

Avaliação do potencial de biorremediação da *Eichhornia crassipes* em efluente industrial¹

Gleycyane Freitas de Oliveira², Weliton Eduardo de Lima Araújo³

¹Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Ambiental, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro(a) Ambiental, Faculdade de Engenharia Ambiental,

²Aluna de Graduação, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, UniRV, 2014, email: gleycyane_@hotmail.com.

³Orientador, Professor, Mestre, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, UniRV, email: weliton@unirv.edu.br.

RESUMO: A geração de efluente é um aspecto característico da grande maioria dos processos produtivos, incluindo-se aí, as empresas recicladoras de plástico. Mediante os elevados investimentos necessários para depuração dessas águas, torna-se indispensável a busca por novas técnicas, visando a mitigação desses dispêndios. Destarte, foi objetivo do presente trabalho, avaliar o potencial da macrófita *Eichhornia crassipes* na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) do efluente citado e seu desenvolvimento em diferentes tipos de Potencial Hidrogeniônico (pH). Para isso foi realizado o experimento com delineamento inteiramente casualizado, com 05 tratamentos e 04 repetições possuindo as diluições 0, 25, 50, 75 e 100% de efluente em cada recipiente contendo 05 mudas da espécie. Para os valores de DBO e DQO houve uma redução significativa, concluindo-se assim que a diluição ótima para o emprego da *Eichhornia crassipes* como biorremediadora corresponde ao tratamento 02 com 25% de efluente. Com os resultados pôde-se concluir ainda que a planta não tolera valores elevados de pH alcalino, alta concentração de nutrientes e que com esses mesmos dados controlados há perfeito crescimento e estabilidade.

PALAVRAS – CHAVE: água residuária, biorremediação, macrófita aquática.

Assessment of the potential for bioremediation of *Eichhornia crassipes* in industrial effluent

ABSTRACT: The effluent generation is a characteristic aspect of most productive processes, including the industries that recycle plastic. Through the high investments needed for the purification of those waters, it is essential to search for new techniques, aiming for the mitigation of these expenses. Thus, this study aimed to assess the potential of the macrophyte *Eichhornia crassipes* on the reduction of biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) of the effluent mentioned and its development in different kinds of pH. To do so, an experiment was developed in an entirely casualized design, using 05 treatments and 04 repetitions with 0, 25, 50, 75, and 100% dilutions of effluent and carrying 05 seedlings of the species in each container. There was a significant reduction in the BOD and COD values, which means the great dilution for the *Eichhornia crassipes* use as a bioremediator corresponds to the treatment 02 with 25% of effluent. From the results, we can also infer that the plant

does not tolerate high values of alkaline pH or the high concentration of nutrients, and, controlling those very results, the plant could have a perfect growth and stability.

KEYWORDS: wastewater, bioremediation, aquatic macrophyte.

INTRODUÇÃO

Com o crescente consumo mundial, a utilização de embalagens plásticas para diversas atividades vem aumentando significativamente e a reciclagem das mesmas se tornou imprescindível. Sua utilidade é de grande importância ambiental, econômica e social. Pois dessa forma evita de ir a aterros sanitários contaminando solos, águas e ar. Contribui para a sociedade com a redução de resíduo, com aspecto visual e sanitário (FORLIN e FARIA 2002).

A grande geração de resíduo se dá pelo crescente volume de utilização e descarte irracional pós-consumo (FORLIN e FARIA 2002). Com a necessidade de reaproveitar esses resíduos nota-se o aumento de empresas recicladoras. Essas tem por objetivo a reciclagem de um produto plástico já utilizado em matéria-prima de um novo produto.

De acordo com Forlin e Faria (2002) este tipo de mercado no Brasil está ganhando espaço e seu investimento torna-se cada vez mais interessante, pois seus benefícios são diretamente ligados ao bem estar da população, geração de renda, racionamento de recursos naturais e redução de adversidades ambientais.

No processo industrial, esses materiais apresentam grande quantidade de poluentes, principalmente por sua inhomogeneidade, demonstrando assim intenso impacto ambiental (FORLIN e FARIA 2002). Dentro desse processo, a água de lavagem das embalagens, também chamada de efluente, possui alta carga orgânica; sendo necessário um tratamento adequado para uma destinação correta, de acordo com a lei do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução 430 de 2011. Portanto, se houver um lançamento indevido em corpos d'água, além de desrespeitar as leis ambientais, haverá ainda a degradação ambiental dos mesmos.

Segundo Figueiredo et al (2007) apud Moraes (2013), essa degradação está relacionada com a eutrofização, que consiste em lançamentos indevidos em corpos hídricos devido sua acumulação de nutrientes. Com essa proliferação ocorre uma diminuição de oxigênio dissolvido na água e aumento de microrganismos, podendo chegar à morte do corpo hídrico (CARIS et al, 2008 apud MORAES, 2013).

Atualmente, já existem algumas estações de tratamento de efluente domiciliar que utilizam sistemas com macrófitas aquáticas aderidas e dispersas, graças a sua eficiência no respectivo papel filtrante e ainda pelo relativo baixo custo (LEITÃO JÚNIOR et al, 2007 apud MOARES, 2013). Segundo Matni (1996) apud Gonçalves Júnior et al (2008), a *Eichhornia Crassipes*, popularmente chamada de Aguapé, é uma macrófita aquática que tem a função de biorremediação de poluentes, coliformes e até redução de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO).

Geralmente é encontrada em lagos, represas e rios. Pott e Pott (2000) define esta macrófita como perene flutuante, com caule estolonífero curto, raízes numerosas, com pecíolos curtos e grossos que ajudam a flutuar, com flores azuis, com reprodução vegetativa ou por sementes.

De acordo com Roquete Pinto et al, (1992) apud Hussar e Bastos (2008), o aguapé possui quatro mecanismos de despoluição, sendo eles: a) ação filtrante: com suas raízes retêm material orgânico, b) absorção: através das raízes absorve metais pesados, compostos organoclorados, organofosforados e fenóis, c) oxigenação: através da parte aérea absorve o oxigênio e transfere para água, d) ação bioquímica: em suas raízes acontece intensa atividade microbiana, justamente pelo fato de estarem submersas à carga poluidora. Nessa atividade, as bactérias promovem oxidação biológica de compostos orgânicos, abaixando os níveis de DBO e DQO.

Para Giordano (2004), a DBO e a DQO são maneiras de medir indiretamente o teor de matéria orgânica, sendo a DBO o valor de oxigênio para os micro-organismos biodegradarem a matéria orgânica e a DQO para que eles a oxidem quimicamente.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de redução de DBO e DQO pela *Eichhornia crassipes* em efluente industrial e acompanhar seu desenvolvimento em diferentes tipos de Potencial Hidrogeniônico (pH).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em duas etapas distintas: a primeira etapa visou o estudo da tolerância da *Eichhornia crassipes* no tocante à faixa de pH e teor de matéria orgânica. A segunda etapa visou o teste de tolerância de plantas em um efluente com pH controlado assim como a avaliação da redução de DBO e DQO com as diluições do mesmo.

A coleta das mudas foi realizada nos dias 16 maio e 25 de setembro de 2014 às nove horas da manhã na Lagoa do Clube Campestre em Rio Verde – GO (Figura 1), sendo coletadas 100 mudas da macrófita *Eichhornia crassipes* de mesmo tamanho. Em seguida, foram levadas para o período de estabilização. Sendo esse, procedimento pelo qual ficam acondicionadas em recipientes plásticos com água limpa e trocada todos os dias por um período de 05 (cinco) dias para limpeza de eventuais impurezas (Figura 2).



Figura 1 - Coleta da *Eichhornia crassipes* em seu habitat natural.



Figura 2 - Período de estabilização para limpeza de impurezas.

A coleta do efluente foi realizada nos dias 29 de maio e 25 de setembro de 2014, às oito horas da manhã na empresa CVP Reciclagem, situada também em Rio Verde – GO. Foram coletados 200 L do mesmo (Figura 3).



Figura 3 - Coleta do efluente na empresa CVP Reciclagem.

A atividade desta empresa consiste na produção de plástico granulado por meio da reciclagem de embalagens plásticas; sendo o processo chamado de “Transformação do Aglutinado em Granulado”. Este efluente é gerado através da água de lavagem de um processo industrial contendo alta carga orgânica. Segundo a empresa, a fim de inibir o mau cheiro e corrigir o pH para a destinação do efluente, lança-se cal no mesmo. Portanto, o efluente foi coletado com e sem o lançamento do cal. Seu processo industrial consiste em algumas etapas, sendo elas:

- **Triagem:** todo material que chega até a empresa é selecionado pelo tipo de coloração e densidade, sendo caracterizado de PEBD (polietileno de baixa densidade) tipo filme pós-consumo (pós-consumo já que o plástico foi utilizado como embalagem anteriormente), classificação 4.
- **Esteira:** depois de selecionado, o material segue em uma esteira, separado por espaço e tamanho até a próxima etapa.
- **Lavagem:** o material entregue pela esteira passa pela lavagem, tanque retangular com várias pás em forma de hélice que ao girar transporta o material dentro da água, eliminando assim toda a impureza.
- **Secagem:** o material agora limpo é introduzido na secadora, onde hélices internas de alta rotação removem toda a água que possa haver no material.
- **Aglutinação:** após a secagem, o material segue para a aglutinadora. Esse recipiente possui hélices e facas internas funcionando como uma centrífuga, aglomerando o material, reduzindo o volume, aumentando a densidade e tirando totalmente sua umidade.

- **Extrusão:** ela promove o transporte do plástico aquecido a 250°C em forma de fios de plástico ou espaguete (termo mais comum) para o resfriamento.

- **Resfriamento:** os fios de plástico ou espaguete são resfriados em canaletas em água com temperatura ambiente.

- **Granulação:** esta etapa consiste em picotar os fios no tamanho de 2 a 3 mm, separando-os em duas cores: azul e preto. Os granulados de cor azul são oriundos de plásticos transparentes e os de cor preta são oriundos de plásticos escuros.

Posterior a esse processo, os granulados são colocados em fardos de 40 Kg e vendidos a empresas que os utilizam como matéria-prima para fabricação de novos produtos. Por exemplo, o granulado azul se torna sacolinhas de supermercado e brinquedos; já o granulado preto é revertido em baldes e mangueiras de tubulação para residências.

A montagem do experimento foi realizada no Câmpus da Fazenda Fontes do Saber da Universidade de Rio Verde (UniRV), situada na mesma cidade, em uma área de campo aberto, visando simular seu habitat natural. Utilizou-se o laboratório de Fisiologia Vegetal para pesagem das plantas e o laboratório de solos para aferição de pH.

Antes da montagem do experimento, as plantas foram submetidas à pesagem por meio de uma balança de mensuração (balança Toledo com capacidade de até 3Kg) para avaliar o crescimento de biomassa no final do experimento. Por vez, foram pesadas 05 mudas de acordo com o posicionamento em cada recipiente (Figura 4).



Figura 4: Pesagem da *Eichhornia crassipes* antes da montagem do experimento

A montagem do experimento aconteceu segundo a metodologia de MORAES (2013) que se baseia em um delineamento inteiramente casualizado composto por 05 tratamentos com 04 repetições e 05 mudas de aguapé em cada recipiente, conforme Tabela 1. Sendo esse realizado em dois períodos de detenção hidráulica de 30 dias cada.

Tabela 1 – Descrição da composição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	(% em Efluente)	Diluições
T1	0	16 L de água destilada
T2	25	12 L de água destilada e 4 L de efluente
T3	50	8 L de água destilada e 8 L de efluente
T4	75	4 L de água destilada e 12 L de efluente
T5	100	16 L de efluente

Posteriormente foram realizadas as diluições e montagens dos tratamentos, composto por 04 recipientes de plástico para cada tratamento, totalizando 20 recipientes. Para as concentrações com o efluente e para a reposição de água perdida pela evapotranspiração foi utilizada água destilada fornecida pela Universidade (Figura 5).



Figura 5 - Experimento já montado em detenção hidráulica

Em seguida foi aferido o pH de cada tratamento, acompanhado semanalmente, visando verificar as possíveis oscilações ocorridas. Em sequência, foram preparadas as amostras de 500 ml cada para envio ao laboratório a fim de se analisar o DBO e DQO.

O laboratório escolhido foi o Aqualit Tecnologia em Saneamento, situado em Goiânia – GO. A coleta e envio das amostras foram realizados de acordo com as normas

estabelecidas pelos laboratórios num prazo de até 24 horas com o intuito de preservação da composição. Essa mesma coleta de amostras foi novamente realizada após o tempo de detenção hidráulica (30 dias) para a comparação dos valores iniciais e finais do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira fase do experimento com o pH alcalino, devido o lançamento de cal no mesmo, foi observado a capacidade de tolerância da espécie estudada a uma faixa elevada de pH (faixa de 7,14 à 12,9) e carga orgânica. O período de sobrevivência dos exemplares foi de apenas 20 dias, compreendidos entre os dias 29 de maio a 18 de junho. Observou-se que nos dois primeiros dias houve a morte dos exemplares dos tratamentos 05 e 04, correspondentes as diluições de 100% e 75% do efluente, respectivamente. No quinto dia, houve a morte do tratamento 03, correspondente à diluição de 50% do efluente. Sobreviveram até o vigésimo dia de observação os tratamentos 02 e 01, 25% e 0% de diluição de efluente respectivamente.

Para Granato (1995) apud França et al (2014), a *Eichhornia crassipes* tem a capacidade de diminuir o valor de pH quando esse se encontra alcalino. No entanto, nesta primeira etapa do experimento, observou-se uma baixa variação na redução do pH, conforme demonstrado na Tabela 02. Não houve valores das repetições devido à morte dos tratamentos.

Tabela 2. Variação da redução do pH na primeira etapa

Tratamentos	(%)	Valor Inicial	Valor Final
T1	0	7,14	7,12
T2	25	10,45	10,32
T3	50	11,26	11,22
T4	75	11,71	11,60
T5	100	12,90	12,85

O comportamento contrário ao previsto pelo autor supracitado pode ter como explicação a interferência ou redução da ação metabólica da espécie estudada devido à elevada concentração da carga orgânica do efluente.

Corroborando com o resultado obtido na primeira fase do experimento, Lopes-Ferreira (1995) apud Alves et al (2005) relata que o crescimento da *Eichhornia*

crassipes está diretamente relacionado a sua capacidade de absorção de nutrientes. Se a mesma recebe alta concentração destes, a planta começa sofrer alterações em seu metabolismo. A alteração é iniciada por uma saturação, podendo chegar a intoxicação e provável morte.

Mediante as características do efluente e das hipóteses aqui descritas, esse cenário serve ainda como comprovação do fator de intolerância dessa espécie vegetativa às condições aqui testadas.

Na segunda fase do experimento, com o pH controlado (faixa de 5,9 à 7,15), conseguiu-se atingir o período de detenção hidráulica de 30 dias previsto no projeto, compreendidos entre os dias 25 de setembro a 25 de outubro de 2014. Ao final de cinco dias de observação, houve aqui também a morte dos tratamentos 04 e 05 que correspondem a 75 e 100% de concentração do efluente.

Os tratamentos 01, 02 e 03 correspondem a 0, 25 e 50% de concentração de efluente, sobrevivendo até o final dos 30 dias com alguns diferenciais. No tratamento 01, as plantas se mantiveram no mesmo porte sem desenvolvimento (Figura 6).



Figura 6 - Demonstração do crescimento do tratamento 01, plantas do mesmo porte.

No tratamento 02 houve crescimento das plantas (Figura 7). No tratamento 03 houve crescimento apenas nas repetições 01 e 02, pois houve uma interferência externa de introdução de solos nas repetições 03 e 04 (Figura 8). As imagens dos tratamentos 01, 02 e 03 foram tiradas semanalmente. Para os tratamentos 04 e 05 (Figura 9) foram tiradas apenas imagens do último dia de observação, devido à morte dos exemplares.

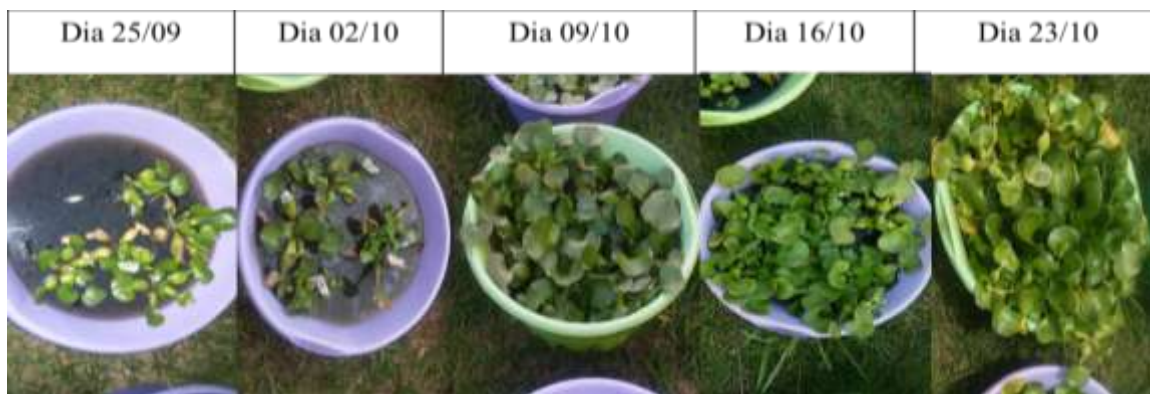


Figura 7 - Tratamento 02 demonstrando o melhor crescimento vegetativo.

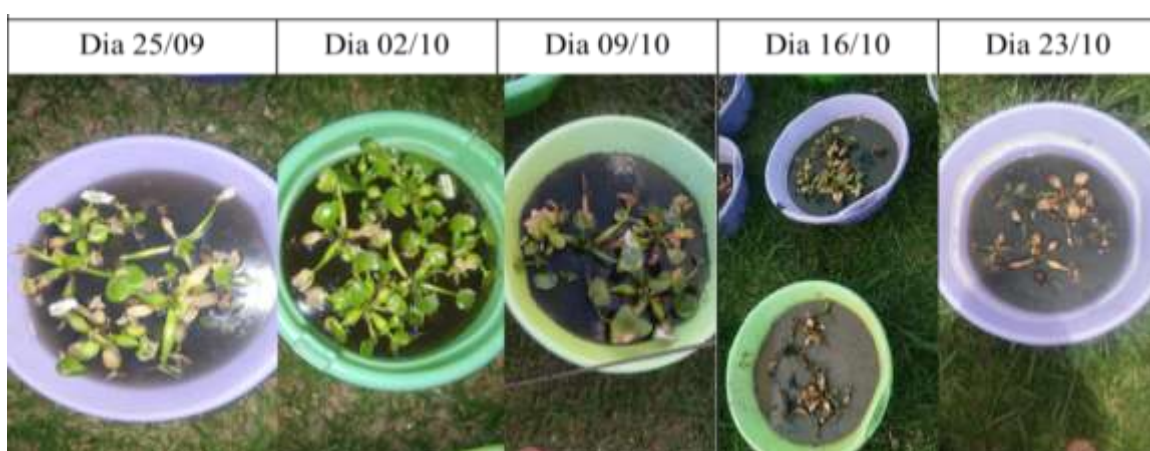


Figura 8 - Tratamento 03 sem crescimento e com interferências nas repetições 3 e 4.



Figura 9 - Sobrevivência do tratamento 04 (A); Estado dos exemplares do tratamento 05 no quinto dia de observação (B).

Assim como na primeira etapa, os tratamentos 05 e 04, correspondentes a 100 e 75% de diluição do efluente, não resistiram à alta concentração de nutrientes. No estudo de Weirich, (2009) onde usou a planta no pós-tratamento de suinocultura, houve igual morte de um tratamento, onde o autor também menciona a alta concentração de nutrientes, como dito por Martins e Pitelli (2005). Dentre os demais tratamentos sobreviventes, o tratamento 02, correspondente a 25% de efluente, foi o que mais obteve crescimento vegetativo; tanto em sua parte aérea quanto das raízes. Segundo o pensamento dos autores supracitados, esse tratamento obteve crescimento devido sua concentração ideal de nutrientes à planta.

Mafei (1988) apud Fátima, et al. (2007) afirmam que para o emprego da *Eichhornia crassipes* como bioindicador de níveis elevados de poluição hídrica, avalia-se a planta quando essa apresenta crescimento relevante na parte aérea e nas raízes curtas. Essa situação foi comprovada nos tratamentos 04 e 05, sendo observada apenas a diminuição das suas raízes, pois o tempo de sobrevivência não foi suficiente para gerar alteração no ganho de massa referente à parte aérea. Este resultado pode ser avaliado ainda como comprovação de que o tratamento 02 corresponde ao fator de diluição de efluente ideal para o desenvolvimento da espécie estudada, pois não se obteve raízes curtas, ao contrário, houve ganho de biomassa tanto radicular quanto aérea.

Em referência aos resultados obtidos para as médias de leitura de pH ao longo das duas quinzenas de observação, nota-se uma variação do comportamento desse parâmetro entre as repetições de todos os tratamentos avaliados, conforme demonstrado nos gráficos das Figuras 10 e 11.

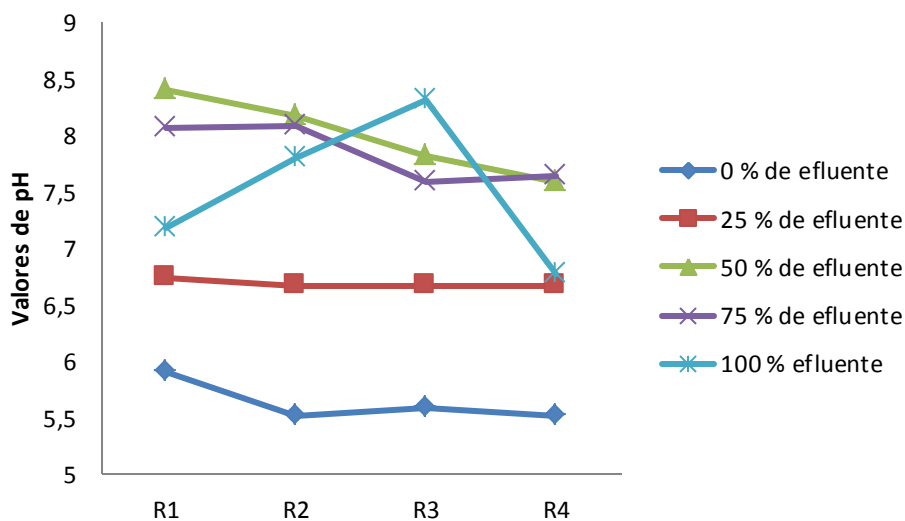


Figura 10 - Gráfico do comportamento dos valores médios de pH, na primeira quinzena, para as repetições nos tratamentos avaliados.

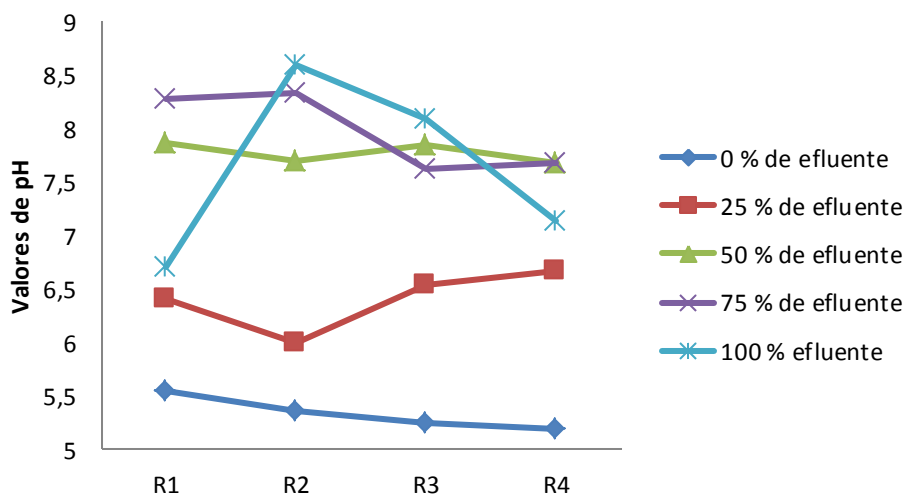


Figura 11 - Gráfico do comportamento dos valores médios de pH, na segunda quinzena, para as repetições nos tratamentos avaliados.

Uma explicação para as variações observadas entre as repetições de cada tratamento refere-se a não uniformidade dos exemplares utilizados no experimento, havendo assim alterações metabólicas que as explicariam. Segundo Esteves (1998) apud Martins e Pitele (2005), a *Eichhornia crassipes* pode elevar o pH de águas de baixa alcalinidade devido sua capacidade de absorção de CO_2 durante a fotossíntese diminuindo o mesmo com atividade heterotrófica e respiratória das raízes. Portanto, apoiado na opinião do autor e na consideração de que o experimento esteve em todo momento em ambiente aberto recebendo as alterações do clima e do tempo (períodos com chuvas e secas), as oscilações de pH são explicadas.

Em referência aos resultados pertinentes ao ganho de biomassa da espécie estudada, os mesmos estão descrito na Tabela 3. Foi observado um incremento para esse parâmetro nos tratamentos 1, 2 e 3, os quais atingiram o tempo de detenção hidráulico pretendido no projeto. Dentre estes, houve um destaque para o tratamento 2, obtendo um ganho médio de biomassa igual a 8.005g.

Tabela 3 - Média do ganho de biomassa (kg/recipiente) das plantas em todas repetições para todos os tratamentos.

Tratamentos	Repetição 1			Repetição 2		
	Inicial (g)	Final (g)	Ganho de massa (g)	Inicial (g)	Final (g)	Ganho de massa (g)
T1	220	645	425	250	645	395
T2	235	2.085	1.850	280	2.810	2.530
T3	310	1.120	810	325	1.480	1.155
T4	320	-	-	280	-	-
T5	270	-	-	255	-	-
Tratamentos	Repetição 3			Repetição 4		
	Inicial (g)	Final (g)	Ganho de massa (g)	Inicial (g)	Final (g)	Ganho de massa (g)
T1	305	740	435	320	775	455
T2	185	2.230	2.045	190	1.770	1.580
T3	370	425	55	260	305	45
T4	300	-	-	330	-	-
T5	305	-	-	340	-	-

Segundo Esteves e Camargo (1986) apud Palma-Silva et al. (2012), o ganho acima demonstrado acontece devido à capacidade de estocagem de nutrientes. Pode ocorrer o aumento de sua massa em até 15% ao dia, dobrando a cada seis ou sete dias, chegando a acumular 800 kg por hectare-dia (MARCONDES e TANAKA, 1997 apud ALVES, et al., 2003).

Nos estudos de Reidel et al. (2003) apud Weirich (2009), a produção de biomassa da *Eichhornia crassipes* foi de 6,38 Kg m⁻² em um período de 8 semanas. Já para Mees (2006), utilizando a macrófita em efluente de matadouro e frigorífico o valor foi mais expressivo, chegando até 16,21 Kg m⁻². Já no trabalho de Weirich (2009), em efluente de pós-tratamento de suinocultura foram de 6,04 e 5,19 Kg m⁻².

Em alusão aos resultados pertinentes aos parâmetros DBO e DQO, os valores iniciais e finais obtidos na segunda etapa do experimento, compreendendo as amostras de cada tratamento, estão representados na Tabela 5, para os tratamentos 04 e 05 não houve valores devido à morte dos mesmos.

Tabela 5 – Média dos valores iniciais e finais de DBO e DQO de todos os tratamentos na segunda etapa.

Tratamentos	Parâmetros			
	DBO inicial	DBO final	DQO inicial	DQO final
Tratamento 1	105,67	121,20	625,6	657,84
Tratamento 2	178,33	65,72	1411,0	173,51
Tratamento 3	420,0	273,20	3018,0	819,6
Tratamento 4	916,67	-	7188,0	-
Tratamento 5	1566,67	-	8434,0	-

Após a realização do cálculo de eficiência nos tratamentos para os parâmetros avaliados, constatou-se que para o tratamento 1, sem a presença do efluente, houve um incremento dos valores de DBO e DQO. Moraes (2013) avaliou a capacidade de remoção de nitrogênio e fósforo de efluente domiciliar pela *Eichhornia crassipes*, obtendo da mesma forma, incremento para os parâmetros avaliados no tratamento sem a diluição de efluente. Corroborando com ambos os trabalhos, Diniz et al (2005) explica que esse incremento se dá pela reintrodução de nutrientes pela decomposição de folhagem e raiz da planta, sendo este um mecanismo de autopreservação dessa espécie.

No tratamento 2, diluição de 25% de efluente, observou-se o melhor desempenho da espécie estudada para remoção de DBO e DQO, obtendo-se eficiências iguais a 63,14% e 87,70%, respectivamente. Para Mees (2006), no tratamento de efluente de matadouro e frigorífico, ela se mostrou com redução média de DBO de 32,5% e máxima de 77,8% e de DQO, valor médio foi de 26,3% e máximo de 77,2%.

O tratamento 3, com diluição de 50% de efluente, apresentou uma eficiência de 34,95% para DBO e 72,84% para DQO. Não foi possível obter o desempenho da eficiência para os tratamentos 4 e 5, pois os exemplares desses tratamentos não conseguiram atingir o tempo de detenção hidráulica definido no projeto.

Baseando-se nas informações já descritas anteriormente sobre o fator de tolerância dessa espécie a elevadas taxas de concentração de matéria orgânica, pode-se afirmar que para o efluente em questão, a melhor diluição para o emprego da *Eichhornia crassipes* como biodepurador corresponde a de 25%. Esse resultado pode ser confirmado também pelo elevado ganho de biomassa dos exemplares desse tratamento, conforme descrito nas Tabelas 3 e 4, bem como na Figura 7.

Em referência a avaliação estatística da análise de variância (ANAVA), nota-se que ocorreu variação significativa ($P < 0,05$) em relação à diluição do efluente com os parâmetros ganhos de biomassa, DBO e DQO.

O teste de Tukey demonstrou que não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 e 3, sendo apontado apenas uma variação de comportamento entre os tratamentos citados anteriormente e o tratamento 2 (25% de efluente) para todos os parâmetros avaliados.

CONCLUSÃO

Mediante os resultados apresentados no experimento realizado, conclui-se que:

1. A presente espécie estudada não suporta altos valores de pH alcalino e alta concentração de nutrientes no desenvolvimento proporcional à todas análises verificadas, sendo seu melhor desenvolvimento em diluições com menor concentração de nutriente; aqui representado pelo tratamento 02 com 25% de efluente na diluição, aquele com maior ganho de biomassa.
2. Os resultados demonstraram que esta espécie é eficiente na redução de DBO e DQO, representados também pelo tratamento 02. Já os demais tratamentos não alcançaram tanta eficiência devido à fase de putrefação da planta, onde a mesma entra em estado de auto sustentação contribuindo assim para a concentração de nutrientes na solução.
3. Portanto, pode-se afirmar que a *Eichhornia crassipes* demonstrou-se eficaz como mecanismo biorremediador para o efluente estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.; CARDOSO, L.R.; SCAVRONI, J. L.R., FERREIRA, L.C.; BOARO, C.S.F.; CATANEO, A.C. **Avaliações fisiológicas e bioquímicas de plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*) cultivadas com níveis excessivos de nutrientes.** Revista Planta Daninha, Viçosa-MG, v.21, p.27-35, 2003. Edição Especial. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v21nspe/a05v21ns.pdf>>, acesso em: 30 jun. 2014.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 430 de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357 de 17 de maio de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O.; BARBOSA, J. E. L.; KONIG, A. **Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, p.226-230, 2005. Campinas Grande – PB. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/workshop/index_arquivos/pdf/226.pdf?script=sci_pdf&pid=S1415-43662005000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 29 jul. 2014.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** Apostila de curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 2004. Disponível em: <<http://72.29.69.19/~nead/disci/gesamb/doc/mod7/2.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

FRANÇA, J. B. A.; MORAES, T. V.; VAZ, D. C.; FERREIRA, A. A.; SOARES, F. A. L. **Tratamento de efluente doméstico com macrófitas aquáticas para reuso na fertirrigação.** II Inovagri International Meeting, v.1, n.1, Fortaleza, Brasil, 2014. Disponível em: <<http://bibliotekevirtual.org/simposios/II-INOVAGRI-2014/a114.pdf>>, acesso em: 12 ago. 2014.

FÁTIMA, A. A.; MELO, C.; VIEIRA, D.S.; JESUS, K. F.; FREITAS, M. M.; MOREIRA, N. M.; MARQUES, P. A. **Eichhornia crassipes, despoluidor biológico.** In., Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu-MG. Sociedade de Ecologia do Brasil, p. 1-2. Disponível em: <<http://seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/241.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2014.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas.** Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v12n1/9876>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

GONÇALVES, A. C. JR.; LINDINO, C. A.; ROSA, M. F.; BARICCATTI, R.; e GOMES, D. G. **Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador.** Acta Scientiarum. Technology, v. 30, n. 1, p. 9-14, 2008. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/3179>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

HUSSAR, G. J.; BASTOS, M. C. **Tratamento de efluente de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes.** Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Unipinhal – SP, v. 5, n. 3, p. 274-285, 2008. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?q=Tratamento+de+efluente+de+piscicultura+com+macr%C3%B3fitas+aqu%C3%A1ticas+flutuantes&btnG=&hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5>. Acesso em: 13 ago. 2014.

MARTINS, A. T.; PITELLI, R. A.. **Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p.233-242, 2005.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v23n2/24949.pdf>>. Acesso em: 15 jul 2014.

MEES, J. B. R. **Uso do aguapé (*Eichhornia Crassipes*) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua compostagem.** 2006, p. 01 – 56. Tese Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006. Disponível em: <http://estagio.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/Doc133.pdf>, acesso em: 29 jun 2014.

MORAES, V. S. S.; ARAÚJO, W. E. L. **Utilização da macrófita *Eichhornia crassipes* na remoção de nitrogênio e fósforo total em efluente domiciliar.** Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Ambiental, p. 1 – 12, 2013.

PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E. F.; TRINDADE, C. R. T.; FURLANETTO, L. M.; ACOSTA, M. C. **Uso da *Eichhornia crassipes* (mart.) solms para fitorremediação de ambientes eutrofizados subtropicais no sul do Brasil.** Revista Perspectiva, Erechim, v.36, n. 133, p. 73-81, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.furg.br:8080/bitstream/handle/1/3173/Use%20of%20eichhornia%20crassipes%20%28mart.%29%20Solms%20for%20phytoremediation%20of%20shallow%20subtropical%20lakes.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

POTT, V.; POTT, A. **Potencial de uso de plantas aquáticas na despoluição da água.** 21. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. Disponível em: <http://estagio.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/Doc133.pdf>. Acesso em: 09 ago 2014.

WEIRICH, C. E. Influência da Temperatura sobre Plantas Aquáticas em Pós-Tratamento de Efluente da Suinocultura. 2009. Tese (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009. Disponível em: <
http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/3/TDE-2011-02-20T090012Z-525/Publico/Carlos_Eduardo_Weirich.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2014.