

# Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2

---

**Alan Mario Zuffo**  
(Organizador)



Alan Mario Zuffo

(Organizador)

# Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 2 / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia Sanitária e Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-250-0

DOI 10.22533/at.ed.500191104

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.  
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 628

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 22 capítulos, os conhecimentos tecnológicos da engenharia sanitária e ambiental.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos tem contribuído para o aumento da poluição, por meio de problemas como assoreamento, drenagem, erosão e, a contaminação das águas pelos defensivos agrícolas. Tais fatos, podem ser minimizados por meio de estudos e tecnologias que visem acompanhar as alterações do meio ambiente pela ação antrópica. Portanto, para garantir a sustentabilidade do planeta é imprescindível o cuidado com o meio ambiente.

Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade. A sustentabilidade do planeta é possível devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a Engenharia Sanitária e Ambiental, assim, garantir perspectivas de solução de problemas de poluição dos solos, rios, entre outros e, assim garantir para as atuais e futuras gerações a sustentabilidade.

Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR SOBRE A PRECIPITAÇÃO DO NORDESTE DO BRASIL	
Luanny Gabriele Cunha Ferreira Alexandre Kemenes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO A CASCA DA CASTANHA DO PARÁ	
Jordana Georjin Letícia de Fátima Cabral de Miranda Paola Rosiane Teixeira Hernandes Daniel Allasia Guilherme Luiz Dotto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
AGRICULTURA: UMA ALTERNATIVA PARA O USO DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE IBEROSTAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR-BA	
Iolanda de Almeida Bispo Sheila dos Santos Almeida Selma Souza Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DOS MANGUEZAIS NA CAPITAL SERGIPANA	
Fabrícia Vieira Vanessa Guirra Almeida Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>38</b>
ANÁLISE DO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO EM TERRENOS BALDIOS NO MUNICÍPIO DE ALAGOINHAS - BA	
Crislane Santos Nascimento Amanda Pereira Bispo Rêgo Crisliane Aparecida Pereira dos Santos David Brito Santos Junior Hebert França Oliveira Leidiane de Jesus Santana Renato Santos da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>45</b>
ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO NO CONJUNTO COHAB EM ICOARACI NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA	
Lucas Cortinhas Cardoso Ferreira Helenice Quadros de Menezes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911046</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>53</b>
ANÁLISE E MAPEAMENTO DE REGIÕES DE DESPEJO DE EFLUENTES NO RIO POXIM POR MÉTODOS DE GEOPROCESSAMENTO NA CAPITAL SERGIPANA	
José Alves Bezerra Neto Nicole Príncipe Carneiro da Silva Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>61</b>
APA DA FAZENDINHA: CONSCIENTIZAÇÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS LOCAIS POR PARTE DOS MORADORES ENTRE OS ANOS DE 2013 A 2015	
Pedro Ribeiro da Silva Neto Tatiana Santos Saraiva Bruno Alves Lima Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>66</b>
ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM AQUÍFEROS DO AGRESTE SERGIPANO: ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DAS POTENCIALIDADES HÍDROGEOLOGICAS POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
Nicole Príncipe Carneiro da Silva Ana Karolyne Fontes Andrade Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5001911049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>75</b>
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE <i>Euphorbia tirucalli</i> Linneau NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL DE SOJA	
William Frederick Schwanz Kiefer Yvanna Carla de Souza Salgado José Osmar Castagnolli Junior Maria Elena Payret Arrua Sandra Regina Masetto Antunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>91</b>
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ELETRODIÁLISE NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DO SETOR DE GEMAS	
Maria de Lourdes Martins Magalhães Simone Stülp Eduardo Miranda Ethur Verônica Radaelli Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>102</b>
AVALIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E COMPOSTOS NITROGENADOS EM <i>WETLANDS</i> COMO ALTERNATIVA NO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO	
Isadora Godoy Brandão Beatriz Santos Machado Juliane Gonçalves da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110412</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 112**

AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO FOTOCATALÍTICA DE  $HgCl_2$ , EM FASE AQUOSA, POR ZNO E  $TiO_2$  COMERCIAIS ATIVADOS POR RADIAÇÃO ARTIFICIAL OU SOLAR

Ana Letícia Silva Coelho  
Giane Gonçalves Lenzi  
Luiz Mário de Matos Jorge  
Onélia Aparecida Andreo dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.50019110413**

**CAPÍTULO 14 ..... 119**

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA AVENIDA LITORÂNEA, SÃO LUÍS/MA

Karla Bianca Novaes Ribeiro  
Karine Silva Araujo  
James Werllen de Jesus Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.50019110414**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA USINA DE ASFALTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE

Júlio César Pinheiro Santos

**DOI 10.22533/at.ed.50019110415**

**CAPÍTULO 16 ..... 134**

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE CASO NO AÇUDE GRAVATÁ, MUNICÍPIO DE SERRINHA-BA

Gilberto Ferreira da Silva Neto  
Maria Auxiliadora Freitas dos Santos  
Jackeline Lisboa Araújo Santos  
Marcio Ricardo Oliveira dos Santos  
Istefany Oliveira de Santana Lima

**DOI 10.22533/at.ed.50019110416**

**CAPÍTULO 17 ..... 142**

AVALIAÇÃO DO PADRÃO COMERCIAL DA GÉRBERA ESSANDRE SOB APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

Pedro Henrique Máximo de Souza Carvalho  
João Vitor Máximo de Souza Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.50019110417**

**CAPÍTULO 18 ..... 148**

BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ZONAS RURAIS

Heitor Soares Machado  
Saulo Paulino Salgado  
Luiz Gomes Ferreira Junior  
Andréia Boechat Delatorre  
Bárbara Diniz Lima  
Antônio Delfino de Jesus Junior  
Wellington Pacheco David

**DOI 10.22533/at.ed.50019110418**

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>163</b>
BALNEABILIDADE DA PRAIA DE ONDINA_ UM ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E A RELAÇÃO COM O SANEAMENTO BÁSICO	
Luciano da Silva Alves	
Laís Lage dos Santos	
Catiana da Silva Alves	
Ivo Cruz Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>172</b>
BARREIRAS DE PROTEÇÃO EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – UMA EXPERIÊNCIA NA DIRETORIA DE OPERAÇÃO DO INTERIOR DA EMBASA	
João Marcelo Gonçalves Coelho	
Itaiara Sá Marques	
Ricardo de Macedo Lula Silva	
Alex Oliveira Cruz	
Márcio Santana Rocha de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>182</b>
BIODEGRADABILIDADE ANAERÓBIA DE EFLUENTES DA AGROINDÚSTRIA ACEROLEIRA	
Nayara Evelyn Guedes Montefusco	
Andreza Carla Lopes André	
Patrícia da Silva Barbosa	
Ruanna Souza Matos	
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>194</b>
BIOENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA COM SEMENTES DE <i>Lactuca sativa</i> UTILIZANDO O SULFATO FERROSO	
Geórgia Peixoto Bechara Mothé	
Camila de Miranda Pereira Corrêa	
Glacielen Ribeiro de Souza	
Jader José dos Santos	
Ruann Carlos Marques Rodrigues da Silva	
Aline Chaves Intorne	
<b>DOI 10.22533/at.ed.50019110422</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>200</b>

## BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ZONAS RURAIS

### **Heitor Soares Machado**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

### **Saulo Paulino Salgado**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

### **Luiz Gomes Ferreira Junior**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

### **Andréia Boechat Delatorre**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

### **Bárbara Diniz Lima**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

### **Antônio Delfino de Jesus Junior**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

### **Wellington Pacheco David**

Universidade Estácio de Sá – *Campus Macaé*  
Macaé – RJ

**RESUMO:** No Brasil os investimentos no setor de saneamento, como o tratamento de esgoto, ocorreram mais especificamente entre as décadas de 1970 e 1980. Porém, o país ainda apresenta grande insuficiência no tratamento da água por meio da rede de esgoto e na coleta do mesmo, principalmente nas áreas rurais de

agricultura familiar, que afeta diretamente a relação entre saúde e saneamento. Essa falha na implantação de sistema de esgoto age no contexto do processo de desenvolvimento social, pois ocorre contaminação dos rios, lençóis freáticos, nascentes e lagos, produzindo odores desagradáveis com presença de insetos e pode haver desmoronamentos laterais com riscos acidentais. Torna-se, assim, indispensável a criação de tecnologias alternativas para a recuperação dessas questões no campo, essencialmente em patrimônios agrícolas que se encontram próximos às margens de rios e nascentes. Atualmente, o país tem sido mais atencioso com as questões ambientais investindo em projetos sustentáveis, pois os sistemas convencionais de tratamento de esgotos provocam impactos ao meio ambiente e à saúde das populações, pelo lançamento desses resíduos parcialmente tratados em corpos de água. Desta forma, este trabalho aborda um método alternativo sustentável, que visa a redução da poluição e a contaminação das águas, promovendo a segregação das águas negras (provenientes do vaso sanitário) das águas cinzas (não contaminadas com fezes), realizando o tratamento simplificado e descentralizado dos diferentes tipos de efluentes domésticos, possibilitando o reúso de água e nutrientes contidos no esgoto. Os nutrientes deixam o sistema incorporando-se à

biomassa das plantas e a água é eliminada por evapotranspiração.

**PALAVRAS-CHAVE:** saneamento básico, tratamentos de esgoto, sustentabilidade.

**ABSTRACT:** In Brazil, investments in the sanitation sector, such as sewage treatment, occurred mainly between the 70's and 80's. However, the country still presents great insufficiency in the treatment of water through the sewage systems and their collection, especially in rural areas of family farming, which directly affects the relationship between health and sanitation. This failure in the implementation of sewage system acts in the context of the process of social development, as it occurs rivers contamination, water table, nascent and lakes, produces unpleasant odors with presence of insects and may have landslip with accidental collapses. It is therefore essential to create energy alternatives for the recovery of issues in the field, in particular the agricultural estates on the Banks of rivers and springs. Currently, the country has been more careful to environmental issues investing in sustainable projects, because the conventional systems of treatment sewage cause impacts on the environment and the health of the populations by the release of partially treated sewage in water bodies. In this way, this work approaches a sustainable alternative method, which aims the reduction of pollution and water contamination, promoting the segregation between black waters (water contaminated with feces) and grey waters (not contaminated with feces), performing the simplified and decentralized treatment of different domestic effluent types, allowing the reuse of water and nutrients contained in the sewage. The nutrients leave the system and are incorporated in to plants biomass and the water is eliminated by evapotranspiration.

**KEYWORDS:** basic sanitation, sewage treatment, sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

O esgoto doméstico é composto essencialmente por água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem, oriundas das águas servidas de residências, instituições, estabelecimentos comerciais ou quaisquer edificações que disponham de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas.

De acordo com sua origem e composição, o esgoto pode ser classificado em: i) água negra, esgoto proveniente do vaso sanitário, composto principalmente por água, urina e fezes; ii) águas servidas de pias, chuveiro, lavadora de roupas e iii) água cinza. A maior parte da carga orgânica e de patógenos é derivada da água negra, apesar de ser produzida em menor volume, apresenta maior risco de contaminação. Visando à simplificação o tratamento da água negra em sistemas mais compactos e descentralizados e do tratamento de esgoto doméstico, a segregação na fonte é um passo que possibilita a reutilização da água cinza (OTTERPOHL *et al.*, 2001).

O lançamento de esgotos, tratados ou não, em córregos e rios é uma das

principais causas da degradação de mananciais de água potável, sendo necessária a pesquisa de maneiras eficientes de tratamento do esgoto domicílio e reuso do mesmo (OTTERPOHL *et al.*, 2001).

A principal característica marcante da indústria de saneamento é a presença de custos fixos elevados em capitais altamente específicos. A falta de saneamento rural é uma das principais causas de insalubridade e degradação hídrica, caracterizando-se pela disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos, demandando estudos acerca do tema para melhoria da qualidade de vida da população, por isso hoje os estudos envolvendo os recursos hídricos têm como princípio analisar toda a bacia hidrográfica, suas características físicas, as atividades nela desenvolvida, o tipo de manejo empregado entre outros (VILLWOCK *et al.*, 2014).

Tomando-se como referência o fato da maior parte da população brasileira vive em espaço urbano, observa-se uma crescente degradação das condições de vida, refletindo-se numa crise ambiental caótica (TRAJBER E MANZOCHI, 1996. p. 32).

Temos como principais objetivos no processo de tratamento de esgoto doméstico: remover o material sólido; reduzir as substâncias químicas indesejáveis; exterminar micro-organismos patogênicos; reduzir a demanda bioquímica de oxigênio O que indicará um tratamento ideal para cada tipo de efluente será de acordo com a carga poluidora e a presença de contaminantes.

Um dos métodos que podem ser eficazes é a Bacia de Evapotranspiração que se refere a um sistema de tratamento de água usada na descarga de sanitários convencionais, chamada água negra. Consiste em um sistema que não gera nenhum efluente e evita a poluição do solo, das águas superficiais e do lençol freático. Através dele os resíduos humanos são transformados em nutrientes para plantas e a água só sai por evapotranspiração, portanto completamente limpa (DA SILVA E SANTOS, 2017).

Tal sistema foi criado pelo permacultor Tom Watson, nos EUA, que o nomeou de *Watson Wick* e adaptado por vários permacultores brasileiros. É um sistema fechado, ou seja, estanque, e não há saída de água, seja para filtros ou sumidouros (GALBIATI *et al.*, 2009). Desta forma, o presente trabalho tem a proposta, por meio de uma pesquisa descritiva com foco no tratamento de esgoto, discutir uma nova forma de gestão desse trato, realizado através de uma bacia de evapotranspiração, sendo disponibilizados para atender aos aspectos legais aos quais se submetem os municípios, através de um ótimo resultado.

## 2 | METODOLOGIA E RESULTADOS

### 2.1 Área de Estudo

O Estudo de caso dessa pesquisa foi desenvolvido pensando na instalação de um

sistema de tratamento de água negra por meio do uso de bacia de evapotranspiração, que pudesse atender a demanda da Universidade Estácio de Sá - Campus Macaé. Para tanto, a metodologia utilizada foi fundamentada por meio de referências extraídas da internet e em pesquisas bibliográficas. O caso em si estudado se caracteriza com um grande número de alunos, que utilizam diariamente os sanitários da Instituição. No entanto, o uso diário é variado devido ao fluxo de alunos presentes. Sendo assim, quanto maior a quantidade de pessoas que serão usuárias da BET, mais espaço será necessário para efetuar a instalação do sistema na universidade.

O sistema foi estudado de forma empírica, simulando como seria a implementação real de um sistema de tratamento por evapotranspiração (BET). Para tanto, projetou-se uma bacia de tratamento que atenderia um dos banheiros da Universidade Estácio de Sá- Campus Macaé. A escolha do banheiro se deu visando onde a hidráulica facilitasse a aplicação do sistema. Na pesquisa foi destinado à BET apenas o esgoto do vaso sanitário (água negra), encaminhando-se as águas cinza (pias e chuveiro) para a fossa já existente na Instituição.

## **2.2 Etapas de implementação de uma bacia de evapotranspiração**

Um dos maiores obstáculos é o dimensionamento da área necessária devido à grande variabilidade de usuários e isso dificulta os cálculos referentes ao dimensionamento do sistema. Para se ter uma garantia do sistema de tratamento eficaz, seria necessário uma alta estimativa de usuários, tornando assim o comprimento da BET muito extenso e sendo totalmente inviável para a instalação no Campus.

Para a implementação desse sistema, alguns passos devem ser analisados para que possa obter o melhor desempenho do sistema, para tanto algumas decisões devem ser observados, conforme mostrado na Tabela 1.

Orientação em relação ao sol	O sol tem uma grande influência em questão à evapotranspiração, a bacia deve ser orientada para a face norte (no hemisfério sul) e sem obstáculos como árvores altas próximos à bacia, tanto para permitir a ventilação como para não fazer sombra.
Dimensionamento	Na prática, observa-se que 2m <sup>3</sup> de bacia para cada morador é o suficiente para que o sistema funcione sem extravasamentos. A forma de dimensionamento da bacia é: comprimento é igual ao número de moradores usuais da casa, largura de 2m e profundidade de 1m. Para uma casa com cinco moradores, a dimensão ficará: (LxPxC) 2x1x5 = 10m <sup>3</sup> . Para uma faculdade será necessário pegar o número total de pessoas, que varia em torno de 1400, entre administrativo, alunos, professores, pessoas que prestam serviços em cantina, estacionamento, laboratório, limpeza, manutenção e etc, multiplicar por 2 (largura) e depois por 1 (profundidade), mas como podemos notar, o sistema teria que ocupar uma área muito grande para uma faculdade. Portanto, a maior adaptação da BET será em um meio residencial (número reduzido de usuários) com um espaço adequado para sua instalação.
Bacia	Entre inúmeras maneiras de se construir a bacia de evapotranspiração, mas, analisando a parte econômica e sem perder a segurança do sistema, o método mais indicado de construção das paredes e do fundo é o ferrocimento. As paredes ficam mais leves, levando menos materiais. O ferrocimento consiste em uma técnica de construção com grade de ferro e tela de “viveiro” coberta com argamassa. A argamassa da parede deve ser a mistura de duas partes de areia por uma parte cimento e argamassa do piso deve ser de duas partes de areia por uma parte cimento. Pode-se usar uma camada de concreto sob o piso, caso o solo não seja muito firme.
Câmara anaeróbia	Após o término da construção da bacia e testado a sua impermeabilidade, mantendo-a úmida por três dias, poderá se iniciar a construção da câmara, onde será executada com o uso de pneus usados e entulhos de obras. A câmara é composta do duto de pneus e de tijolos inteiros alinhados ou cacos de tijolos, telhas e pedras, colocados até a altura dos pneus. Isto cria um ambiente com espaço livre para a água e beneficia a proliferação de bactérias que irão transformar os sólidos em moléculas de micronutrientes.
Dutos de inspeção	Após a câmara finalizada, junto com a parte interna, pode-se iniciar a fixação dos 3 dutos de 50mm de diâmetro, para a inspeção e coletas de amostras de água
Camadas de materiais	De acordo com o desgaste de um pneu usado, a sua altura gira em torno de 55 cm, que juntamente com a colméia de tijolos de cada lado vão formar a primeira camada de preenchimento da bacia de evapotranspiração, irão restar ainda 45 cm em média para completar a altura da BET e serão necessárias mais 4 camadas de materiais. A segunda camada é a de brita (com +/- 10 cm), logo após, uma manta de Bidim para evitar que a areia desça e feche os espaços da brita, pois a camada superior é de areia (com +/- 10 cm). E a quarta é a do solo (com +/- 25 cm) que vai até o limite superior da bacia. Importante se atentar ao uso de um solo rico em matéria orgânica e mais arenoso do que argiloso. A última camada é a palha que recobrirá todo o solo com as plantações.

Proteção	Como temos uma tampa natural como o solo no topo do sistema, é necessário evitar alagamento para não gerar problemas na evapotranspiração, sendo assim, a necessidade da camada superior ser de palha. Portanto, deverá dispor sobre o solo matérias orgânicas que irão auxiliar para evitar o alagamento, como aparas de grama e folhas que caem das plantas para formar um colchão por onde a água da chuva escorre para fora do sistema. Para evitar a entrada da água que escorre pelo solo, é colocada uma barreira de tijolos ou blocos de concreto, ao redor da bacia para que ela fique levemente mais alta que o nível do terreno.
Plantio	Por fim, as plantas que mais se enquadram na necessidade da bacia, são as espécies que tem por característica folhas grandes, como bananeiras, taiobas, mamoeiro, entre outros. É indicado utilizar o rizoma (raiz que cresce horizontalmente) inteiro ou uma cunha (parte de um rizoma) com uma gema visível. Após efetuar a escavação dos buracos que serão utilizados no plantio (no mínimo 30x30x30 cm) deve-se enchê-las com matéria orgânica. O rizoma deve ficar há uns 10 cm, em média, abaixo do nível do solo. Quando plantada a partir de rebentos (mudas), posicione-os inclinados para fora, isso facilitará a colheita e o manejo das bananeiras.

Tabela 1: itens a ser observados antes do dimensionamento da BET.

### 2.3 Avaliação do dimensionamento do sistema

Levando em consideração que, em média, cada pessoa utilize o vaso sanitário cerca de quatro vezes por dia e o volume de cada descarga varie entre 7 e 20 litros, variando com o tipo de equipamento, pode-se estimar que o consumo de água médio por pessoa, relativo ao uso do vaso sanitário, varie entre 28 e 80 litros por dia. Se espelhando para ter como base de cálculo uma caixa de descarga com capacidade para 8 litros, estima-se um consumo per capita de 32 litros por dia. Pode-se então propor a seguinte equação para o cálculo de dimensionamento do sistema:

$$A = \frac{n \cdot Qd}{(ETo \cdot Ktepvat) - (P \cdot Ki)}$$

Equação 1

Onde:

A = área superficial do tanque ou bacia, em m<sup>2</sup>;

n = número médio de usuários do sistema;

Qd = vazão diária por pessoa, em l.d<sup>-1</sup>, de acordo com o tipo de descarga e o número de utilizações por pessoa;

ktevap = coeficiente do tanque, adotado como 2,71, para as condições da realização da pesquisa (GALBIATI, 2009);

ET0 = evapotranspiração de referência média do local, em mm.d<sup>-1</sup>;

P = pluviosidade média do local, em mm por dia;

ki = coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1.

O valor de k<sub>tevap</sub> = 2,71 foi adotado para as condições da realização da pesquisa (GALBIATI, 2009). Esse coeficiente pode variar de acordo com fatores como condições de insolação sobre o tanque e incidência de ventos.

De acordo com o Parreira e Santos (2016), o balanço hídrico entre os anos de 2012 a 2015, a pluviosidade média do local (P) do município de Rio Verde, foi de 4,29 mm/dia, e a evapotranspiração média do local (ET<sub>0</sub>), foi de 3,92 mm/dia.

Por não haver influência da vegetação, considerou-se 1 para o coeficiente de infiltração (K<sub>i</sub>). Na Tabela 2, temos indicações da área necessária para construção da BET, levando em consideração a equação do dimensionamento (Equação 1).

Entrada		A (m <sup>2</sup> )		
N	Consumo l/d96	K <sub>i</sub> = 1	K <sub>i</sub> = 0,5	K <sub>i</sub> = 0,2
2	64	8,1	6,5	5,8
3	96	12,1	9,7	8,7
4	128	16,1	13,0	11,6
5	160	20,1	16,2	14,5
6	192	24,2	19,4	17,4

Tabela 2: Determinação da área necessária para construção da BET a partir da Equação 1.

Fonte: (GALBIATI 2009)

O volume útil da câmara de pneus da bacia de evapotranspiração na residência, seguiu-se as recomendações propostas pela NBR 7.229/1993 (Equação 2):

$$V = 1000 + N (C.Td + K.Lf) \text{Equação 2}$$

Em que: V = Volume útil (L);

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição;

C = Contribuição de despejos, em L/pessoa x dia ou em L/unidade x dia (Tabela 9);

L<sub>f</sub> = Contribuição de lodo fresco, em L/pessoa x dia. (Tabela 9);

T<sub>d</sub> = Período de detenção (dias) (Tabela 6);

K = Taxa de acumulação total de lodo, em dias (Tabela 3).

Na Tabela 3, pode ser observado o período de detenção dos despejos por faixas de contribuições diárias.

Contribuição Diária (L)	Tempo de detenção (Td)	
	Dias	Horas
Até → 1.500	1,00	24
De 1.501 a 3.000	0,92	22
De 3.001 a 4.500	0,83	20
De 4.501 a 6.000	0,75	18
De 6.001 a 7.500	0,67	16
De 7.501 a 9.000	0,58	14
Mais que 9.000	0,50	12

Tabela 3: Período de detenção dos despejos, por faixas de contribuição diária.

Fonte: ABNT 7.229, 1993.

O sistema da bacia de evapotranspiração não necessita de limpeza como nas fossas sépticas, que variam de 1 a 5 anos, então para a taxa de acumulação de lodo (K), foi utilizado o maior intervalo entre limpezas disponível na NBR 7.229/1993, que é a de 5 anos e a temperatura ambiente é acima de 20°C (Tabela 7).

Na Tabela 4, as informações são relacionadas com a taxa de acumulação de lodo, em dias, por intervalos entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Intervalos entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (T), em °C		
	$T \leq 10$	$10 \leq T \leq 20$	$T > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Tabela 4: Taxa da acumulação do lodo (K), em dias, por intervalos entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Fonte: ABNT 7.229/1993

Após a resolução do cálculo do volume útil (V), determinou-se a profundidade mínima e máxima da bacia de evapotranspiração, como pode ser visualizado na Tabela 5.

Volume útil (m³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2.80

Tabela 5: Profundidade mínima e máxima por faixa de volume útil.

Fonte: ABNT 7.229/1993

Na Tabela 6, pode ser observada a contribuição diária de esgoto e de lodo fresco

por tipos de prédios e de ocupantes.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C)	Contribuição de lodo fresco (l.f)
<b>Ocupantes permanentes:</b>			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão Médio	Pessoa	130	1
Padrão Baixo	Pessoa	100	1
Hotel	Pessoa	100	1
Alojamento Provisório	Pessoa	80	1
<b>Ocupantes temporários:</b>			
Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
Escritório	Pessoa	50	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
Escolas e locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
Bares	Pessoa	6	0,10
Restaurantes e similares	Pessoa	25	0,10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Pessoa	2	0,02
Sanitários públicos	Pessoa	480	4,0

Tabela 6: Contribuição Diária de Esgoto (C) e de Lodo Fresco (Lf) por Tipo de Prédio e de Ocupante

## 2.4 funcionamento da bacia de evapotranspiração

A digestão anaeróbica irá ocorrer na água negra através de bactérias dentro da câmara bio-séptica de pneus e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara. A camada de entulhos é poroso e naturalmente colonizado por bactérias que complementam a digestão. De acordo com o preenchimento com esgoto na bacia, o conteúdo preenche também as camadas superiores, de brita e areia, até atingir a camada de solo acima, através da qual se move por ascensão capilar até a superfície, de onde evapora. Ao percorrer o trajeto, o efluente é filtrado e mineralizado, através de processos aeróbios de decomposição microbiana. As raízes das plantas na superfície se desenvolvem em busca de água e dos nutrientes disponibilizados pela decomposição da matéria orgânica. Ao chegar ao topo, ocorrerá a evapotranspiração, onde a água é eliminada do sistema, enquanto que os nutrientes presentes são absorvidos pelas plantas.

Na camada mais inferior da câmara, irá ocorrer à digestão anaeróbica, o mesmo consiste em um processo que por meio de um grupo de micro-organismos agem interativamente na conversão da matéria orgânica complexa em compostos mais simples, como água, metano, gás carbônico, gás sulfídrico e amônia, além de gerar novas células bacterianas. O processo ocorre em duas fases. Na primeira,

os compostos orgânicos complexos como lipídios, proteínas e carboidratos serão fermentados e biologicamente convertidos em materiais orgânicos simples, principalmente ácidos voláteis, por um grupo de bactérias anaeróbias e facultativas, denominadas acidogênicas ou fermentativas. Na segunda fase, ocorre a conversão dos hidrogênio, gás carbônico e ácidos orgânicos em produtos finais gasosos, como o metano e o gás carbônico. Esta conversão é efetuada por um grupo específico de bactérias, denominadas metanogênicas, as quais são estritamente anaeróbias e irão depender dos substratos fornecidos pelas acidogênicas (CHERMICHAO, 1997).

Ao decorrer da ascensão do efluente do leito da bacia, em direção à superfície - onde é maior a presença de oxigênio – teremos os processos aeróbios de degradação da matéria orgânica. A massa microbiana envolvida nos processos aeróbios é constituída basicamente por bactérias e protozoários, sendo que as bactérias têm uma maior influencia no tratamento de esgoto. A conversão aeróbia da matéria carbonácea consome oxigênio do meio, gerando água, gás carbônico e energia. No ambiente aeróbio, os compostos orgânicos nitrogenados passam pelo processo de nitrificação, no qual a amônia é convertida em nitrito e, em seguida, em nitrato. O nitrogênio na forma de nitrato pode ser absorvido pelas raízes das plantas presentes na bacia (VON SPERLING, 1996).

A insaturação em água deve ser vista na parte superior da bacia. Nessa parte, a água continua ascendendo até a superfície, por capilaridade, que nada mais é que a interação dos fenômenos de coesão entre as moléculas de água e de adesão das mesmas em relação às partículas do solo, com finalidade de preencher seus poros menores. Também ocorre o fenômeno de adsorção da água pelas partículas do solo, onde serão carregadas eletricamente. Com a absorção da água do solo pelas raízes das plantas, irá estabelecer uma diferença de potencial nas regiões próximas às raízes e as regiões mais distantes. A água agirá de forma espontânea à procura de estados mais baixos de energia, se movendo em direção às raízes. Em condições climáticas propícias como a radiação solar, vento e umidade do ar abaixo da saturação. O potencial da água será diferente com relação à parte aérea da planta, que será menor do que nas raízes, o que provoca a translocação da água dentro da planta em direção às folhas, passando dessas para a atmosfera, tal fenômeno chamado de evapotranspiração (FERRI, 1985; JUNIOR *et al.*, 2013).

A evapotranspiração é mais comumente estudada e estimada com o objetivo de se dimensionar sistemas de irrigação de culturas agrícolas. Existem inúmeras referências (ET<sub>o</sub>) de um determinado local (PEREIRA *et al.*, 1997).

O método mais adequado irá depender dos objetivos desejados e das vantagens e limitações de cada um deles. AET<sub>o</sub> é definida como a taxa de evapotranspiração de uma cultura hipotética, com uma altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 69 s.m<sup>-1</sup> e albedo de 0,23, sem falta de água. A evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) é a evapotranspiração de uma cultura, nos seus diferentes estágios de desenvolvimento. A razão entre a evapotranspiração de cultura e a evapotranspiração

de referência é:  $K_c = E_{Tc} / E_{To}$ , definido como coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Quanto maior o coeficiente de uma cultura, maior sua evapotranspiração. Isso irá afetar diretamente na escolha das espécies a serem utilizadas na BET (PEREIRA *et al*, 1997; DA SILVA e SANTOS, 2017).

Um dos métodos analisados é o de Hargreaves-Samani (Hargreaves&Samani, 1985), que foi desenvolvido para estudar e estimar a evapotranspiração de referência em clima semiárido, utilizando apenas dados de radiação extraterrestre como a temperatura máxima diária, temperatura mínima diária e temperatura média diária. Os dados utilizados são fornecidos pelas estações meteorológicas locais, razão pela qual o método foi escolhido para utilização neste trabalho (PEREIRA *et al*, 1997).

## 2.5 Custos de construção

Os valores abaixo serão baseados em uma bacia de 1x2x1 metro, totalizando um volume de 2m<sup>3</sup>.

Para construção da parede de cimento, teremos as medidas externas de 1 metro de comprimento, 2 metros de largura, 1 metro de profundidade e 0,05m de espessura das paredes, totalizando 0,26 m<sup>3</sup> de volume.

Para esse volume, serão necessários os seguintes materiais:

- Cimento; 100 kg – R\$ 43,80
- Areia; 0,288 m<sup>3</sup> - R\$ 51,56
- Brita nº 1; 0,396 m<sup>3</sup> - R\$ 36,90
- Impermeabilizante; 1% do cimento – R\$5,16

A parte interna será baseada na doação dos pneus que não se podem ser mais utilizados e nem comercializados, portando, o volume (0,312m<sup>3</sup>) que o mesmo ocupa, será descartado e não entrará no cálculo de custos.

- Tijolo; 0,312 m<sup>3</sup> - R\$ 72,96 (o valor só será aplicado, caso não se consiga entulho, o melhor substituto é o tijolo ou telha comprados em lojas de materiais de construção.

- Brita nº 1; 0,01 m<sup>3</sup> - R\$ 0,93
- Areia; 0,01 m<sup>3</sup> - R\$ 1,79
- Bidim; 0,06 m<sup>3</sup> - R\$ 14,22

O total aproximado para se construir uma BET será de R\$ 227,32. Caso se queira efetuar a construção da BET para mais pessoas, será necessário usar como base os valores em metros cúbicos e utilizar a fórmula abaixo:

$$V_T = \left( \frac{68,71 \times V_P}{0,14} \right) + \left( \frac{82,79 \times V_I}{0,392} \right)$$

Onde:

$V_T$  = Valor total;

$V_p$  = Volume da parede;

$V_i$  = Volume interno.

Esses seriam os custos aproximados para efetuar a construção da BET e a fórmula para se chegar a um valor aproximado, caso seja necessário a construção de uma bacia maior. Na Tabela 7, temos um esquema de uma das composição necessárias para se construir a BET.

Material Utilizado	Quantidade
Cimentos	4 pc / 50Kg
Areia	1 m <sup>3</sup>
Brita (cascalho)	1 m <sup>3</sup>
Entulho (diversos)	3 m <sup>3</sup>
Pneus	20 pneus
Tela de galinheiro	15m x 1,5m
Cano PVC 100mm	6 metros
Joelho PVC 100mm	1 unidade
Tijolo	40

Tabela 7: Quantidade de materiais necessários para construção da bacia de evapotranspiração.

Foi constatado, em uma BET construída por alunos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, durante os ensaios de verificação da variação do nível do tanque, que, abaixo do nível de 55 cm, o efeito da evapotranspiração é praticamente nulo, provavelmente pelo fato dos substratos – entulho cerâmico, pneus e brita - não permitirem a ascensão capilar da água contida nessas camadas (LOUREIRO *et al.*, 2008/09).

Os resultados obtidos das análises físico-químicas do efluente desse mesmo tanque e foi feito uma comparação em relação aos resultados obtidos por (REBOUÇAS, 2011) para amostras de água negra bruta, cada uma composta por 6 L de água, papel higiênico, fezes e 250 ml de urina. Resultados podem ser observados na Tabela 8. Apesar da BET não ser considerada um sistema de tratamento de esgoto para o qual se possa aplicar o conceito de “eficiência” onde se trata de avaliar a diferença entre a qualidade do esgoto que entra e o que sai do tanque, a observação dos valores obtidos nas análises físico-químicas auxiliam na compreensão do funcionamento do sistema.

É possível observar uma boa remoção de sólidos suspensos totais e turbidez, provavelmente devido ao seu fluxo ascendente, onde ocorre a passagem pela camada de areia e solo. O mesmo pode-se dizer dos níveis de DQO e DBO<sub>5,20</sub>. Não se pode afirmar, comparando os dados, que houve uma concentração maior do efluente de saída, em relação ao conteúdo do interior do tanque. A evaporação contínua da água apresenta valores menores para os parâmetros analisados, em comparação com os encontrados na água negra bruta, apresentados por (REBOUÇAS *et al.*, 2011). Isso pode significar que os processos de decantação, sedimentação, decomposição da

matéria orgânica e filtragem pelo solo e pelas raízes das plantas, que ocorrem no tanque, exercem a função de tratamento do efluente, demandando futuras pesquisas para a determinação dos seus índices de eficiência (LOUREIRO *et al.*, 2008/09).

Na Tabela 8 a seguir, temos os resultados das análises físico-químicas do efluente do interior e da saída da BET, que foram comparados com dados encontrados na bibliografia.

Parâmetro	Unidade	Interior do tanque		Saída		Rebouças (2007)
		Média	Desvio padrão	Média	Desvio Padrão	
pH		7,84 (9)*	0,28	7,81 (10)	0,14	7,84
Condutividade		2,22 (9)	0,53	2,45 (10)	0,52	
Turbidez	NTU	481,04 (9)	291,35	88,01 (10)	44,22	
CT						
E. coli						
DQO		723,46 (9)	363,41	406,05	257,85	6619
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>		54,46 (5)	20,27	43,18 (6)	30,68	
NH <sub>3</sub>		326,85 (5)	81,04	46,21 (5)	96,74	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		0,03 (5)	0,02	0,44 (5)	0,66	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,17 (5)	0,04	0,17 (5)	0,08	
NTK		335,40 (5)	89,30	227,01 (5)	145,44	365
OD		0,00 (1)	0,00	0,00 (1)	0,00	
DBO <sub>5,20</sub>		360,88 (5)	237,37	72,74 (5)	24,92	1893
ST		1137,58 (6)	249,24	746,75 (6)	205,04	
SST		385,69 (9)	200,01	37,74 (9)	11,50	2365
Cloreto		141,38 (4)	83,31	154,01 (4)	88,86	
Alcalinidade		816,04 (5)	341,11	1061,56 (5)	251,10	

\* (nº de amostras)  
 NMP = Número Mais Provável  
 NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez

Tabela 8: Resultados das análises físico-químicas do efluente do interior e da saída da BET, comparado com dados encontrados na bibliografia

Ao analisar o efluente final, onde são encontrados nutrientes como fósforo e nitrogênio observa-se a conveniência de sua utilização como fertilizante, como em valas de infiltração, onde futuramente sejam introduzidas plantas.

A detecção de coliformes totais detectada, referente à análise efetuada de amostras da parte aéreas da taioba plantadas no tanque foi de número mais provável por grama (NMP g<sup>-1</sup>) de 1,1 x 10<sup>4</sup>, já nas amostras de partes externas de taioba plantadas no interior do tanque foi de NMP g<sup>-1</sup> = 1,2 x 10<sup>2</sup>. No entanto, não foi detectada presença de coliformes termotolerantes nas amostras de dentro do tanque, sendo que as amostras de plantas de fora do tanque apresentaram NMP g<sup>-1</sup> = 3,9 x

10 de coliformes termotolerantes. A partir dessas informações preliminares, pode-se afirmar que o consumo dessas das plantas que estão presentes no tanque, podem ser destinadas para fins alimentícios, desde que se proceda à higienização das folhas com hipoclorito de sódio ou ácido peracético, como se procede com outras hortaliças, conforme Srebernich (2007) (PROPP *et al.*, 2008/09).

### 3 | CONCLUSÃO

Conclui-se que a bacia de evapotranspiração tem uma fácil construção, de forma econômica e não necessita de manutenção, tornando sua obtenção uma vantagem. Ecológica e com diversos processos biológicos, a mesma produz os nutrientes que alimentam plantas em seu topo e com isso, geram frutos saudáveis para consumo, tornado-a um substituto eficaz do tratamento de esgoto convencional.

O sistema tem suas dificuldades devido à suas necessidades de espaço, mas com o estudo adequado e um dimensionamento do tanque correto, o sistema pode ser extremamente útil, prático e ecologicamente correto.

Com relação ao estudo de caso efetuado na Universidades Estácio de Sá, campus Macaé-RJ, conclui-se que a BET não tem a possibilidade de ser implementada no local devido a extensão necessária para que se tenha um bom funcionamento do sistema, pois o número de alunos é alto e com constante variabilidade.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 7.229: Projeto de construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; reatores anaeróbios. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1997. v. 5.

DA SILVA, R. W. E SANTOS, G. O. Dimensionamento e construção de tanque de evapotranspiração para o tratamento de esgoto sanitário. Trabalho de Conclusão de Curso defendido junto à Faculdade de Engenharia Ambiental da UniRV em junho de 2017.

FERRI MG (1985) Fisiologia Vegetal. Editora Pedagógica e Universitária Ltda. São Paulo. JORDÃO EP, PESSOA CA (1995) Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª Ed. Rio de Janeiro: ABES.

GALBIATI, A. F. Tratamento Domiciliar de Águas Negras através de Tanque de Evapotranspiração. 52 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

JUNIOR, A. D. M.; DA COSTA, J. M. F.; RAMOS, K. M.; MOREIRA, K. S.; ALCÓCER, J. C. A. Utilização de tanques de evapotranspiração para tratamento de esgoto doméstico, residências em região rural. In: Anais do X Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social. Rio de Janeiro, 2013.

LOUREIRO, P. Estudo de tanque de evapotranspiração para tratamento domiciliar de águas negras, Departamento de Hidráulica e Transportes e Fernando Silva Bernardes, UFMS - Coordenadoria de Pesquisa – PROPP, 2008/09

OTTERPOHL, R.U. Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. *Water*, v.21, 2001.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PEREIRA, A. B.; SANTOS, G. O. *Balanço hídrico climatológico para o município de Rio Verde, Goiás. Rio Verde – GO: Universidade de Rio Verde, UniRV. Trabalho de Conclusão de Curso*, 2016.

REBOUÇAS, M. M. P. S. *Caracterização de água cinzas e negras de origem residual e análise da eficiência de reator anaeróbicos com chincanas. Tese de doutorado do programa de pós graduação em recursos hídricos e saneamento da Universidade Federal de Alagoas*, 2011.

SITE TERA. *Destinação e tratamento de efluentes*. postado em 14/11/2013. Artigo acesso em 22/02/2018. Disponível em: <<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/conheca-as-doencas-causadas-pelo-nao-tratamento-do-esgoto>>

TRAJBER, R; MANZOCHI, L. H. *Avaliando a educação ambiental nas escolas do Brasil: materiais audiovisuais*. São Paulo: Gaia, 1996.

VILLWOCK, F. H.; CRISPIM, J.Q.; ROCHA, J. A.; MALYSZ, S. T.; CRISTÓFOLI, A. *Projeto socioambiental mil árvores*. In: XI Congresso nacional do meio ambiente de poços de caldas, Poços de Caldas. Edição atual. Poços de Caldas: GSC Eventos, v. 6. p. 1-364, 2014.

VON SPERLING, M. *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. Editora UFMG, 1996.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Alan Mario Zuffo** - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan\_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-250-0

