Viabilidade da implantação de *wetlands* em Maria da Fé para tratamento de esgoto

Feasibility of implementing wetlands in Maria da Fé for sewage treatment

[(1)] Lucienhy Aparecida Fernandes Gonçalves; goncalves.lu22@hotmail.com
[(1)] Fábio Luís Figueiredo Fernandes; fabiofepi@yahoo.com.br

(1) Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Av. Dr. Antônio Braga Filho, nº 687, Porto Velho, Itajubá –Minas Gerais.

Recebido em 19 de novembro de 2019. Revisado em 28 de abril de 2020

RESUMO

No atual cenário brasileiro, há uma precariedade no saneamento básico, que reflete na poluição dos rios e mananciais. Diante deste cenário, é imprescindível a criação de medidas preventivas, como o tratamento de efluentes industriais fabris e químicos (medicamentos) e o tratamento de esgoto em estações. E é no contexto apresentado que este estudo se insere, ao abordar o desenvolvimento e implantação de um protótipo de *wetlands* no município de Maria da Fé/MG, com o intuito de avaliar o desempenho deste como alternativa para o tratamento de esgoto. Para desenvolver este estudo foram coletadas e analisadas as principais características das *wetlands*, dentre elas os tipos existentes e alguns exemplos de casos aplicados. Tem-se como objetivo principal gerar contribuições no que diz respeito ao tratamento de esgoto doméstico e controle do fluxo de águas da região estudada (controle de enchentes), através de uma alternativa que pode apresentar considerável viabilidade, em termos de custos de implantação, operação e resultados. Após implementado e testado, concluiu-se que o desempenho do mesmo foi satisfatório, resultando em melhora de alguns dos indicadores mais relevantes, como o pH e concentração de amônia tóxica na água tratada.

Palavras-chave: *Wetlands*. Tratamento de esgoto. Protótipo. Efluentes. Indicadores.

ABSTRACT

In the current Brazilian scenario, there is a precariousness in basic sanitation, which reflects in the pollution of rivers and water sources. Given this scenario, it is essential to create preventive measures, such as the treatment of industrial and chemical effluents (medicines) and the treatment of sewage in stations. And it is in the context presented that this study is inserted, when addressing the development and implementation of wetlands' prototype in Maria da Fé/MG, in order to evaluate its performance as an alternative for sewage treatment. To develop this study, the main characteristics of the wetlands were collected and analyzed, among them the existing types and some examples of applied cases. Its main objective is to generate contributions with respect to the treatment of domestic sewage and control of the flow of water in the studied region (flood control), through an alternative that can present considerable viability, in terms of implementation and operation costs, as well as results. After implemented and tested, one considered its performance to be satisfactory, resulting in an improvement of some of the most relevant indicators, such as the pH and concentration of toxic ammonia in the treated water.

Keywords: Wetlands. Sewage Treatment. Prototype. Effluents. Indicators.

INTRODUÇÃO

Os sistemas produtivos e modelos de consumo desenvolvidos e aprimorados pelo homem nos últimos séculos culminaram atualmente em níveis elevados de produção de lixo e dejetos urbanos, sendo estes últimos direcionados em sua grande maioria aos sistemas hídricos existentes (rios, lagos, lagoas naturais e artificiais, mananciais e aquíferos).

Um dos aspectos mais importantes e indesejados com relação aos dejetos produzidos e liberados é a concentração de diversos elementos químicos e biológicos nocivos à qualidade da água e a vida existente nestes sistemas. Nota-se então a necessidade de medidas preventivas, como o tratamento de efluentes industriais ainda nas instalações fabris e o direcionamento do esgoto doméstico para estações de tratamento. Segundo MELLO (2016), além destas medidas, é de igual importância a implantação de medidas remediadoras, como projetos a curto e longo prazo para a recuperação dos recursos hídricos afetados.

Em muitos municípios brasileiros a falta de saneamento básico traz diversos problemas ambientais, com consequências à saúde humana. Os dejetos humanos são veículos de germes patogênicos causadores de várias doenças, como febres, diarreias infecciosas, amebíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase, entre outras (FUNASA, 2006). Em condições de contaminação extrema aumentam-se não só os riscos à saúde e meio ambiente, mas também os gastos governamentais e a visibilidade negativa dos locais afetados.

Ao relacionar o esgoto sanitário lançado nos corpos hídricos, os principais agentes poluidores são: matéria orgânica biodegradável; sólidos suspensos; nutrientes, como fósforo e nitrogênio; patogênicos; sólidos dissolvidos e coloidais; compostos orgânicos voláteis; e odores. As *wetlands* atuam em todos esses aspectos, num processo de duração maior daquele desempenhado em tanques de estações de tratamento, e também menos eficiente (é capaz de tratar apenas uma parcela de cada um dos elementos poluidores), sendo comumente considerada um pré-tratamento (SALATI, 2009).

Sob a ótica de investimento e infraestrutura, entretanto, as *wetlands* têm custo consideravelmente reduzido e podem ser implantadas em diversos locais, como pequenos vales, brejos, margens de rios e lagos, dentre outros, além de interagir visualmente e biologicamente com o meio ambiente (SALATI, 2009).

Ainda considerando tais variáveis, é importante salientar que o custo e alocação de uma *wetland* dependerá do tipo natural ou construída, já mencionados. As *wetlands* naturais são facilmente reconhecidas como várzeas dos rios, ou seja, para desempenhar a função de tratamento de esgoto basta que sejam realizadas adaptações palpáveis no bioma já existente, reduzindo os custos. Os primeiros estudos sobre *wetlands* realizados no Brasil decorreram, inclusive, das observações feitas nas várzeas amazônicas, ao analisar o comportamento destes sistemas e sua composição (DORES *et al*, 2008).

As *wetlands* construídas requerem um estudo detalhado, levando em consideração as alterações locais que ocorrerão com sua implantação e também a correta escolha de uma área nas proximidades do corpo hídrico que minimize tais alterações. O custo, apesar de maior se comparado com os naturais, ainda é reduzido, o que torna esse sistema interessante para as atividades de tratamento, independentemente do tipo escolhido no planejamento (PELISSARI, 2018). Segundo a autora, há vantagens comerciais ao utilizar destes sistemas em tratamento de dejetos oriundos de atividades agropecuárias.

Considerando tais informações e o contexto atual, em que a disponibilidade sazonal ou até mesmo escassez de água já é realidade em diversos locais no mundo, a utilização de *wetlands* surge como uma boa alternativa para o tratamento e reutilização dos recursos hídricos, no intuito de minimizar os impactos econômicos e sociais decorrentes do modelo de consumo atual. Uma possibilidade de estratégia inicial seria aplicar a tecnologia em pequena escala em municípios que ainda carecem de tratamento apropriado, e em uma escala mais ampla no tratamento primário e secundário de esgoto doméstico e industrial (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

Com base nestas informações, definiu-se o local de construção do protótipo (cujo detalhamento será feito no tópico seguinte). Trata-se de uma propriedade rural no bairro Pintos Negreiros, distrito de Maria da Fé/MG, que apresenta características naturais, como clima e relevo, favoráveis à algumas espécies de plantas aplicadas em *wetlands*.

O protótipo foi aplicado inicialmente no tratamento de desejos gerados por uma propriedade rural local. Optou-se por uma propriedade que não desenvolvesse práticas agrícolas, pois em tais práticas geralmente se utiliza agrotóxicos e fertilizantes químicos e, segundo DORES (*et al*., 2008), em seu estudo realizado na

região do Pantanal, as *wetlands* atuam como acumuladores de produtos químicos. Em um primeiro momento tal característica pode parecer uma vantagem, do ponto de vista da remoção dos contaminantes, mas é algo que na verdade ocasiona a morte dos vegetais e de outros seres vivos que interagem biologicamente com a *wetland.*

A proposta desta pesquisa, portanto, é realizar um estudo detalhado sobre a possibilidade de implantação da tecnologia de *wetlands* no município de Maria da Fé e região, compreendendo todas as etapas necessárias para determinar sua viabilidade, desde estudos sobre *wetlands* até a construção e operação de um protótipo.

MATERIAL E MÉTODOS

A etapa de criação do protótipo iniciou-se com a escolha da localidade onde o mesmo foi construído. Definiu-se, então, uma propriedade localizada no distrito nomeado Pintos Negreiros, pertencente e distante 26km da cidade de Maria da Fé – MG (IBGE, 2007), com 1.5ha que apresenta algumas características importantes à escolha, listadas:

- Há um pequeno córrego que corta a propriedade, sendo que este atravessa boa parte do distrito. Neste córrego é despejada uma parte considerável do esgoto gerado pela população local, o que torna vantajoso utilizar esta água para o enchimento do sistema de tratamento;
- Há espaço suficiente e seguro para a montagem do protótipo;
- Abundância de espécies de macróficas naturais da região, com a possibilidade de coletar o que será utilizado no próprio local, tendo maiores chances de sobrevivência e crescimento das plantas (habitat natural);
- Facilidade de acesso e monitoramento das condições de funcionamento do protótipo;
- Casa de 4 moradores com geração constante de esgoto doméstico;
- Ponto de fácil coleta dos efluentes;

Posteriormente realizou-se o dimensionamento do sistema de tratamento. Das tecnologias estudadas durante a pesquisa, a que mais se adequa à forma como são coletados os dejetos é a de fluxo vertical com macrófitas emergentes, pois o fluxo de dejetos oriundo da propriedade é livre, além de as macrófitas deste tipo serem abundantes na região, em especial a *Typha*, popularmente conhecida

como Taboa. Além de abuntante, segundo SALATI (2009), a Taboa se apresenta como opção favorável quando aplicada ao tratamento de dejetos domésticos e animais, motivo pelo qual foi escolhida para utilização neste projeto.

Para a confecção do protótipo utilizou-se uma caixa d'água de 1000 litros de volume como base estrutural, sendo preenchida com os materiais filtrantes, efluentes e plantas. Esta escolha e o dimensionamento e construção foram adotados como valores experimentais. O volume, por sua vez, é compatível com a geração local de dejetos. Internamente, os materiais foram divididos da seguinte forma: areia e brita 1, sendo a primeira disposta na parte inferior, com 25cm de espessura. Logo, foi disposta a camada de brita 1, também com espessura de 25cm. Completou-se o tanque com água do córrego e plantas da espécie *Typha*.

De modo a ramificar o fluxo de efluentes na parte superior, conectou-se a saída de dejetos da propriedade diretamente a um cano simetricamente furado, colocado na parte superior do tanque. Os efluentes são então tratados pelas plantas e descendem através do material filtrante, onde são coletados na parte inferior através de outro cano furado, que direciona os efluentes tratados para fora do tanque e diretamente para o córrego que corta a propriedade. A Figura 1 exibe os detalhes descritos. A Figura 2, por sua vez, exibe o sistema já finalizado.

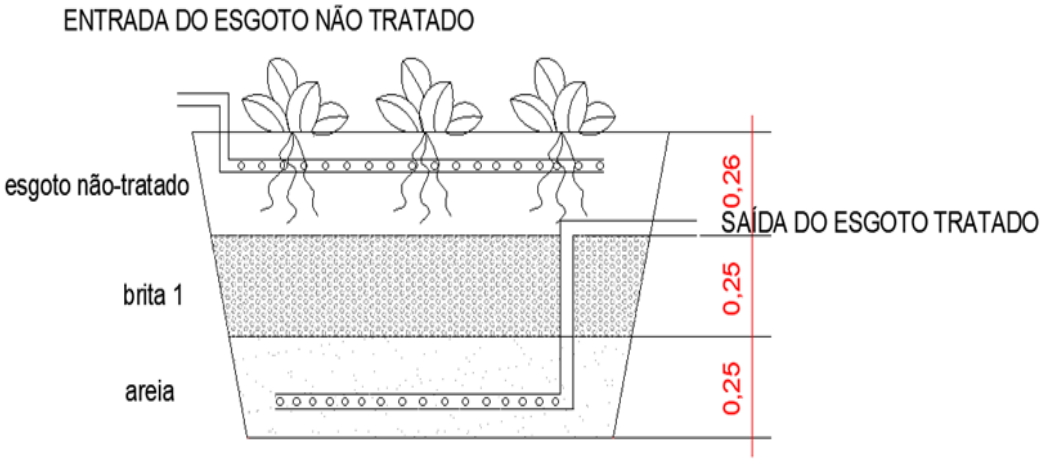

Figura 1 – Desenho esquemático do modelo de WC

Figura 2 – Vista do local e residência ao fundo, já com o sistema finalizado

Os custos dos materiais e serviços utilizados estão descritos na Tabela 1. Ressalta-se também que, em um projeto aplicado em escala comercial, outros custos seriam adicionados ao projeto, como custos logísticos e de manutenção e/ou operação da *Wetland* construída (WC).

Tabela 1- Custos dos itens necessários ao projeto.

Item	Custo (R$)
Caixa d'água (frete incluso)	300,00
Brita (0,3 m³)	30,00
Areia (0,3 m³)	N/A*
Horas trabalhadas (7 HH)	100,00 **
Canos e curvas	110,00 ***
Macrófitas	N/A ****

***** *Custo nulo decorrente de utilização da areia existente na propriedade (restante de uma reforma). Um valor melhor estimado seria em torno de R$ 30,00*

****** *Valor pago aos contratados pelo dia de trabalho. Sujeito a variação em função da localidade*

******* *Não englobam os gastos que seriam de fato necessários para adquirir estes materiais, devido à reutilização de alguns canos disponíveis na propriedade. Uma melhor estimativa seria de R$ 150,00*

******** *Custo nulo decorrente da coleta de espécimes na propriedade. Um valor melhor estimado seria em torno de R$ 50,00*

Após a implantação do protótipo realizou-se a coleta e análise das amostras. Sendo a análise realizada *in loco*, para verificação do grau de contaminação dos dejetos, antes e após a operação do protótipo. As amostras foram coletadas por um período de 60 dias, sendo coletadas cinco amostras mensais (novembro e dezembro).

Para analisar a qualidade dos dejetos, antes e após o tratamento, foram feitos cinco testes: pH, concentração de amônia no efluente; turbidez, odor e oxigênio dissolvido.

O teste de pH consiste em submeter amostras a uma solução química específica, que apresenta, após um intervalo de tempo, variação em sua coloração. Uma tabela disponibilizada pelo fabricante permite mensurar o pH a partir da coloração apresentada. Um teste similar é utilizado na determinação da concentração de amônia.

A turbidez, por sua vez, foi mensurada de forma qualitativa, através de comparação ao longo do tempo entre as amostras coletadas. O mesmo foi feito com relação ao odor. Salienta-se que a análise destes dois indicadores foi feita imediatamente após a coleta das amostras, com o resultado ao longo do tempo sendo descrito e discutido apenas de forma qualitativa. No entanto, segundo SALATI (2009), o caráter qualitativo destes indicadores e a margem de erro intrínseca

não minimizam conclusões relevantes ao projeto que podem ser obtidas dos mesmos.

O teste de oxigênio dissolvido, por fim, também apresenta caráter qualitativo, e consiste em mensurar o efeito oxidativo de uma pequena amostra de lã de aço ao ser imersa em amostras coletadas ao longo do tempo. Tal medição considera a variação na coloração da amostra em decorrência do desprendimento, por oxidação, de material metálico da lã de aço.

Ressalta-se que estes testes foram feitos no período da manhã, com a temperatura variando entre 22 a 23º, sendo esta considerada ideal pelo fabricante dos testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos resultados obtidos nas análises do pH, realizadas nas amostras coletadas, verificou-se uma redução nas amostras ao longo do tempo. Há uma série de fatores interdependentes com o pH do efluente, de modo que este fator se apresenta simultaneamente como influenciador e influenciado. Por exemplo, uma redução no pH é um indicador de acréscimo de acidez no efluente (DORES, 2008). Este acréscimo, no que lhe diz respeito, pode ter sido causado pelo aumento na concentração de oxigênio dissolvido. O oxigênio em maiores concentrações, por sua vez, também contribui para a redução do pH, especialmente se o efluente está exposto ao ambiente.

Combinando-se os resultados dos dois experimentos (pH e amônia) foi possível determinar o teor de amônia tóxica (TABELAS 2 e 3). A Tabela 4 refere-se a amostra coletada na entrada do sistema.

Tabela 2 – Valores de pH e Amônia tóxica (mês de novembro)

Amostra	pH	Amônia (ppm)	Amônia Tóxica	Valor desejado (pH)
01	8,2	A = 6,50	0,457	6,5 < pH < 7,5
02	7,8	A = 6,50	0,195	6,5 < pH < 7,5
03	7,6	A = 6,50	0,116	6,5 < pH < 7,5
04	7,6	A = 6,50	0,116	6,5 < pH < 7,5
05	7,6	A = 6,50	0,116	6,5 < pH < 7,5

Tabela 3 – Valores de pH e Amônia tóxica (mês de dezembro)

Amostra	pH	Amônia (ppm)	Amônia Tóxica	Valor desejado (pH)
01	7,6	A = 6,50	0,116	6,5 < pH < 7,5
02	7,4	A = 6,50	0,074	6,5 < pH < 7,5
03	7,4	A = 6,50	0,074	6,5 < pH < 7,5
04	7,2	A = 6,50	0,047	6,5 < pH < 7,5
05	7,2	A = 6,50	0,047	6,5 < pH < 7,5

Tabela 4 – Valores coletados na entrada do sistema (antes de passar pelo sistema de tratamento)

Amostra	pH	Amônia (ppm)	Amônia Tóxica	Valor desejado (pH)
01	8,2	A=6,50	0,457	6,5 < pH < 7,5

As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, a variação no tempo da concentração de amônia tóxica das amostras e a variação no tempo do pH das amostras.

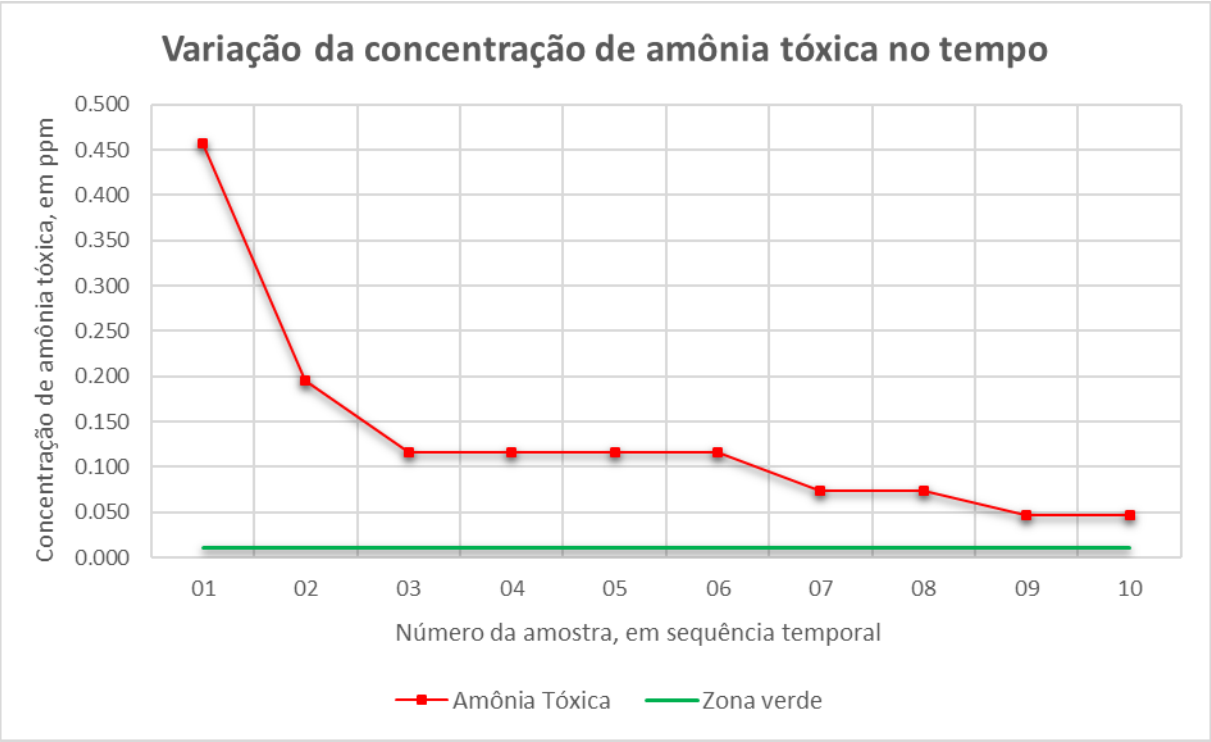

Figura 3 - Variação no tempo da concentração de amônia tóxica das amostras

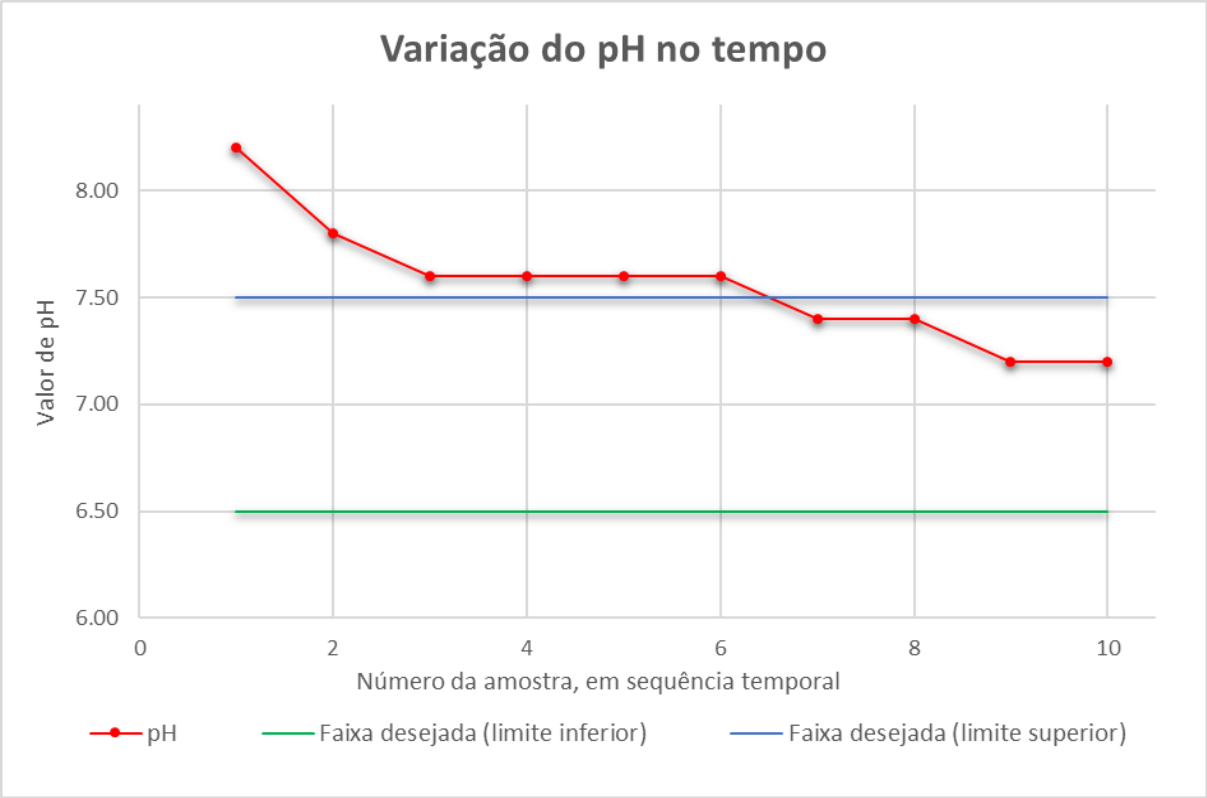

Figura 4 - Variação no tempo do pH das amostras

Observa-se, a queda acentuada da concentração de amônia tóxica, com tendência de aproximação da chamada "Zona Verde", que corresponde à faixa de concentração na qual passa a ser possível a ploriferação de fauna marinha (SALATI, 2009). A mesma tendência positiva pode ser observada no segundo gráfico, com queda do pH para valores compatíveis com a faixa desejável.

É importante, no entanto, salientar a suavização da curva e abrandamento destes efeitos positivos ao longo do tempo. Segundo De Paoli (2010), isto se deve a dois fatores primordiais: (1) a limitação de capacidade de filtragem e tratamento à que sistemas como este estão sujeitos (motivo pelo qual são melhor aplicáveis a tratamentos primário e secundário) e (2) ao amadurecimento das plantas, o que leva à uma queda de demanda por nutrientes e consequente redução da capacidade de tratamento. O efeito do amadurecimento dependerá diretamente da espécie escolhida, se acentuando, em média, a partir dos seis meses de operação.

Em um estudo feito por De Paoli (2010), notou-se que após 12 meses de operação, quando analisada a série temporal de remoção de amônia e sólidos suspensos, foi observado que os sistemas apresentaram uma tendência de diminuição da eficiência, relacionado tanto ao crescimento da taboa, como ao aumento do escoamento superficial.

Conclui-se, deste modo, que deve ser previsto e estudado em um sistema de nível comercial a renovação das plantas utilizadas, garantindo a recuperação da eficiência de tratamento. Ainda de acordo com De Paoli (2010), uma estratégia aplicada é a utilização de um sistema subdividido em blocos, com plantas em diferentes estágios de maturação, para que não seja necessário substituir toda a vegetação quando esta atinge a fase adulta. Contudo, este processo exige maior monitoramento e eleva o custo do sistema.

Quanto ao odor característico, não houve variação significativa, a nível de comparação, durante o mês de novembro e dezembro. Este resultado corrobora o fato de que as *wetlands* serem recomendadas para a realização de um tratamento no máximo ao nível secundário, sendo necessária uma complementação se o objetivo é a obtenção de água para utilização em residências ou indústrias. Um período maior de execução do protótipo, com maior espaço amostral, auxiliaria na corroboração desta análise.

Com relação a turbidez, notou-se uma melhora da capacidade de filtração do sistema, permitindo uma redução significativa na concentração de sólidos no

efluente, principal elemento responsável pela turbidez da água.

Por último, com relação ao teste de oxidação da lã de aço, nota-se que na saída do sistema de tratamento houve efeito consideravelmente maior do que na entrada, ou seja, há maior concentração de oxigênio dissolvido nesta amostra, pois há menor demanda no próprio efluente por oxigênio, seja ela química ou bioquímica. Este teste, portanto, também corrobora os demais resultados já apresentados, indicando que o sistema, em termos práticos, apresentou resultados para a função a qual fora construído.

CONCLUSÕES

De um modo geral, é possível afirmar que os objetivos propostos para esta pesquisa foram, em sua maioria, atingidos, não restando dúvidas por parte do pesquisador e dos que por ventura estudarem este relatório que os sistemas de *wetlands* construídas possuem elevado potencial de aplicação.

É importante considerar, também, que alguns dos resultados mais importantes deste experimento com o protótipo podem ter sido alterados, tanto em função desta condição de intermitência, como em função de variáveis não previstas anteriormente, como a realização dos testes exclusivamente na estação chuvosa ou também o tempo reduzido para realização destes testes, já que para a obtenção de resultados mais satisfatórios deveria ter sido previsto um maior período de execução.

Uma alternativa neste sentido seria a construção de sistemas sem a ocorrência de dejetos expostos, alternando-se a arquitetura do mesmo e o tipo de planta empregada. Outra alternativa seria a utilização de plantas que recobrem toda a lâmina d'água.

Por último, no que diz respeito aos indicadores analisados e o custo de construção do sistema, reitera-se o elevado custo-benefício que as *wetlands* construídas apresentam, o que as torna opções interessantes para regiões onde grandes investimentos em saneamento básico e tratamento avançado de esgoto ainda são inviáveis financeiramente. É um sistema prático, com baixa complexidade de construção, e que pode desempenhar diversas funções. Além disto, a construção de *wetlands* pode se apresentar como uma atividade econômica, promovendo o desenvolvimento econômico local com base em um viés sustentável e ecologicamente correto.

REFERÊNCIAS

DE PAOLI, A.C. *Análise de desempenho e comportamento de wetlands horizontais de fluxo subsuperficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos*. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

DORES, E. F. G. C.; Carbo, L.; Ribeiro, M. L.; Freire, E. M. de L. Pesticide levels in ground and surface waters of Primavera do Leste region, Mato Grosso, Brazil. Journal of Chromatographic Science, v.46, p.585-590, 2008.

Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual Prático de Análise de Água. 2. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

IBGE.**Maria da Fé - Histórico.**2007. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/mariadafe.pdf. Acesso em: 16 nov. 2018.

MELLO, D. de. **Avaliação do uso de sistemas de *wetlands* construídas no tratamento de esgotos sanitários.**2016. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, UTFPR-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PELISSARI, C.**Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construídos de escoamento superficial.** 2013. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7812/PELISSARI%2c%20CATIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 out. 2018.

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

SALATI, Eneas; SALATI FILHO, Eneas; SALATI, Eneida. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas.** 2009. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/12/sistema-wetlands.pdf>. Acesso em: 02 maio 2018.