

II-351 - AVALIAÇÃO DA RECIRCULAÇÃO EM TANQUE DE CULTIVO DE *LANDOLTIA PUNCTATA* PARA POLIMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Celso Luciano Ferreira Muniz⁽¹⁾

Estudante de graduação em Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).

José Antônio Zanetoni Filho⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP). Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela FEIS/UNESP. Doutorando em Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

João Miguel Mercês Bega⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP). Mestrando em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais na FEIS/UNESP.

Liliane Lazzari Albertin⁽⁴⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP). Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP.

Jefferson Nascimento de Oliveira⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Brasil, 56 - Centro – Ilha Solteira - SP - CEP: 15385-000 - Brasil - Tel: (18) 37431317 - e-mail: celsofmuniz@gmail.com

RESUMO

Como alternativa à melhora da qualidade dos efluentes lançados pelas plantas de tratamento de esgoto, o uso de lagoas de macrófitas aquáticas, conhecidas como lemnas, torna-se interessante pela sua capacidade de polimento do esgoto. Além de remover nutrientes presentes no meio, as macrófitas ainda conseguem apresentar taxas de crescimento relativo consideráveis, dependendo das características do esgoto utilizado. O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a produção de biomassa da macrófita *Landoltia punctata* e o polimento do esgoto sanitário tratado da cidade de Ilha Solteira – SP, em dois tanques de cultivos, onde em um deles foi realizada recirculação do efluente. Durante o experimento, as macrófitas foram cultivadas em dois tanques de 3000 L. Em um dos tanques, foi realizada a recirculação do efluente por uma bomba instalada nos drenos do tanque. Foram realizadas colheitas em diferentes períodos de cultivos para análise das taxas de crescimento relativo. As amostras de esgoto foram coletadas na entrada e saída dos tanques de cultivo. Em um período de 6 dias de cultivo, a taxa de crescimento relativo foi de 3,84 g.m⁻².d⁻¹, sendo o maior valor registrado neste experimento. As remoções de DBO, NT e NO₃ atingiu valores máximos de 61,30%, 23,80% e 30,90%, respectivamente. Os resultados mostrados podem indicar vantagem na utilização de um sistema de recirculação do efluente em tanques de lemnas, colaborando no processo de polimento de esgoto e na geração de maior quantidade de biomassa vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Lemnas, Lagoas de Lemnas, Produção de Biomassa.

INTRODUÇÃO

As técnicas de tratamento de águas residuárias domésticas vêm sofrendo dificuldades para realizar um trabalho eficiente, em virtude de falhas técnicas de gerenciamento de manejo das plantas de tratamento, considerando sistemas centralizados de tratamento, devido sua complexibilidade, robustez estrutural e operacional (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). Dentro deste contexto, surge a possibilidade de aplicação de tecnologias baratas e sustentáveis, como etapas de polimento destes efluentes tratados.

As macrófitas aquáticas da família *Lemnaceae*, conhecidas como lentilhas d'água, ou lemnas, podem ser utilizadas no polimento de efluentes, se apresentando como uma opção eficiente em termos de remoção de impurezas e de baixo custo de operação. Dentre as espécies de lemnas, a *Landoltia punctata* consegue se desenvolver bem durante todos os períodos do ano, mantendo uma taxa média de 4,97 g.m⁻².d⁻¹ (Matéria Seca)

e atingindo um pico de $7,60 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}(\text{MS})$, valor bem superior quando comparadas a outras espécies estudadas (ZHAO *et al.*, 2014).

Chen *et al.* (2018) utilizando *Landoltia punctata* cultivada na água do lago Dian, na China, atingiram eficiências de 95,6% para o nitrogênio total e 89,5% para fósforo, durante 16 dias. Além de uma notória capacidade para remoção de nutrientes presentes em meio aquático, como nitrogênio e fósforo, as lemnas ainda possuem capacidade de remoção de micropoluentes, como metais e fármacos, muitas vezes, presentes em esgoto sanitário (GATIDOU, 2017; VERMA e SUTHAR, 2015).

Este trabalho consistiu em analisar, simultaneamente, a produção de biomassa das lemnas da espécie *Landoltia punctata* e o polimento do esgoto sanitário tratado do município de Ilha Solteira – SP, em dois tanques de cultivos, onde em um deles foi realizada a recirculação do efluente.

METODOLOGIA

As plantas utilizadas no experimento estão em cultivo no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP. O meio de cultivo utilizado é o esgoto sanitário tratado da cidade de Ilha Solteira – SP com diluição de 1:10. A Figura 1 mostra o cultivo estoque de *Landoltia punctata*.



Figura 1: Tanque de Cultivo de *Landoltia punctata*.

O sistema conta com dois tanques de 3000 L, onde foram cultivadas as lemnas, conforme Figura 2. Os tanques possuem uma coluna de 0,60 m. O tempo de detenção adotado foi de 7 dias, o que fez com que o esgoto fosse bombeado a uma vazão de $428,6 \text{ L.d}^{-1}$. Em um dos tanques foi realizada a recirculação do efluente com uma bomba ligada nos drenos inferiores do tanque. A vazão de recirculação foi de 9000 L.d^{-1} , considerando 3 ciclos diários de recirculação. Nos tanques foram realizadas divisões de isopor para avaliação da produção da biomassa em diferentes tempos de cultivos.

O tanque foi dividido em 8 câmaras, conforme mostrado na Figura 2, variando o período de cultivo. Dessa forma, os valores obtidos de taxa de crescimento foram para 3, 6, 12, 18 e 24 dias de cultivo. Esse período de cultivo abrange o tempo de experimento realizado por Cheng *et al.* (2002), para espécie *Lemna minor*, considerando um tempo de adaptação de 3 dias e um período de estabilização de crescimento a, aproximadamente, 21 dias. Para cada tempo de cultivo realizado nas câmaras do tanque, uma massa úmida de 220 g de *Landoltia punctata* foi inoculada inicialmente. Esse valor de densidade inicial de 350 g.m^{-2} foi utilizada para fazer com que as macrófitas ocupem toda a superfície do tanque, de maneira satisfatória (Zhao *et al.*, 2014), para evitar o aparecimento de algas periféricas, concorrentes naturais das lemnas por nutrientes. Após cada período de cultivo, as lemnas foram colhidas e sua massa úmida excedente pesada. A secagem das lemnas foi feita em estufa a 50° C , durante 48 horas.

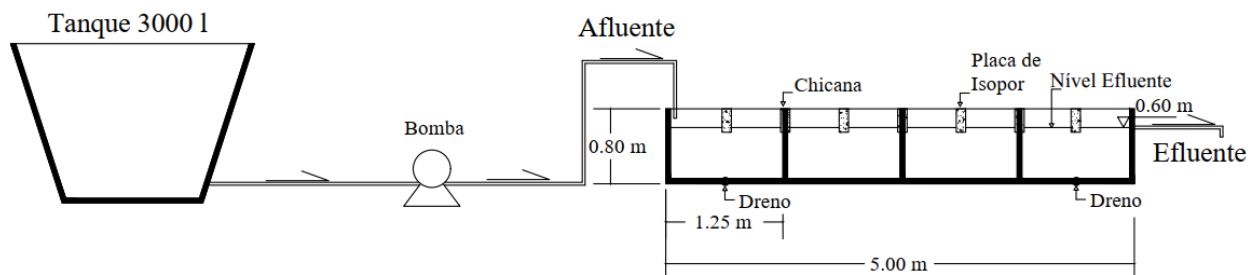


Figura 2: Tanque de Crescimento *Landoltia punctata*.

A produção de biomassa foi avaliada por meio das taxas de crescimento relativo obtidas, de acordo com a Equação 1, onde, GR é a taxa de crescimento relativo, DW é a matéria seca no período de cultivo, D é o número de dias do período de cultivo e A é a área superficial das caixas de cultivo.

$$GR = DW \cdot D^{-1} \cdot A^{-1} \quad \text{equação (1)}$$

Os parâmetros analisados foram a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total (NT) e o nitrato (NO_3^-). As metodologias utilizadas para as análises dos parâmetros foram APHA (2017), método 10072 Hach e método 10206 Hach, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de crescimento relativo para cada período de cultivo utilizado estão mostradas nas Figuras 3 e 4, para o tanque com recirculação e sem recirculação, respectivamente.

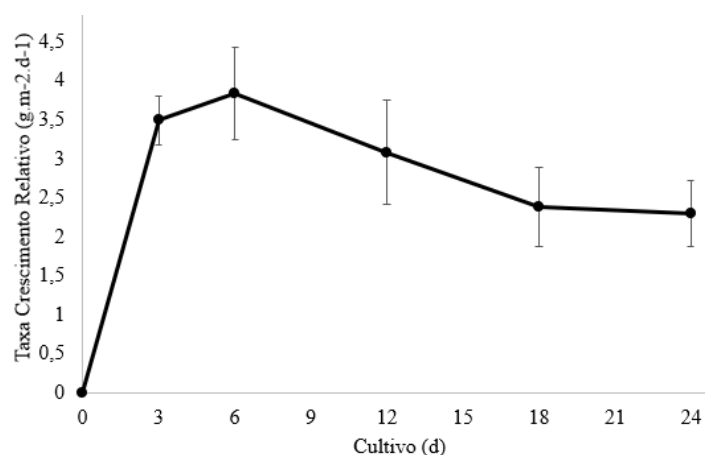


Figura 3: Taxas de Crescimento Relativo Tanque Recirculação.

O gráfico da Figura 3 mostra um pico de taxa de crescimento relativo para o período de cultivo de 6 dias, chegando a um valor de $3,84 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Para um período de 24 dias de cultivo, a taxa chegou a um valor de $2,30 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Para uma fase de adaptação de 3 dias, as taxas calculadas para este período de cultivo já se mostraram próximas dos outros valores mostrados, com um valor de $3,49 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Este fato provavelmente aconteceu devido as lemnas já estarem em cultivo em esgoto sanitário tratado no laboratório. Outro fator que se observa é a diminuição das taxas com o aumento do período de cultivo analisado. Isto está relacionado com o fato do aumento da densidade superficial das lemnas. Para uma mesma taxa inicial de densidade superficial utilizada de 350 g.m^{-2} , com o aumento do período, um aumento constante da densidade de lemnas pode empurrar algumas plantas para as bordas secas dos tanques, o que ocasiona sua morte. Em situação de aumento de densidade superficial, ocorre o efeito de superposição das plantas e o efeito de sombreamento, acaba também ocasionando morte das plantas. Para a densidade inicial citada anteriormente, o período de cultivo que se mostrou mais interessante para colheita das lemnas foi o de 6 dias de cultivo.

Um trabalho realizado por Ge *et al.* (2012) utilizando *Lemna minor*, cultivada em esgoto suíno, atingiu um valor de taxa de produção média de biomassa de $3,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Este trabalho ainda mostrou que o período de rápido crescimento ocorreu entre os dias 6 e 15 de cultivo. Quando cultivada em condições ideais e meio Schenk e Hildebrandt, a taxa de crescimento atingiu um valor de $14,10 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Este fato indica a influência das condições nutricionais, temperatura e fotoperíodo utilizado no cultivo nas taxas de produção de biomassa obtidas.

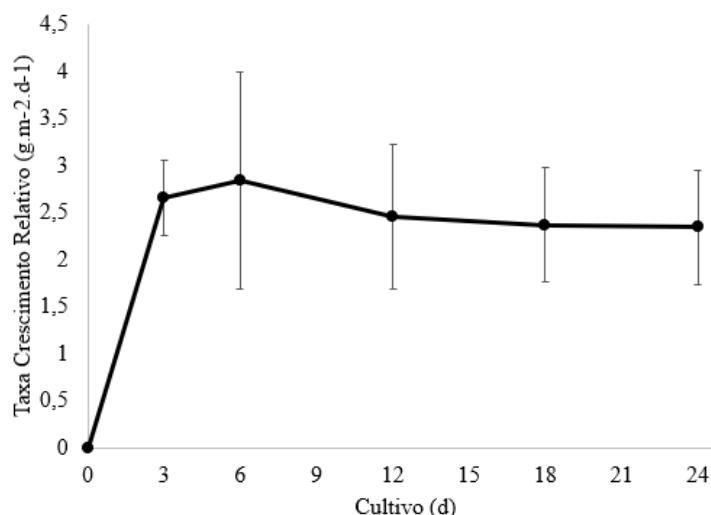


Figura 4: Taxas de Crescimento Relativo Tanque S/ Recirculação.

O gráfico da Figura 4 mostra os valores de taxas de crescimento encontradas para o tanque de lemnas sem a recirculação do efluente. Nota-se uma maior estabilidade das taxas de crescimento em relação aos períodos de cultivo utilizados. O maior valor médio encontrado foi de $2,66 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para o tempo de cultivo de 6 dias. Em 24 dias, a taxa de crescimento chegou a um valor de $2,34 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Para este caso, os valores das taxas de crescimento relativo foram mais amenos e mais uniformes em relação aos valores encontrados na Figura 3, indicando um efeito benéfico da recirculação nas taxas de crescimento obtidas.

Os resultados encontrados para os parâmetros de tratamento analisados estão contidos nas Figuras 5 e 6, para o tanque com recirculação e sem recirculação, respectivamente. Para DBO, o tanque de recirculação alcançou uma eficiência de 61,30%, com uma carga média de saída de $19,86 \text{ mg.L}^{-1}$. Os mecanismos envolvidos na remoção das cargas de DBO estão relacionados à presença de microrganismos aeróbios no meio, associada às plantas na superfície dos tanques de cultivo. Considerando o sistema proposto com uma etapa de polimento de um esgoto sanitário municipal já tratado, essa capacidade de tratamento se apresenta muito vantajosa para uma real aplicação. Um estudo realizado por Prya; Avishek; Pathak, (2012) utilizando *Lemna minor* e efluente de um reator biológico rotativo de contato com uma carga de DBO de 227 mg.L^{-1} , atingiu eficiência de 94,45 %, em um tempo de detenção hidráulica de 22 dias, em regime de batelada. Os dados citados mostram a vantagem da utilização de lagoas de lemnas como um processo de polimento de efluente tratado.

A remoção de nitrogênio total foi de 23,80%, com uma carga inicial média de $17,33 \text{ mg.L}^{-1}$. Xu e Shen, (2011) utilizando *Spirodela oligorrhiza* cultivada em esgoto suíno alcançaram uma remoção de 23,60% de nitrogênio total, em um período de uma semana, com uma carga inicial de 117 mg.L^{-1} . Os autores mostraram ainda que as variações nas capacidades de remoção do nutriente são influenciadas pelas cargas iniciais dos mesmos, em diferentes diluições do esgoto utilizado, e pela frequência de colheita das lemnas, para diferentes períodos de cultivos.

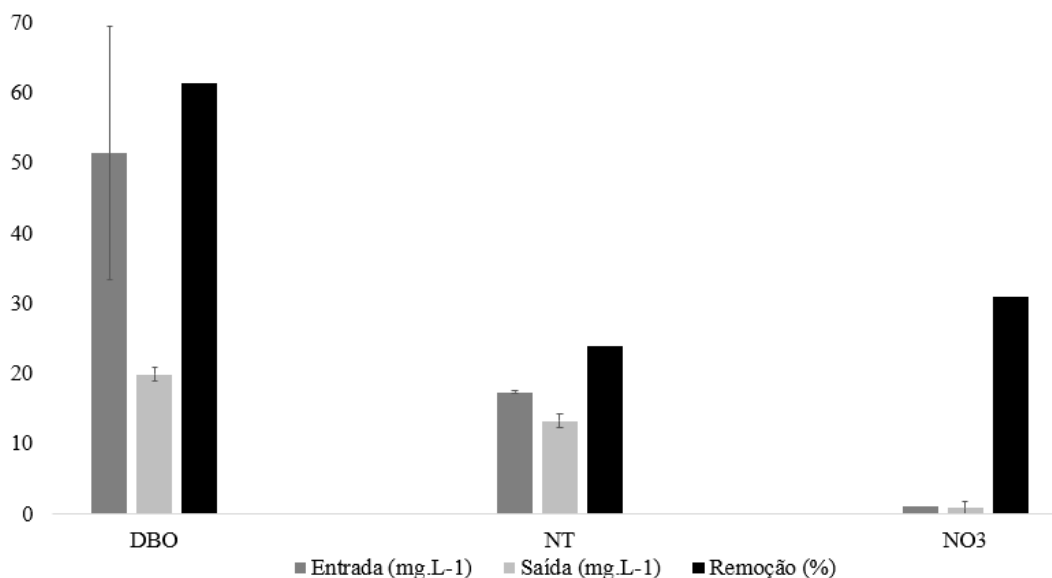


Figura 5: Parâmetros de Tratamento do Tanque Recirculação.

Para uma carga média inicial de nitrato de $1,10 \text{ mg.L}^{-1}$, o sistema proposto de polimento foi capaz de remover 30,90%. Tavares *et al.* (2008) utilizando *Lemna minor*, cultivada em esgoto suíno, atingiram eficiência de 25,02 %, com uma carga inicial de $0,73 \text{ mg.L}^{-1}$. Em sistemas que utilizam lemnas, a assimilação de nitrogênio pelas plantas é o principal mecanismo de remoção de nitrogênio do meio, podendo ocorrer desnitrificação nas regiões das raízes ou nas paredes dos tanques de cultivo, devido à presença de biofilmes, o que explica a remoção de nitrato nos sistemas de tratamento.

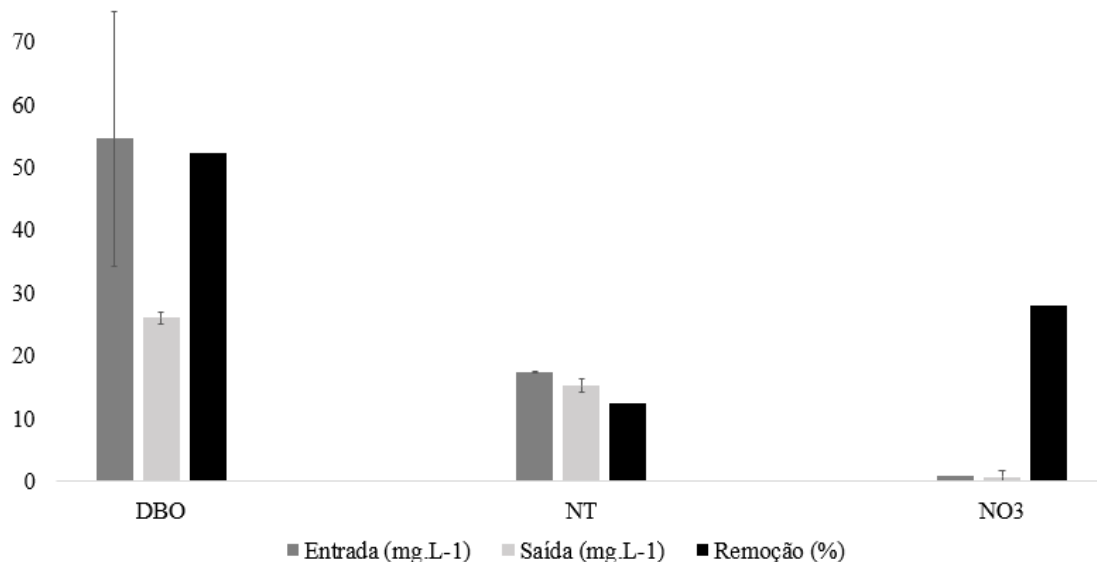


Figura 6: Parâmetros de Tratamento do Tanque S/ Recirculação.

Os resultados apresentados na Figura 6 mostram as eficiências de remoção para o tanque de lemnas, onde não foi feita a recirculação do efluente. As eficiências de remoção foram para DBO, NT e NO_3 de 52,32 %, 12,31% e 28%, respectivamente. Os resultados encontrados, quando comparados ao tanque com recirculação, mostram certa vantagem na realização da recirculação de efluente para melhora nos parâmetros de tratamento.

CONCLUSÕES

Os dados apresentados neste trabalho para taxa de crescimento relativo e monitoramento de alguns parâmetros de polimento de um esgoto sanitário tratado, evidenciam certa vantagem na realização de um processo de recirculação de efluente em lagoas de lemnas, colaborando para a melhora de um sistema de polimento que, simultaneamente a melhora da qualidade do efluente final, produza uma biomassa vegetal em maior quantidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23ª ed. Washington, DC, USA: APHA, 2017.
2. CHEN, G., FANG, Y., HUANG, J., ZHAO, Y., LI, Q., LAI, F., XU, Y., TIAN, X., HE, K., JIN, Y., TAN, L., ZHAO, H. Duckweed systems for eutrophic water purification through converting wastewater nutrients to high-starch biomass: comparative evaluation of three different genera (*Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor* and *Landoltia punctata*) in monoculture or polyculture. *Rsc Advances*, [s.l.], v. 8, n.32, p. 17927-17937, 2018.
3. CHENG, J., LANDESMAN, L., BERGMANN, B.A.. Nutrient removal from swine lagoon liquid by *lemna minor* 8627. *Transactions Of The Asae*, [s.l.], v.45, n.4, p. 1003-1010, 2002.
4. GATIDOU, G., OURSOUZIDOU, M., STEFANATOU, A., STASINAKIS, A.S. Removal mechanisms of benzotriazoles in duckweed *Lemna minor* wastewater treatment systems. *Science Of The Total Environment*, [s.l.], v.596-597, p. 12-17, out. 2017.
5. GE, X., ZHANG, N., PHILLIPS, G.C., XU, J. Growing *Lemna minor* in agricultural wastewater and converting the duckweed biomass to ethanol. *Bioresource Technology*, [s.l.], v.124, p. 485-488, nov. 2012.
6. OLIVEIRA JÚNIOR, J.L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, p. 213-232, 2013.
7. PRIYA, A., AVISHEK, K., PATHAK, G. Assessing the potentials of *Lemna minor* in the treatment of domestic wastewater at pilot scale. *Environmental Monitoring And Assessment*, [s.l.], v.184, n.7, p. 4301-4307, 9 ago. 2011.
8. TAVARES, F.A., RODRIGUES, J.B.R., BELLI FILHO, P., LOBO-RECIO, M.A., LAPOLLI, F.R. Desempenho da macrófita *Lemna valdiviana* no tratamento terciário de efluentes de suinocultura e sua contribuição para a sustentabilidade da atividade. *Biotemas*, Santa Catarina, v.1, n.21, p. 17-27, mar. 2008.
9. VERMA, R.; SUTHAR, S. Lead and cadmium removal from water using duckweed – *Lemna gibba* L.: Impact of pH and initial metal load. *Alexandria Engineering Journal*, [s.l.], v.54, n.4, p. 1297-1304, dez. 2015.
10. XU, J., SHEN, G. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production. *Bioresource Technology*, [s.l.], v.102, n.2, p. 848-853, jan. 2011.
11. ZHAO Y., FANG Y., JIN, Y., HUANG, J., BAO, S., FU, T., HE, Z., WANG, F., WANG, F., ZHAO, H.. Pilot-scale comparison of four duckweed strains from different genera for potential application in nutrient recovery from wastewater and valuable biomass production. *Plant Biology*, v.17, p. 82-90, jun. 2014.