

## ESTUDO METODOLÓGICO DE UM MODELO DE WETLAND CONSTRUÍDO COMO RECURSO DIDÁTICO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES, APLICADO NA ESCOLA FORMAL

Daniela Camargo da Palma\*, Amélia dos Santos

\* Universidade de São Paulo – USP – [daniela.palma@usp.br](mailto:daniela.palma@usp.br)

### RESUMO

A crise hídrica, enfrentada principalmente pelo Estado de São Paulo, tornou-se um desafio quanto à utilização sustentável dos recursos hídricos. Esse estudo teve como objetivo a construção de uma modelagem de sistema de *Wetlands* Construído para a escola formal. Esse recurso didático procurou aproximar os alunos do cotidiano da crise hídrica, dando maior significado ao conhecimento, bem como, serviu para difundir uma forma alternativa para tratamento de efluentes, de menor custo e com facilidade operacional. O *Wetland* é um sistema fechado que utiliza macrófitas aquáticas e substrato filtrante. Com os resultados, foi possível mostrar aos alunos que o sistema alcançou os índices aceitáveis para a devolução do efluente nas coleções hídricas para captação futura. A inserção de um problema relacionado ao cotidiano do aluno foi capaz de motivá-los na busca de soluções, o que contribuiu para a apropriação de novos conceitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de efluentes, Wetland Construído, Reutilização de água.

### INTRODUÇÃO

Durante muito tempo as formas de utilização da água no Brasil foram negligenciadas. A percepção de que a água é um recurso inesgotável tornou-se obsoleta, diante da crise hídrica que ocorreu desde 2012 agravada em 2015, pela diminuição das chuvas, especialmente no Estado de São Paulo.

O crescimento das cidades e da população, a ocupação em áreas de mananciais, e uso inadequado da água potável, têm se tornado um dos maiores desafios da humanidade, que está diretamente ligado às questões do desenvolvimento sustentável. Os danos ambientais causados por catástrofes tornam-se insignificantes frente aos cumulativos, muitas vezes imperceptíveis, porém disponibilizados ao meio ambiente de maneira inadequada, constante e gradativa (MAZZER, 2004).

É fundamental que os recursos hídricos sejam utilizados de forma sustentável. De acordo com Salati (2006), “o desenvolvimento sustentável ocorre, quando provê as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade de que futuras gerações possam prover a sua”.

O lançamento de esgotos *in natura*, ou coletado e não tratado, consiste ainda numa das principais causas da poluição das águas do Estado de São Paulo. A redução da qualidade das águas dos rios, restringe sua utilização e contribui para o aumento da ocorrência de doenças. Além disso, quando de sua captação para uso humano, a baixa qualidade da água passa encarecer o sistema de tratamento para posterior distribuição para a população (CETESB, 2013).

Segundo Tundisi e colaboradores (2006), a qualidade de vida, as funções dos ecossistemas e o desenvolvimento econômico, dependem dos volumes de água e de sua disponibilidade, portanto, é necessário a criação de cenários confiáveis, que possibilitem implementar políticas consistentes de gestão no futuro. Um exemplo de política consistente de gestão sustentável, pode ser dado pela implementação de sistemas de *Wetlands* Construídos (WC) no tratamento de efluentes.

Os *Wetlands* naturais (áreas alagadas) apresentam grande capacidade de alterar a qualidade das águas que por eles passam, através da ação de diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos. Por essa razão, os *Wetlands* construídos têm sido introduzidos de maneira artificial, como uma forma de tratamento de águas poluídas (LAULENSCHLAGER, 2001).

A remoção de poluentes em WC, ocorre por meio da interação entre sedimentos, meio de suporte, microrganismos, plantas, atmosfera e a água residual. Sua eficiência dependerá do tempo de contato, que é uma variável determinante para o processo de remoção de alguns poluentes (DE PAOLI, 2013).

Segundo De Paoli (2010), os *Wetlands* podem ser de fluxo horizontal, onde a entrada do efluente é feita por um fluxo subsuperficial e escoam através de poros do material filtrante. Durante o percurso, o efluente entra em contato com as raízes que estão em zonas aeróbias e anaeróbias. Podem ser também de fluxo vertical, quando o esgoto é alimentado de forma intermitente por um cano perfurado, onde ocorre uma filtração prévia, e vai sendo gradualmente drenado verticalmente para baixo, através do leito filtrante até a tubulação de coleta perfurada.

A vegetação nesse tipo de ecossistema construído, age como um filtro natural, na medida em que a água residuária a atravessa. Conforme a matéria orgânica (MO) é decomposta, seus componentes são disponibilizados para a biota das raízes e para os microrganismos, tanto da coluna d'água como bentônicos.

Desta forma, as raízes das macrófitas passam a capturar os subprodutos dos processos biológicos na forma de nutrientes, para composição e aumento da sua biomassa. As plantas absorvem nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio em formas iônicas dissolvidas na água e no substrato (RICKLEFS, 2003). O aumento da biomassa de macrófitas pode beneficiar a economia com a produção de biogás, compostagem, fibras para a produção de papel e comida para animais.

Nos países em desenvolvimento a construção de *Wetlands* é menor, comparada à sua utilização na Europa ou nos Estados Unidos da América, o que pode ser considerado um contrassenso, levando em conta seu potencial e à necessidade desses países, em implementar sistemas de baixo custo, envolvendo tecnologia simples e de facilidade operacional (EL-KHATEEB, 2013).

Entendendo a água como um recurso esgotável, mas de extrema importância e necessária à vida, difundir conhecimentos relacionados a melhores políticas de sua gestão torna-se imprescindível, e neste contexto, é fundamental a ação educativa na escola formal, contextualizando o cotidiano dos alunos e favorecendo a aprendizagem significativa.

Assim, esse estudo teve como objetivo a construção de um modelo de sistema *Wetland* Construído nas dependências de uma escola, afim de ser utilizado como um recurso didático e, ao mesmo tempo, tornar conhecida uma tecnologia de menor custo e eficiente para tratamento de efluentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na Escola Glória Azedia Bonetti localizada na cidade de Osasco/SP, foi montado um modelo de sistema *Wetland* Construído. Para tanto, escolheu-se como público-alvo duas turmas do terceiro ano do ensino médio, por tratar-se de alunos com maturidade necessária para compreender o modelo proposto.

O sistema de *Wetland* horizontal foi executado com a montagem de três tanques, utilizando-se pneus de caminhão que seriam mandados para a reciclagem. Os pneus foram revestidos com lona plástica para o posterior armazenamento de água. Os tanques foram preenchidos com brita no fundo, para a sustentação das raízes das plantas e interligados com canos. O controle do fluxo de água entre eles, foi realizado com a colocação de registros e o ponto de coleta foi colocado à 10 cm do fundo para evitar contaminação. Apesar da geografia do local ser propícia para a montagem, houve a necessidade de um suporte para os pneus, afim de viabilizar o escoamento do efluente (figura 1).



Figura 1: Montagem dos tanques. Fonte: Daniela C. Palma.

Em seguida, os tanques receberam água limpa, para a estabilização do sistema e climatização das macrófitas aquáticas. Foram coletadas junto ao IBUSP - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, as seguintes plantas aquáticas: *Pistia stratiotes* (alface d'água), *Eichhornia crassipes* (aguapé), *Elodea canadensis*, *Lemna* spp. e *Cyperus papyrus* (papiro). No primeiro tanque foram colocadas as macrófitas flutuantes (alface d'água), juntamente com as submersas como a *Elodea* spp. O segundo tanque recebeu as macrófitas enraizadas como *Eichhornia crassipes* (aguapé). Já o terceiro tanque, foi deixado como futuro reservatório da água previamente tratada no modelo, portanto, um ambiente oligotrófico mais estabilizado, razão pela qual recebeu plantas exigentes a essas condições, tais como a *Lemna* spp. e o *Cyperus papyrus* (papiro).

Para analisar a eficácia do Wetland foram captados 15 (quinze) litros de efluente do córrego localizado dentro da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, Universidade de São Paulo/USP/Butantã/SP, seguindo as devidas normas de segurança.

Logo após a captação do efluente, no dia 22/12/2015, foram feitas as primeiras medidas dos parâmetros indicadores de qualidade de água, utilizando-se o Ecokit da Alfakit Ltda. Os parâmetros medidos foram: Amônia, Nitrato, Nitrito e pH. Em seguida os mesmos parâmetros foram medidos nos dias: 28/12/15, no tanque 1 (um), no qual foram colocadas as macrófitas flutuantes; e no dia 07/01/2016 no tanque 2 (dois), onde foram colocadas as macrófitas enraizadas, o Aguapé.

Portanto, as medidas dos parâmetros foram realizadas três vezes: a primeira, na captação do efluente, a segunda com 7(sete) dias de tratamento, e a terceira com 17 (dezesete) dias de tratamento no modelo de sistema WC.

## RESULTADOS

No início, os alunos não tinham muito conhecimento a respeito de como acontece o tratamento de efluentes, nem mesmo o que era efluente, mesmo porque, essa não é uma terminologia usualmente comentada em sala de aula. Após pesquisa realizada por eles e assistirem ao documentário sobre a ETE – Estação de Tratamento de Efluentes de Araruama/RJ, os alunos ficaram bem animados com a construção de um modelo de sistema de *Wetland* na escola, para simular uma estação de tratamento autossustentável de baixo custo.

Durante discussão em sala de aula houve questionamento dos alunos, sobre as razões de não se aplicar mais extensamente no Brasil essa tecnologia, mais barata e eficiente. Esta foi uma indagação importante, na medida que incentivou a todos a procurarem saber mais sobre as políticas públicas de gestão da água.

A implantação desse tipo de tecnologia, aumentaria a preservação das coleções hídricas e a qualidade da água de captação para uso humano, reduzindo o elevado gasto atual para o tratamento de água. Isto mitigaria impactos ambientais e otimizaria o sistema de tratamento convencional.

A construção do *Wetland* foi um pouco complexa. Como não tínhamos modelos para a escola formal encontrados na literatura, foi preciso transpor alguns conceitos para a nossa realidade. O primeiro desafio foi a utilização de pneus de caminhões para os tanques e o segundo a ligação entre eles, ambos superados com o auxílio dos alunos.

A primeira análise dos valores dos indicadores de qualidade de água, foi realizada imediatamente após a coleta, dia 22/12/2015, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Resultado da primeira análise realizada em 22/12/2015.**

Indicadores em 22/12/2015	Parâmetros encontrados
pH	7,0
Amônia	3,64 (mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub> )
Nitrato NTD	0,10 (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )
Nitrito NTD	0,03 (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> )

Os tanques foram preenchidos com o efluente coletado, no mesmo dia da coleta. A segunda medida foi realizada no dia 28/12/2015, portanto, com 7 dias de tratamento no tanque 1(um). Os resultados são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2. Resultado da segunda análise realizada em 28/12/2015.**

Indicadores em 28/12/2015	Parâmetros encontrados
pH	7,0
Amônia	3,64 (mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub> )
Nitrato NTD	0,10 (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )
Nitrito NTD	0,01 (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> )

A terceira medida foi realizada no dia 7/01/2016, com 17 dias de tratamento no tanque 2 (dois). Os resultados são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3. Resultado da segunda análise realizada em 07/01/2016.**

Indicadores em 07/01/2015	Parâmetros encontrados
pH	6,0
Amônia	0,12 (mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub> )
Nitrato NTD	0,10 (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> )
Nitrito NTD	0,01 (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> )

Embora fosse importante mostrar os resultados positivos para os alunos, quanto à limpeza do efluente, esse não foi o foco principal para o trabalho, visto que já existem muitos estudos sobre a eficiência desses sistemas na literatura (SALATI, 2006; DE PAOLI, 2010, 2013; LAUTENSCHLAGER, 2001).

A montagem desse modelo teve como princípio fundamental despertar o interesse, motivar os alunos e difundir conhecimento. A contextualização do problema, ou seja, a aproximação do cotidiano do aluno em razão da crise hídrica, passou a fazê-los atores principais na busca da construção do conhecimento. Outro ponto importante, foi fazer com que os alunos entendessem que a Ciência se faz na prática e proporciona possibilidades de solução de problemas.

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO<sub>3</sub>-), nitrito (NO<sub>2</sub>-), amônia (NH<sub>3</sub>), íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Dentre as diferentes formas, o nitrato juntamente com o íon amônio, assumem grande importância, pois representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1998).

Observando os resultados obtidos na WC, podemos dizer que ocorreu o tratamento de efluente da mesma forma que ocorre nos *Wetlands* naturais. Isto se comprova através da análise dos dados das Tabelas 1,2,3, especialmente com a amônia, que teve seu valor reduzido drasticamente de 3,64 mg.L-1 para 0,12 mg.L-1.

Já os nitritos mostraram-se aumentados da primeira para a segunda medição, de 0,03 para 0,01 mg.L-1, tendo conservado essa medição até a última análise. A amônia em pH 7,0 pode ser tóxica aos organismos a partir de 0,60 mg.L-1. Assim, a primeira amostra continha uma toxicidade significativa, visto que apresentou 3,64 mg.L-1 de amônia (NH<sub>3</sub>) e, que foi reduzida a níveis não tóxicos após 17 dias de tratamento no modelo de *Wetland* construído.

Por outro lado, o nitrato não demonstrou modificação nas três medidas, tendo se conservado a 0,10 mg.L-1. Para esse último resultado, podemos ter algumas explicações, entre elas, o fato de já existir decomposição e produção de nitrato no córrego onde a água foi coletada e, posteriormente, o nitrato produzido nos tanques ter sido absorvido pelas macrófitas e outros organismos durante o processo da modelagem *Wetland*.

Quanto à acumulação de biomassa no sistema vivo dos tanques, pode-se notar, até a olho nu, a diferença no tamanho e na quantidade das macrófitas aquáticas (Figura 2)



Figura 2: A) Macrófitas aquáticas no início da construção Wetland; B) Macrófitas aquáticas após 17 (dezesete) dias do experimento; Aumento de biomassa. Fonte: Daniela C. Palma.

Um exemplo da resposta dos alunos à montagem do sistema traduz-se na fala de uma das alunas participantes:

*“Bom, realmente as aulas práticas são sempre muito mais legais que as teóricas. E esse projeto foi bacana porque eu tive contato desde a produção até a formação da Wetland. Todas as informações passadas foram válidas, principalmente, o que as plantas aquáticas fazem dentro dos tanques. Eu realmente aprovei esse projeto porque ampliou mais o meu conhecimento sobre sustentabilidade”.*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de um modelo de sistema Wetland na escola, mostrou ser uma forma eficaz de demonstrar em um modelo, uma alternativa de tratamento de efluentes com baixo custo e facilidade operacional. A aproximação dos alunos ao seu cotidiano, em relação à crise hídrica do Estado de São Paulo, foi um fator importante, pois tornou o aprendizado mais significativo.

Esse trabalho também mostrou ser uma forma de se utilizar a modelagem como recurso didático e como maneira de difundir conhecimento na sociedade.

Outra vantagem da construção do sistema WC, foi que não houve a necessidade de desmontá-lo. Isto proporcionou a permanência do modelo na escola, o que possibilitará a continuidade da utilização de uma coleção de material biológico disponível, como recurso didático para o futuro, visto que dentro dos tanques formou-se um ecossistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, 2013**. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>, Acesso: em 13/11/2015.
2. DE PAOLI, A.C. Análise de desempenho e comportamento de Wetlands horizontais de fluxo superficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2010.
3. DE PAOLI, A.C; SPERLING, M.V. Avaliação das condições hidrodinâmicas de Wetlands construídos de escoamento horizontal e subsuperficial. Revista eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, 2013, v.1. n.2, p.213-222.
4. ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed., Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
5. EL-KHATEEB, M.A; EL BAHRAWY, A. Z. Extensive Post Treatment Using Constructed Wetland. Life Science Journal, 2013, 10(2):560-568.

6. LAUTENSCHLAGER, S.R. Modelagem do desempenho de Wetlands construídas. São Paulo. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2001.
7. MAZZER, C; CAVALCANTE, O.A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. Revista Infarma, 2004, v.15, p. 11-12.
8. RICKLEFS, R. A Economia da Natureza. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.
9. SALATI, E.; LEMOS, H. M.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 2006, p.37-62.
10. TUNDISI, J.G; BRAGA, B; REBOUÇAS, A. C. Os recursos hídricos e o futuro: síntese. In: Águas doces no Brasil: capital ecológico, use e conservação.3. ed.São Paulo: Escrituras, 2006.