

II-019 - SISTEMA ALAGADO CONSTRUÍDO APLICADO COMO PÓS - TRATAMENTO PARA EFLUENTE DE LATICÍNIO VISANDO A REMOÇÃO DE NUTRIENTES E DE DQO

Juliana Bortoli Mees⁽¹⁾

Tecnóloga Ambiental: Resíduos Industriais pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET/PR, mestre em Engenharia Agrícola: Recursos Hídricos e Meio Ambiente e Doutora em Engenharia Agrícola: Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/PR. Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (campus Medianeira) no curso de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-graduação nível de mestrado em Tecnologias Ambientais da UTFPR-Medianeira.

Ana Carolina Peterle⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira (UTFPR-MD) Mestranda em Tecnologias Ambientais – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTAMB) da UTFPR-MD

Micheli Ferreira⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Campus Medianeira.

Anmoran Cardoso⁽⁴⁾

Acadêmico de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Campus Medianeira.

Endereço⁽¹⁾: Av. Brasil, 4232, Parque Independência - Medianeira - Paraná - CEP: 85884-000 - Brasil - Tel: +55 (45) 3240-8120- e-mail: juliana@utfpr.edu.br.

RESUMO

A implementação de sistemas alagados construídos (SACs) tem ganhado espaço como um método alternativo de tratamento de diversos tipos de efluentes industriais, principalmente por seu baixo custo de implantação e monitoramento quando comparado com sistemas convencionais. No presente trabalho, foi utilizado como objeto de estudo águas residuárias de laticínios (ARL), oriundas de um laticínio localizado no oeste do estado do Paraná, na cidade de Matelândia, sendo que a coleta do efluente foi realizada no final do tratamento secundário, na saída da terceira lagoa de tratamento, lagoa aeróbia, antecedendo um pós-tratamento tratamento físico-químico (flotaçãoFAD/coagulação/floculação). O sistema elaborado, foi implementado nas dependências da UTFPR, Campus Medianeira, sendo utilizado, basicamente, para tal fim, uma bombona PEAD, pedra brita e macrófitas da espécie *Typha sp.*, a fim de propiciar a remoção, ou diminuição dos parâmetros avaliados, que foram: temperatura, turbidez, pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (N_{amoniaco}) e fósforo total (PT). Os resultados obtidos apresentaram uma elevada eficiência, em torno de 80% para os principais parâmetros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Taboa, efluente líquido, SACs, águas residuárias e DQO.

INTRODUÇÃO

As águas residuárias de laticínios (ARL) apresentam altas cargas orgânicas, além de possuírem concentrações relevantes de nitrogênio e fósforo. Quando esses efluentes são misturados com os efluentes sanitários, a concentração desses nutrientes aumenta consideravelmente, e mesmo não havendo essa mistura, por vezes, as ARL apresentam teores superiores aos do esgoto doméstico (VON SPERLING, 2005).

Segundo Mendonça et al. (2012), as estações de tratamento de efluentes convencionais, não são projetadas para remover nitrogênio, tampouco fósforo, pois são dimensionadas com o propósito principal de remoção de material orgânico, sendo que a remoção desses nutrientes mencionados, pode ocorrer como um “processo secundário” no sistema de tratamento.

Por volta da década de 40, começaram a surgir os primeiros sistemas alagados construídos (SACs), direcionados para o tratamento de diversos tipos de efluentes industriais. Com os anos, esses sistemas se

mostraram eficiente, não somente para a remoção de material orgânico, mas também para a remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo (SHUTES, 2001).

Na indústria de laticínios, o uso de SACs para o tratamento de ARL, vem ganhando popularidade, devido ao seu baixo custo de implantação e monitoramento, quando comparado com os sistemas convencionais. Esse tratamento alternativo pode ser utilizado tanto para o tratamento do efluente bruto, conforme verificado no trabalho de Kern e Brettar (2002), onde utilizaram, na Alemanha, uma unidade experimental de 10 m² cultivados com *Spartina pectinata*, *Phragmites australis* e *Acutiformis carex* para a remoção de altas concentrações de nitrogênio total (264 mg.L⁻¹) alcançando uma remoção de 85 a 90% deste parâmetro, quanto para tratamento do efluente final (pós-tratamento), como corroborado no trabalho de Abrahão (2006), onde ele utilizou SAC(s) de escoamento subsuperficial cultivados com forrageiras (capim tifton-85 e napier), observando-se uma remoção média de 50 a 70% de nitrogênio total pelos leitos vegetados.

Os SACs, se tratam de uma tecnologia simples, barata, de fácil operação e manutenção para o tratamento de diversos efluentes líquidos, ricos em material orgânico biodegradável (BRASIL et al., 2005). Eles são projetados para utilizar plantas cultivadas em substratos como areia, brita, solo, etc., onde em condições ambientais favoráveis, ocorre a formação de biofilme que acumulam populações variadas de microrganismos, onde através de processos biológicos, químicos e físicos, realizam o tratamento de águas residuárias (SOUZA et al., 2000). Os mecanismos envolvidos nesses sistemas são, essencialmente, a filtração e degradação da matéria orgânica, absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, adsorção e dessorção (MENDONÇA, 2012).

A remoção de nitrogênio dos efluentes ocorre basicamente, devido a existência de sítios aeróbios, ocasionados pela transferência de oxigênio da planta para o meio suporte anóxico, através dos rizomas das plantas cultivadas. Quando as condições do meio são anóxicas, ocorre a oxidação do íon amônio à nitrogênio gasoso (VAN DE GRAAF et al., 1996), sendo que este é então liberado para a atmosfera. Já o fósforo, que pode ser subdividido em duas frações (solúvel e insolúvel) pode ser removido da seguinte maneira: o fósforo solúvel pode ser assimilado pelas plantas e ser convertido a fósforo orgânico estrutural, sendo armazenado na biomassa vegetal, e o fósforo insolúvel, pode ser adsorvido pelo meio suporte, principalmente por partículas ricas em ferro e alumínio (MENDONÇA, 2012).

A biomassa das plantas cultivadas nos SACs, deve ser regularmente removida, antes que atinjam a senescência, de modo a assegurar a elevada remoção de nutrientes do meio, e que estes não retornem ao sistema. Assim, quanto maior a produtividade da planta, maior a sua capacidade de remover poluentes das águas residuárias, sendo que esta remoção é máxima na fase do seu desenvolvimento (EUSTÁQUIO et al., 2010).

Segundo Paganini (1997), as plantas que serão selecionadas para cultivo nos SACs, devem ser perenes, apresentar alta tolerância ao excesso de água e a ambientes eutrofizados, ser de fácil colheita e manejo, crescimento rápido, passível de cortes frequentes, denso sistema radicular além de possuir alta capacidade de remoção de nutrientes e poluentes.

De acordo com Nogueira (2003), no Brasil, esse tipo de tratamento vem tomando espaço em algumas indústrias, tanto para o tratamento do efluente bruto quanto para o pós-tratamento, sendo que, dentre as macrófitas mais utilizadas para cultivo, pode-se citar a *Typha sp.* (Valentim, 2003; Brasil et al., 2005). A maioria dos estudos relacionados ao desempenho dos SACs, são de climas temperados, mas a eficácia do tratamento provavelmente será maior em áreas tropicais devido às altas temperaturas, o que aumenta consideravelmente a atividade microbiana que auxilia na assimilação dos nutrientes e degradação da matéria orgânica (TRANG et al., 2010).

Devido a essa carência de estudos, sobre o tratamento de efluentes em climas tropicais, utilizando SACs, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de remoção de nutrientes e DQO de sistemas alagados construídos como pós-tratamento de ARL, com o intuito de determinar o grau de descontaminação dos efluentes através de um comparativo das análises realizadas na entrada e na saída do sistema, sendo considerados os parâmetros de DQO, Nitrogênio amoniacal, Fósforo total, pH, temperatura e turbidez.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no câmpus de Medianeira, em “escala piloto”. Para tanto, utilizou-se efluente líquido industrial proveniente de um laticínio, localizado no oeste do estado do Paraná, na cidade de Matelândia, com coordenadas geográficas 21°40’45” de latitude sul e 43°26’31” de longitude oeste.

O sistema de tratamento de efluentes, empregado pelo laticínio, constitui-se inicialmente de um tratamento preliminar, composto por gradeamento e uma caixa de gordura, seguindo para um tratamento secundário composto por três lagoas de estabilização, em série, sendo as duas primeiras lagoas anaeróbias e a terceira aeróbia. A última etapa do tratamento constitui-se de um pós-tratamento físico-químico, visando a remoção de poluentes remanescentes e posterior reuso, externo a empresa.

Nesta pesquisa, a água residuária de laticínio (ARL) aplicada aos SACs foi coletada antes do tratamento físico-químico, conforme pode-se observar na Figura 1.

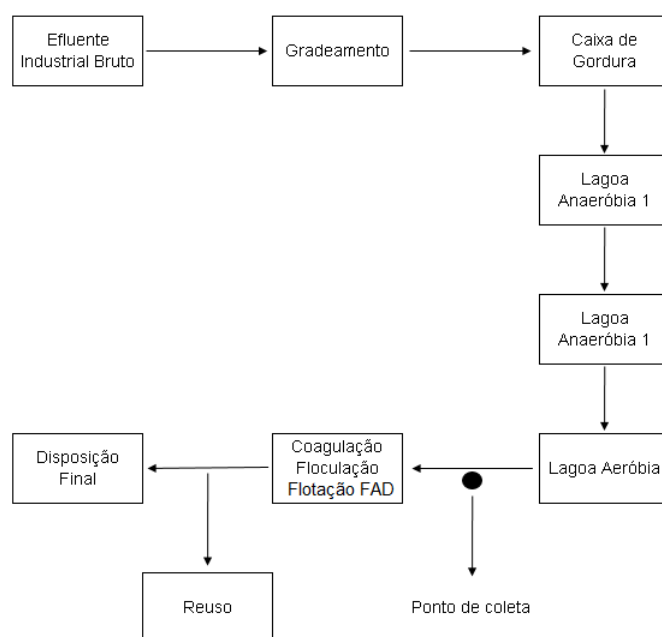


Figura 1: Fluxograma do sistema de tratamento da indústria.

Quanto as unidades experimentais, estas foram constituídas por dois leitos horizontais em escala piloto. Os SACs foram construídos a partir de bombonas de PEAD de 200 L, serradas transversalmente ficando cada calha com um volume útil aproximado de 100 L. Ambos os SACs apresentavam comprimento de 1,10 m e seção transversal semicircular com raio interno aproximado de 0,30 m. Como meio suporte foi utilizado brita #0 (pedrisco), com uma profundidade de 0,25 m, como representado na Figura 2.

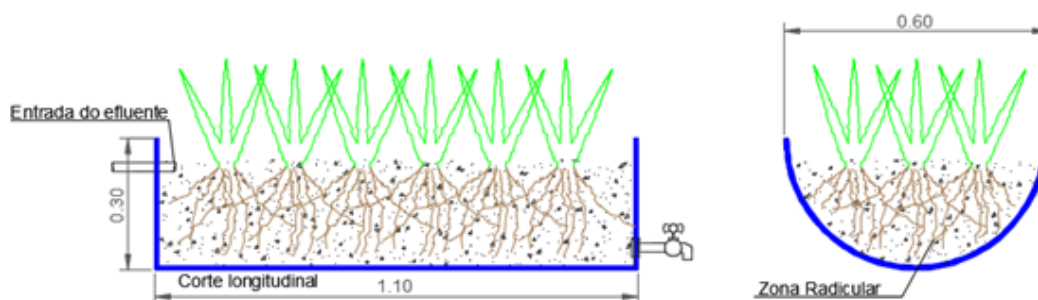


Figura 2 Esboço da configuração dos SAC(s) em “bombonas” de PEAD, utilizados na pesquisa (unidades em m).

O escoamento adotado para ambos os SACs foi o subsuperficial e a espécie vegetal selecionada para o cultivo foi a *Typha* sp. (taboa), onde um leito foi plantado e o outro foi mantido sem vegetação, servindo como testemunha.

O volume aplicado aos sistemas foi de 10 L, para manter a taxa de aplicação de carga orgânica em torno de 3,5 kg.d⁻¹, levando em consideração uma DQO de aproximadamente 700 mg.L⁻¹, valor médio de DQO gerado pelo empreendimento, naquela etapa de tratamento.

Mendonça et al. (2012), fez uso em sua pesquisa no tratamento da ARL, porém pós tratamento preliminar, de uma taxa de aplicação de carga orgânica semelhante (6,375 kg.d⁻¹), sendo assim, neste trabalho procurou-se utilizar um valor próximo da pesquisa supracitada.

O método empregado na operação dos SACs foi realizado em batelada, e o tempo de ciclo (TC) adotado foi de 2,0 dias. Visando a desobstrução dos poros do meio suporte, foi efetuado a lavagem deste com água limpa por 3 vezes consecutivas, preenchendo todo o volume útil do leito e posteriormente esvaziando-o.

Na sequência, foram plantadas as taboas, por meio de propágulos vegetativos (rizoma e caule), com cerca de 25 cm de comprimento, distanciadas uma das outras em 0,12 m, resultando em 3 fileiras com 6 plantas, totalizando 18 taboas. O esquema da distribuição das plantas no SAC pode ser observado na Figura 3.

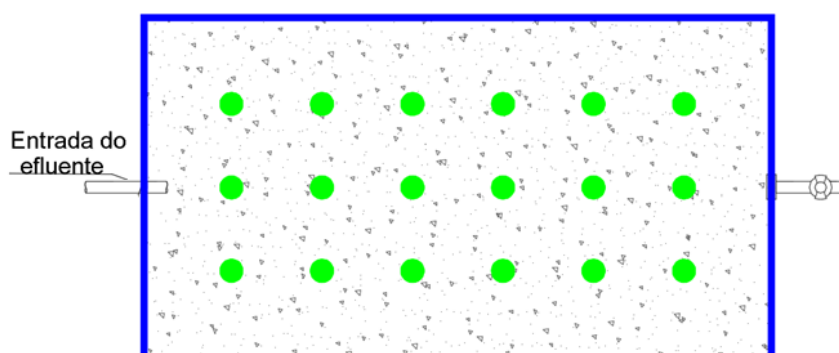


Figura 3: Esquema da distribuição das plantas no SAC (vista superior).

Após o plantio das vegetações, por 3 dias consecutivos, fez-se saturação dos tanques diariamente, com o efluente bruto, objetivando-se diminuir a interferência, nos resultados, de qualquer possível residual de água ou sujeira que casualmente pudesse ter ficado aderido ao leito ou às raízes das plantas.

Após o termino da saturação dos leitos, iniciou-se a operação dos sistemas, com ciclos de 2 dias em regime de bateladas, durante duas semanas (7 amostragens).

A alimentação dos SACs procedeu-se da seguinte forma: a ARL coletada no laticínio era armazenada em galões de 50 L. indicados por (1) na Figura 4. Logo após, abria-se lentamente as torneiras acopladas nesses reservatórios, permitindo o escoamento do efluente pelas mangueiras (2), por gravidade, até os SACs indicados por (3). Após a ARL ocupar o volume de vazios dos leitos, permanecia estática por 48 horas em seu interior. Ao completar os dois dias de detenção nos SACs, o efluente tratado era coletado por uma torneira adaptada em sua base, sendo recolhido em um recipiente de plástico e encaminhado para o Laboratório de Efluentes da UTFPR – Campus Medianeira, para posteriores análises.



Figura 4: Módulo experimental utilizado para o tratamento da ARL.

Neste estudo, foram analisados vários parâmetros, sendo eles: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio amoniacal (Namon), Fósforo Total (PT), Temperatura do efluente na entrada e na saída dos SACs (Teflu), pH e turbidez.

As análises físico-químicas foram realizadas em duplicata, e os métodos utilizados podem ser observados na Tabela 1:

Tabela 1: Métodos utilizados na determinação dos parâmetros analisados.

| <i>Parâmetros</i> | <i>Unidade</i> | <i>Método</i> |
|-------------------------|--------------------|--|
| <i>DQO</i> | mg.L ⁻¹ | (APHA et al.,2012) Método 5220D |
| <i>Namon</i> | mg.L ⁻¹ | (APHA et al.,2012) Método 4500 F |
| <i>P_t</i> | mg.L ⁻¹ | (APHA et al.,2012) Método 4500 P E |
| <i>T_{eflu}</i> | °C | Temômetro – Marca SKTE 01 |
| <i>pH</i> | - | pHmetro – Marca Hanna – Modelo pH 21 |
| <i>Turbidez</i> | NTU | Turbidímetro – Marca PoliControl -Modelo AP 2000 |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de avaliar o percentual de remoção dos parâmetros em estudo (temperatura, turbidez, pH, DQO, Namon e PT), mediante o SAC, foram realizados os ensaios físico-químicos com amostras da ARL afluente ao sistema, e efluente ao sistema (com e sem plantas).

No Gráfico 1, são apresentados os valores de temperatura média ambiente durante todo o período de análise, onde estas foram acompanhadas diariamente pelo site da SIMEPAR, 2017.

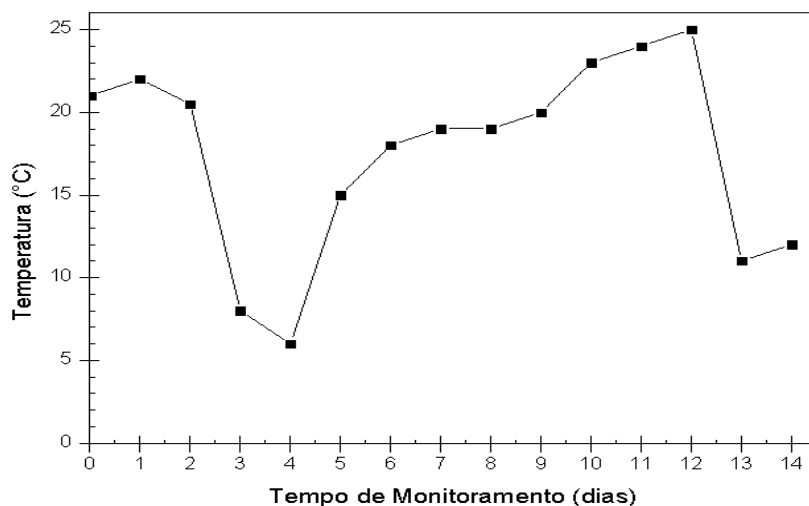


Gráfico 1: Temperaturas médias no período de análise.

Analizando o Gráfico 1, e levando em consideração as temperaturas amenas no período de estudo (mais especificamente nos tempos 3, 5, 13 e 14 de monitoramento), pode-se inferir que as plantas que não brotaram - uma pequena parcela de cerca de 11% - foi devido a essas temperaturas baixas.

Mediu-se, também, as temperaturas da ARL afluente e efluente ao sistema, ou seja, na entrada e na saída dos SACs, sendo que a ARL que alimentava tanto o SAC testemunha quanto o SAC vegetado, possuía a mesma temperatura, pois se tratava da mesma amostra de efluente. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2-Tabela de temperatura da ARL na entrada e na saída dos SACs.

| Ciclos (TC=2 dias) | Temp. Afluente (°C) | Temp. eflu (°C) Sem Planta | Temp. eflu (°C) Com Planta |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 21,90 | 19,50 | 19,70 |
| 2 | 20,30 | 11,30 | 11,70 |
| 3 | 12,60 | 16,60 | 16,90 |
| 4 | 18,00 | 18,20 | 18,40 |
| 5 | 19,70 | 22,50 | 22,90 |
| 6 | 23,50 | 22,50 | 23,70 |
| 7 | 25,10 | 10,90 | 11,70 |

Os valores de temperatura presentes na Tabela 2 permitem interpretar que a faixa de variação deste parâmetro vai de 12,6°C a 25,10°C para o afluente, de 10,9°C a 22,5°C para o efluente sem planta e de 11,7°C a 23,7°C para o efluente com planta. Foi observada também, uma brusca variação térmica durante o período de análise. Com relação a diferença de temperatura entre o SAC com planta e o de tratamento, pode-se perceber que as temperaturas do efluente tratado com planta apresentam-se sempre mais elevadas quando comparadas ao sem plantas, isto ocorre, pois segundo Lopes (2016) quando há a diminuição de matéria orgânica por meio de sua utilização pelo metabolismo das espécies vegetativas, a temperatura do meio aumenta.

A leitura da turbidez no aparelho, possibilitou a obtenção dos seguintes valores, presentes no Gráfico 2, sendo que estes permitem a comprovação da redução considerável deste parâmetro no sistema com e sem plantas.

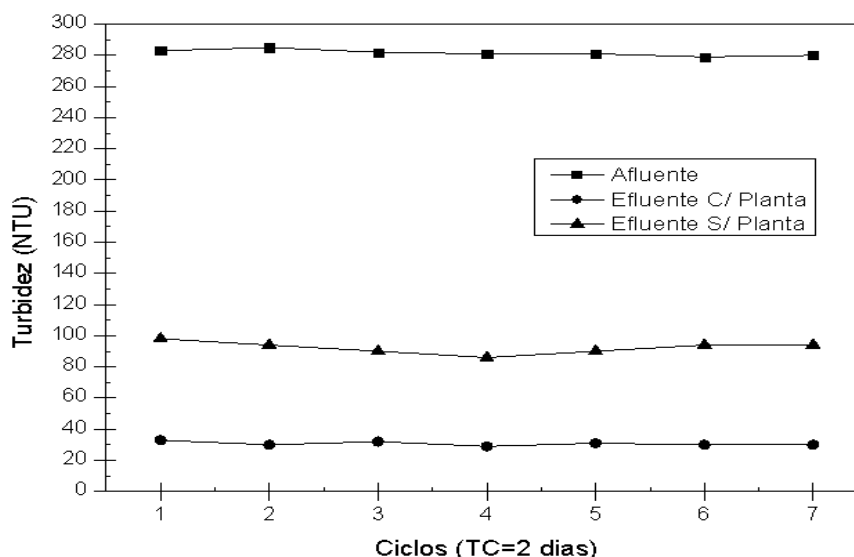


Gráfico 2- Turbidez das amostras x Ciclos.

A turbidez, caracterizada pela presença de partículas suspensas na massa líquida, apresentou uma expressiva redução em ambos os sistemas, muito provavelmente em função do processo de filtração simples proporcionado pela pedra brita. Houve, no entanto, uma maior remoção no sistema com plantas, possivelmente, pela absorção e adsorção desse material particulado pelas raízes das plantas, para realização de suas atividades metabólicas.

Na análise do pH, foi possível construir o Gráfico 3, onde também é possível ver a redução de mais um parâmetro avaliado, principalmente nas amostras com plantas.

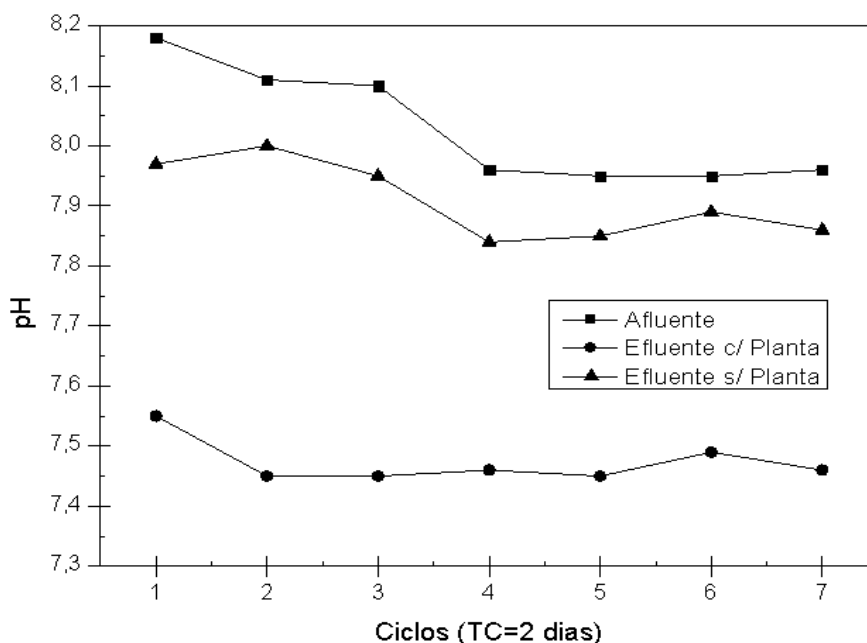


Gráfico 3- pH x Tempo.

Levando em consideração que o pH do tratamento sem plantas ficou relativamente próximo ao do afluente, pode-se inferir que o pH tem constante influência na degradação da matéria orgânica, pois segundo Lopes (2016), a diminuição do pH está ligada a diminuição da matéria orgânica através de sua utilização pelas plantas. Matos; Freitas e Monaco (2010) e Mendonça et al. (2015) mencionam que a matéria orgânica tem o poder de tamponamento dos efluentes de laticínios, comprovando a relação da carga orgânica com o pH dos SACs construídos.

Plotou-se um gráfico da DQO *versus* o tempo de análise (Gráfico 4), podendo-se observar que houve uma significativa redução da DQO, sendo que na entrada dos SACs, seu valor foi cerca de 600 – 700 mg. L⁻¹, e na saída, pós o tratamento com as plantas, reduziu para uma demanda química menor que 100 mg. L⁻¹.

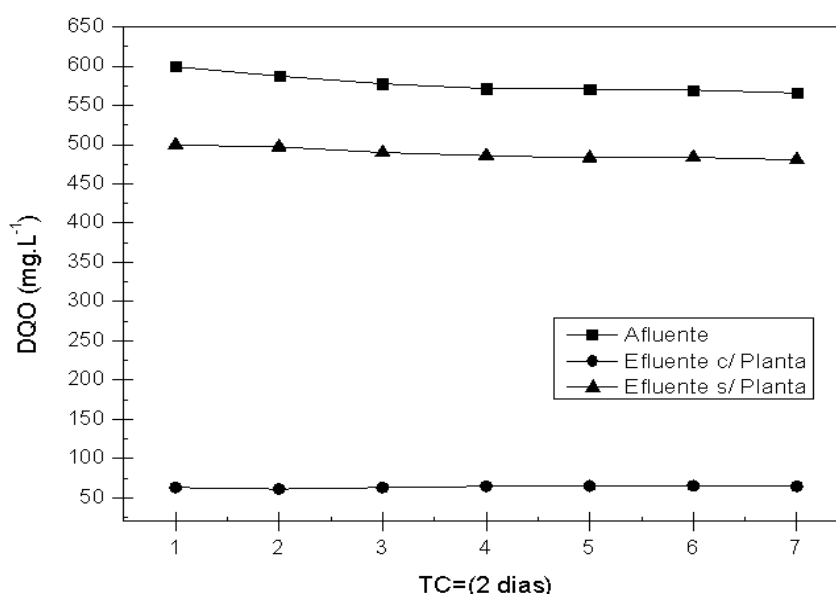


Gráfico 4 - DQO x Tempo de Ciclo.

Mediante os expressivos resultados de remoção de DQO, é cabível inferir que as macrófitas contribuíram significativamente com a diminuição da carga orgânica do efluente trabalhado. É possível notar ainda, que não houve grande diferença nas concentrações das amostras de DQO com plantas, fato que aparentemente ocorreu em função do intervalo de tempo de análise não ter sido suficiente para que as plantas atingissem seu ponto ápice de maturação, fato que pode ser confirmado nos trabalhos de De Sousa (2003), onde em seus ensaios de curva de crescimento para uma espécie similar à trabalhada, *Typha domingensis Pers*, foram necessárias cerca de seis semanas para que as plantas diminuíssem seu ritmo de desenvolvimento. O intervalo de tempo também não permitiu que se formasse uma camada de biofilme nas raízes das plantas, sendo os microrganismos desse biofilme responsáveis por uma parcela de remoção da DQO. Sabe-se, porém, que a própria planta metaboliza grande parte da matéria orgânica para utilizá-la em suas funções vitais, sendo este fator um dos principais motivos de remoção no sistema.

O Gráfico 5, que apresenta o comportamento da redução de nitrogênio amoniacal, foi bem similar ao da DQO, com a ressalva de que as concentrações das amostras do afluente variaram em torno de 55 mg. L⁻¹, e do efluente tratado com planta, pouco abaixo de 10 mg. L⁻¹.

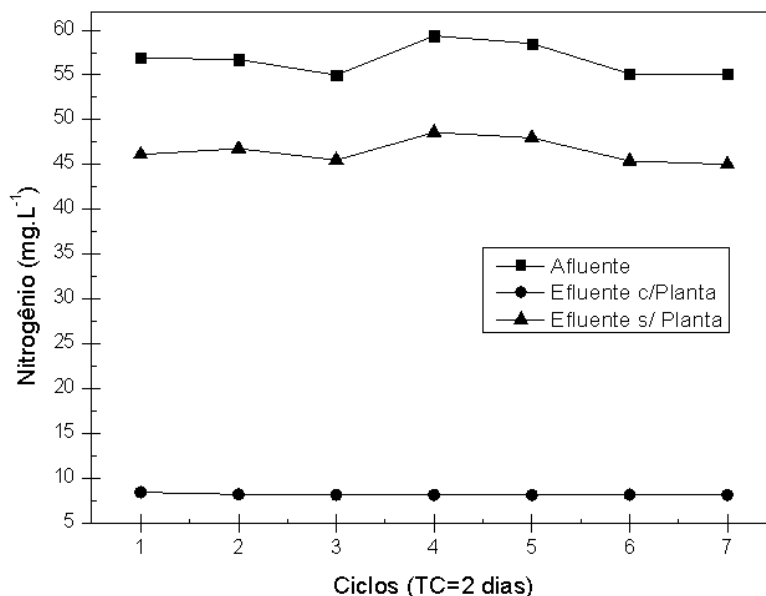


Gráfico 5- Nâmoni x Tempo de Ciclo.

Por fim, um parâmetro que também se avaliou, foi o fósforo total, onde mais uma vez, foram obtidos resultados comportamentais semelhantes aos anteriores, com as concentrações das amostras de ARL que entraram nos SACs, variando em torno de 67 mg. L-1, e do efluente tratado com planta, que saía do SAC, pouco acima de 10 mg. L-1, como pode ser observado no Gráfico 6.

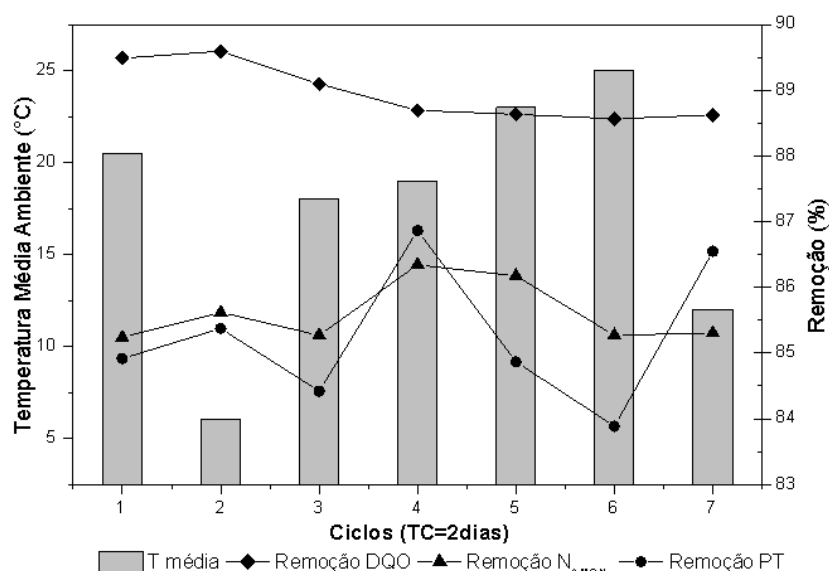


Gráfico 7- Percentual de Remoção de nutrientes e DQO.

O parâmetro que apresentou maior remoção foi a DQO (demanda química de oxigênio) com cerca de 89,6% para um TC = 2 dias, e o que apresentou menor remoção foi o PT com aproximadamente 83,5% para um TC = 6 dias. Em média, a DQO apresentou remoção de 88,66%, o Namon de 85,29% e o PT de 84,9%.

Os SACs têm sido muito empregados no pós-tratamento de efluentes após os processos anaeróbios. Segundo Calijuri et al. (2009), são sistemas que tem em sua constituição filtros de alta condutividade hidráulica, onde acabam dando um suporte ao crescimento de macrófitas e permitindo que haja a formação de um biofilme.

Esse tipo de arranjo proporciona uma elevada capacidade de remoção de nutrientes (35 a 60%) (CALIJURI et al., 2009), matéria orgânica (48 a 74%) (VALENTIM, 2003), sólidos (cerca de 70%) e patógenos (99,58 a 99,97%) (ALMEIDA; OLIVEIRA; KLIEMANN, 2007).

CONCLUSÃO

A utilização das plantas para o tratamento de efluentes provenientes de laticínio, se mostrou como uma boa opção para pós-tratamento de ARL, uma vez que, apresentou remoção de 88,06% para DQO, 85,29% para Namon e 84,89% para PT.

Com a comparação entre o sistema de tratamento com planta e o sem planta foi possível perceber que o primeiro apresentou melhores resultados, havendo uma maior eficiência quanto a remoção dos parâmetros analisados.

Para poder-se avaliar a eficiência de remoção da DQO, Namoni e PT nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, o experimento deveria ter sido conduzido em um espaço maior de tempo, como já abordado, com um tempo superior ao período de maior desenvolvimento das plantas (cerca de seis semanas) e também em diferentes estações do ano, para que pudesse ser estudada a interferência da temperatura ambiente nessa remoção.

Apesar do experimento ter sido desenvolvido em uma região de clima tropical, na estação do outono, onde as temperaturas oscilaram bruscamente, verificou-se o não desenvolvimento de algumas macrófitas, podendo-se inferir, que este tipo de tratamento, provavelmente se adequaria melhor em regiões onde as temperaturas se mantêm mais elevadas e estáveis.

Para estudos futuros, sugere-se que sejam feitos experimentos semelhantes a este, com o mesmo tipo de planta e efluente, porém em um espaço de tempo de um ano, com o intuito de avaliar a remoção dos poluentes, nas quatro estações. Sugere-se também, que sejam realizados estudos com diferentes espécies de macrófitas, para tratamento alternativo de ARL, visando propiciar um comparativo entre a eficiência de remoção dos parâmetros analisados neste trabalho, mediante o uso de diferentes espécies vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAHÃO, S. S. Tratamento de água residuária de laticínios em sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
2. ALMEIDA, R. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
3. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. 22. ed. Washington, DC: APHA, 2012.
4. BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental, Campina Grande, v. 9, Suplemento, p. 133-137, 2005.
5. CALIJURI, M. L. et al. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 421-430, set. 2009.
6. DE MATOS, A. T.; FREITAS, W. DA S.; MONACO, P. A. V. LO. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 5, n. 2, p. 119-132, 2010.
7. DE SOUSA, L. M. I. Avaliação da macrófita typha domingensis pers. no póstratamento de efluentes do campus da ufms e do hospital universitário, em banhados construídos de fluxo subsuperficial. UFMGS. Dissert. Campo Grande. 2003. p. 48. Disponível em: <<https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/32/cursorId:33>>. Acesso em 06 de jul. 2017.

8. EUSTÁQUIO JR., V.; MATOS, A. T.; CAMPOS, L. C.; BORGES, A. C. Desempenho agrônômico da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), cultivada em sistemas alagados construídos. *Revista Ambi-Água*, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 68- 8, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.120>>. Acesso em 23 de jun. 2017.
9. KERN, J.; BRETTAR, I. Nitrogen turnover in a subsurface constructed wetland receiving dairy farm wastewater. In: *TREATMENT WETLANDS FOR WATER QUALITY IMPROVEMENT*, 2., 15-21 oct. 2002, Ontario. Proceedings... Ontario: CH2M Hill, 2002. p. 15-21.
10. LOPES, R. C. S. Q. Wetlands construídas na redução de carga orgânica de efluente de laticínio. *Veredas* v. 9, n. 1, p.107-120, 2016.
11. MATOS, A. T. et al. Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1311-1317, 2010.
12. MENDONÇA, H. V.; RIBEIRO, C. B. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. Remoção de nitrogênio e fósforo de águas residuárias de laticínios por sistemas alagados construídos operando em bateladas. *Revista Ambi-Água*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 75-87, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.805>>. Acesso em: 23 de jun. 2017.
13. NOGUEIRA, S. F. Balanço de nutrientes e avaliação de parâmetros biogeoquímicos em áreas alagadas construídas para o tratamento de esgoto, 2003, 137f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2003.
14. PAGANINI, W. S. Disposição de esgotos no solo (Escoamento à superfície). São Paulo: AESABESP, 1997. 232p.
15. SOUZA, J. T. et al. Pós-Tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas “Wetlands” construídos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 87-91, 2000.
16. SIMAPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em: <www.simepar.br>. Acesso em: 20 de jun. 2017.
17. SHUTES, R. B. E. Artificial wetlands and water quality improvement. *Environment International*, London, v. 26, n. 5/6, p. 441-447, 2001. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00025-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00025-3)>. Acesso em: 23 de jun. 2017
18. VALENTIM, M. A. A. Desempenho de leitos cultivados (“Constructed Wetlands”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação. 233f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
19. VAN DE GRAAF, A. A.; DE BRUIJN, P.; ROBERTSON, L. A.; JETTEN, M. S. M.; KUENEN, J. G. Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms in a fluidized bed reactor. *Microbiology*, v. 142, n. 8, p. 2187-2196, 1996. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1099/13500872-142-8-2187>>. Acesso em: 23 de jun. 2017.
20. TRANG, N. T. D. et al. Kinetics of pollutant removal from domestic wastewater in a tropical horizontal subsurface flow constructed wetland system: Effects of hydraulic loading rate. *Academic Search Premier*, v. 36, n. 4, p. 527-535, 2010.
21. VON SPERLING, M. Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 425p.