

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
(organizador)



EDITORA  
ARTEMIS

2022



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Ariston da Silva Melo Júnior
<b>Imagem da Capa</b>	Ziglinda/123RF
<b>Bibliotecária</b>	Janaina Ramos – CRB-8/9166

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil



Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. José Cortez Godínez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solo e recursos hídricos: conservação, recuperação e manejo / Organizador Ariston da Silva Melo Júnior. – Curitiba-PR: Artemis, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87396-67-5

DOI 10.37572/EdArt\_290822675

1. Solos. 2. Recursos hídricos. 3. Sustentabilidade. I. Melo Júnior, Ariston da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 631.45

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166



## APRESENTAÇÃO

O título **Solo e Recursos Hídricos – Conservação, Recuperação e Manejo** traz para o mundo atual uma das maiores preocupações com a preservação do nosso planeta e dos biomas que compõem toda a estrutura da Terra. O estudo constante de novas tecnologias, metodologias e gerenciamento deve promover um crescimento sustentável e garantir o futuro das próximas gerações.

A importância desse tema nesse século XXI é tamanha que a própria Organização das Nações Unidas (ONU) apresenta em sua agenda de 2030 o tema sustentabilidade e manutenção do meio ambiente como meta de desafio a ser alcançado de forma a que os recursos hídricos e a conservação do solo sejam foco primordial de interesse e responsabilidade política e social das nações. Tal proposta da ONU já vem sendo empregada por governos em projetos como, por exemplo, cobrança d'água do setor agrícola para minimizar a poluição de rios e lagos e impedir a contaminação de solos. Sendo esse controle realizado pelos denominados Comitês de Bacias Hidrográficas, o que mostra a relevância e atualidade do presente livro.

Este livro não se propõe a trazer soluções finais e vindouras, o que seria pretencioso; mas apresentar a preocupação e zelo que os autores tiveram em compartilhar seus conhecimentos. Assim, o livro apresenta o que de melhor está sendo realizado no mundo acadêmico e científico, de modo a trazer propostas, ensaios científicos e reflexões que permeiem as mentes de todos e todas de modo a podermos trazer uma nova proposta de melhoria a manutenção da qualidade e fertilidade de nossos solos e de técnicas para o uso racional das reservas hídricas do mundo, com os novos conceitos que vem sendo estudados pelas universidades e centros de pesquisas em relação ao bioma terrestre e aquático. Exemplos como a chamada pegada hídrica e claro apresentar uma nova proposta pedagógica em que as novas gerações tenham em mente a responsabilidade em um contínuo respeito a nosso lar – planeta Terra.

Nesse sentimento que a organização dessa obra propõe uma leitura crítica e atenta às pesquisas que os autores e autoras trazem nessa obra de modo a permitirem a generosidade em compartilhar seus conhecimentos e pensamentos para a formação contínua do leitor e leitora.

Uma boa leitura a você leitor/leitora e que as próximas páginas possam levar a uma reflexão da importância sustentável que esse livro tem como meta e sonho: um mundo novo, melhor e mais harmônico para toda humanidade!

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA. CONTRIBUTOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Carla Maria Rolo Antunes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226751](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226751)

### **CAPÍTULO 2..... 14**

USO EFICIENTE DA ÁGUA EM LISBOA - CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

Manuela Moreira da Silva

Leandro Muller

Susana Neto

Carla Pimentel Rodrigues

Armando Silva Afonso

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226752](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226752)

### **CAPÍTULO 3..... 21**

DESEMPENHO EM FILTRO LENTO QUANTO A MELHORIA NO PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ESGOTO DOMÉSTICO

Ariston da Silva Melo Júnior

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226753](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226753)

### **CAPÍTULO 4..... 36**

ATIVOS ECOLÓGICOS E BALANÇO DE CARBONO DE UM ESPAÇO VERDE URBANO – CONTRIBUTOS PARA UMA *WATER SENSITIVE CITY*

Manuela Moreira da Silva

Sandra Caetano

Daniel Pimenta

Lídia Terra

Horácio Carvalho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226754](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226754)

<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>50</b>
MONITORAMENTO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) EM LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	
Ariston da Silva Melo Júnior Kleber Aristides Ribeiro Abrão Chiaranda Merij	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755</a>	
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>65</b>
FLOW VELOCITY STRUCTURE AND TURBULENCE CHARACTERISTICS IN A PARTIALLY VEGETATED CHANNEL WITH RIGID EMERGENT VEGETATION	
Cristina Maria Sena Fael César Augusto Vaz Santos Cátia Sofia Batista Taborda	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756</a>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>78</b>
HACIA EL BUEN ESTADO QUÍMICO DE NUESTRAS AGUAS CONTINENTALES: ¿SÓLO LAS EDAR SON RESPONSABLES DEL MISMO?	
Rafael Marín Galvín	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>91</b>
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDO	
Ariston da Silva Melo Júnior Kleber Aristides Ribeiro Leonardo Gerardini	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>109</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>110</b>

# CAPÍTULO 8

## EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDO

Data de submissão: 05/07/2022

Data de aceite: 18/08/2022

**Ariston da Silva Melo Júnior**

<http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

**Kleber Aristides Ribeiro**

<http://lattes.cnpq.br/8299301338155638>

**Leonardo Gerardini**

<http://lattes.cnpq.br/1349234597661457>

**RESUMO:** A preservação dos recursos hídricos é importante para a manutenção da vida no planeta. Tanto que o processo de industrialização intensificado depois do século XIX levou a uma problemática crucial, a poluição das águas. Como forma de minimizar os impactos a água de reuso tem um papel importante, pois acaba por permitir a manutenção da água potável para atividades mais nobres como abastecimento. Levando-se esse ponto em questão, o uso técnicas baratas e eficientes de tratamento é importante para pesquisar. Entre os denominados sistemas de tratamento alternativo de água têm-se as wetlands. São sistemas que utilizam a passagem por sistema de drenos e meio suporte com adição de uma planta para remoção da poluição no esgoto. O sistema tem uma importância enorme,

principalmente em países com grande índice solar, pois quanto mais radiação solar, melhor é a eficiência do sistema. Para tanto, utilizou-se um sistema piloto instalado na UNICAMP, onde foram efetuadas análises de nitrato e amônia para avaliar o grau de depuração desses compostos na água. Para o período de estudo que compreendeu 5 dias no mês de janeiro de 2018, obteve-se uma eficiência acima de 50% para remoção de nitrato e para amônia os valores ficaram na faixa dos 37%.

**PALAVRAS CHAVES:** Reuso. Meio ambiente. Ecologia. Esgoto.

### EFFICIENCY IN THE REMOVAL OF NITROGENATED COMPOUNDS IN A SYSTEM WETLANDS

**ABSTRACT:** The preservation of water resources is important for the maintenance of life on the planet. So much so that the process of industrialization intensified after the nineteenth century led to a crucial issue, water pollution. As a way to minimize the impacts reuse water has an important role, as it ends up allowing the maintenance of drinking water for more noble activities such as water supply. Taking that point into account, the use of cheap and efficient techniques of treatment is important to research. Among so-called alternative water treatment systems are wetlands. They are systems that use the passage through system of drains and half support with addition of a plant to remove the pollution in the sewage. The system has a

huge importance, especially in countries with large solar index, because the more solar radiation, the better the efficiency of the system. For that, a pilot system installed at UNICAMP was used, where nitrate and ammonia analyzes were performed to evaluate the degree of clearance of these compounds in the water. For the study period comprising 5 days in January 2018, efficiency above 50% was obtained for nitrate removal and for ammonia the values were in 37%.

**KEYWORDS:** Reuse. Environment. Ecology. Sewage.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial, acompanhada de um aumento dos parques industriais, trouxe alguns problemas a serem enfrentados por toda a sociedade, como por exemplo, à remoção dos resíduos orgânicos e inorgânicos produzidos pela própria população.

Segundo FERREIRA (2009) apenas 10% dos efluentes domésticos gerados no país são submetidos a algum tipo de tratamento, sendo um volume de aproximadamente 10 bilhões de litros, é jogado diariamente nos rios e córregos.

Pesquisa realizada pela IDEC (2004) indica que a falta de água tratada e de saneamento básico (esgoto, lixo) mata cerca de 12 milhões de pessoas por ano no mundo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a falta de água potável e de saneamento no Brasil é causa de 80% das doenças e 65% das internações hospitalares, implicando gastos de US\$ 2,5 bilhões.

Estima-se que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, se economizaria R\$ 5,00 em serviços de saúde.

Dentre as diferentes opções de sistemas tratamento de efluentes, encontra-se o sistema de tratamento denominado WETLANDS.

O sistema de Wetlands que em países de língua portuguesa recebe o nome de leitos cultivados é um sistema simples, que, com o auxílio das macrófitas (também conhecidas pelo termo hidrófitas), promovem a depuração da água residuária, com mínima geração de biossólidos eliminando boa parte dos compostos orgânicos e inorgânicos, e com possibilidade da utilização das macrófitas como matéria-prima para uma atividade econômica, e o uso do seu efluente final na agricultura como, por exemplo, para a irrigação, hidropônia entre outros, tornando de grande importância o estudo e o aprimoramento deste sistema para o emprego, não só em comunidades rurais, mas também em indústrias.

As wetlands (ou leitos cultivados) representam uma tecnologia emergente, de baixo custo e eficiente, sendo susceptível de se revelar como uma boa alternativa

de auxílio aos sistemas convencionais no tratamento de águas residuárias como apresentado por VALENTIM (1999).

A eficácia dos resultados do tratamento de efluentes com a utilização desta técnica já é comprovada pela literatura.

Entre os benefícios também se pode mencionar o aumento da área de lazer e espaço social, projeto paisagístico, simples manutenção, inutilização de produtos químicos e a ausência ou baixo consumo de energia elétrica.

Há vários exemplos bem sucedidos da utilização de wetlands, um exemplo é o Rio Sena na França (TFG, 2011).

A água do Sena é purificada após passar por sete etapas diferentes dispostas em cascatas. Com o intuito de obter um objetivo específico, cada etapa emprega macrófitas diferentes. Após transpor este processo, a água retorna ao Rio Sena com a qualidade exigida pela legislação ambiental (TFG, 2011).

Diante de tais benefícios e eficácias, a técnica de wetlands construído demonstra ser uma alternativa que merece ser amplamente estudada e principalmente aplicada. Este trabalho teve como objetivo monitorar e analisar a eficiência e desempenho da remoção de compostos nitrogenados a base de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e Amônia ( $\text{NH}_3$ ) presentes no esgoto doméstico da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP.

## 2 SISTEMA DE WETLANDS

### 2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

Conforme SALATI (2003), *wetlands* construídos é um termo inglês, que em português significa “Terras Molhadas Construídas”, e é constituído por ecossistemas naturais que ficam parcial ou completamente inundados.

São projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias (SOUSA *et al.* 2004).

FERREIRA E PAULO (2009) entendem que a técnica de *wetlands* construídos é a alternativa ecológica mais comum para tratamento de água cinza em nível domiciliar ou pequenas comunidades, podendo ser adaptada para o tratamento de águas urbanas, pluviais ou industriais. Esta capacidade de despoluição de efluentes tão diferentes, se torna possível pela variação de espécies de plantas utilizadas. Podem ser tratadas matérias orgânicas, óleos, hidrocarbonetos e metais pesados (metais que possuem uma densidade elevada) encontrados na água.

O tratamento de águas poluídas realizado pelo sistema de *wetlands* construídos tem uma eficiência superior a de áreas alagadas naturais. Eficiência que implica na diminuição de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), máximo controle sobre o sistema hidráulico e da vegetação da área alagada.

As águas tratadas são usadas para diversos fins, como por exemplo, para a irrigação de plantações, ou até mesmo para o reuso (PHYTORESTORE, 2012).

Ainda, segundo a documentação da empresa PHYTORESTORE (2012), o *wetlands* construído, além de ser eficiente na despoluição não possuem odor, proporciona um espaço que pode ser utilizado como parques públicos e área de passeio, tendo uma função social e elevando a qualidade de vida da população que vive ao seu entorno.

Conforme SALATI (2003), em 1984, Eneas Salati realizou o primeiro projeto de *wetlands* do Brasil. Foi construído um lago artificial nas proximidades de um córrego altamente poluído, na escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”.

A partir de 1985, devido ao sucesso das primeiras experiências, o Instituto de Ecologia Aplicada prosseguiu com os trabalhos, de maneira que foram desenvolvidas novas tecnologias, aumentou-se a eficiência dos sistemas e diminuíram-se os gastos (SALATI, 2003).

ALBIZZATI, MEIRELLES e TELES (2012), garantem que há a algumas décadas, empresas especializadas que dispõem desta técnica.

## 2.2 ELABORAÇÃO DE WETLANDS CONSTRUÍDA

Assim como se faz necessário realizar estudos e planejar uma construção, para implantar um sistema de *wetlands* construídos não é diferente.

A definição do tipo de projeto a ser implantado será realizada após análise das características do efluente, da eficiência final desejada no tratamento, do interesse da utilização do lodo produzido e do interesse paisagístico (SALATI, FILHO e SALATI, 2009).

ALBIZZATI, MEIRELLES e TELES (2012), citam que as plantas podem ser selecionadas da região em que será implantado o novo sistema. E por empregar-se a flora da região, evitam-se problemas com a introdução de espécies em um ecossistema diferente.

Com a ausência da utilização de produtos químicos, os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica se alimentam dos componentes trazidos pelos efluentes e das moléculas originadas das plantas (PHYTORESTORE, 2012).

Conforme a PHYTORESTORE (2010), a seleção das plantas também é feita após análise química do efluente, considerações com relação à tolerância a variações de temperatura, consumo de oxigênio, taxa de despoluição requerida ao fim do ciclo e análise

do volume a ser tratado. Foram identificadas centenas de espécies de plantas úteis e que nenhuma é escolhida para acumular elemento tóxico (PHYTORESTORE, 2010).

Para o tratamento de efluentes através da técnica de *wetlands* construídos, a ação dos componentes como filtros verticais e horizontais são imprescindíveis (PHYTORESTORE, 2012).

## 2.3 TIPIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE MACRÓFITAS

### 2.3.1 Sistemas com plantas flutuantes

São utilizadas plantas flutuantes em projetos onde se têm canais rasos pode-se empregar uma ou mais espécies de plantas, no entanto a planta mais estudada é a *Eichornia Crassipes* da família das Pontederiaceas (SALATI, 2003).

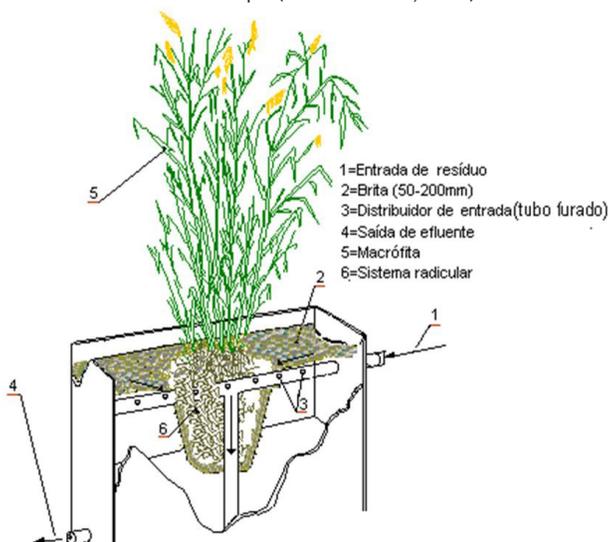
No Brasil, popularmente essas plantas são chamadas de aguapé, baroneza, mururé, pavoá, rainha do lago e uapê (SALATI, FILHO e SALATI, 2009).

FILHO e SALATI (2009), relatam que a utilização desta planta é devida a sua capacidade de resistir a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura.

A depuração da água do efluente através das plantas flutuantes é devido a absorção de nutrientes e metais, ação de microrganismo associados à rizosfera e pelo transporte de oxigênio para a rizosfera (SALATI, FILHO e SALATI, 2009).

MELO JÚNIOR (2003) apresenta a figura 1, a seguir, na qual observa-se uma visão geral do processo de tratamento.

Figura 1– Corte seccional com visualização unitária da distribuição de esgoto no sistema de leito cultivado e sua trajetória no tratamento residual do efluente limpo. (MELO JÚNIOR, 2003).



Segundo SALATI (2003), este sistema é utilizado para diversas finalidades, entre elas:

- I. Sistema de tratamento terciário com a finalidade de remover nutrientes, nos quais só o fósforo e o nitrogênio são incorporados às plantas.
- II. Sistema integrando o tratamento secundário e terciário, com o intuito de remoção dos nutrientes e redução do DBO e DQO.

## 2.4 DESENVOLVIMENTO MICROBIOLÓGICO EM WETLANDS

Tanto a parte estrutural quanto funcional dos leitos cultivados é dominada por uma grande variedade de microrganismos, tais como: fungos e bactérias, além da planta típica (macrófita) responsável por parte da redução de matéria orgânica.

Segundo KADLEC e KNIGHT (1996) a grande diversidade de nichos físico-químicos existentes nos alagados é diretamente responsável pela biodiversidade presente no sistema de wetlands (leitos cultivados).

Os microrganismos através de sua diversidade genética e adaptabilidade funcional são capazes de absorver os constituintes poluidores das águas hostis ao uso humano, para promover seu crescimento e reprodução. Com isto, acompanha-se a modificação da qualidade da água, por meio das modificações químicas, físicas e biológicas. (KADLEC e KNIGHT, 1996).

Dentre as bactérias mais importantes na modificação da qualidade d'água em leitos cultivados sobressaem as fototróficas, encapsuladas, de brotamento, quimiotróficas gram-negativas, gram-negativas aeróbias, gram-negativas anaeróbias, gram-negativas facultativas anaeróbias, gram-positivas, produtoras de metano, formadoras de endósporos, actinomicetose e organismos correlatos. (KADLEC e KNIGHT, 1996).

A maioria das bactérias é heterotrófica, isto é, obtém alimento e energia para seu desenvolvimento em compostos orgânicos; algumas bactérias são autotróficas, isto é, sintetizam moléculas orgânicas a partir de carbono. (MELO JÚNIOR, 2003).

A maioria das bactérias está associada com as superfícies submersas das plantas, a matéria orgânica em decomposição e o meio suporte. Existe uma relação simbiótica entre as plantas aquáticas e as bactérias vivendo nas raízes e outras partes submersas segundo MELO JÚNIOR (2003).

Fungos representam os organismos do reino eucarionte (não possuem carioteca) e são abundantes nos ambientes alagados. Todos os fungos são heterotróficos e sua nutrição é predominantemente saprófita, ou seja, baseada no consumo e consequente degradação da matéria orgânica em decomposição. Eles são ecologicamente importantes

nos alagados, pois participam de uma significativa proporção da reciclagem de carbono e outros nutrientes como informa KADLEC e KNIGHT (1996).

Os fungos vivem de forma simbiótica com espécies de algas (líquens) e plantas mais evoluídas (micorrizas), aumentando a eficiência e rendimento do hospedeiro na absorção de nutrientes da água, ar e meio suporte. Nos alagados, os fungos são normalmente encontrados em associação com restos de plantas em estágio de decomposição. (MELO JÚNIOR, 2003).

## 2.5 ASSIMILAÇÃO DE POLUENTES EM WETLANDS

Nos sistemas biológicos, os principais responsáveis pela remoção da matéria orgânica das águas residuárias são os microrganismos (aeróbios, facultativos e anaeróbios) que a utilizam no seu ciclo vital, obtendo dela a energia necessária para sua síntese celular, sua locomoção (quando for o caso), no seu transporte de materiais e outras funções.

A matéria orgânica (100%) é representada pelas proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gorduras e óleos (10%), além da uréia (principal constituinte da urina), surfactantes, fenóis, pesticidas e outros, sendo que a porcentagem varia de acordo com a origem do dejetos. Parte é encontrada em solução, os sólidos orgânicos dissolvidos (rapidamente biodegradáveis), e parte em suspensão, relativa aos sólidos suspensos no meio líquido (lentamente biodegradáveis). (MELO JÚNIOR, 2003).

Os sólidos orgânicos dissolvidos são utilizados diretamente pelas bactérias heterotróficas principais responsáveis pela redução da  $DBO_{5,20}^{\circ}C$  nos sistemas de wetlands como informa COOPER *et al.* (1990), enquanto os sólidos em suspensão são convertidos em solúveis pelo mecanismo da hidrólise, que é realizada pela atuação de enzimas intra e extracelulares produzidas pelas bactérias e que servem de catalisadores nas reações de oxidação (METCALF e EDDY, 1991).

Os processos de degradação da matéria orgânica nas águas são governados por vários receptores de elétrons disponíveis no meio, sendo que o sistema utiliza aquele que produz a mais alta quantidade de energia. Por essa razão, o oxigênio dissolvido é utilizado primeiramente, fazendo com que o sistema deixe de ser aeróbio. Caso haja nitratos disponíveis no meio líquido, os organismos aparelhados para utilizá-los na respiração passam a fazê-lo convertendo o nitrato a nitrogênio gasoso (desnitrificação), condição anóxica (ausência de  $O_2$  dissolvido e presença de nitratos). Quando se extingue têm-se as condições anaeróbias estritas, sendo utilizados os sulfatos, que são reduzidos a sulfetos, e o  $CO_2$  que é convertido a metano. (METCALF e EDDY, 1991).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

O sistema de wetlands construída, também denominadas leitos cultivados (conforme literatura anterior), utilizado na pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) encontra-se implantada na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) na UNICAMP, com: latitude **S22°53'20"** e longitude **W47°04'40"**. (MELO JÚNIOR, 2003). O sistema tem a finalidade de realizar a depuração do esgoto da FEAGRI.

O sistema desenvolvido e em operação possui antes do sistema de wetlands, um sistema para estabilização de lodo baseado num tanque séptico modificado que funciona como um mini reator anaeróbico para o tratamento primário. Tal sistema possui três caixas de água, sendo duas de 500 ml e uma de 1000 ml.

A figura 2 apresenta uma visão do sistema de retirada de esgoto da caixa de distribuição. O escoamento do esgoto é realizado por gravidade devido à diferença de cotas que auxilia no transporte do efluente. É utilizado no sistema tubular PVC de 1" (polegada).

Figura 2 – Caixa de areia com as mangueiras coletoras.



Após a coleta das águas residuárias, o sistema é direcionado para o sistema de tanque séptico modificado, observado na figura 3.

Figura 3 –Tanque séptico utilizado na distribuição da água residuária.



O sistema de wetlands, ou leitos cultivados, que vem na etapa seguinte após a fase de pré tratamento realizada pelo tanque séptico (figura 3), onde existe uma caixa para distribuição no sistema de wetlands, conforme figura 4.

Figura 4 –Visão da caixa de distribuição e sistema de wetlands.



O sistema de wetlands é constituído por seis células que englobam o sistema. Sendo três de perfil retangular de dimensões 4x1 m e três de perfil quadrado com dimensões 2x2 m.

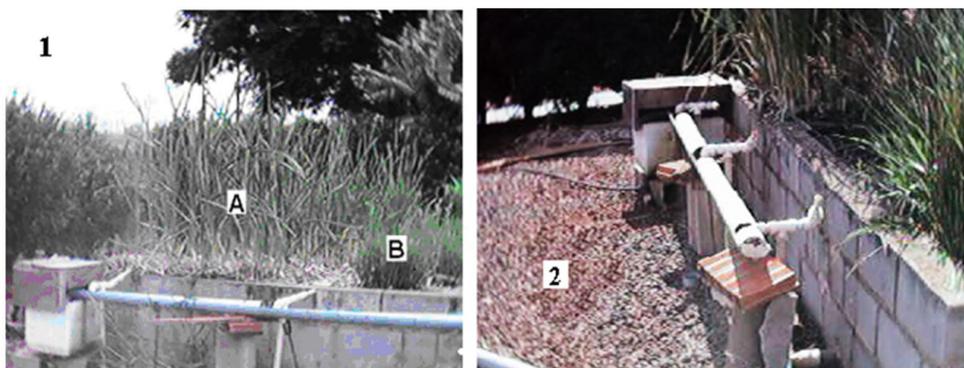
As *wetlands* estão distribuídas em áreas com macrófitas da espécie *Typha sp.* (01 perfil quadrado e 01 retangular) e *Eleocharis* (01 perfil quadrado e 01 retangular) e ainda duas áreas restantes (quadrado e retangular) apenas com material suporte (brita) para acompanhamento do grau de remoção de nutrientes com e sem a presença de macrófitas.

Em cada célula existe um dreno com tubo de PVC de 2", com furos de 10 mm de diâmetro espaçados de 10 cm em 10 cm, localizados na parte superior e nas laterais

do tubo, permitindo um acúmulo de líquido no interior dos leitos, impedindo assim uma drenagem total do afluente.

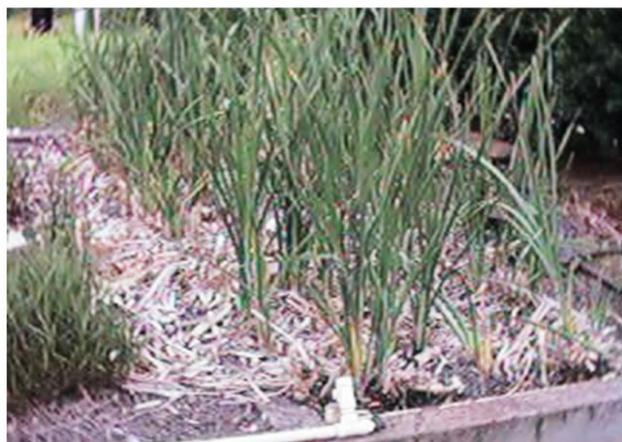
O efluente é captado ao final de cada célula dentro de uma calha de PVC (figura 5) que se encarrega de enviar o esgoto para uma caixa de areia coletora.

Figura 5 – Em (1) observa-se um leito com *Typhasp.* (A) e um com *Eleocharis* (B). Dreno do leito e detalhe da calha coletora (2) do efluente dos leitos.



A *Wetlands* utilizada no estudo foi a de dimensões 4x1 m (figura 6) denominado para efeito de referência no estudo de **leito 2**, cultivada com macrófita da espécie *Typha sp.* O material suporte utilizado no leito é brita n.º 2 de diâmetro efetivo 25 mm.

Figura 6 – Célula retangular (4x1m). Pode-se verificar a existência do material de suporte brita n.º2 juntamente da linha em PVC de distribuição.



Foi utilizado um procedimento de construção análogo ao desenvolvido por VALENTIM (1999), onde a altura da lâmina d'água dentro de cada célula é regulada por um dispositivo com deslocamento angular de 180° em relação ao eixo y, de onde saem mangueiras de 1", que desviam o fluxo para o sistema de drenagem e deste para a rede coletora.).

O sistema projetado tem um tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) estimado em 1,5 dias para o sistema, pois o sistema possui uma vazão afluyente de escoamento de  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Relembrando que o dimensionamento do tempo de detenção,  $\theta_h$ , é dado pela equação 1, que o dimensionamento leva em conta o volume compartimentado (V) e a vazão (Q) de escoamento (PORTO, 1999).

$$\theta_h = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 1}$$

### 3.2 FASE DE COLETAS

Para o estudo de caso foram monitoradas e retiradas amostras de entrada (afluyente) e saída (efluyente) para após as análises de nitrato e amônia, avaliar a eficiência de depuração do sistema de wetlands. Onde o estudo se concentrou no mês de janeiro nos dias 8 à 12 de janeiro de 2018.

Obedecendo a um critério levantado por MELO JÚNIOR (2003) sobre a fase de pico de eficiência de sistemas de wetlands com *Typha sp*, conhecida popularmente por Taboa, o horário de retirada de amostras foi às 14 horas.

As amostras foram armazenadas em garrafas PET de 500 ml (figura 7) para posterior estudo em laboratório das concentrações.

Figura 7 – Amostra de água residuária coletada.



### 3.3 ANÁLISE COMPOSTOS NITROGENADOS – NITRATO E AMÔNIA

Para a análise das concentrações dos compostos nitrogenados foi utilizado o equipamento ANALYSER PH/ION 450M (figura 8) que fornece os valores em mV.

Figura 8 – Foto do aparelho ANALYSER PH/ION 450M de leitura (em mV) de amônia e nitrato. Em destaque um dos eletrodos usados na leitura.



Para se efetuar as medidas no ANALYSER PH/ION 450M, necessita-se primeiro em preparar as amostras para leitura, onde o preparo delas consiste em encontrar a curva padrão. Isso garante que a leitura não saia da faixa padrão de variação.

Inicialmente para preparação da curva padrão do nitrato, preparam-se soluções de concentrações diluídas de sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , denominada de solução ISA, em água destilada.

Para tanto, pegam-se 25 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada e acrescentam-se 25 ml de nitrato, obtido pela junção de 1,37 gramas de nitrato de sódio em 1000 ml de água destilada.

Em seguida transfere-se 25 ml da solução padrão de nitrato de sódio para um balão volumétrico de 50 ml, acrescentando-se 25 ml de água destilada.

Depois se pipetam volumes distintos de 2,0 ml; 1,0 ml; 0,5 ml; 0,25 ml e 0,10 ml respectivamente da solução padrão de nitrato de sódio em balões volumétricos de 25 ml e acrescenta-se 0,50 ml da solução ISA.

A solução ISA é importante pelo fato dela promover o aumento da eficiência de leitura, uma vez que ela aumenta a força iônica das moléculas presentes na solução.

Feito a calibração, pipeta-se 25 ml da amostra de água residuária num Becker de 50 ml e acrescenta-se 0,50 ml de solução ISA. Em seguida efetua-se a medida no ANALYSER PH/ION 450M com o eletrodo de leitura de nitrato.

As análises de amônia obedecem ao mesmo procedimento das de nitrato, sendo a solução padrão utilizada neste caso  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  2M, onde se dilui 5,0 ml da solução padrão em 25 ml de água destilada em concentrações 0,1 M; 0,05 M; 0,01 M; 0,005 M e 0,001 M. Com a curva padrão montada, pipeta-se 25 ml da amostra de água residuária em Becker de 50 ml e acrescenta-se 0,50 ml de solução ISA e inicia-se a leitura com o eletrodo de leitura para amônia.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DE COMPOSTOS NITROGENADOS

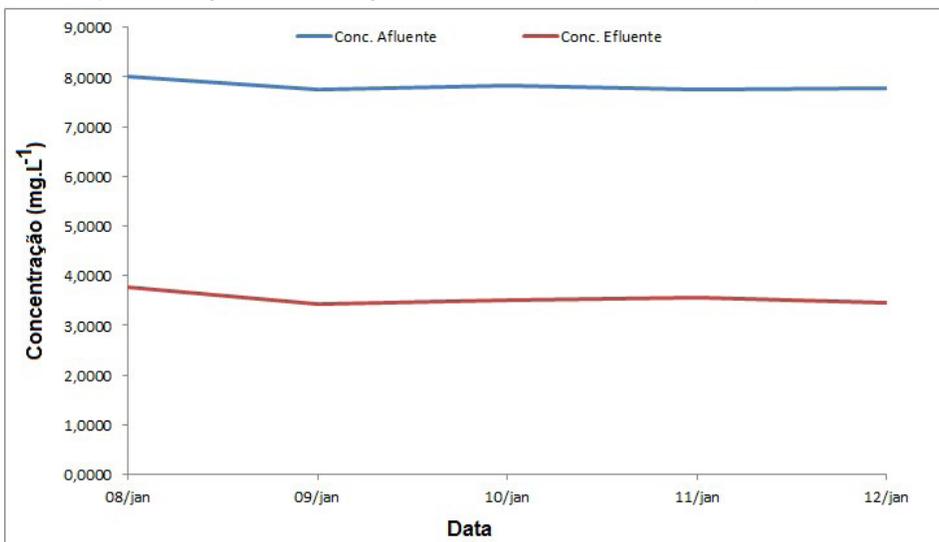
Conforme MELO JÚNIOR (2003) os principais processos de transformação química do nitrogênio ocorridas em wetlands são a amonificação (transformação biológica do nitrogênio orgânico a amônia), nitrificação (oxidação microbiológica da amônia a nitrato), desnitrificação (redução do nitrato ou nitrito), fixação biológica (redução de gás nitrogênio a amônia) e assimilação (conversão de íon amônio e nitrato a compostos orgânicos).

Em wetlands, a quantia total de nitrogênio presente na coluna d'água é calculada somando-se o valor de NTK (amônia e nitrogênio orgânico) às concentrações de nitrato e nitrito. Na próxima fase são apresentados os valores para as concentrações afluente e efluente dos compostos nitrato e amônia para o sistema de wetlands na célula denominada leito 2.

### 4.2 ANÁLISE DE NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ )

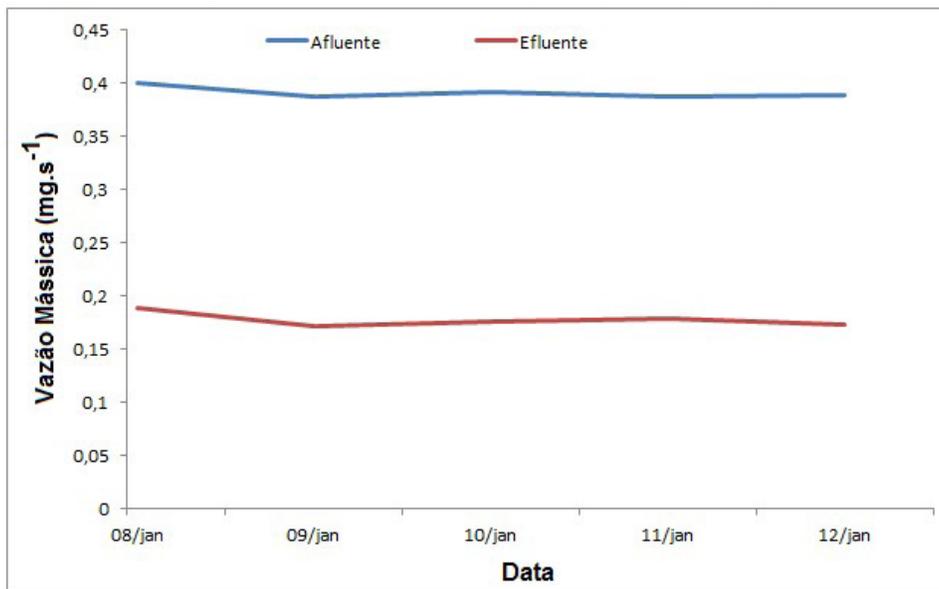
Durante a semana de coletas, com vazão regulada em  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , ou no Sistema Internacional (S.I.) com a conversão pelo processo de análise dimensional para  $2,31 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , foi obtido uma curva homogênea de entrada no sistema e para saída os valores tiveram um comportamento estável (figura 9).

Figura 9 – Relação das concentrações de entrada (afluente) e saída (efluente) para o nitrato.



A figura 10 apresenta o comportamento da vazão mássica para o nitrato, onde pelo perfil constante de vazão o gráfico tem perfil análogo à figura 9, contudo nessa nova figura têm-se as massas em tempo para o composto nitrato.

Figura 10 – Relação das vazões mássicas de entrada (afluente) e saída (efluente) para o nitrato.



A tabela 1 apresenta uma relação percentual da eficiência do sistema para o composto nitrato.

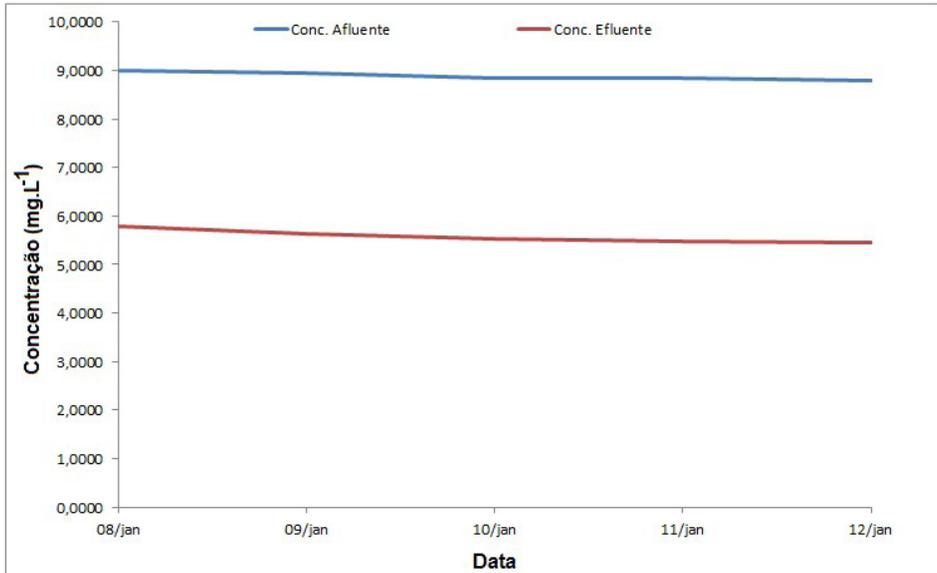
Tabela 1 – Perfil da eficiência da remoção de massa de nitrato no leito 2.

<b>DATA em Janeiro de 2018</b>	<b>Eficiência Percentual (%)</b>
08	52,86
09	55,77
10	55,12
11	54,02
12	55,71
<b>MEDIA</b>	<b>54,70</b>

#### 4.3 ANÁLISE DE AMÔNIA (NH<sub>3</sub>)

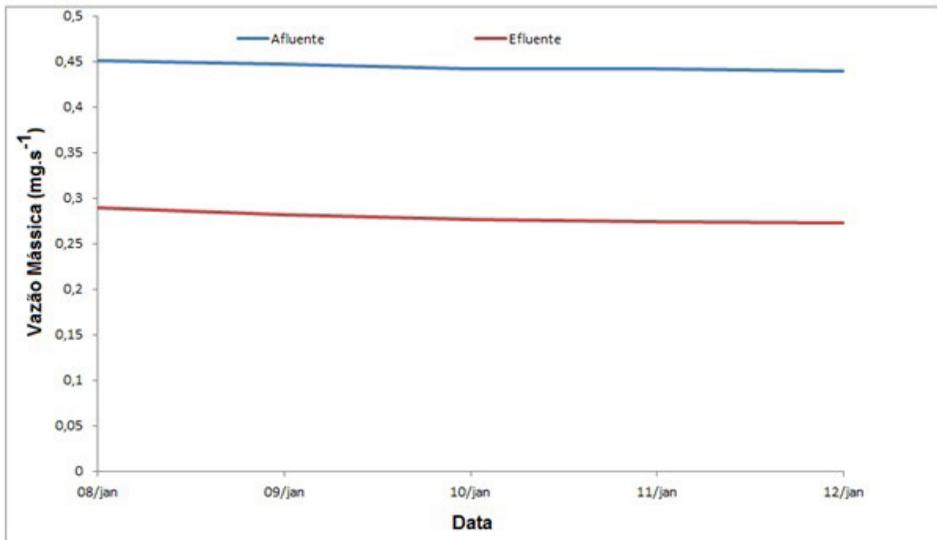
Para a concentração de amônia os valores de concentração são apresentados na figura 11.

Figura 11 – Relação das concentrações de entrada (afluente) e saída (efluente) para a amônia.



De modo análogo a seção que tratou da vazão mássica para nitrato, a vazão mássica para amônia pode ser observada na figura 12, a seguir.

Figura 12 – Relação das vazões mássicas de entrada (afluente) e saída (efluente) para a amônia.



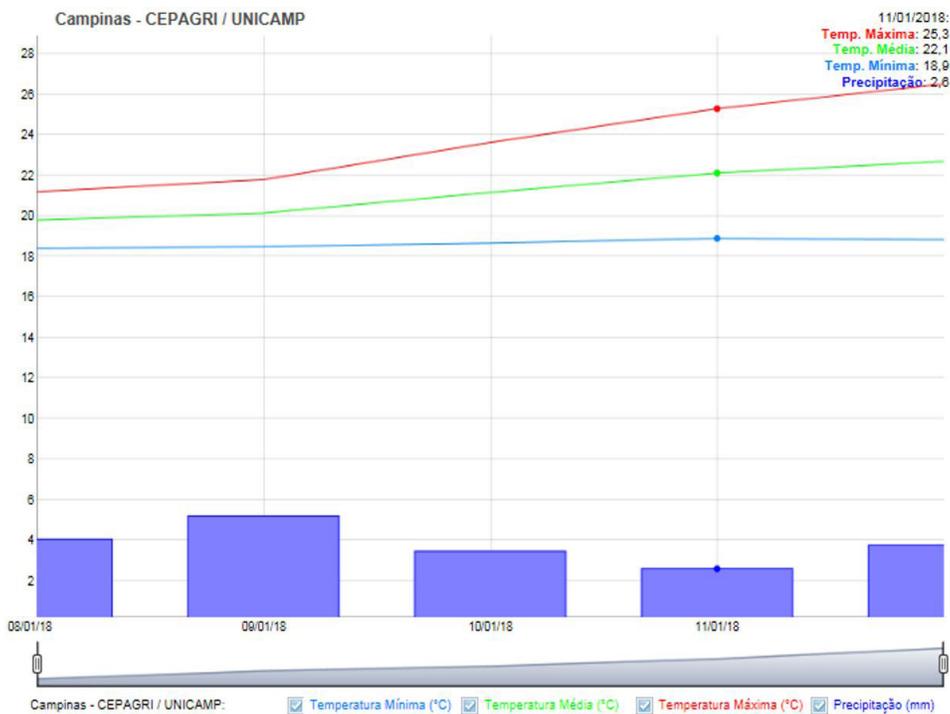
A tabela 2 apresenta uma relação percentual da eficiência do sistema para a amônia.

Tabela 2 – Perfil da eficiência da remoção de massa de amônia no leito 2.

DATA em Janeiro de 2018	Eficiência Percentual (%)
08	35,89
09	37,10
10	37,57
11	38,04
12	37,99
<b>MÉDIA</b>	<b>37,32</b>

Na figura 13, através do levantamento de dados climáticos para o período e estudo a partir do CEPAGRI, Centro Pesquisas Agrícolas, que realiza o monitoramento dos parâmetros climáticos da região, observa-se um perfil com poucas variações bruscas.

Figura 13 – Variação térmica durante a semana de estudo (FONTE: CEPAGRI, 2018).



Nota-se também a partir da figura 13 que o gráfico de variação pluviométrica teve poucas variações, ficando na faixa dos 4 mm. Com um valor máximo de temperatura de 26°C para o último dia de levantamento, tendo ainda que a temperatura média no período de pesquisa ficou em 22,1°C.

Tais constatações mostram que para um perfil de temperatura sem grandes variações a atividade ecofisiológica da taboa permanece constante, o que reflete na ação de remoção dos compostos nitrogenados presentes no esgoto.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho teve um papel importante por analisar dois compostos nitrogenados importantes para a depuração, nitrato e amônia.

Pode-se observar que a remoção no período foi substancial para nitrato, tendo percentuais na faixa dos 50%, enquanto que para amônia o valor girou na faixa dos 37%.

O sistema tem grande potencial de utilização, uma vez que pelo custo de implantação e operação na faixa dos 15 mil reais é possível obter uma água de reuso de padrão aceitável para certas culturas agrícolas, bem como para uso em processos de descarrega de vasos sanitários.

Tal potencial de utilização do sistema de wetlands permite destacar como uma fonte importante para utilização em pré-tratamento residual de esgoto doméstico, uma vez que adoção de sistemas convencionais como Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) tornam-se caras e necessitam de grandes investimentos públicos, além da própria ação do Estado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIZZATI, E. C.; MEIRELLES, T. P.; TELES, W. M. **Comparativo entre estações de tratamento de efluentes convencionais e jardins filtrantes**. BE\_310 CIÊNCIAS DO AMBIENTE – UNICAMP, p. 1,4, Campinas, 2012.

COOPER, P.F. & FINDLATER, B.C. (Eds.). **Constructed Wetlands in Water Pollution Control**. Pergamon Press, Oxford, U.K., 1990.

FERREIRA, Cristina de Arruda; PAULO, Paula Loureiro. **Eficiência de wetlands construídos para o tratamento domiciliar de água cinza com configuração diferenciada**. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, p.1, 2, Campo Grande – MS, 2009.

IDEC Laboratories, Inc. **Manual de instruções para análises de coliformes total e fecal utilizando Colilert**. F.E. Division, Brasil. 2004.

KADLEC, R.H. & KNIGHT, R.L. **Treatment Wetlands**. CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 1996.

METCALF e EDDY, **Wasterwater engineering – treatment, disposal and reuse**. New York: McGraw Hill Inc, 3ª edição, 1991.

MELO JÚNIOR, A. S. **Dinâmica da remoção de nutrientes em alagados construídos com *Typha sp.*** Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2003.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**, 2 edição, EESC – USP, 1999.

PHYTORESTORE. **Despoluição de água e efluentes através de jardins filtrantes**. Revista Hidro, p. 6, 7, agosto de 2010.

PHYTORESTORE. **Vantagens dos Jardins Filtrantes® sobre outros tipos de ETE**. Documentação interna da empresa, Campinas, 2012.

REED, S.C., MIDDLEBROOKS, E.J. & CRITES, R.W. **Natural Systems for WasteManagement and Treatment**. Mc-Graw-Hill Book Company, New York, 1988.

SALATI, Eneida. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas**. Biológico, V.65, nº.1/2, p.113-116, São Paulo, janeiro a dezembro de 2003.

SALATI, Eneas; FILHO, Eneas Salati; SALATI, Eneida. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. Instituto Terramax - Consultoria e Projetos Ambientais LTDA, p.1-15, Piracicaba/SP, 04 de Abril de 2009.

SOUSA, José Tavares de; HAANDEL, Adrianus C. van; LIMA, Eduardo Pedroza da Cunha; HENRIQUE, Israel Nunes. **Utilização de Wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB**. Engenharia Sanitária e Ambiente. Volume 9, nº4, Rio de Janeiro, Outubro a Dezembro de 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522004000400004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522004000400004)>. Acesso em: 08 de dezembro de 2017.

TFG (blog). **Meio Ambiente + Interesse Público Coletivo, Os jardins filtrantes do Parque Chemin de l'Île em Nanterre, França**. 23 de outubro de 2011. Disponível em:<[http://meioambientefrancine2sem2011.blogspot.com.br/2011\\_10\\_01\\_archive.html](http://meioambientefrancine2sem2011.blogspot.com.br/2011_10_01_archive.html)>. Acesso em: 15 de dezembro de 2017.

VALENTIM, MARCELLUS A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. 119p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

WATSON, J.T. & HOBSON, J.A. **Hydraulic design considerations and controlstructures for constructed wetlands for wastewater treatment**. In *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Municipal, Industrial and Agricultural, editado por Hammer, D.A., Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, pp. 379-391, 1989.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR** - GRADUADO em Engenharia agrícola e civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP; com PÓS-DOUTORADO no estudo de sinterização e obtenção de compósitos de terras raras em células à combustível pelo Centro de Ciências de Tecnologia de Materiais (CCTM) e PÓS-DOUTORADO no estudo da poluição atmosférica e a contribuição dos gases de efeito estufa (GEE) no impacto ambiental pelo Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) ambos realizados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Universidade de São Paulo - USP. MESTRE em Engenharia de Recursos Hídricos - Água e Solos no estudo da relação e interferência dos parâmetros ecofisiológicos de macrófitas na depuração de esgoto doméstico na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP. DOUTOR em Engenharia de Recursos Hídricos e Energéticos estudando a relação e presença de metais pesados dispersos na atmosfera através da coleta de material particulado PM10 e análise pelas técnicas de reflexão total por raios X e microfluorescência com uso de radiação síncrotron aplicadas às análises pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. Possui mais de 45 artigos publicados com temática no uso da engenharia e tecnológicas de ponta e alternativas para estudo dos processos de tratamentos de resíduos líquidos, gasosos e sólidos. Autor de 5 livros técnicos e de 2 capítulos de livros na área de engenharia civil e sanitária. Membro da Associação de Engenheiros da SABESP (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo) atuou como avaliador e examinador na IBFCRL para concursos públicos na área de engenharia civil e agronomia, além de participar em bancas de mestrado e de concursos na UNICAMP e no IFSP. Adepto do ensino continuado realizou mais de 102 cursos de aperfeiçoamento no ensino superior pela Universidade Federal do Ceará, pela Universidade Estadual do Maranhão e outras IES. Possui mais de 10 anos no ensino superior na Universidade Paulista (UNIP); Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU); Universidade Braz Cubas e FATEC-SP. Sendo professor nos cursos de Engenharia: Civil; Sanitária e Ambiental; Elétrica; Mecânica; além dos cursos de tecnologia de edifícios; gestão ambiental e arquitetura e urbanismo. Foi coordenador geral do curso de engenharia civil na FMU durante a gestão de 2015-2016. Tem como linha de pesquisa o estudo contínuo de novas tecnologias de tratamento de resíduos sólidos e líquidos para depuração e conservação do meio ambiente, atuando como pesquisador colaborador na USP e UNICAMP.

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Avaliação ambiental 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13

### C

Contaminação 21, 22, 26, 51

### D

Descarbonização 36, 37

### E

Ecologia 50, 91, 94

EDAR 78, 81, 84, 86, 87, 88, 89

Engenharia 14, 21, 23, 34, 36, 50, 64, 93, 98, 108

Envolvimento dos cidadãos 15

Escassez de água 36, 53

Esgoto 21, 26, 28, 29, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 63, 64, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 107

Estado químico 6, 78, 79, 83

Estado y potencial ecológico 78

Experimental study 65

### G

Gestão 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

### M

Meio ambiente 50, 51, 52, 63, 91, 108

### N

Natureza em Zonas Urbanas 36

Normas de calidad ambiental 78, 80, 81, 83, 84, 86, 89

### P

Pegada Hídrica 14, 15, 16, 17, 18, 19

Planeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Poupança de Água 15, 17, 19

## R

Recursos hídricos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 20, 50, 51, 91

Redutores de Caudal 14, 15, 19

Reuso 21, 30, 34, 53, 54, 63, 91, 94, 107

## S

Saneamento 15, 21, 23, 35, 50, 51, 52, 58, 64, 92

## T

Tejo 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13

Tratamento 17, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 107, 108

Turbulent flow 65, 66, 68, 70, 73, 76, 77

## V

Vegetated corridor 65, 66, 71

Vertido 78, 85, 86, 87, 88, 89