alimentação animal (THOMAZ, 2002).

Além de melhorar a qualidade da água nos recintos disponíveis para os animais, ambas as plantas podem ser usadas in natura como parte da dieta diária de alguns animais herbívoros do zoológico, como ruminantes, cisnes, patos, equinos, desde que seja feita previamente uma análise bromatológica dos nutrientes presentes nessas plantas e a introdução desta fonte alimentar

seja feita gradualmente, com o acompanhamento de veterinários, não substituindo totalmente a alimentação usual. Outra questão que deve ser levada em consideração, no que diz respeito à qualidade das plantas como alimento, é a de que as mesmas podem absorver/utilizar nutrientes, outros compostos ou poluentes provenientes da atmosfera, principalmente na área que o zoológico do Rio se localiza, onde existem diversas rodovias e com trânsito intenso de veículos no entorno.

Segundo Mohedano (2010), a utilização de estruturas flutuantes para evitar que a ação do vento arraste a população de lemnas para as bordas e conseqüentemente todo o corpo hídrico, permitindo que a lâmina d'água fique exposta à luz solar, evitando a proliferação de algas pode ser uma alternativa para controle e manejo destas plantas. Além disso, essa alternativa pode ser aplicada para os tanques do zoo, já que não interfere no aspecto visual dos tanques, nem de conforto aos animais.

Dentre as alternativas de uso da biomassa estão a utilização da vegetação colhida como fonte de nutrientes para plantas e animais, por exemplo, podem ser usadas fertilizantes, que após compostagem disponibiliza ao final do processo um composto orgânico (bioestabilizado) que pode ser lançado no solo ou utilizado na agricultura, sem causar qualquer dano ambiental significativo. Principalmente no caso das plantas retiradas dos tanques do zoo que não estão contaminadas por metais pesados.

Outro emprego da biomassa é na produção de gases em biodigestor, que seria uma alternativa para aquecer água para múltiplas utilidades, como por exemplo no aquecimento de instalações para animais muito sensíveis ao frio, ou no aquecimento de estufas de produção vegetal para geração de alimentos ou plantas ornamentais para os recintos dos animais.

Dependendo da quantidade produzida de biomassa, os zoológicos poderiam construir seu próprio biodigestor ou realizar parcerias com outras empresas e instituições que poderiam usar este biogás gerado em atividades rurais, atendendo com energia elétrica a demanda de inúmeros equipamentos, por exemplo. Ou com empresas de produção de papel, como ocorre na China, que utilizam a biomassa de macrófitas para subsidiar sua demanda por celulose. Também existem estudos sobre o aproveitamento dos gases gerados em aterro sanitário (Braz & Silva 2001).

Segundo Rocha (2012), devido à esta alta produção de biomassa, as macrófitas têm sido também utilizadas como um recurso alimentar importante tanto para organismos aquáticos, fornecendo matéria orgânica viva (cadeia alimentar de pastagem) e morta (teias alimentares detritívoros), quanto para outros animais herbívoros e omnívoros.

Ou seja, outra questão levantada durante o estudo e que pode ser sugerido aqui para pesquisas futuras seria de, além de melhorar a qualidade da água nos recintos disponíveis para os animais, utilização *in natura* de ambas as plantas como parte da dieta diária de alguns animais herbívoros do zoológico, como ruminantes, cisnes, patos, equinos, desde que seja feita previamente uma análise bromatológica dos nutrientes presentes nessas plantas e a introdução desta fonte alimentar seja feita gradualmente, com o acompanhamento de veterinários, não substituindo totalmente a alimentação usual.

Dessa forma, no caso do zoológico do Rio, a utilização deste recurso traz um potencial para melhorar a qualidade da água nos recintos disponíveis para os animais, além da diminuição dos gastos com alimentação de herbívoros e nos custos com limpeza dos tanques, visto que eles não precisam ser drenados por completo para sua limpeza. Para tanto, deve ser realizado um diagnóstico sobre o consumo mensal, sazonal e anual de água na Fundação RioZoo, para a elaboração de um planejamento que possibilite obter os melhores resultados esperados.

7. CONCLUSÃO

As espécies *E. crassipes* e *L.valdiviana* apresentaram resultados positivos para filtrar/absorver a matéria orgânica disponível nos tanques, de forma natural e de baixíssimo custo, isto porque as mesmas já se encontram presentes em alguns tanques e podem ser facilmente realocadas para outros, não havendo assim, nenhum custo inicial para inserção das mesmas.

A macrofita *E. crassipes* apresentou resultados mais expressivos na diminuição da concentração dos parâmetros analisados, incremento do volume de oxigênio dissolvido nos corpos, assim como estabilização do pH para valores ideais, nos tanques estudados.

Apesar das análises físico-químicas realizadas serem importantes para a caracterização da qualidade da água, estas análises foram realizadas pontualmente e medidas em pequeno tempo após a coleta, necessitando, portanto, de mais estudo para a confirmação dos resultados aqui apresentados. Além disso, vale ressaltar que estas análises não oferecem informações a respeito dos efeitos da poluição sobre as espécies, nem sobre a qualidade nutricional das plantas utilizadas.

Todos os tanques visitados inicialmente podem receber uma das duas macrófitas estudadas para atuarem como filtradoras, desde que seja avaliada a

Vale ressaltar que é de suma importância possuir o controle de onde essas plantas serão descartadas e/ou utilizadas. E este deve ser considerado como um conjunto de procedimentos para dispor essa biomassa removida em locais adequados ou quais as possibilidades de uso, respeitando-se a legislação vigente.

No futuro é importante além de ampliar o uso de macrófitas nos tanques, para melhorar a qualidade da água, também investir no uso da biomassa excedente como alimento de herbívoros. Essas duas ações certamente levariam a uma redução no consumo de água e no gasto com ração animal. Para tanto, deve ser realizado um diagnóstico sobre o consumo mensal, sazonal e anual de água na Fundação RioZoo, para a elaboração de um planejamento que possibilite o acompanhamento e manejo adequado de acordo com o crescimento das plantas e permanência de água nos tanques.

A implementação de um programa de monitoramento que permita a detecção do crescimento e o manejo das macrófitas aquáticas, subsidiaria a tomada de decisão por parte dos gestores. Este programa deve contemplar os princípios e normas de procedimentos a serem seguidos que contribuam para a proteção da integridade do meio físico e biótico, garantindo água de qualidade para o abastecimento dos tanques.

Neste estudo foi possível verificar também, com a ajuda dos questionários aplicados, como os demais zoológicos brasileiros lidam com as questões ambientais, especialmente com relação à gestão e uso da água. O cenário apresentado foi extremamente desanimador, pois indicam que estas instituições não estão preparadas para atuar como disseminadoras de educação, proteção e conscientização ambiental como se propõem a ser. Em relação ao uso da água nestes zoológicos fica evidente que estes deveriam adotar medidas para evitar o desperdício de água tratada e colaborar com as medidas de redução de consumo e uso racional da mesma. Para isto, deveria haver a capacitação de pessoal interno quanto ao uso da água, de forma que haja uma mudança de comportamento e cultura para atender este objetivo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) **NBR 15.527/2007 Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>. Acesso em: 05/12/2016

AFFONSO, Deivison Felipe de Souza. **Avaliação da qualidade hídrica pelo índice de qualidade de água (IGA) e seus indicadores segmentados: um estudo de caso do Rio Piranga nos trechos urbanos da cidade de Ponte Nova (MG).** Monografia, apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de bacharel em Geografia. Viçosa – Minas Gerais, 2016.

ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços.** Rev. Saúde Pública, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 160-165, Apr. 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101998000200009&lng=en&nrm=iso>. Acesso dia 07/09/2016.

ALVARENGA, R. A. F. **DE Remoção de Nutrientes (N e P) de esgotos domésticos pela incorporação em macrófitas emergentes em sistema filtro plantado com macrófitas – wetlands.** 2005. 19 f. Relatório de Iniciação Científica (Programa de Iniciação Científica)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ALVES, E., CARDOSO, L.R., SCAVRONI, J., FERREIRA, L.C., BOARO, C.S.F. e CATANEO, A.C. **Avaliações fisiológicas e bioquímicas de plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*) cultivadas com níveis excessivos de nutrientes.** Planta Daninha, v.21, p.27-35, 2003.

AMARAL, L. A. **Qualidade higiênico-sanitária e teor de nitratos na água utilizada em propriedades leiteiras situadas na região nordeste do Estado de São Paulo.** Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L. & MAHLER, C. F. **Fitorremediação, o uso de plantas na melhoria ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos. 176pp. 2007.

ARAGÃO, Georgia Maria de Oliveira & KAZAMA, Ricardo. **A função dos zoológicos nos dias atuais condiz com a percepção dos visitantes?** Educação Ambiental em ação. Artigo 43. 2013. Disponível em: <<http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=1434&class=02>> Acesso em: 07/09/2014

BARBOSA, O.F. *et al.* **Ensaio com Águas Poluídas como Veiculadoras de Patógenos para Bovinos**. Londrina, PR. Semina: Ciências Agrárias, v. 22, n.1, p. 27-37, 2001.

BARRETO, Luciano Vieira *et al.* **Eutrofização em Rios Brasileiros**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2165. 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>
Acesso em:

BRANCO, Francisco Ricardo Lacerda. **Avaliação do potencial de duas espécies de lentilha-de-água Lemna minor e Lemna gibba na remoção de nutrientes em efluente aquícola**. Dissertação (Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água) - Universidade do Porto. Portugal, 2012. Disponível em: http://sigarra.up.pt/fcnaup/en/publs_pesquisa.FormView?P_ID=11424
Acesso em 09/09/2014

BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
Acesso em:

BRASIL. **Lei das Águas assegura a disponibilidade do recurso no País**. 2010. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/10/lei-das-aguas-assegura-a-disponibilidade-do-recurso-no-pais> Acesso em: 15/09/2014

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm Acesso em 07/09/2014.>

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências**. Brasília (DF), 2009 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm
Acesso em: 05/12/2016

BRASIL. **Resolução Conama Nº 357, 17 de março de 2005**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: Acesso em: 13/06/2012.

CAROLO, Fabiana. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável: estudo das bacias dos**

rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2007. 204 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CERQUEIRA, G. A. *et al.* **A Crise Hídrica e suas Consequências.** Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos> Acesso em 16/04/16.

CIOCCHI, Luiz. **Para utilizar água de chuva em edificações.** Técnica, Ed. Pini, nº 72, p. 58- 60, mar 2003.

COELHO, M.A.N., SOARES, M.L., CALAZANS, L.S.B., GONÇALVES, E.G., ANDRADE, I.M. de, PONTES, T.A., SAKURAGUI, C.M., TEMPONI, L.G., BUTURI, C., MAYO, S. 2015. **Araceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB51>> Acesso dia:

COSTA, Flávia Nunes. **Valorização de *landoltia punctata* proveniente de tratamento de esgoto doméstico através de hidrólise enzimática visando a produção de etanol.** Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129221>> Acesso dia: 05/12/2016

CUNHA, Vanessa Dias da. **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Universidade São Paulo. São Paulo. 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-02022009-182058/pt-br.php>> Acesso em: 09/09/2014

CUNHA-SANTINO, M. B. da & BIANCHINI JR, I. **Colonização de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos.** Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Departamento Hidrobiologia. São Carlos, SP. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. São Carlos, SP. Boletim ABLimno, vol, 39(1). 2011. Disponível em: <[http://www.ablimno.org.br/publiBoletim.php?issue=bol_39\(1\)](http://www.ablimno.org.br/publiBoletim.php?issue=bol_39(1))> Acesso em: 05/12/2016

CREMA, L.C. **Efluentes de tanques de criação de Tilápia do Nilo: Características limnológicas e eficiência de tratamento pelo Aguapé.** Tese de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo. 63p. 2005

DINIZ, Célia R.; CEBALLOS, Beatriz S. O. de; BARBOSA, José E. de L. & KONIG, Annemarie. **Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental,

Campina Grande, Suplemento, p.226-230, 2005 Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento/index_arquivos/PDF/226.pdf?> Acesso em 07/09/2014.

ESTEVEES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988

ESTEVEES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011

ESTEVEES, F.A. e CAMARGO, A.F.M. **Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes**. Acta Limnologica Brasiliensia, v.1, p.273-298, 1986.

FERREIRA, Maria Inês Paes; DA SILVA, José Augusto Ferreira; WERNECK, Brunna Rocha. **Marcos conceituais para gestão de recursos hídricos**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 2, n. 2, p. 37-58, jul-dez. 2008. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/viewFile/2177-4560.20080009/223>> Acesso em: 26 out. 2015.

FIESP/CIESP: **Conservação e economia de água**: Manual de orientações para o setor industrial. FIESP/CIESP/ANA: vol. 1., 2004. Disponível em: <<http://www.ciesp.com.br/pesquisas/conservacao-e-reuso-de-agua-manual-de-orientacoes-para-o-setor-industrial/>>. Acesso em: 09/09/2014.

FOX, L. J.; STRUIK, P. C.; APPLETON, B. L.; RULE, J. H. **Nitrogen Phytoremediation by water Hyacin (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms)**. Water Air Soil Pollut, v. 194, p. 199-207, 2008.

FREITAS, J. M. A.; WEIRICH, C. E.; BUENO, G. W.; FEIDEN, A. & BOSCOLO, W.R. **Produção de biomassa de macrófitas aquáticas no tratamento de efluente da suinocultura**. Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente, 28 a 30 de abril de 2009. UNIOESTE, Cascavel – Paraná – Brasil. Disponível em: <http://cac.php.unioeste.br/eventos/ctsa/tr_completo/104.pdf> Acesso em: 05/12/2016

FIORUCCI, A.R. E BENEDETTI -FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química Nova na Escola, n. 22, p. 10-16, 2005.

GANDRA, Alana. **Hora do Planeta terá crises hídrica e energética como temas no Brasil. Da Agência Brasil, no Rio de Janeiro. 2015** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/sala_de_imprensa/?uNewsID=43584> Acesso em: 20/11/2014

GARCIA, Viviane Aparecida Rachid. **O processo de aprendizagem no Zôo de Sorocaba: análise da atividade educativa visita orientada a partir dos objetos biológicos.** São Paulo- SP, 2006. p.274

GARCIA, M.; KLAJ, A.; MARCUSSO, C.; ANDRETIA, I. C. C. **Aguapé (*Eichhornia crassipes*): Uma alternativa alimentar para bovinos de pequenas propriedades no perímetro da represa BiJlings** . Estado de São Paulo, Brasil. Rev. educ. contin. CRMV-SP, São Paulo, volume 3, fascículo 3, p. 37 - 43, 2000.

GENTELINI, A.L.; GOMES, S.D.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D.; SAMPAIO, S.C.; COLDEBELLA, A. **Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica.** Ciências Agrárias, 29: 441-448. 2008

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

GONZÁLEZ, F.H.D. E SILVA, S.C. **Introdução à Bioquímica clínica veterinária.** Editora UFRGS, Porto Alegre, 2006.

GRAEFF, Álvaro; VIANNA, Adriano Gonçalves; TONETTA, Denise & PRUNER, Evaldo Nazareno. **Avaliação do potencial nutritivo da Macrófita aquática *Lemna minor*, por meio da análise da composição química e por sua utilização em ração para carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) na fase de recria.** Evidência, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 37-50, jan./jun. 2007 Disponível em: <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/evidencia/article/view/1859>> Acesso em: 09/09/2014

HADAD, H. R.; MAINE, M. A.; **Phosphorous amount in floating and rooted macrophytes growing in wetlands from the Middle Paraná River floodplain** (Argentina). Ecological engineering; v. 31; p. 251–258; 2007.

GRECO, M.K.B., FREITAS, J.R. **Concentração de fósforo e nitrogênio na represa da Pampulha e as taxas de crescimento de *Eichhornia crassipes* (aguapé).** In: ENCONTRO DE PESQUISAS DO ICB. *Livro de resumos.* Belo Horizonte, 1996.

HEGEL, Carla Grasielle Zanin & MELO, Evanisa Fátima Reginato Quevedo. **Macrófitas aquáticas como Bioindicadoras da qualidade da água dos Arroios da RPPN MARAGATO.** Rev. Agro. Amb., v.9, n.3, p. 673-693, jul./set. 2016 - ISSN 1981-9951 - e-ISSN 2176-9168. Disponível em:

<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/viewFile/3744/2824>
Acesso em:

HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. **Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 21-28, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v24n1/a03v24n1.pdf>> Acesso em: 03/09/2014

HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. **Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes e Salvinia molesta) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura.** Acta Scientiarum Maringá, v. 24, n. 2, p. 519-526, 2002 Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/2353/2297>> Acesso em: 03/09/2014

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Seca na Amazônia poderá bater recorde histórico em 2016.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=nota_tecnica-08-2016> Acesso em: 15/01/2017

ISLAM, K.M.S. Feasibility of duckweed as poultry feed: A review. Bangladesh Indian Journal of Animal Sciences 72 (6): 486-491p. 2002

JABOUR, Marcos Linhares. **Comportamento dos Visitantes e Representação Social no Jardim Zoológico da Cidade do Rio de Janeiro.** 2010. 194 f. Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa do Instituto Nacional de Desenvolvimento das Ciências da Saúde da Universidade Cândido Mendes. Disponível em: <<http://szb.org.br/blog/conteudos/bibliografias/02-educacao-ambiental/comportamento-dos-visitantes-e-representacao-social-no-zoo-do-rio-de-janeiro.pdf>> Acesso dia: 03/09/2014

LANDOLT, E. & KANDELER. 1987. **The family of lemnaceae – a monographic study: Phytochemistry, physiology, application and bibliography.** In **Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae).** Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH. Zürich. Stiftung Ruebel, Vol 4, n.95: 638pp.

LIMA, Marcelo Ricardo de; REISSMANN, Carlos Bruno & TAFFAREL, Angela Daniela. **CAPÍTULO 10: Fitorremediação com macrófitas aquáticas flutuantes.** Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: <[http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/forum.nsf/205dceedb88c9ab703256c2c005e0402/6240e3cebbbc45cc203256eba00612d1a/\\$FILE/cap%2010%20macrofitas%20aquaticas12-SEM%20FOTO.doc](http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/forum.nsf/205dceedb88c9ab703256c2c005e0402/6240e3cebbbc45cc203256eba00612d1a/$FILE/cap%2010%20macrofitas%20aquaticas12-SEM%20FOTO.doc)> Acesso dia: 05/12/2016

LOBO, Luciana Paula. **Análise comparativa dos processos de filtração em membranas e clarificação físico-química para reuso de água na indústria.** (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/producao.php?id=133>> Acesso em: 07/09/2014

LOPES-FERREIRA, C. M. **Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando à elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP).** 2000. 145 f. Tese (Doutorado) -Universidade de São Paulo, São Paulo.

LUCIANO, S. C. **Macrófitas aquáticas Eichhornia azurea (Kunth) e Brachiaria arrecta (Stent).** 1996. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, SP.

MALIK, A. **Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth.** Environmental International, 33:122-138. 2007

MANFRINATO, E. S. **Avaliação do método Edafo-Fitodepuração para tratamento preliminar de águas.** 1989. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ, Piracicaba, SP.

MARINO, Luciana Mara Ribeiro; SANTOS, José Eduardo dos & MOSCHINI, Luiz Eduardo. **A caracterização e o zoneamento ambiental como Instrumentos para gestão de um parque zoológico – estudo realizado no Zoológico Municipal de Mogi Mirim/SP.** Revista INTERFACEHS – v.6, n.1, Artigo, Abril. 2011

MARTINS, Daniel Freitas Freire. **Influência espaço-temporal e fisiológica na absorção de nutrientes e elementos tóxicos por *Eichhornia crassipes* visando o uso adequado da sua biomassa: o caso do Rio Apodi/Mossoró-RN.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química. Natal, RN, 2009.

MARTINS, D., COSTA, N.V., TERRA, M.A. e MARCHI, S.R.. **Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.** Sao Paulo, Brasi. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 17-32, 2008

MILLAN, Rodrigo Ney. **Dinâmica da qualidade da água em tanques de peixes de sistema pesque-pague: aspectos físico-químicos e plâncton.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP). Jaboticabal, São Paulo – Brasil, 2009. Disponível em:

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/86751/millan_rn_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 05/12/2016

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>> Acesso em: 05/12/2016

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa Nº 169, de 20 de Fevereiro de 2008**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=585>> Acesso dia: 05/12/2016

MOHEDANO, Rodrigo de Almeida. **Tratamento de efluente e produção de alimento, em cultivos de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática *Lemna valdiviana (lemnaceae)***. - Uma contribuição para a sustentabilidade da aqüicultura. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós –Graduação em Aqüicultura, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87962/201947.pdf?sequence=1>> Acesso em: 25/06/2016

MOHEDANO, Rodrigo de Almeida. **Uso de macrófitas lemnáceas (*Iandoltia punctata*) no polimento e valorização do efluente de suinocultura e na fixação de carbono**. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94053/288895.pdf?sequence=1>> Acesso em: 25/06/2016

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MURPHY, K. J. **Predizendo alterações em ecossistemas aquáticos continentais e áreas alagáveis: o potencial de sistemas bioindicadores funcionais utilizando macrófitas aquáticas**. Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia, Maringá, n. 27, p. 7-9, 2000.

NOBRE, Carlos A; REID, Julia & VEIGA, Ana Paula. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. – São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012. 44 p. Disponível em: http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/nobre_reid_veiga_fundamentos_2012.pdf>. Acesso em: 25/06/2016

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A. & PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. Trabalho de

conclusão de curso submetido como exigência parcial para a obtenção do título em Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Goiânia, 2015.

NUNES, Sirlei da Silva. **Avaliação da inoculação de fungos na rizosfera da *Pistia stratiotes* visando a sua utilização no tratamento de efluentes urbanos.** Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Santa Cruz do Sul, 2012.

OLIVEIRA, Aline. **Crise Hídrica no Sudeste do Brasil: Impacto e Mitigação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.** Campos dos Goytacazes/RJ, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1555.pdf>> Acesso dia: 25/06/2016

OLIVEIRA, Ana Paula de. **Avaliação da influência dos macronutrientes na bioacumulação do chumbo pela *Eichhornia crassipes*.** 121 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A ONU e a água.** 2014. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>> Acesso em: 16/09/2014

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **UN-Water Statement on Water Quality: World Water Day, March 22, 2010.** Disponível em: <http://www.unwater.org/downloads/unw_wwd_statement1.pdf> Acesso em: 12/09/2014

PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E. F.; TRINDADE, C. R. T.; FURLANETTO, L. M.; ACOSTA, M. C. **Uso de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms para fitorremediação de ambientes eutrofizados subtropicais no sul do Brasil.** Revista Perspectiva ano 36, n. 133. p. 73-82 mar. 2012. Disponível em: <<http://repositorio.furg.br/handle/1/3173>> Acesso em: 25/06/2016

PEDRALLI, G. **Aguapé.** *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 53, p. 76-77, 1989.

PESSÔA NETO, Astério Ribeiro; KORN, Maria Das Graças. **Os nutrientes nitrato e nitrito como contaminantes ambientais e alternativas de determinação.** Candombá – Revista Virtual, Salvador - Ba, n. , p.90-97, dez. 2006. Disponível em: <<http://revistas.unijorge.edu.br/candomba/2006-v2n2/pdfs/AsterioRibeiroPessoaNeto2006v2n2.pdf>>. Acesso em: 25/06/2016

POMPÊO, M.L.M. **Culturas hidropônicas, uma alternativa não uma solução.** Anais Sem. Reg. Ecol., São Carlos, SP, 8: 73-80, 1996. Disponível em:

<http://www.ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=472> Acesso em: 14/09/2014

POMPÊO, Marcelo. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas.** Oecol. Bras., 12 (3): 406-424, 2008. Disponível em: <dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882865.pdf> Acesso em 03/09/2014

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton, aspectos ecológicos e metodológicos.** 1ª Ed., São Carlos SP, Editora Rima, 2003.

POTT, V.J. **Lemna in Flora do Brasil 2020 em construção. 2000.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5004>>. Acesso em: 29/08/2017

POTT, V.J. e POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Corumbá: Embrapa-CPAP, 2000.

REIS E SILVA, Daniel Freitas. **Aproveitamento da Água de Chuva Através de Um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Civil. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009251.pdf>>. Acesso em: 25/09/2014.

RIET-CORREA, F. **Plantas tóxicas e micotoxinas que afetam a reprodução de ruminantes no Brasil.** In. RAIB Biológico, 20, São Paulo, 2007 v.69, n.2, p.63-68, jul./dez

ROCHA, C. M. C.; Alves, A. E.; Cardoso, A. S.; Cunha, M. C. C. **Macrófitas Aquáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água.** Revista Brasileira de Geografia Física 04 (2012) 970-983. <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/424/332>

ROCHA, Sylvania Arreco; LOUGON, Marcela Silva & GARCIA, Giovanni de Oliveira. **Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização.** Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa (GVAA) ISSN 1981-8203 v.4, n.4, p. 01 - 06 outubro/dezembro de 2009. Mossoró – RN. Disponível em:

<<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/207/207>>
Acesso em: 12/09/2014

ROQUETE PINTO, C.L.; OSTROWSKI, C.; CACONIA, A.J. & SILVA, S.M. da. **Utilização de plantas aquática “*Eichhornia crassipes*” (aguapé) para controle da poluição e aproveitamento industrial.** Uma tecnologia alternativa. Informativo INT, Rio de Janeiro, v. 18, n. 37, p. 26-32, set/dez. 1986

ROSE, A. & SELWIN, E. **Studies on wastewater treatment by *Lemna minor*.** Journal of Environmental Biology. 21 (1): 43 – 46p. Jan. 2000

SANTOS, Edilayne Cristina. **Macrófitas aquáticas em tratamento de águas contaminadas por arsênio.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Mestrado em Engenharia Ambiental. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2192/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Macr%C3%B3fitasAqu%C3%A1ticasTratamento.pdf>. Acesso em: 12/09/2014

SAYEGH, Simone. **Futuro do Presente.** aU, Ed. Pini, ano 19, nº127, p.24- 31, out.2004.

SILVA, Fabrício Daniel dos Santos & SALVADOR, Mozar de Araújo. INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Análise das Anomalias das Temperaturas no ano de 2015. 2016.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=nota_tecnica-01-2016>_Acesso dia:

SILVA, Alinne Dué Ramos da; SANTOS, Robson Batista dos; BRUNO, Arthur Murilo da Silva Souza; GENTELINI, André Luis; SILVA, Ana Helena Gomes da & SOARES, Emerson Carlos. **Eficiência do aguapé sobre variáveis limnológicas em canais de abastecimento utilizados no cultivo de tambaqui.** VOL. 44(2) 2014: 255 – 262. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v44n2/a11v44n2.pdf>> Acesso dia: 25/06/2016

SHIMODA, M. **Macrophytic communities and their significanceas indicator of water quality in two pounds in the Saijo Basin.** Hiroshima Prefecture, Japan, Hikobia 9: 1-1. Disponível em: <www.epa.gov>

SZB – Sociedade de Zoológicos Brasileira. **Lista de Zoológicos e Aquários do Brasil, divididos por regiões.** 2013 Disponível em: www.szb.org.br/arquivos/zoos-e-aquarios-brasil.pdf. Acesso dia

TAVARES, Flávia de Almeida. **Reúso de água e polimento de efluentes de lagoas de estabilização por meio de cultivo consorciado de plantas da família *Lemnaceae* e tilápias.** Florianópolis, 2008. 237p. Tese (Doutorado) –

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

TAVARES, Sívio Roberto de Lucena. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2009 – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

THOMAZ S. M & BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios**. Acta Limnologia Brasiliensia. Vol 10 (1) – 103-116. 1998. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/big/pgrh/aulas/fernandes/Macrofitas%20aquaticas%20em%20reservatorios.pdf>> Acesso em: 03/09/2014

THOMAZ, S.M. **Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo**. Planta Daninha, v.20, p.21-33, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000400003> Acesso em: 12/09/2014

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos avançados 22 (63), 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>>

VASCONCELOS, José Wilamy Carneiro. **A crise hídrica brasileira: água um bem precioso**. 2015. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/39802/a-crise-hidrica-brasileira-agua-um-bem-precioso>> Acesso em: 28/01/2017.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/viewFile/504/pdf_498> Acesso dia:

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. E. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos a biorremediação e à química analítica**. Química Nova, São Paulo, v. 27, n. 1, jan./fev. 2004.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** – 3ª ed – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WAZA - World Association of Zoos and Aquariums: **Construindo um Futuro para a Vida Selvagem – Estratégia Mundial dos Zoológicos e Aquários para a Conservação**. Capítulo 8 – Sustentabilidade. Gabinete Executivo da WAZA, Berna, Suíça, 2005. Disponível em: <<http://www.szb.org.br/arquivos/wzacs.pdf>>. Acesso dia: 13/05/2016

WETZEL, R. G. **Limnology**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p

WWF - World Wide Fund for Nature. **Alterações Climáticas**. 2017. Disponível em: <http://www.wwf.pt/o_nosso_planeta/alteracoes_climaticas/> Acesso em:

ZOCHE, Caroline Magagnin. **Fitorremediação de efluentes da exploração do carvão: Pode a Macrófita *Eleocharis acutangula* (RoxbScul) (Cyperaceae) ser considerada uma espécie hiperacumuladora de metais pesados?** Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1930/1/Caroline%20Magagnin%20Zocche.pdf>> Acesso em: 13/05/2016

ZHU, Y.L. *et al.* **Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: II. Water hyacinth**. Journal of Environmental Quality, n.28, p.339-344, 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Questionário enviado aos zoológicos brasileiros

- Nome da Instituição:
- Endereço:
- Gestão: () Privada ou () Público:
- Categoria de acordo com a I.N.169/2008 Ibama: ()A; ()B ou ()C

Questionário (marque com um ou mais "x" a melhor opção)

1) A localização é próxima de Unidade de Conservação (menos de 500m)?
() SIM; () NÃO.

2) A localização é próxima de núcleos populacionais (menos de 500m)?
() SIM; () NÃO.

3) Possui coleta seletiva de resíduos?
() SIM; () NÃO.

4) Qual a destinação dos resíduos sólidos:

Origem/ Destino	Compostagem	Biodigestor	Queima	Companhia Urbana De Limpeza	Empresa Particular	Aterro Sanitário	Incineração	Instituição o De Pesquisa (Ex. Museu, Universid ades)	Coleta Seletiva	Outra Destinação
Varição										
Sanitário (Papel Higiênico)										
Detritos Animais										
Restos Alimentares (Humanos e Animais)										
Carcaças de Animais										
Resíduo Hospitalar (Veterinário)										
Material De Escritório										

5) Possui estação de tratamento de esgoto própria?
() SIM, em funcionamento;
() SIM, desativada;
() NÃO possui.

6) Faz reuso da água? () SIM; () NÃO

7) Faz captação e uso de água de chuva? () SIM; () NÃO

8) Em caso positivo, onde utiliza a água captada de chuva?

- Abastecimento de tanques;
- Manutenção de canteiros de plantas;
- Limpeza de recintos;
- Descarga de sanitários;
- Limpeza de vias públicas;
- fontes e chafarizes.

9) Quais as ações realizadas para redução de consumo de água?

- Manutenção preventiva;
- Manejo;
- Não faz.

10) Quais as ações para reduzir as trocas de água nos tanques (redução de consumo)?

- Uso de plantas aquáticas;
- Produtos químicos;
- Sistemas de filtração;
- Aspiração e coleta superficial;
- Outras:

11) Como ocorre a distribuição de alimentos dos animais?

- Carro elétrico;
- Trator;
- Carro a gasolina/álcool/diesel;
- Carrinho de mão;
- Outros:

12) Utiliza fontes alternativas de geração de energia? () NÃO; () Biodigestor; () Placas solares; () Outras:**13) A questão ambiental mais grave existente no parque está relacionada à:**

- Gasto com abastecimento de água;
- Destinação de resíduos sólidos;
- Destinação de esgoto in natura;
- Gasto com energia elétrica;
- Outros:

**GOSTARIA QUE O NOME DA INSTITUIÇÃO SEJA MANTIDO EM SIGILO?
()SIM ; ()NÃO**