

III-087 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO COM USO DE WETLANDS CONSTRUÍDOS

Pamela da Conceição de Oliveira⁽¹⁾

Graduanda de Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Janeiro – Campus Macaé⁽¹⁾

Beatriz Rohden Becker⁽²⁾

Docente na Universidade Federal do Rio Janeiro – Campus Macaé⁽¹⁾

Doutoranda do Programa de Engenharia Civil/COPPE/UFRJ

Andréia Boechat Delatorre⁽²⁾

Docente na Universidade Estácio de Sá, UNESA⁽²⁾

Doutora em Produção Vegetal

Endereço: ⁽¹⁾ Avenida Aloizio da Silva Gomes, 50, Granja dos Cavaleiros, Macaé, RJ, 27930-560, Brazil

⁽²⁾ Rua Luís Carlos de Almeida, 113 - Granja dos Cavaleiros, Macaé - RJ, 27930-050, Brazil

RESUMO

O lixiviado de aterro sanitário é um líquido de coloração escura e turva, com mau odor e alta carga poluidora, proveniente da associação do teor de umidade contido na massa de resíduos com a decomposição da matéria orgânica. Tal composto possui altas concentrações de nitrogênio amoniacal, cloretos, sulfatos, sódio, potássio e cálcio e, em alguns casos, baixas concentrações de metais pesados. Este líquido, por sua vez, deve ser coletado e tratado antes de sua destinação final em algum corpo hídrico. Seu processo de tratamento, no entanto, se difere de sistemas convencionais de tratamento de efluentes sanitários devido à heterogeneidade do composto e sua alta concentração de nitrogênio amoniacal (NH_3). Os *Wetlands* Construídos (WCs) são sistemas de engenharia que reproduzem ecossistemas naturais alagados de alta capacidade de depuração de matéria orgânica e normalmente são utilizados para o tratamento de esgoto doméstico e águas residuárias biodegradáveis, porém seu uso para tratamento de lixiviado vem sendo estudado. Desta forma, buscando avaliar a capacidade de remoção de NH_3 em lixiviado, foi montado um sistema de tratamento com WCs em escala reduzida, num aterro sanitário localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro. O sistema foi montado em duas etapas, onde a primeira apresentou eficiência de 65% de remoção de NH_3 e a segunda, de 96%.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Chorume, Tratamento de efluentes, *Wetlands* Construídos, Remoção de Nitrogênio Amoniacal.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/10, determina a criação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde são definidas diretrizes e metas para melhoria da gestão, disposição e tratamento dos resíduos de diferentes tipos (BRASIL, 2010). Uma das metas importantes previstas pelo Plano é a eliminação dos lixões e aterros controlados e a promoção da disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, definida como:

“distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar impactos ambientais adversos.”

Os aterros sanitários, segundo a norma ABNT NBR 8419/92 (ABNT, 1992), são obras de engenharia com fins de confinar os resíduos à menor área possível, reduzindo-o ao mínimo volume permitível a fim de não causar impactos ambientais negativos e danos à saúde pública. Nestes locais, são adotadas medidas para diminuir os impactos ambientais, como a compactação e a cobertura com terra da massa de lixo alocada nas células de disposição; captação e tratamento dos produtos gerados pela decomposição dos resíduos; impermeabilização da base do aterro, criando barreira protetora entre o solo, águas subterrâneas e o lixo; e um sistema de monitoramento que permite identificar o vazamento de gases e chorume. A decomposição dos resíduos sólidos tem como produto a geração de chorume (lixiviado) e gás bioquímico (metano), sendo estes compostos

altamente tóxicos e poluidores. O lixiviado consiste em um líquido de coloração escura e turva, com mau odor e alta carga poluidora, proveniente da associação do teor de umidade contido na massa de resíduos com a decomposição da matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2014). Essa massa de água, ao percolar através dos resíduos, contribui com o processo de decomposição e solubilização de substâncias que são carreadas por toda a massa de resíduos dando origem a uma mistura líquida de composição heterogênea que apresenta altas concentrações de nitrogênio amoniacal, cloretos, sulfatos, sódio, potássio e cálcio e, em alguns casos, baixas concentrações de metais pesados como cádmio, cobre, cromo, chumbo, ferro, manganês, níquel e zinco. (PIRES, 2002).

O lixiviado, por sua vez, deve ser coletado e passar por processo de tratamento para então ser disposto em corpo hídrico. O nível de tratamento a ser utilizado irá variar de acordo com as características do local a ser disposto. Devido à heterogeneidade dos resíduos, a composição do lixiviado gerado possui algumas características particulares diferindo seu processo de tratamento do processo de tratamento de efluentes sanitários (CANO *et al.*, 2015).

Alguns ecossistemas naturais, tais como pântanos, manguezais, regiões de várzea, dentre outras áreas alagadas, são denominados *Wetlands*, que se configuram como zona de transição entre os sistemas terrestres e aquáticos, caracterizados como locais de alta biodiversidade atuando como zonas de filtragem e purificação da água a partir das plantas e microrganismos ali presentes, que absorvem nutrientes, matéria orgânica e metais pesados (PIRES *et al.*, 2003). Os *Wetlands* Construídos (WCs), por sua vez, são sistemas de engenharia que reproduzem tais ecossistemas naturais utilizando processos físicos, químicos e biológicos no processo de tratamento.

O sistema de *Wetland* Construído é normalmente utilizado para o tratamento de esgoto doméstico e águas residuárias biodegradáveis (TANNER *et al.*, 1998; ANDRADE, 2015; SEZERINO *et al.*, 2015). No entanto, estudos mais recentes já consideram a utilização dos WC no tratamento de lixiviado (PLENTZ, 2014; CANO *et al.*, 2015). As macrófitas, plantas que migraram do ambiente terrestre para o meio aquático e estão presentes em *Wetlands* Naturais, são utilizadas em sistemas de WC devido a sua capacidade de absorção de nutrientes (NOTARE, 1992; ESTEVES, 1998).

Neste trabalho será avaliada a utilização de *Wetlands* Construídos em tratamento de lixiviado de aterro sanitário, através da montagem de um sistema reduzido nas instalações de aterro na Região Metropolitano do Rio de Janeiro. A partir do sistema montado foi analisada sua capacidade de remoção de Nitrogênio Amoniacal.

WETLANDS CONSTRUÍDOS

A configuração básica de um *Wetland* Construído é composta de brita e/ou areia, compondo um filtro físico, e sobre uma tela é colocada uma camada de solo onde serão dispostas as plantas, mantendo-se certo nível d'água, a ser definido de acordo com o projeto. Uma das principais vantagens dos WC é seu baixo custo de implantação, operação e consumo de energia, e ainda se destaca na eficiência de remoção do nitrogênio, fósforo e metais pesados (IWA, 2000; HOFFMANN & PLATZER, 2011), sendo uma boa alternativa para o pós-tratamento, seja em nível secundário ou terciário. Além disso, os WCs atuam como etapa adicional na remoção de amônia e carga orgânica. No entanto, estudos mais recentes já consideram a utilização dos WCs como sistemas de tratamento principal (PLENTZ, 2014; BARROS, 2013; CANO *et al.*,

De acordo com o modelo de fluxo hidráulico os *Wetlands* Construídos podem ser classificados em:

- **Wetland de Fluxo Superficial:** Possui lâmina d'água aparente, com o efluente fluindo acima da camada suporte. Mais indicado para solos com baixa permeabilidade, onde é operado com fluxo lento, este modelo oferece alta remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos a partir da combinação de seu alto tempo de detenção hidráulica com boas condições de sedimentação (POÇAS, 2015).
- **Wetland de Fluxo Subsuperficial:** No modelo subsuperficial, o fluxo ocorre em meio à camada filtrante, aumentando a concentração de percolado que atravessa o sistema e, portanto, gerando maior alimentação de microrganismos aos biofilmes formados na camada filtrante. Além disso, ocorrem diversos processos no solo durante a operação do sistema, o que promove a eficiência deste modelo na remoção de nitrogênio, fósforo e metais pesados (LIMA, 2016).
 - **Wetland de Fluxo Subsuperficial Vertical:** O sistema de fluxo subsuperficial vertical demanda áreas menores e maior profundidade, o percolado é disposto sobre a superfície cobrindo toda área

plantada e drenado até o fundo do WC, onde é coletado por meio de tubulação de drenagem. Este modelo possui maior capacidade de transporte de oxigênio, gerando condições aeróbias o que torna o sistema eficiente no processo de nitrificação. A manutenção de tais condições é feita a partir da intermitência do sistema e períodos de descanso (MATTOSO, 2014).

➤ **Wetland de Fluxo Subsuperficial Horizontal:** Demandam maiores áreas superficiais e menores profundidades que o modelo de fluxo vertical. O sistema possui zona filtrante na entrada e saída do sistema, além da camada intermediária onde é disposta a camada de suporte das plantas. Devido à formação de biofilmes sobre as camadas suporte onde se desenvolvem bactérias aeróbias e anaeróbias, obtém-se a depuração de matéria orgânica e a alteração da cadeia nitrogenada, auxiliando no processo de remoção de nitrogênio (LIMA, 2016).

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO E MONTAGEM DO EXPERIMENTO

O experimento propõe um modelo reduzido para o tratamento de lixiviado utilizando *Wetlands* Construídos. O lixiviado inserido no experimento foi fornecido por um aterro sanitário da região metropolitana do Rio de Janeiro, mesmo local de montagem do sistema, dispensando técnicas de conservação e transporte do efluente inserido no sistema, bem como das amostras coletadas para análise. Além disso, as características ambientais do local foram mantidas ao longo do estudo.

Para a montagem foram utilizados vasos de plantas, baldes, tubos e conexões de PVC. Os WCs foram montados com macrófitas emergentes, que possuem boa adaptabilidade a variações de até 2 metros do lençol freático. A configuração do sistema é caracterizada por um *Wetland* Vertical de fluxo subsuperficial com *Helicônia papagaio* (*Heliconia psittacorum*), e um *Wetland* Horizontal também de fluxo subsuperficial, com *Papiro Anão* (*Cyperus papyrus nannus*) (Figura 1). Tal configuração tem como principal objetivo a remoção de nitrogênio amoniacal, criando condições que permitam a transformação deste composto em nitrogênio atmosférico (N_2).

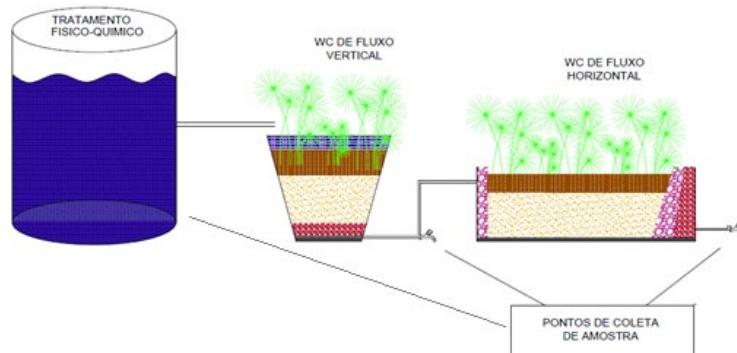


Figura 1 - Desenho esquemático do modelo de tratamento proposto

Além disso, um sistema de controle foi montado com a mesma camada filtrante, porém sem o plantio das macrófitas. Em todos os sistemas foram alocados pontos de coleta de amostras para a análise de Nitrogênio amoniacal (NH_3).

1 – Montagem do Wetland Horizontal com plantio de *Helicônia*

A montagem da camada filtrante foi feita com a disposição de uma camada de brita 1 (Figura 2a) e uma camada de areia média (Figura 2b) e, por fim, foi realizado o plantio da *Helicônia* (Figura 2c).

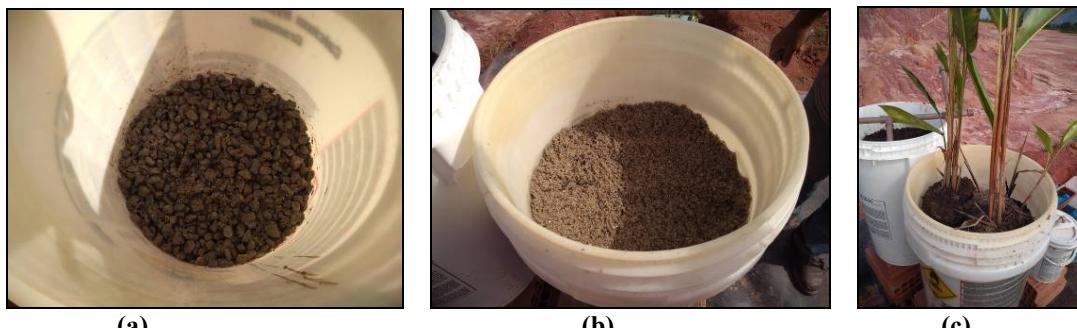


Figura 2 - Montagem do Wetland Vertical (a) camada de brita 1 (b) camada de areia média (c) plantio da Helicônia.

2 – Montagem do Wetland Vertical com plantio do Papiro

Para este sistema foi replicada a configuração do sistema filtrante do item 1, com brita 1 e areia média, e realizado o plantio do Papiro (Figura 3). A configuração final do experimento com o sistema de WC e com o sistema de controle pode ser visualizada na Figura 4.



Figura 3 - Wetland Horizontal com Papiro



Figura 4 - Sistema de tratamento com os WCs e sistema de controle

OPERAÇÃO DO SISTEMA

A operacionalização do sistema foi realizada com entradas semanais no WC Vertical (Figura 5a), onde o lixiviado permanece pelo tempo de 7 dias e em seguida é alocado em um recipiente de armazenamento (Figura 5b). Este efluente, por sua vez, é utilizado na alimentação da etapa seguinte com WC Horizontal (Figura 5c).



Figura 5 – Sistema em operação: (a) alimentação do WC Vertical, (b) armazenamento do efluente da primeira etapa e (c) alimentação do WC Horizontal

O sistema foi iniciado com a circulação apenas de água durante 3 semanas, a fim de permitir a adaptação das plantas ao local e também do desenvolvimento do biofilme no sistema de filtros (Figura 6). Em seguida, houve uma alimentação com lixiviado diluído a 80:20 de proporção e, por fim, o sistema passou a ser alimentado com o lixiviado diretamente coletado após o pré-tratamento.



Figura 6 – Formação de biofilme em *Wetland* Vertical (a) e no Controle (b) no início do experimento

ANÁLISE DE DADOS

As amostras do sistema com os *Wetlands* e do Controle foram coletadas semanalmente em três pontos: entrada e saída do *Wetland* Vertical e a saída do *Wetland* Horizontal. As amostras foram utilizadas para realização de ensaio de eficiência de remoção de Nitrogênio Ammoniacal (NH₃). As análises foram realizadas no laboratório do aterro sanitário, utilizando medidor multiparâmetro com sensor de NH₃ (Figura 7).



Figura 7 - Medidor multiparâmetro com sensor de nitrogênio amoniacial

RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir das análises de Nitrogênio Ammoniacal Total foram consolidados em ciclos de tratamento de 7 dias, que consistem na passagem completa do lixiviado por cada etapa do sistema.

O gráfico da Figura 8 apresenta os resultados obtidos nos ensaios realizados nas amostras da entrada e saída do *Wetland* Vertical e também do Controle. Nesta etapa, a entrada do sistema com plantas e do controle é o lixiviado coletado após o pré-tratamento da unidade, sendo comum a ambos sistemas. Foi obtida uma eficiência de remoção de 65% do NH₃ a partir do WC Vertical, relativamente maior que o controle, que alcançou cerca de 58% de remoção.

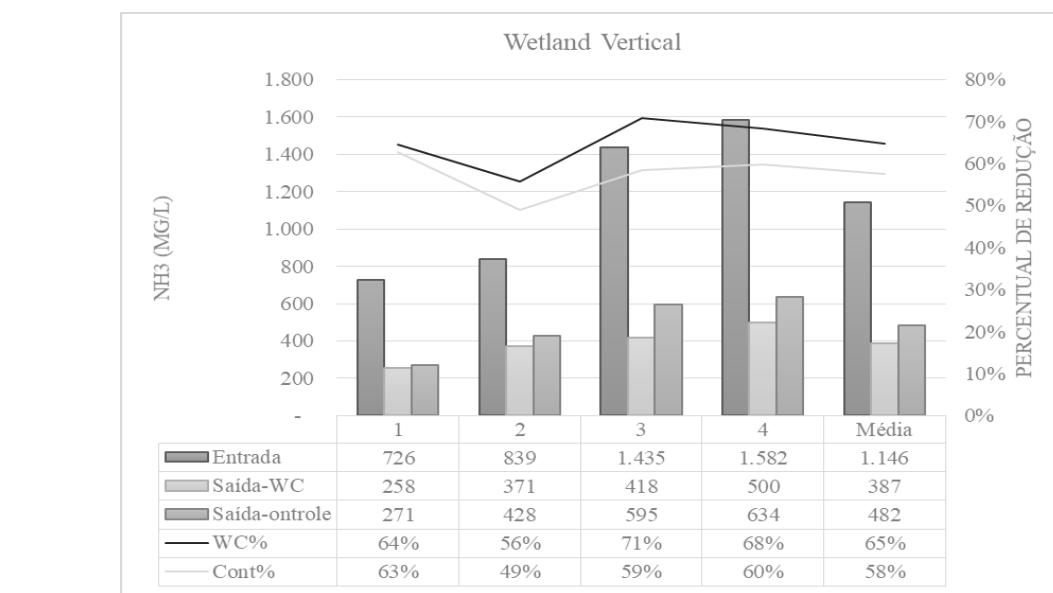


Figura 8 - Gráfico comparativo da redução de nitrogênio amoniacial na primeira etapa do sistema a partir do WC Vertical

A Figura 9 apresenta os resultados obtidos a partir das amostras coletadas na saída do *Wetland Vertical*, que por sua vez, é a entrada o *Wetland Horizontal*, e da saída do *Wetland Horizontal* e também dos mesmos pontos do sistema de controle. Segundo o gráfico, o *Wetland Horizontal* atingiu cerca de 96% de remoção na segunda etapa do tratamento, contra 67% do controle e, portanto, essa maior eficiência está atribuída às plantas.

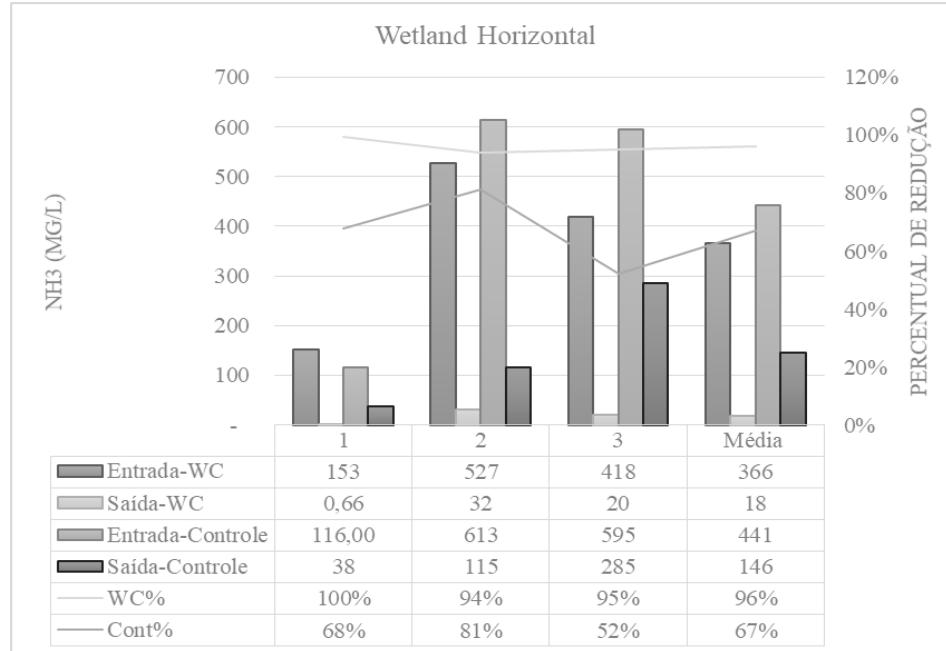


Figura 9 - Gráfico comparativo da redução de oxigênio dissolvido na segunda etapa do sistema a partir do WC Horizontal

Estabelecendo um comparativo entre os valores finais obtidos e a Resolução CONAMA nº 430/2011 é possível observar que, segundo o valor médio de remoção de NH₃, os resultados obtidos se enquadram nos padrões estabelecidos. Na referida Resolução, é permitido o valor máximo de 20mg/L de nitrogênio amoniacial em efluentes a serem lançados em corpos hídricos, enquanto o valor médio do efluente final do sistema proposto neste trabalho atingiu 18mg/L.



CONCLUSÕES

Os sistemas com *Wetland* Construído possuem eficiência para tratamento de lixiviado de aterro sanitário em termos de remoção de nitrogênio amoniacal, podendo atender aos padrões de lançamento de efluentes (Resolução CONAMA nº 430/2011) para este parâmetro, conforme observado neste trabalho. A partir da configuração do sistema, pode ser observado que a montagem de duas etapas de tratamento potencializa a remoção sendo, neste caso, a capacidade de tratamento do WC de fluxo horizontal superior ao WC de fluxo vertical. Ao associar a eficiência de tratamento, especificamente na remoção de NH₃ em lixiviado de aterro sanitário com seu baixo custo de implementação e operação, os *Wetlands* Construídos tornam-se alternativas potenciais em sistemas tratamento de Lixiviado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, H. H. B., Avaliação de um Sistema de Tratamento de Águas Residuárias por *Wetland* Construído com Etapa Aerada. 5th Internationa Workshop | Advances in Cleaner Production, Brazil, 2015.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. p.13. Rio de Janeiro, 1992.
3. BARROS, M.J., Utilização de Wetlands no Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitários. Dissertação de Mestrado na Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
4. BRASIL. Lei 12.302, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ago.2010.
5. CANO, V.; VICH, D. V.; NOLASCO, M. A.; Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário por *Wetland* construído: Estratégias De Operação. 5th International Workshop | Advances in Cleaner Production, Brazil, 2015.
6. ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.
7. HOFFMANN, H.; PLATZER, C. Technology review of constructed wetlands subsurface flow. Constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment in developing countries. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ) Saneamento Sustentável - Programa da Ecosan. 36 p. 2011.
8. IWA – International Water Association (2000). Constructed Wetlands for PollutionControl: Processes, Performance, Design and Operation. Scientific and Technical Report no. 8. London, England: IWA Publishing. 156 p.
9. LIMA, R. F. S., Potencialidades dos *Wetlands* Construídos Empregados no Pós-tratamento de Esgotos: Experiências Brasileiras. Dissertação de Mestrado na Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
10. MATTOSO, F. D. A. B. Estudo de eficiência de Wetland no córrego Pirajussara. Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade de São Paulo, 2014.
11. NOTARE, M. Plantas hidrófilas e seu cultivo em aquário. Sulamérica, Rio de Janeiro, 1992.
12. PIRES, J.C.A., Projeto de Tratamento do Chorume Produzido no Aterro Metropolitano de Gramacho Através de “Wetland”. Trabalho de Conclusão de Curso de mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.2002.
13. PIRES, J.C.A., FERREIRA, J.A., RITTER,E., CAMPOS, J.C., MANNARINO, C.F. Projeto experimental de tratamento de chorume produzido no aterro metropolitano de Gramacho através de “Wetland”. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais ABES, Joinville, 2003.
14. PLENTZ, J. B. W. Avaliação e Instalação de Um Sistema de *Wetland* Construído para Tratamento de Chorume no Aterro de Lajeado/RS. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Ambiental - Centro Universitário Univates, 2014.
15. POÇAS, C. D., Utiliação da Tecnologia de Wetlands para Tratamento terciário: controle de nutrientes. Dissertação de Mestrado na Universidade de São Paulo, 2015.
16. Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.
17. SEZERINO, P. H., BENTO, A. P., DECEZARO, S. T., MAGRI, M. E., PHILLIPPI, L. S. Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. Eng Sanit Ambiental, vol.20, n1, p. 151-158, 2015.
18. SILVA, A. A., GALVÃO R. B., ASSUNÇÃO JR. V.G., Pós-tratamento de Lixiviado do Aterro Sanitário de Cianorte-PR por Filtração Ascendente em Pedregulho Seguida de Adsorção em Carvão Ativado Granular. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v.10, n.12, 2014, pp. 220-233.

19. TANNER, C. C, SUKIAS, J. P. S, UPSDELLM. P. Organic matter accumulation during maturation of gravel-bed constructed wetlands treating farm dairy wastewaters. *WaterResources*, vol. 32, n.10, p. 3046 - 3054, 1998.