



MIKAELA REGINA DE PÁDUA

**EMPREGO DE FILTRO BIOLÓGICO DE AGUAPÉ NO TRATAMENTO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS.**

**INCONFIDENTES-MG
2015**

MIKAELA REGINA DE PÁDUA

**EMPREGO DE FILTRO BIOLÓGICO DE AGUAPÉ NO TRATAMENTO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Câmpus Inconfidentes como pré-requisito de conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Sindynara Ferreira

Co-orientador: Éder Clementino dos Santos

**INCONFIDENTES-MG
2015**

MIKAELA REGINA DE PÁDUA

**EMPREGO DE FILTRO BIOLÓGICO DE AGUAPÉ NO TRATAMENTO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS.**

Data de aprovação: 04 de maio de 2015

Sindynara Ferreira
IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes
Orientadora

Eder Clementino dos Santos
IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes
Co-orientador

Taciano Benedito Fernandes
IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Benedito e Benedita.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por dar a oportunidade de realizar este trabalho e por abençoar meus passos até aqui.

Aos meus pais Benedito e Benedita, por toda paciência, todo apoio, incentivos, valores e princípios, por toda a educação, durante toda a minha vida.

Minha querida avó *in memoriam*, por todo conhecimento compartilhado, alegrias, risadas, broncas, colos, afeto, carinho e amor durante os 17 anos que pude passar ao seu lado.

A minha querida irmã Kenia que contribuiu ao desenvolvimento do presente trabalho.

A minha grande família, meu irmão Michel, minhas primas Joice e Vitória, meus tios José e Aparecido, minhas tias Tereza, Maria e Manoela, pelo incentivo ao curso.

Ao meu namorado Mário Augusto, por aguentar minhas manias, minha personalidade forte, e ainda sim ser paciente e me dar toda força em qualquer situação da vida, pela compreensão, amor e carinho, pelo companheirismo nos momentos mais importantes da minha vida.

A minha orientadora Sindynara e ao co-orientador Éder, por proporcionarem esclarecimentos de todas as dúvidas e dificuldades, a toda equipe do laboratório, Odilon, Eduardo e Taciano.

Aos docentes por me auxiliarem em diversos âmbitos do trabalho.

Aos meus amigos e colegas de curso, Allison Felipe (Marboro), Éllen (Jabira), Fernanda (Ferdinanda), Jislaine, Juliana, Lucas e Marielle por todos esses anos de amizade, pelos momentos de descontração e de experiência compartilhada.

Ao GRUPO DE ESTUDO EM GESTÃO AMBIENTAL (NEGA) onde construí amizades, obtive conhecimentos e mais responsabilidade.

A todas as pessoas que fizeram parte da minha vida.

EPÍGRAFE

"Esforce-se não por tornar-se uma pessoa de sucesso, mas uma pessoa de valor!"

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A ÁGUA.....	3
2.2 SISTEMAS <i>WETLANDS</i>	4
2.3 PLANTAS AQUÁTICAS	5
2.4 O AGUAPÉ.....	7
2.5 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	12
3.2 SISTEMA PROPOSTO.....	14
3.3 COLETAS AMOSTRAIS	16
3.4 PARÂMETROS ANALISADOS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 PARÂMETROS FÍSICOS DA PLANTA.....	20
4.2 PARÂMETROS DO RESÍDUO BRUTO E TRATADO.....	22
4.2.1 Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos	22
4.2.2 Fósforo total.....	25
4.2.3 Potencial hidrogeniônico	27
4.2.4 Cor e turbidez	29

4.2.5 Demanda química de oxigênio	31
4.2.6 Nitrogênio total amoniacal	32
5. CONCLUSÕES	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de lançamento em corpos d'água (COPAM/CERH, 2008)	11
Tabela 2 - relação de produtos e forma de processamento no setor do PFH do Câmpus Inconfidentes, com média de observação de 3 meses. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.	13
Tabela 3 - Relação de pontos de coleta para análises. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.	16
Tabela 4 - Relação média dos parâmetros físicos finais de crescimento do aguapé, peso (gr), comprimento de raiz (cm) e contagem pecíolos (número). IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.	20
Tabela 5 - Relação percentual dos parâmetros físicos finais de crescimento do aguapé, comparando com as médias iniciais, sendo ganho de peso, crescimento de raiz e aumento de pecíolos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.	21
Tabela 6 - Relação de novos indivíduos (NI) de plantas de aguapé, colocados em sistema construído, sendo peso (gr), comprimento de raiz (cm) e quantidade de pecíolos (numeros). IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	22
Tabela 7 - Variação da condutividade elétrica (mg/l) comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG,2015.....	24
Tabela 8 - Variação de sólidos totais dissolvidos comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG,2015.....	25
Tabela 9 - Variação de fósforo total comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	26

Tabela 10 - Variação de ph comparando a porcentagem de variação média, das cinco coletas no mês de dezembro de 2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às variações das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	28
Tabela 11 - Variação de cor de água residuária para as cinco coletas no mês de dezembro de 2014, comparada com a amostra bruta. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	30
Tabela 12 - Variação de turbidez de água residuária para as cinco coletas no mês de dezembro de 2014, comparada com a amostra bruta. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	30
Tabela 13 - Variação do parâmetro de DQO comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	32
Tabela 14 - Variação do parâmetro de nitrogênio total comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.....	33

LISTA DE IMAGENS

Figura 1 - Classificação das macrófitas aquáticas. Fonte: Esteves (1998).....	6
Figura 2 - Planta de aguapé. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte elaboração própria.	7
Figura 3 - Croqui do sistema <i>wetland</i> construído. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.	14
Figura 4 - (A) Corpo d’água lântico onde foram retiradas as plantas de aguapé; (B) Coleta do aguapé. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.....	15
Figura 5 - (A) Plantas de aguapé antes do processo e seleção; (B) Pesagem das plantas de aguapé para homogeneizar o lote. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.....	15
Figura 6 - Sistema em condução. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.....	16
Figura 7 - Coleta das 7 amostras do sistema construído. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.	17
Figura 8 - Análises laboratoriais. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.	18
Figura 9 - Valores para o parâmetro de condutividade elétrica. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.	23
Figura 10 - Valores para o parâmetro de Sólidos Totais Dissolvidos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. . Fonte: elaboração própria.	23
Figura 11 - Valores para o parâmetro de fósforo total. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.	26
Figura 12 - Valores para o parâmetro de ph. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.....	27
Figura 13 - Valores para os parâmetros de cor (A) e turbidez (B). IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.....	29

Figura 14 - Valores para o parâmetro de DQO IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria..... 31

Figura 15 - Valores para o parâmetro de nitrogênio total amoniacal IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria..... 33

RESUMO

Os procedimentos para processamento de alimentos bem como a higiene destes locais, demandam do uso significativo de água potável e por muitas vezes os efluentes líquidos gerados, são lançados ao curso d'água sem nenhum tratamento. Os filtros biológicos de sistema alagado com macrófitas vem se destacando por serem uma alternativa sustentável de tratamento. O objetivo do presente trabalho foi adequar a água residuária do setor de processamento de frutas e hortaliças do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes, através do emprego de um sistema de tratamento em filtro biológico com aguapé para posterior lançamento em curso d'água de classe II de acordo com as exigências estabelecidas pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008. Foram analisados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica, cor, sólidos totais dissolvidos, turbidez, pH, fósforo total, nitrogênio total, demanda química de oxigênio, além de características de crescimento da raiz, peso, número de indivíduos e desenvolvimento de pecíolo das plantas. Para isto foram coletadas amostras brutas da água residuária do processamento e amostras em sistema de triplicata do sistema de tratamento construído, em dois níveis interligados, totalizando 7 amostras por coleta. Com os resultados obtidos pode-se concluir que o filtro de aguapé apresentou desempenho e pode ser indicado para tratamento de águas residuárias proveniente de processamento de frutas e hortaliças, com exceção ao parâmetro de fósforo total onde verificou-se um aumento da concentração em relação ao valor da amostra bruta devido ao acúmulo deste no sistema e por apresentarem acima do limite máximo estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008.

Palavras chave: *Eichhornia crassipes*; água residuária; tratamento.

ABSTRACT

The procedures for food processing, as well as the hygiene of these locations require a significant use of drinkable water, and from any times the waste water generated are dumped into the stream without any treatment. The biological filter system flooded with macrophytes has stood out for being a sustainable alternative of treatment. The objective of this study was to adjust the wastewater from fruit and vegetable processing sector of IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes. It was doing by using a system of biofilter treatment with hyacinth water for later release into the class II water, according with the requirements established by the Joint Normative Resolution COPAM / CERH 1 to May 5, 2008. The following parameters were analyzed: the electrical conductivity, color, total dissolved solids, turbidity, pH, total phosphorus, total nitrogen, the demand of chemical oxygen, besides it was analyzed the characteristics of the root growth, weight, number of individuals and developing leaf stalk of plants. For this, raw samples were collected from wastewater processing and samples from the triplicate system of treatment built on two interconnected levels, that totaling 7 samples per collection. It was concluded from the obtained results that the water hyacinth filter showed a good performance and may be indicated for treatment of wastewater from processing of fruits and vegetables, except for total parameter of phosphorus, which there was an increase in the concentration of the value of the gross sample due to the accumulation of this in this system and present above the maximum limit established by the Joint Normative Resolution COPAM / CERH 1 of 5 May 2008.

Keywords: *Eichhornia crassipes*; wastewater; treatment

1. INTRODUÇÃO

O consumo de água mundialmente se estende conforme o crescimento demográfico e seus diferentes modos de uso. A sobrevivência de toda forma de vida é dependente de água, mas esse recurso pode começar a ameaçar a saúde pública conforme a contaminação decorrente, principalmente de atividades antrópicas. Em contrapartida há uma grande preocupação em buscar soluções viáveis com objetivo de conscientizar, recuperar, preservar o consumo racional de água.

O processamento de alimentos, bem como todos seus procedimentos, incluindo higienização local e de equipamentos, implica cada vez mais na exploração de recursos hídricos, ao qual se faz necessário o tratamento do efluente gerado, antes do lançamento ao curso d'água.

O efluente, quando lançado ao curso d'água, diretamente, sem qualquer tratamento prévio, ocasiona consequências como proliferação de algas, morte de animais aquáticos e liberação de odores (ALMEIDA et al., 2007). O processamento de frutas e hortaliças, PFH, situado na Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes demanda de grande utilização de água potável, uma média de 5.000 litros diários, conforme dados levantados pelos servidores do setor, durante o desenvolvimento deste trabalho, para processamento dos alimentos bem como a limpeza do local. Muitos resíduos, grande parte composta por orgânicos, são misturados à água durante o processo de lavagem dos alimentos

e produção dos mesmos. Parte dessa água é despejada diretamente ao Rio Mogi Guaçu, que passa nas delimitações do Câmpus.

A utilização de filtros biológicos vem sendo uma alternativa sustentável de recuperação de águas e a utilização de macrófitas aquáticas no processo torna-se um ótimo aliado. Diversos estudos já foram realizados constatando a eficiência de algumas espécies de macrófitas aquáticas como filtro biológico. Destaca-se o aguapé, *Eichhornia crassipes*, que “se alimenta de poluição”, tem função de filtragem de metais pesados, como por exemplo o cádmio, o níquel, o mercúrio, o chumbo, a prata, o cobalto e o estrôncio. Possui crescimento e reprodução rápida, também se mostra eficiente na remoção de sólidos em suspensão, que é removida por adsorção no sistema radicular das plantas, possui baixo custo, além de ser uma espécie de positivo impacto visual, tornando-se alternativa viável na implantação de filtros biológicos em sistema aquático.

Considera-se de extrema importância pesquisas relacionadas ao tratamento de efluentes líquidos utilizando macrófitas para adsorção de contaminantes e remoção de parâmetros poluentes para adequar as águas residuárias aos limites de lançamentos aos cursos d'água estabelecidos, em Minas Gerais pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 1 de 05 de maio de 2008, desenvolvendo alternativas de baixo custo de implantação e para recuperação da qualidade de água.

O objetivo do presente trabalho foi implantar um sistema piloto de tratamento de composto por filtro biológico de aguapé em ambiente real de aplicabilidade e adequar a água resíduária do setor de processamento de frutas e hortaliças do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes, através do emprego de um sistema de tratamento em filtro biológico com aguapé, *Eichhornia crassipes*, para posterior lançamento em curso d'água de classe II de acordo com as exigências estabelecidas pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 1 de 05 de maio de 2008.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente a qualidade da água tornou-se um tema amplamente discutido bem como os seus diferentes tratamentos dando ênfase nas questões ambientais.

2.1 A ÁGUA

Um dos direitos fundamentais a vida do ser humano é a água, disposto no Art. 30 da Declaração Universal dos Direitos Humanos (DDH, 2005). Conforme Branco (2013) 70% da massa corporal humana é representado pela água, desempenhando um papel fundamental à vida.

O abastecimento doméstico e industrial, recreação, geração de energia, dentre outras utilidades, são algumas finalidades da água que, nas últimas décadas, está cada vez mais disputada, em quantidade e qualidade, decorrente do vasto crescimento demográfico e do próprio desenvolvimento econômico (MMA, 2002).

As reservas de água do planeta são finitas, não renováveis e estão cada vez menores. Estima-se que 400 crianças e 100 adultos morrem a cada 15 minutos no mundo devido à falta ou à má qualidade da água (BOTELHO & CAMPOS, 2001).

Jonas & Hussar (2010) destacaram que com o aumento de água nos últimos tempos, nas atividades industriais e agrícolas, juntamente com o crescimento demográfico sem um planejamento correto é possível perceber que cada vez mais a exploração de recursos naturais vem ocorrendo, principalmente no campo hídrico, causando com o tempo sua degradação. Nascimento (2004) retratou o crescimento da demanda de água a partir do século I a.C., até o século XX, onde no século I a.C o consumo era de 12 litros L.dia⁻¹.pessoa, no

período romano era de 20 L.dia⁻¹.pessoa, no século XIX, cidades pequenas, era de 40 L.dia⁻¹.pessoa, no século XIX, cidades grandes, era de 60 L.dia⁻¹.pessoa e no século XX era de 800L.dia⁻¹.pessoa.

A água sendo um veículo transmissor de doenças, a preocupação com sua qualidade parte desde as autoridades sanitárias até um problema de questão mundial, tentando assim, preservar mananciais e a saúde da população que sofre com este problema (ASSIS, 2004).

Rebouças (2002) relatou que falta nos grandes estados brasileiros uma cultura que combata o desperdício e poluição da água, que respeite o seu caráter finito e seu valor econômico.

Para uma utilização segura da água é extremamente importante a análise de sua qualidade, já que concentrações anômolas de determinados elementos podem causar problemas à saúde pública e o meio ambiente (CRUZ et al., 2007)

Podemos dizer que pouco mais de 97% da água existente no mundo, é salgada, e que o restante, que não é muito, não é totalmente doce. Chamada de salobra, que significa “um pouco” salgada, é encontrada em alguns pântanos, lagos e no solo (ANA, 2012). O registro da qualidade da água que é de consumo humano acontece desde 2002 a.C. (CAMPOS et al., 2002).

2.2 SISTEMAS WETLANDS

Este sistema pode ser dividido em sistemas naturais e construídos (artificiais). Os sistemas *wetlands* naturais podem ser utilizados no tratamento de esgotos, conhecidos popularmente como banhados e pântanos, quando colocados diretamente em várzeas de forma controlada (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

Por volta de 1950 os *wetlands* construídos foram desenvolvidos para verificar a biodegradação de compostos orgânicos e inorgânicos de efluentes por plantas, inicialmente na Europa e na América do Norte (COOPER et al., 1996). Vários países vem adotando os sistemas artificiais para tratar águas residuárias uma vez que possuem construção simplória, operação e manutenção facilitada e custo benefício satisfatório (SALATI JR et al., 1999). Para Salati et al. (2009) as técnicas são caracterizadas conforme o que será tratado (resíduo), a eficiência esperada e muitas vezes o interesse de paisagismo empregado.

No país, o primórdio de utilização de sistemas de *wetlands*, foi realizado por Salati & Rodrigues (1982), com o intuito de purificar águas construindo um lago artificial

próximo a um córrego poluído, na cidade Piracicaba/SP. Em 1985 a Construtora Ambiental Ltda., posterior Instituto de Ecologia Aplicada, continuou os trabalhos visto que inicialmente os resultados foram satisfatórios, assim novas tecnologias foram desenvolvidas buscando maior custo benefício e eficiência.

De 1975 a 1999 os trabalhos publicados utilizando plantas aquáticas no tratamento de águas e efluentes, apontaram como a alternativa mais estudada a remoção de 60% nutrientes (nitrogênio - N e fósforo - P) e 16% de remoção de metais (COSTA et al., 2000).

2.3 PLANTAS AQUÁTICAS

As plantas aquáticas, também conhecidas como macrófitas, possuem a denominação macro (grande), fita (planta). Habitam brejos e ambientes submersos. Consideradas como vegetais terrestres adaptadas ao ambiente aquático de acordo com seu processo evolutivo, ampliando sua ocorrência (UFSCAR, 2010).

As espécies mais comuns nos rios e lagos no Brasil são a *E. crassipes* (aguapé, jacinto d'água, baronesa, rainha dos lagos), a *Pistia stratiotes* (alface d'água), e outras dos gêneros *Salvinia* (samambaia aquática, marrequinha, erva de sapo e murerê) e *Potamogeton* (COSTA et al., 2004).

As plantas aquáticas usadas no tratamento de águas residuárias podem ser divididas em três grupos (Figura 1): (i) emergentes: sua folhagem principal está em contato com o ar e as suas raízes estão fixadas ao solo (*Scirpus* spp., *Typha* spp.); (ii) flutuantes: podem estar fixadas (*Nymphaea* spp.) ou não (*Lemna* spp.) ao fundo do leito, mas sua folhagem principal flutua na superfície da água e (iii) submergentes ou submersas: crescem sob a superfície, suspensas na coluna de água, podendo ou não estar fixas por raízes (*Elodea* spp., *Najas* spp.).

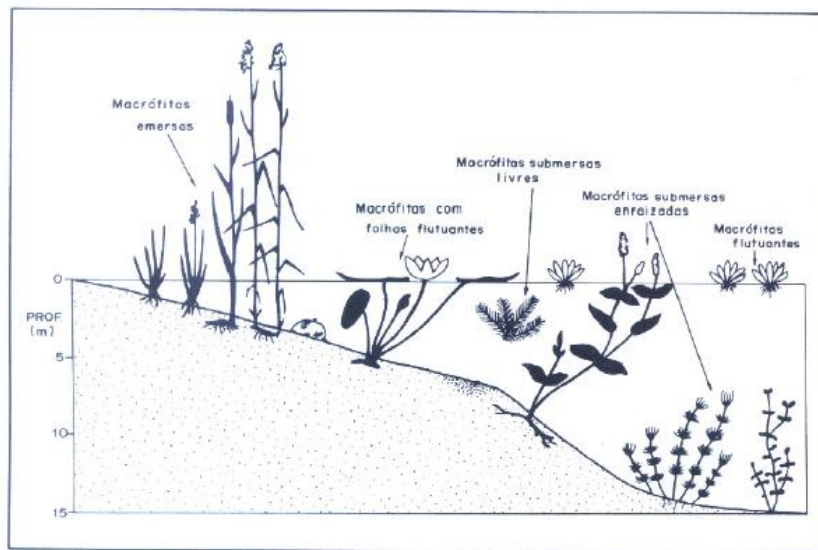


Figura 1 - Classificação das macrófitas aquáticas. Fonte: Esteves (1998).

A macrófita aquática possui características que contribuem de maneira positiva ao desempenho da *wetland*, como crescimento acelerado; incorporação alta de nutrientes; conter altamente nutrientes na biomassa; fácil adaptação e tolerância ao efluente e a diversas condições climáticas (TANNER, 1996).

Vem sendo utilizadas em tratamentos de águas residuárias de acordo com sua comprovada absorção de nutrientes como nitrogênio e fósforo, crescimento rápido, manipulação e controle facilitado de retirada dos cursos d'água e pelo aproveitamento da biomassa com diversas possibilidades (ROMITELLI, 1983).

As macrófitas necessitam de nutrientes como carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio, molibdênio, manganês e cobre, para seu desenvolvimento adequado. Os mais exigidos pelas plantas são o fósforo e o nitrogênio e quando os teores se elevam, passam a atuar como poluentes ambientais, tornado-se citotóxicos (CORRÊA et al., 2002).

As atividades antropogênicas são as principais causas de eutrofização, aumentando o nível de fósforo e diversos outros nutrientes na água e isso ocorre através de lançamento de água não tratada principalmente com excesso de fertilizantes (HARPER, 1992).

Ainda não existe um detalhamento perante a escolha da macrófita a ser utilizada para tratamento de efluentes. Valentim (2003) aconselhou que antes de seu uso, seja realizada

uma observação nas proximidades, de espécies comuns e planejamento de um tratamento piloto testando algumas das plantas.

2.4 O AGUAPÉ

O aguapé, *Eichhornia crassipes* (Figura 02), origina-se da América Central em região tropical (KAWAI & GRIECO, 1983) é classificada como monocotiledônea, flutuante, pertencente à família das Pontederiaceae (ESTEVES, 1998).

Romitelli (1983) relatou que a utilização do aguapé se destaca como mais comum em discussão quanto a utilização de sistemas ecológicos.



Figura 2 - Planta de aguapé. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte elaboração própria.

A morfologia da *E. crassipes* indica que a espécie é suculenta, com cerca de 95% de água (MEES, 2006), pode chegar a medir 1 metro de altura, com folhas arredondadas e espongiiformes de 10 cm com pecíolos e significativa quantidade de aerênquima. As raízes possuem pêlos e serve como abrigo natural para organismos aquáticos (PETRUCIO & ESTEVES, 2000).

O aguapé possui um sistema radicular como um filtro mecânico, criando um ambiente rico em atividades de fungos e bactérias absorvendo o material particulado (orgânico e mineral) existente na água e, despoluindo a mesma (MANFRINATO, 1991).

As plantas são flutuantes pois, com exceção da semente, todas partes da planta possuem peso específico inferior a 1 grama (PERAZZA et al., 1985).

A reprodução ocorre por estalões (estolhos) e o crescimento lateral se faz a partir do rizoma. Somente em condições especiais, a reprodução ocorre de forma sexuada (ROMITELLI, 1983). Duas semanas é o tempo médio de duplicação da planta (PERAZZA et al., 1985). A espécie possui a capacidade de grande fixação, mais da sua necessidade, de nutrientes em seus tecidos, além de fixar também elementos químicos estranhos ao seu metabolismo (DENÍCULI et al., 2000).

Além do uso para remoção de poluentes, o aguapé também se destina à produção de ração animal, adubos para agricultura e compostagem (WOLVERTON & McDONALD, 1979).

A cobertura destas plantas flutuantes reduzem os efeitos da mistura pelo vento bem como minimizam as misturas térmicas, o sombreamento produzido por elas restringem o desenvolvimento de algas e o sistema radicular impede o movimento horizontal de material particulado (DINGES, 1982). A sedimentação ou adsorção no sistema radicular das macrófitas removem grande parte dos sólidos em suspensão, caracterizando assim a eficiência do aguapé na remoção destes sólidos (DEBUSK et al., 1989).

2.5 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS

O desenvolvimento de atividades humanas se reflete na importância da utilização de recursos hídricos, sendo assim, a Legislação Brasileira necessitou de criar normas de regulamentação quanto a utilização destes recursos, a primórdio com o objetivo de redução dos impactos gerados ao mesmo.

A Constituição Federal de 1988 estabelece

Art. 225. “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

A água se insere em direitos pertencentes a uma privado e público, não em dominialidade mas sim de gerenciamento. A Constituição Federal deixa claro que o meio ambiente é “bem de uso comum do povo” e não pertencente a uma pessoa física ou jurídica privada ou pública, mas sim a todos.

Para visar a responsabilidade e o controle de captação de água, a Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (BRASIL, 1997)

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Lei Federal 9433/97 identifica que a água é um recurso natural limitado e bem de domínio público de valor econômico. Em casos de escassez, é prioridade sua utilização para consumo humano e a dessedentação de animais. A bacia hidrográfica deve implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, contando com o Poder Público e sociedade envolvida, que se comprometa com essa gestão.

A Lei nº 6.938/1981 estabelece em seu artigo 4º, inciso VII, como um dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, a “imposição (...) ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos” (BRASIL, 1981). Para o artigo 19, incisos I e II, da Lei nº 9.433/1997, a cobrança pelo uso da água tem por

objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, assim como incentivar a racionalização do uso da água.

A aprovação de leis busca amparar o uso da água em setores produtivos, como a Lei Federal 9605/98, chamada Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), a Lei 9984/2000, que criou a Agência Nacional de Água (BRASIL, 2000), tendo como missão regulamentar o uso das águas dos rios e lagos de domínio da União e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, garantindo que haja um uso sustentável para que a água de boa qualidade e em quantidade seja suficiente para a atual e as futuras gerações.

Resolução 48/05 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que estabelece critérios a serem observados pelos Comitês de Gestão das Bacias Hidrográficas para a determinação da cobrança pelo uso da água (MMA, 2005).

A Resolução 430 de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa (MMA, 2011) e altera a Resolução 357/2005 do CONAMA (CONAMA, 2005), bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e as ações de gestão para seu controle. Um prazo de 3 anos foi estabelecido para adequação dos empreendimentos aos novos padrões. Assim, os efluentes poderão somente ser lançados diretamente nos corpos receptores após tratamento obedecendo às condições, padrões e exigências dispostos na resolução 430 e em normas aplicáveis.

A Deliberação Normativa Conjunta (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), número 1, publicado em 05 de maio de 2008 relataram sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabeleceu as condições e padrões de lançamento de resíduos líquidos (COPAM/CERH, 2008) e para este trabalho, encontra-se na Tabela 1 os parâmetros de qualidade de lançamento em corpos d'água.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de lançamento em corpos d'água (COPAM/CERH, 2008)

PARAMETRO	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
Cor verdadeira	até 75 mg Pt/L;	até 75 mg Pt/L;	-	-
Turbidez	até 40 UNT,	até 100 UNT,	até 100 UNT,	-
Ph	entre 6 a 9,	entre 6 a 9,	entre 6 a 9, 100 mg.L ⁻¹ ,	entre 6 a 9;
P total	0,1 mg.L ⁻¹ ,	0,1 mg.L ⁻¹ ,	- 0,15 mg.L ⁻¹	
Nitrogenio Amoniacal	0,5 a 3,7 mg.L ⁻¹	0,5 a 3,7 mg.L ⁻¹	1,0 a 13,3 mg.L ⁻¹	até 20 mg.L ⁻¹ .

Ressalva que para Classe I o limite de lançamento para nitrogênio é 3,7 mg.L⁻¹ se pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver entre 7,5 a 8,0; 1,0 mg.L⁻¹ para pH entre 8,0 e 8,5 e 0,5 mg.L⁻¹ se o pH estiver acima de 8,5. Para Classe II o limite de lançamento para nitrogênio é 3,7 mg.L⁻¹ se pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver entre 7,5 a 8,0; 1,0 mg.L⁻¹ para pH entre 8,0 e 8,5 e 0,5 mg.L⁻¹ se o pH estiver acima de 8,5. Para Classe III o limite de lançamento para nitrogênio é 13,3 mg.L⁻¹ se pH ≤ 7,5; 6,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver entre 7,5 a 8,0; 2,0 mg.L⁻¹ para pH entre 8,0 e 8,5 e 1,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver acima de 8,5.

As condições de qualidade dos ambientes referentes à classe 4 serão considerados com relação ao local onde se encontra o corpo d'água e seguirão os detalhes de regulamento específico da localidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no setor de processamento de frutas e hortaliças - PFH - e Laboratório de Águas, situados na Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes/MG cuja latitude é de 22°18'48.57" e longitude de 46°19'46.60". O empreendimento do Câmpus Inconfidentes está identificado como:

- Razão Social: Processamento de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. CNPJ: 10648539/0004-58. Atividade Principal: Processamento de Hortaliças. Endereço: Rua Cláudio Manoel da Costa, n° s/n, Inconfidentes, MG. CEP: 37576-000. Telefone: (35) 3464-1200. Horário de funcionamento das 7h00 às 17h00. Nome dos Responsáveis: Thiago Marçal da Silva e Anísio de Sousa Matoso.

O município de Inconfidentes localiza-se a 869 metros de altitude, com clima tropical de altitude, possui temperatura média anual de 18°C. Consta como seu principal curso d'água o Rio Mogi Guaçu (PREFEITURA DE INCONFIDENTES, 2009).

O PFH do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes faz uso de significativa quantidade de água, uma média de 5.000 litros diários, conforme dados levantados pelos servidores do setor, durante o desenvolvimento deste trabalho, seja durante o processamento de alimentos ou limpeza do local, ao qual é lançado sem tratamento ao curso d'água, Rio Mogi Guaçu, e acarreta em uma redução do consumo de água para outros fins.

Durante a execução do projeto, os principais produtos bem como a forma de processamento no setor, estão descritos na Tabela 02, com média de observação de 3 meses.

Tabela 2 - relação de produtos e forma de processamento no setor do PFH do Câmpus Inconfidentes, com média de observação de 3 meses. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Produtos	Processamento	Média (unidade: cabeça, maço e peso em quilos)
Alface	Lavagens e corte	664.33 cabeças
Agrião	Lavagens e corte	81.33 maços
Abobrinha	Lavagens e corte	138 kg
Beterraba	Lavagens e corte	191 kg
Brócolis cabeça única	Lavagens e corte	95.3 kg
Brócolis ramoso	Lavagens e corte	86.33 kg
Cenoura	Lavagens e corte	35 kg
Chicória	Lavagens e corte	48 maços
Couve	Lavagens e corte	111.33 maços
Couve Flor	Lavagens e corte	40 kg
Cheiro Verde	Lavagens e corte	94.33 maços
Repolho	Lavagens e corte	44 kg
Rúcula	Lavagens e corte	126.33 maços
Tomate	Lavagens e corte	20 kg
Rabanete	Lavagens e corte	60 kg
Banana	Despolpamento	388.33 kg
Laranja	Despolpamento	169 caixas
Morango	Despolpamento	178 kg
Uva	Lavagem	178 kg

3.2 SISTEMA PROPOSTO

O sistema *wetland* foi construído dando prioridade na utilização de materiais de baixo custo, sendo dimensionado para receber toda água residuária proveniente do tanque de lavagem das frutas e hortaliças e higienização do local. Optou-se por fazer em triplicata para maior validação dos resultados, constando dois níveis intercalados, conforme demonstrado na Figura 3. Os tanques utilizados no sistema possuíam a profundidade de 29 centímetros, dando espaço para o crescimento da raiz da macrófita utilizada.

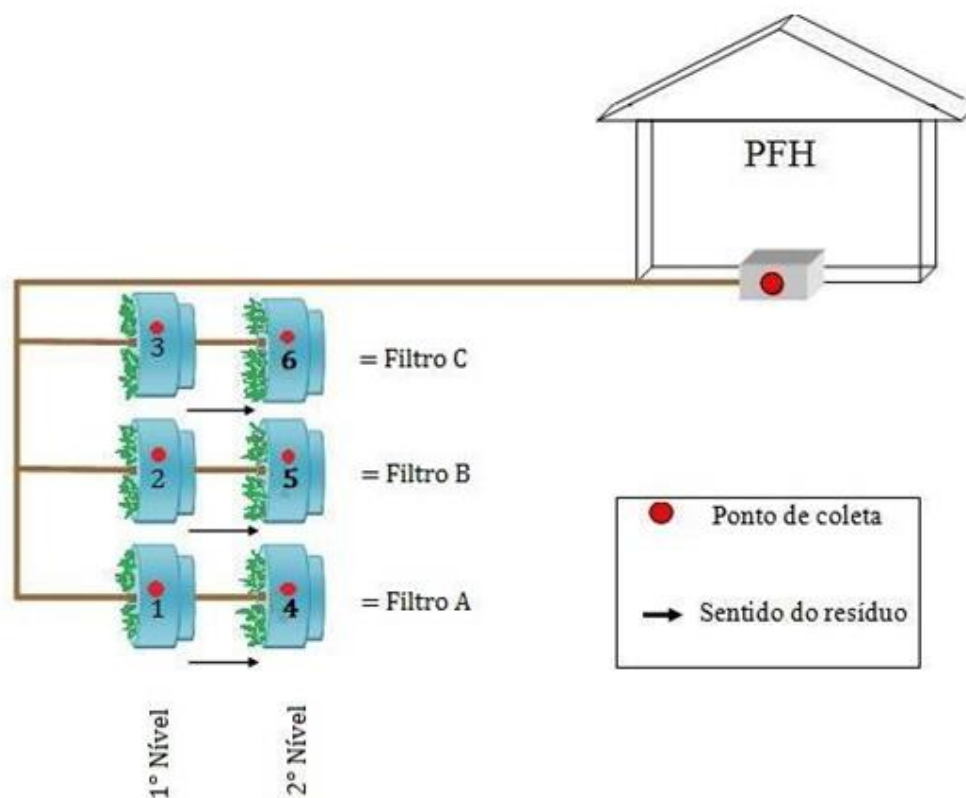


Figura 3 - Croqui do sistema *wetland* construído. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.

Assim foram denominados para os filtros A, B e C sendo: filtro A equivalência da interligação dos tanques 1 e 4; filtro B equivalência da interligação dos tanques 2 e 5 e filtro C equivalência da interligação dos tanques 5 e 6.

Quanto aos níveis foram dois, sendo o primeiro a equivalência dos tanques 1, 2 e 3 e o segundo sendo a equivalência dos tanques 4, 5 e 6. Foram coletadas aproximadamente 90 plantas de aguapés a serem utilizadas no sistema, em um único corpo d'água lântico do Câmpus Inconfidentes, onde sua proliferação aconteceu de forma natural (figuras 4 A e B).



Figura 4 - (A) Corpo d'água lântico onde foram retiradas as plantas de aguapé; (B) Coleta do aguapé. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.

A seleção das plantas do aguapé foi realizada no dia 21 de outubro de 2014, data em que foram escolhidas plantas de um mesmo porte sendo deixadas visualmente homogêneas, com todas as plantas contendo um comprimento de raiz de 13 centímetros, um número de 5 pecíolos e peso médio de 150 gramas, devidamente demarcadas com fita para posterior análise. Na Figura 5 A e B, encontram-se os aguapés que foram colhidos e estavam em processo de seleção.



Figura 5 - (A) Plantas de aguapé antes do processo e seleção; (B) Pesagem das plantas de aguapé para homogeneizar o lote. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Cinco indivíduos de macrófitas foram incorporadas em cada tanques do sistemas antecedendo a um mês do início das análises, para adaptação das mesmas, onde o sistema foi alimentado com água residuária (Figura 06).



Figura 6 - Sistema em condução. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

3.3 COLETAS AMOSTRAIS

As amostras foram coletadas seguindo a metodologia disposta nos itens 2.1.5, 2.1.5.1 e 2.1.5.2 do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2012) em 7 pontos, sendo a saída de efluente bruto e a saída de água de cada tanque, relacionados na Tabela 3.

Tabela 3 - Relação de pontos de coleta para análises. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Efluente	Local de coleta
1° ponto - Efluente Bruto	Efluente direto da caixa de saída do setor de PFH.
2° ponto – Saída do tanque número 1	Efluente tratado apenas por um nível.
3° ponto – Saída do tanque número 2	Efluente tratado apenas por um nível.
4° ponto – Saída do tanque número 3	Efluente tratado apenas por um nível.
5° ponto – Saída do tanque número 4	Efluente tratado por dois níveis.
6° ponto – Saída do tanque número 5	Efluente tratado por dois níveis.
7° ponto – Saída do tanque número 6	Efluente tratado por dois níveis.

Foram utilizados recipientes plásticos de 250 ml, devidamente identificados e transportados em isopor, imediatamente após a coleta, até o armazenamento refrigerado para o Laboratório de Águas do IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes, Figura 07.



Figura 7 - Coleta das 7 amostras do sistema construído. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

A água bruta juntamente com a água do sistema foram coletadas duas vezes na semana, durante o mês de dezembro do ano de 2014. As mesmas foram avaliadas a partir dos parâmetros físicos: condutividade elétrica; cor; sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez. Os parâmetros químicos analisados foram: pH; fósforo; nitrogênio e DQO (Figura 08). As análises foram realizadas imediatamente após a coleta, uma vez que alguns parâmetros, passados de 24 horas de armazenamento podem comprometer os resultados.



Figura 8 - Análises laboratoriais. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.

3.4 PARÂMETROS ANALISADOS

Para as plantas de aguapés foram avaliados a quantidade de novos indivíduos, peso fresco da planta, comprimento de raiz e número de pecíolos. Estas avaliações consistiram na data de implantação das aguapés no sistema construído e no último dia de coleta para as análises.

Para o parâmetro turbidez, foi utilizado o turbidímetro que após calibrado, a amostra de água coletada (em temperatura ambiente) foi colocada na cubeta até enchê-la. Posteriormente a cubeta foi tampada, higienizada e colocada no turbidímetro que, por fim, foi realizada a leitura e anotado o valor em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU) da amostra. Para as características de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, 50 ml de cada amostra coletada foi colocada em um becker no qual foi inserido o eletrodo juntamente com o termopar do condutivímetro digital 150 e realizado a leitura para condutividade elétrica e em seguida para sólidos totais dissolvidos, após a definição da função no aparelho. Destaca-se que para cada análise, condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos, foi utilizada uma amostra de 50 ml em beckers distintos.

Para determinação da cor, as amostras coletadas foram colocadas na cubeta até enchê-la, a qual foi tampada, higienizada, colocada no equipamento colorímetro plus, marca alfa kit, e realizada a leitura, anotando os valores da amostra em miligramas de platina por litro (mg.pt/L). Quanto ao potencial hidrogênico, o peagâmetro foi calibrado e em seguida inserido o eletrodo com o termopar em um becker de 50 ml preenchido com a amostra de água.

Para a característica de demanda química de oxigênio (DQO) foram utilizados em tubo limpo com tampa, 2,5 ml das amostras juntamente com 1,5 ml da solução digestora e 3,5 ml da solução catalítica. Em seguida foi homogeneizado e levados ao bloco digestor por duas horas a 150°C. Em seguida foi realizada a leitura. Como solução digestora foi utilizada ácido sulfúrico e dicromato de potássio. Para solução catalítica foram utilizados ácido sulfúrico e sulfato de prata.

Para o parâmetro nitrogênio foram utilizadas 2 gramas de mistura catalítica (sulfato de cobre 5% + sulfato de potássio 95%) que foram colocadas em tubo de ensaio grande e sem tampa juntamente com 2 ml das amostra e 5 ml de ácido sulfúrico puro. Em seguida foram levadas ao bloco digestor, iniciando em uma temperatura de 50°C e a cada meia hora elevando 50°C até chegar 350 °C. Após foi realizada a leitura.

Para o parâmetro fósforo foram utilizadas 25 ml das amostras juntamente com 25 ml de água destilada com 0,4 gramas de persulfato e 1 ml de ácido sulfúrico a 30%. Estas misturas foram levadas à chapa aquecedora a 150°C, esperando o volume reduzir a 1/5, ou seja, aproximadamente 10 ml. Feito isto, foram adicionados 30 ml de água mais 3 gotas de fenol + hidróxido de sódio até a coloração “rosa bebê”. A mistura foi colocada em balão volumétrico completada para 100 ml com água destilada. Em seguida 50 ml da amostra foi colocada em um becker e adicionado ácido ascórbico + tartarato de potássio obtendo a coloração azul e esperando-se 2 minutos para realização da leitura, dada em mg.L⁻¹.

Os dados foram analisados utilizando o software computacional Microsoft Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS FÍSICOS DA PLANTA

Quanto às plantas de aguapés em uma análise individual dos tanques, foi observado uma variação para os parâmetros físicos de crescimento, conforme Tabela 4. O tanque 5 B foi o que se destacou dos demais para as três características de peso, comprimento de raiz e número de pecíolos.

Tabela 4 - Relação média dos parâmetros físicos finais de crescimento do aguapé, peso (gr), comprimento de raiz (cm) e contagem pecíolos (número). IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Tanques	Peso	Comprimento raiz	Nº Pecíolos
1 A	181,6	24	12,4
4 A	249,2	29,4	13,2
2 B	224	19,8	14,6
5 B	232,8	22	18,8
3 C	222	33,8	14,6
6 C	219,2	28,4	16,2

Para o tanque 3 C, primeiro tanque a receber toda a água residuária do PFH, conforme já demonstrado na Figura 2, observou-se que as plantas quando comparadas com o tanque 4 A, último tanque a receber a água residuária, tiveram um peso médio menor de 27,20 gramas, ou seja, 10,91% menor.

Na tabela 05, levando em consideração o peso médio inicial de 150 gramas para cada aguapé, bem como 13 centímetros de raiz e número médio de 5 pecíolos por planta, temos a relação percentual de ganhos ao crescimento que corrobora com o descrito na Tabela 4, sendo que para crescimento de raiz o tanque 3 C foi o que apresentou maior crescimento e para massa fresca da planta de aguapé o tanque 4 A. Este crescimento ocorreu pois os tanques 3 e 6 recebiam menos luz de acordo com a localização próxima a um arbusto e menor disponibilidade de fósforo, visto que a raiz cresce para buscar o nutriente no fundo do tanque. Sugere-se que o peso molecular do fósforo, 30,973762u, pode ter levado ao fundo do tanque, e o mesmo não se encontrava solúvel para a planta na superfície.

Tabela 5 - Relação percentual dos parâmetros físicos finais de crescimento do aguapé, comparando com as médias iniciais, sendo ganho de peso, crescimento de raiz e aumento de pecíolos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Tanque	Ganho de peso	Crescimento de raiz	Aumento de pecíolos
1 A	21,1	84,6	148
4 A	66,1	126,2	164
2 B	49,3	52,3	192
5 B	55,2	69,2	276
3 C	48,0	160,0	192
6 C	46,1	118,5	224

Houve aumento do número de indivíduos por tanque, conforme apresentado na Tabela 06 onde verificou-se que o número de indivíduos finais no tanque 4 A foi inferior ao 1 A entretanto o peso médio foi 98,10 gramas a mais, ou seja, 40,10% superior. O aguapé se alimenta de poluição e sua proliferação pode indicar a poluição hídrica, ou seja, a má qualidade da água residuária favorece o desenvolvimento e proliferação de indivíduos de aguapé. Lutzenberger (1985) destacou que a taxa de crescimento do aguapé seria considerado como uma indicação biológica do grau de poluição dos corpos d'água. O período de execução do projeto contribuiu ao desenvolvimento dos indivíduos, visto que para obtenção de crescimento e multiplicação das plantas de aguapé, as melhores temperaturas estão entre 28 e 30°C. Quando a temperatura cai bruscamente, há uma diminuição na sua produção (PERAZZA et al., 1985).

Tabela 6 - Relação de novos indivíduos (NI) de plantas de aguapé, colocados em sistema construído, sendo peso (gr), comprimento de raiz (cm) e quantidade de pecíolos (números). IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Tanques	NI	Peso	Comprimento de raiz	Nº pecíolos
1 A	8	65,9	21,0	9,6
4 A	7	164,0	25,7	11,1
2 B	3	99,3	13,0	7,7
5 B	3	72,7	14,7	8,0
3 C	4	78,5	18,8	8,0
6 C	3	60,7	19,3	6,7

Vale ressaltar que para a disposição dos tanques 1 A e 4 A que correspondem ao filtro A, os mesmos não ficaram sombreados em nenhum momento, quando comparados com os tanques 3 C e 6 C que correspondem ao filtro C que estavam próximos a um arbusto. Para todos os tanques foram observados efeitos positivos do aguapé quanto à sua adaptação e sobrevivência ao sistema com ganhos percentuais significativos em peso, comprimento de raiz, número de pecíolos e número final de indivíduos. Esteves (1998) concluiu que a produtividade das macrófitas aquáticas está relacionada diretamente a três fatores: quantidade de nutriente disponível, fatores climáticos e intensidade luminosa incidente. Corroborando com estes relatos, Wetzel (2001) relatou que a temperatura e a luz se relacionam de forma direta à eficácia das principais atividades dos vegetais.

4.2 PARÂMETROS DO RESÍDUO BRUTO E TRATADO

Para os parâmetros laboratoriais os resultados obtidos foram comparados com padrões de lançamento de resíduos líquidos estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 1 de 05 de maio de 2008.

4.2.1 Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos

Na Figura 9 encontra-se os resultados de condutividade elétrica e na Figura 10 sólidos totais dissolvidos.

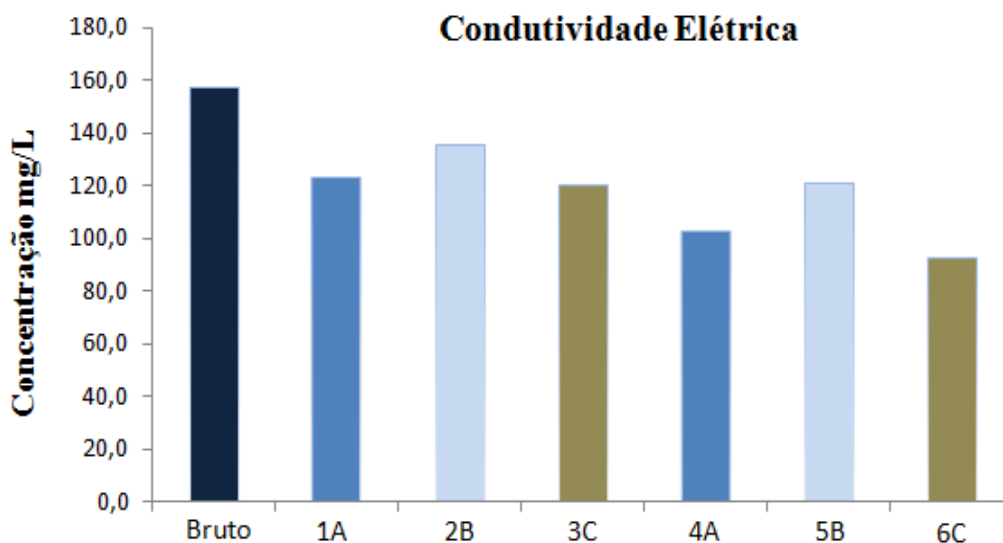


Figura 9 - Valores para o parâmetro de condutividade elétrica. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: Elaboração própria.

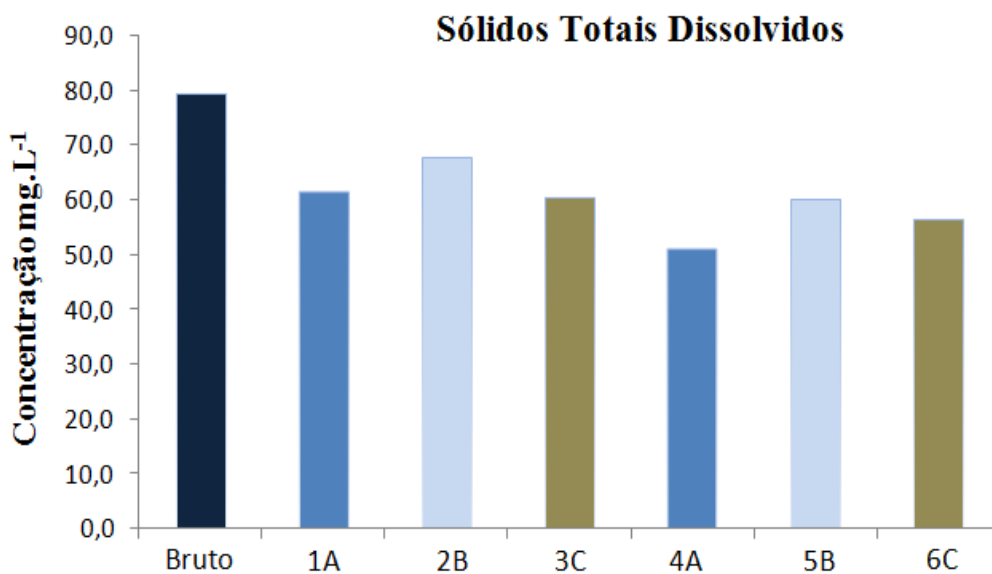


Figura 10 - Valores para o parâmetro de Sólidos Totais Dissolvidos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. . Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 07 encontra-se a variação da condutividade elétrica comparando a porcentagem de remoção média, que compreendeu as cinco coletas no mês de dezembro do ano de 2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3.

Tabela 7 - Variação da condutividade elétrica (mg/l) comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG,2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta	% Remoção- 1, 2 e 3
	Bruta	100,60	237,10	157,66	-	-
Filtro A	1	94,91	153,50	122,86	22,07	22,07
	4	75,88	116,20	102,22	35,16	16,80
Filtro B	2	123,20	170,50	135,96	13,76	13,76
	5	108,00	143,40	120,94	23,29	11,05
Filtro C	3	112,10	135,90	120,34	23,67	23,67
	6	11,40	137,30	92,62	41,25	23,03

Não há referência aos limites de condutividade em efluentes na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N°1, entretanto Esteves (1998) esclareceu que a condutividade elétrica reflete a concentração de íons dissolvidos. Genteliniet et al. (2008) constatou que o aguapé apresentou maior capacidade de adsorção de íons, o que se reflete na diminuição da condutividade elétrica. Ainda na Tabela 07, podemos observar que o 1° nível (tanques 1, 2 e 3) apresentou a média de remoção quando comparado com a amostra bruta de 19,84% e quando comparado ao 2° nível (tanques 4, 5 e 6) com o 1° pode-se observar remoção média de 16,96, levando em consideração como 100% o valor de 126,4 retirando-se assim o que já fora removido no primeiro nível, de diminuição da condutividade elétrica, totalizando remoção média de 33,43%, nível 1 e nível 2 interligados em comparação à bruta.

No tratamento da água residuária do PFH, houve remoção de sólidos totais dissolvidos, contribuindo para a diminuição da condutividade (Tabela 8).

Tabela 8 - Variação de sólidos totais dissolvidos comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG,2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta	% Remoção - 1, 2 e 3
	Bruta	49,49	120,7	79,31	-	
Filtro A	1	47,37	73,03	61,32	22,68	22,68
	4	38,41	57,31	50,88	35,85	17,03
Filtro B	2	60,6	80,86	67,71	14,63	14,63
	5	54,42	68,48	60,10	24,22	11,24
Filtro C	3	57,62	65,19	60,41	23,83	23,83
	6	47,9	65,27	56,55	28,70	6,39

A referência aos limites de sólidos totais dissolvidos em efluentes de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N°1, estabelece o valor máximo de 500 mg/L. A água residuária do setor de PFH se enquadra ao limite antes mesmo do tratamento, com média de 79,31 mg/L. O 1° nível (tanques 1, 2 e 3) apresentaram a média de remoção de sólidos totais dissolvidos quando comparado com a amostra bruta de 20,38% e quando comparado ao 2° nível (tanques 4, 5, e 6) com o 1° podemos observar remoção média de 11,55%, levando em consideração como 100% o valor de 63,1, retirando-se assim o que já fora removido no primeiro nível, totalizando uma remoção média de STD de 29,58%.

É nítido observar que o primeiro nível apresentou uma condutividade superior ao segundo nível bem como uma quantidade de sólidos totais dissolvidos. Estes resultados contribuem aos relatos de Cetesb (2015), que à medida que mais sólidos totais dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta, uma vez que o primeiro nível recebia a água residuária primeiro que o segundo nível. É importante destacar que o aumento da condutividade elétrica, com grande probabilidade, é decorrente da liberação de nutrientes durante o processo de decomposição das plantas (MARTINS & PITELLI, 2005).

4.2.2 Fósforo total

Para o parâmetro de fósforo total, pode-se observar oscilação dentro dos filtros bem como nos níveis (Figura 11).

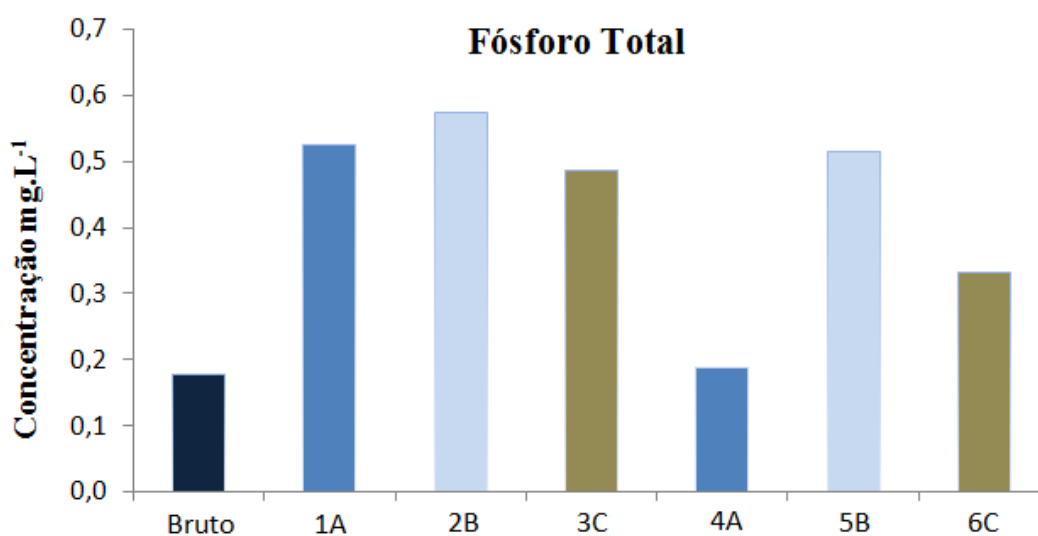


Figura 11 - Valores para o parâmetro de fósforo total. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 9 podemos verificar a porcentagem de remoção de fósforo total comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro de 2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3.

Tabela 9 - Variação de fósforo total comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta	% Remoção - 1, 2 e 3
	Bruto	0,03	0,30	0,18		
Filtro A	1	0,11	0,82	0,52	-188,89	-188,89
	4	0,05	0,32	0,19	5,56	63,46
Filtro B	2	0,11	1,47	0,57	-216,67	-216,67
	5	0,01	1,49	0,51	-183,33	10,53
Filtro C	3	0,00	0,79	0,49	-172,22	-172,22
	6	0,27	0,43	0,33	-83,33	32,65

De acordo com o limite de lançamento (0,1 mg.L⁻¹) estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008, o fósforo total apresentou-

se fora do permitido, havendo o não esperado, acúmulo do mesmo no sistema. O 1º nível (tanques 1, 2 e 3) apresentou a média de acúmulo de 192,59% quando comparado com a amostra bruta. Quando comparamos o 2º nível (tanques 4, 5 e 6) com o 1º, podemos observar uma remoção de 35,55%, levando em consideração como 100% o valor de 0,52 retirando-se assim o que já fora removido no primeiro nível, neste caso acumulado, totalizando média final de 88,58% de aumento na concentração de fósforo total.

Estes valores negativos indicam o acúmulo de fósforo total, sugerindo que o fósforo presente se encontra em forma inorgânica que pode ser justificado devido ao detergente utilizado na higienização do local e resíduos de fertilizantes em alimentos processados devido a pré-lavagem, conforme já citado por Harper (1992), além da interferência climática, como exposição à chuva (CETESB, 2015). Contudo o gráfico demonstra tendência à redução, indicando que a inserção de mais níveis devem reduzir a carga de fósforo na água. Mansor (1998) relatou remoção média de fósforo total de 73,24% tratando esgoto doméstico em experimentos de leitos cultivados, o que não ocorreu neste trabalho.

4.2.3 Potencial hidrogeniônico

Na Figura 12, encontra-se os valores de potencial hidrogeniônico (pH).

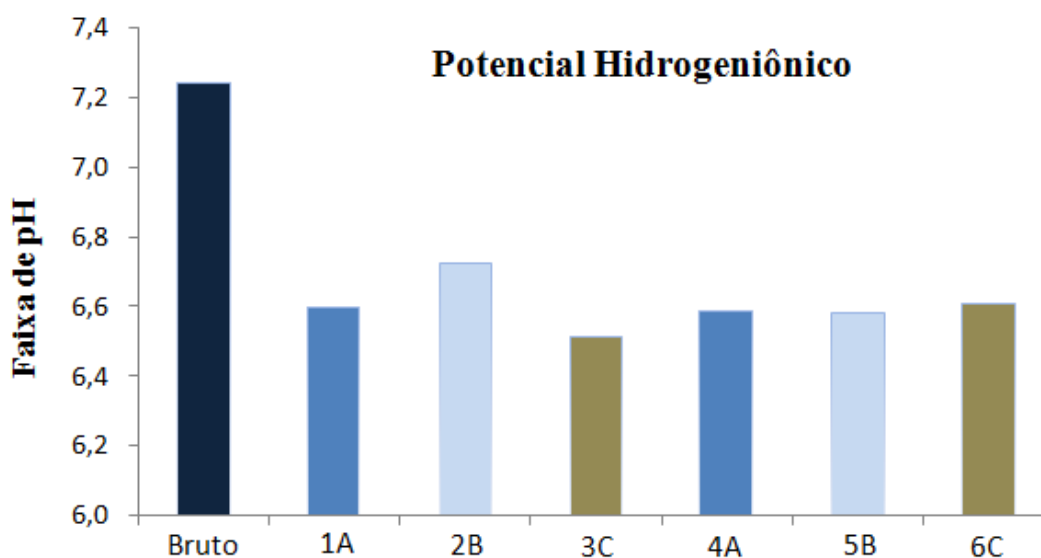


Figura 12 - Valores para o parâmetro de ph. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 10 podemos verificar os valores de pH para a água residuária no sistema construído, comparando a porcentagem de variação média, das cinco coletas no mês de dezembro de 2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às variações das etapas 1, 2 e 3.

Tabela 10 - Variação de ph comparando a porcentagem de variação média, das cinco coletas no mês de dezembro de 2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às variações das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Variação- bruta	% Variação- 1, 2 e 3
	Bruto	6,75	8,24	7,24		
Filtro A	1	6,31	6,95	6,59	8,97	8,97
	4	6,3	7,01	6,59	8,97	8,91
Filtro B	2	6,46	7,08	6,728	7,07	7,07
	5	6,4	6,83	6,582	9,09	8,90
Filtro C	3	6,23	6,79	6,516	10	10
	6	6,42	6,86	6,608	8,73	-1,41

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008 estabeleceu como padrão de lançamento o limite de pH de 6,0 a 9,0. A água residuária do setor de PFH se enquadra ao limite antes mesmo do tratamento, com média na faixa de 7,24. Ainda na Tabela10 podemos observar que o 1° nível (tanques 1, 2 e 3) apresentaram a média de variação quando comparado com a amostra bruta de 8,68% e quando comparamos o 2° nível (tanques 4, 5 e 6) com o 1° podemos observar uma variação média de 0,25 (levando em consideração como 100% o valor de 6,61 retirando-se assim o que já fora variada no primeiro nível) de diminuição pH totalizando assim uma remoção média de 8,91%.

É nítido observar que o primeiro nível apresentou uma remoção (diminuição) significativa em comparação com a bruta e, em contrapartida, o segundo nível não apresentou remoção significativa da faixa de pH, relatando que somente um nível já estabiliza esse parâmetro, onde de acordo com Granato (1995) o aguapé, ao entrar em contato com soluções alcalinas pode diminuir o pH dessas águas, estudo este que corrobora aos dados encontrados neste trabalho.

4.2.4 Cor e Turbidez

Na Figura 13 encontram-se os valores referentes a cor (mg Pt/L) e turbidez (UNT) das amostras de água residuária no sistema construído. O tanque 3 apresenta-se nitidamente, para ambos os parâmetros, com elevado acúmulo.

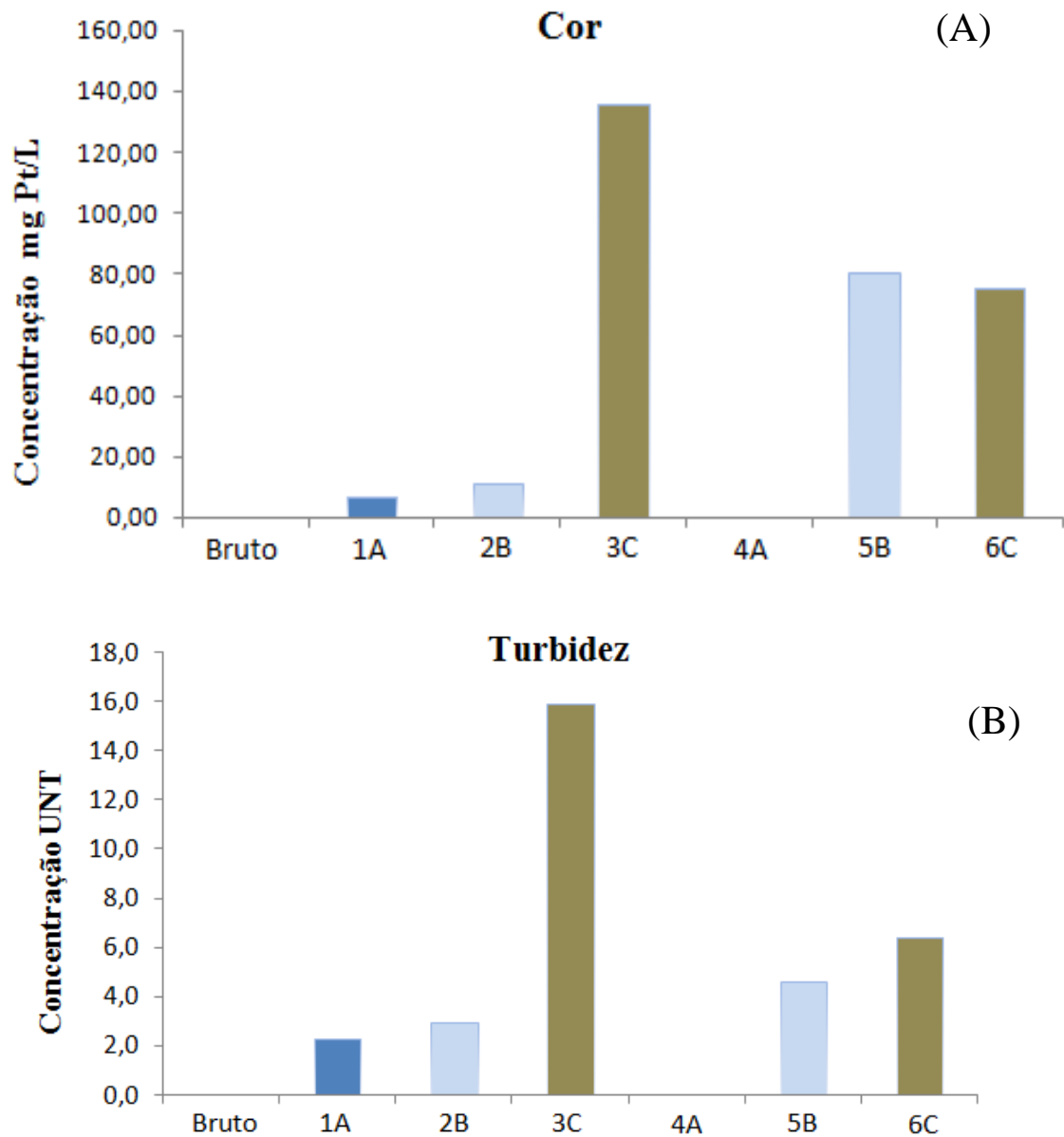


Figura 13 - Valores para os parâmetros de cor (A) e turbidez (B). IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 11 podemos verificar os valores para o parâmetro de cor da água residuária do sistema, comparando-as com a bruta para determinação de uma porcentagem de remoção.

Tabela 11 - Variação de cor de água residuária para as cinco coletas no mês de dezembro de 2014, comparada com a amostra bruta. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta
	Bruta	0	0	0	
Filtro A	1	0	26,35	6,21	- 621,00
	4	0	0	0	0
Filtro B	2	0	54,57	10,91	- 991,00
	5	0	309,48	80,57	- 7957,00
Filtro C	3	0	402,85	135,65	- 13465,00
	6	0	205,50	75,25	- 7425,00

Na Tabela 12 podemos verificar os valores para o parâmetro de turbidez da água residuária do sistema, comparando-as com a bruta para determinação de uma porcentagem de remoção.

Tabela 12 - Variação de turbidez de água residuária para as cinco coletas no mês de dezembro de 2014, comparada com a amostra bruta. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta
	Bruto	0	0	0	
Filtro A	1	0	6,97	2,30	-230,00
	4	0	0	0	0
Filtro B	2	0	13,73	2,94	- 194,00
	5	0	15,36	4,64	- 364,00
Filtro C	3	0	37,29	15,92	- 1492,00
	6	0	14,04	6,412	- 541,20

A água residuária do setor de PFH se enquadra ao limite de cor estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008 antes mesmo

do tratamento, entretanto dentro do sistema este parâmetro obteve um aumento na média para 50,92 mg Pt/L no 1º nível ainda se mantendo enquadrado ao limite estabelecido, e obteve um aumento considerável para 51,94 mg Pt/L no 2º nível, permanecendo ao limite estabelecido pela cor verdadeira de até 75 mg Pt/L. Vale ressaltar que o sistema construído estava sobre interferência climática e durante o período de coleta (dezembro/2014) tivemos dias chuvosos.

O mesmo ocorreu para o parâmetro de turbidez. A água residuária do PFH se enquadra ao limite de turbidez de até 100 UNT estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008 antes mesmo do tratamento, entretanto obteve aumento da média para 7,05 UNT no 1º nível, mas reduziu para 3,68 UNT no 2º nível, ainda se mantendo enquadrado ao limite estabelecido. Esse aumento justifica-se pela interferência climática ao sistema, visto que o mesmo estava exposto a chuva. Mess (2006) obteve aumento de turbidez aos meses de precipitação em tratamento por aguapé de efluente de frigorífico e matadouro.

4.2.5 Demanda química de oxigênio

Na Figura 14, encontramos os valores referentes ao parâmetro de demanda química de oxigênio (DQO) das amostras de água residuária no sistema construído.

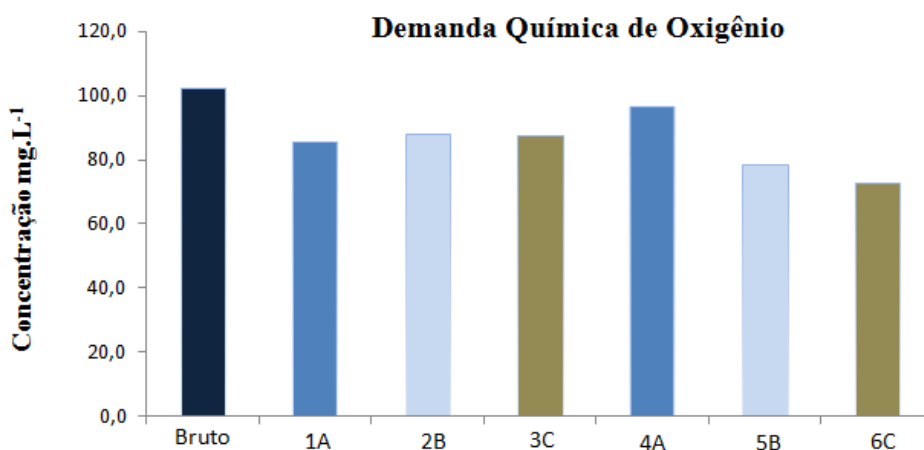


Figura 14 - Valores para o parâmetro de DQO IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 13 podemos verificar os valores para o parâmetro de DQO da água residuária do sistema, comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro de 2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3.

Tabela 13 - Variação do parâmetro de DQO comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta	% Remoção - 1, 2 e 3.
	Bruto	88,50	118,00	102,38		
Filtro A	1	54,10	130,25	85,50	16,49	16,49
	4	53,50	153,00	96,31	5,93	- 12,64
Filtro B	2	34,50	148,50	88,02	14,03	14,02
	5	35,80	126,00	78,71	23,12	10,58
Filtro C	3	36,11	136,00	87,71	14,33	14,32
	6	32,10	121,70	73,09	28,61	16,67

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008 estabeleceu para DQO até 180 mg.L⁻¹, ou tratamento com eficiência de redução em, no mínimo 70% ou média anual igual ou superior a 75%. A água residuária do setor de PFH se enquadra ao limite antes mesmo do tratamento. O 1° nível (tanques 1, 2 e 3) apresentou a média remoção de 14,95% quando comparado com a amostra bruta. Quando comparamos o 2° nível (tanques 4, 5 e 6) com o 1°, podemos observar uma remoção de 4,87% (levando em consideração como 100% o valor de 87,1 retirando-se assim o que já fora removido no primeiro nível), totalizando uma média final de 19,09% de remoção na concentração de DQO.

Em um estudo com lagoas de aguapés para tratar polimento, Medri (1997) obteve 58% de remoção de DQO utilizando tempo de detenção hidráulico de 20 dias. Estes dados corroboram aos dados encontrados neste trabalho, entretanto os valores deste trabalho foram menores, o que pode ser atrelado ao maior tempo da água no sistema.

4.2.6 Nitrogênio total amoniacal

Na Figura 15, encontramos os valores referentes ao parâmetro de nitrogênio total amoniacal das amostras de água residuária no sistema construído.

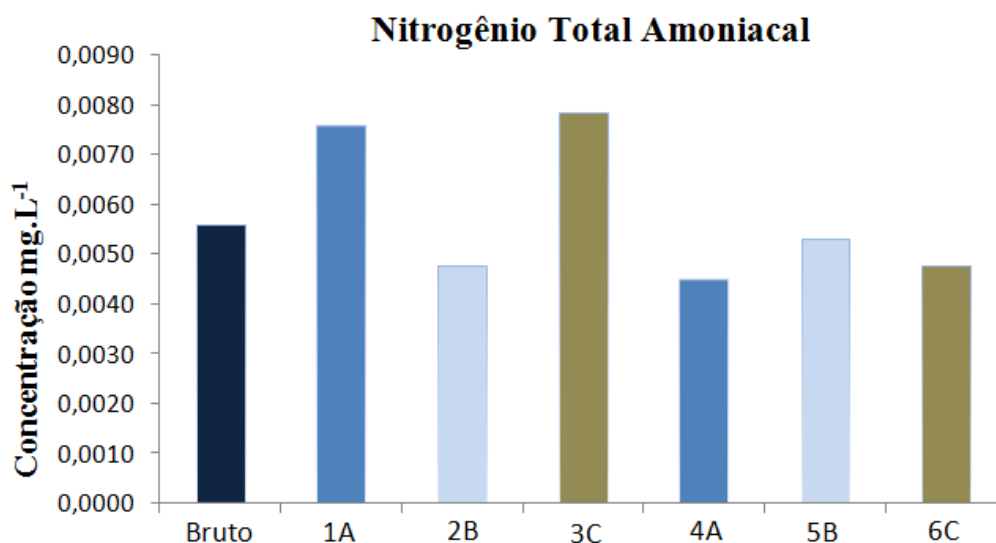


Figura 15 - Valores para o parâmetro de nitrogênio total amoniacal IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015. Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 14 podemos verificar os valores para nitrogênio total da água residuária do sistema, comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3.

Tabela 14 - Variação do parâmetro de nitrogênio total comparando a porcentagem de remoção média, das cinco coletas no mês de dezembro/2014, com a amostra bruta e etapas 4, 5 e 6 comparadas às remoções das etapas 1, 2 e 3. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Etapa	Ponto	Mínimo	Máximo	Média	% Remoção - bruta	% Remoção - 1, 2 e 3.
	Bruto	0,0028	0,0098	0,0056		-
Filtro A	1 A	0,0014	0,014	0,0076	- 35,71	-35,71
	4 A	0,0014	0,0084	0,0045	19,64	40,79
Filtro B	2 - B	0,0028	0,007	0,0048	14,29	14,29
	5 - B	0,0000	0,014	0,0053	5,36	-10,42
Filtro C	3 - C	0,0028	0,0196	0,0078	-39,29	-39,29
	6 - C	0,0014	0,007	0,0048	14,29	38,46

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008 estabeleceu que para nitrogênio amoniacal até 20 mg.L^{-1} , indicando que a água residuária antes e depois do tratamento atende ao limite estabelecido.

O 1° nível (tanques 1,2 e 3) apresentou a média de acúmulo de 20,24% quando comparado com a amostra bruta. Quando comparamos o 2° nível (tanques 4, 5 e 6) com o 1°, podemos observar uma remoção de 22,94% (levando em consideração como 100% o valor de 0,0067 conforme o que já fora acumulado no primeiro nível), totalizando uma média final de 7,35% de redução na concentração de nitrogênio total. Mess (2006) obteve redução média de 11% de nitrogênio amoniacal em tratamento por aguapé de efluente de frigorífico e matadouro.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que o filtro de aguapé pode ser empregado em conjunto com sistemas *wetlands* para tratamento de águas residuárias provenientes de unidades de processamento de frutas e hortaliças por adequá-las aos padrões de lançamento estabelecidos pela deliberação Normativa COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008.

Novos estudos deverão ser realizados com o intuito de elucidar diferentes tempos de detenção hidráulico ao utilizado e complementar etapas para remoção de fósforo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. de A.; OLIVEIRA, L.F.C. de; KLIEMANN, H.J. Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, n. 37, v. 1, p. 1-9, 2007.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Água na medida certa: a hidrometria no Brasil*. Brasília, 2012. 72 p

ASSIS, F.O. Bacias hidrográficas do rio Quilombo: dejetos de suínos e impactos ambientais. R. RA`E GA, Editora UFPR. Curitiba,n.8 p 107-122, 2004. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/viewFile/3386/2715>>. Acesso em 12 de abril de 2015.

BOTELHO, C.G.; CAMPOS, C.M. Recursos naturais renováveis e impacto ambiental. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 142f. Curso de Pós Graduação *Latu sensu* (Especialização) a distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.

BRANCO, P. de M. Coisas que você deve saber sobre a água. 2013. Disponível em:<www.cprm.gov.br/publique/cgi/cglua.exe>. Acesso em 12 de abril de 2015.

BRASIL. Lei Federal nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998.Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.Brasília/DF, 1998.

BRASIL. Lei Federal nº 9984 de 17 de julho de 2000.Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA.Brasília/DF, 2000.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília/DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei Federal nº 9433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília/DF, 1997.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1981.

CAMPOS, J.A.D.B.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J.B. Qualidade sanitária da água distribuída para consumo humano pelo sistema de abastecimento público da cidade de Araraquara/SP. Rev. Alim. Nutr., v. 13, p. 117-129, 2002.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Águas superficiais: variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Aguas-Superficiais/34-Variaveis-de-qualidade-das-Águas>>. Acesso em 12 de abril de 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília/DF, 2005.

COOPER PF, JOB GF, GREEN MB, SHUTES RBE. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Swindon, UK: Water Research Centre Publications, 1996. p. 154.

COPAM/CERH - Conselho estadual de política ambiental/Conselho estadual de recursos hídricos. Deliberação Normativa número 1 de 13 maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de resíduos, e dá outras providências. 2008.

CORRÊA, M. R.; VELINI, E. D.; ARRUDA, D. P. Teores de metais na biomassa de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. Planta Daninha, v. 20, p. 45-49, 2002.

COSTA, C. A. ; KALLFEZ, C. A. ; RIBEIRO, T. M. H. ; RUBIO, J. ; SCHNEIDER, I. A. H. . Plantas aquáticas sorventes naturais. Ciência Hoje, v. 35, p. 68-71, 2004.

COSTA, C.A.; SCHNEIDER, I.A.H.; RUBIO, J. Plantas aquáticas secas: Uma alternativa moderna para remoção de metais pesados em efluentes industriais, Engenharia Sanitária Ambiental, v. 5, p. 19-24, 2000.

CRUZ, P.; REIS, L.; BARROS, A.; NEVES, J.; CÂMARA, F. Estudo comparativo da análise físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência do rios Poti e Parnaíba em Teresina-PI. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa/PB, 2007.

DDH - Declaração dos Direitos Humanos. Universal Declaration of Human Rights. Disponível em: <<http://www.ohchr.org>>. Acesso em 12 de abril de 2015.

DEBUSK, T.A., REDDY, K.R.T., HAYES, D.; SCHWEGLER, B.R.Jr. Performance of a pilot-scale water hyacinth-based secondary treatment system. J. Water Pollut. Control Fed. v.61, p. 1217, 1989.

DENÍCULI, W.; OLIVEIRA, R.A.; ITABORAHY, C.R.; CECON, P.R. Uso de aguapé na redução de sólidos totais de águas residuárias da suinocultura. *Engenharia na Agricultura*, v.8, n.1, p.38– 53, 2000.

DINGES, R. Natural systems for waterpollutioncontrol. Van Nostrand Reinhold. New York, 1982. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 12 de abril de 2015.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de liminologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

GENTELINI, A.L.; GOMES, S.D.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D.; SAMPAIO, S.C.; COLDEBELLAS, A. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhorniacrassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistemas de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. *Semine: Ciências Agrárias, Londrina*, v.29, n.2, p. 441-448, 2008.

GRANATO, M. Utilização do aguapé no tratamento de efluentes com cianetos. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq. Série Tecnologia Ambiental; 5. 1995. 39 p.

HARPER, D. M. Eutrophication of freshwaters: principles, problems, and restoration. London: Chapman & Hall, 1992. 327 p.

JONAS, T.C.; HUSSAR, G.J. Utilização do aguapé no pós tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v.7, n.4, 2010, p.020-032.

KAWAI, H.; GRIECO, V. M. Utilização do aguapé para tratamentos de esgoto doméstico: estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. *Revista DAE, São Paulo*, n. 135, p. 79-90, 1983.

LUTZENBERGER, José; *Ecologia - Do Jardim ao Poder*. L&PM Editores Ltda. Porto Alegre 1985.

MANFRINATO, E.S. O aguapé – fatos e fofocas. In: *Problemas ambientais brasileiros*, Fundação Salin Farah Maluf, p. 109-112. 1991.

MANSOR, M.T.C. Uso de leito de macrófitas no tratamento de águas residuárias. Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1998, p. 106.

MARTINS, A. T.; PITELLI, R. A. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. *Planta Daninha*, v. 23, n. 2, p. 233-242, 2005.

MEDRI, V. Modelagem e utilização de sistemas de lagoas de estabilização para o tratamento de dejetos de suínos. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 206 p.

MESS, J. B. Uso de Aguapé (*Eichhornia crassipes*) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua. Cascavel, 2006.

MMA – Ministério do Meio Ambiente do Brasil, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução 48 de 21 de março de 2005. 2005. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/downloads/resolucao/048-2005.pdf>>. Acesso em 12 de abril de 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente do Brasil, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução 430 de 13 de maio de 2011. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf>. Acesso em 12 de abril de 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente do Brasil, Secretaria de Recursos Hídricos. Avaliação das Águas do Brasil. Brasília/DF, 2002.

NASCIMENTO, J.F. do. Avaliação de membranas de osmose inversa no tratamento de purga de torres de refrigeração de indústria petrolífera com finalidade de reuso. UFF. Niterói. 2004.

PERAZZA, M.C.; PEREIRA, D. N.; MARTINS, M.T. O Aguapé: meios de controle e possibilidades de utilização. Revista DAE, São Paulo, v.125, n.1, p.18-24, 1985.

PETRUCIO, M.M. e F.A. ESTEVES. Uptake of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. **Rev. Brasil. Biol.**, **60**(2), 2000. 229-236 p.

PHILIPPI, L.S.; SEZERINO, P.H. Aplicação de sistemas tipo *wetlands* no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis: Editora do autor, 2004. 144p.

PREFEITURA DE INCONFIDENTES. Geografia.2009. Disponível em <<http://www.inconfidentes.mg.gov.br/cidade.php?codigo=2>>. Acesso em 12 de abril de 2015.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) Águas Doces no Brasil – Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 2002. 2ª Ed. Revisada e ampliada.

ROMITELLI, M.S. Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrófitas aquáticas do gênero *Eichhornia*. Revista DAE, n. 133, p.66-68, 1983.

SALATI, E, J.R; SALATI, E.; SALATI, E. Wetlandprojectsdeveloped in Brazil. Water Science Tecnology, Londres, v. 40, n. 3, p. 19-25, 1999.

SALATI, E.; RODRIGUES, N.S. De poluente a nutriente, a descoberta do aguapé. Revista Brasileira da Tecnologia, n.13, v. 3, p. 37-42, 1982.

SALATI, E.; SALATI, E.F.; SALATI, E. Utilização de sistemas de *wetlands*construídas para tratamento de águas.Instituto Terramax- Consultoria e Projetos Ambientais Ltda., Piracicaba/SP, 2009.

TANNER, C.C.Plants for constructed wetlands treatment systems: a comparisonofthegrowthand nutriente uptakeofeightemergentspecies. Ecol. Eng., n.7, p. 59-83, 1996.

UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos. O que são macrófitas aquáticas. 2010. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~probio/info_macrof.html>. Acesso em 12 de abril de 2015.

VALENTIM, M.A.A. Desempenho de leitos cultivados “*ConstructedWetland*” para tratamento de esgoto. 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Água e Solo). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas. Campinas/SP.

WETZEL, R. A. Limnologylakeandriverecosystems. California: Academic Press, California, 2001. 1006p.

WOLVERTON, B.C.; McDONALD, R. The waterhyacinth: fromprolificpestto potencial provider. *Ambio. USA*, v. 8, n. 1, p. 2-9, 1979.