

# 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 Georgin 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 HÍDROGEOLÓGICAS 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>

## BIODEGRADABILIDADE ANAERÓBIA DE EFLUENTES DA AGROINDÚSTRIA ACEROLEIRA

### **Nayara Evelyn Guedes Montefusco**

nayara\_evelyn@yahoo.com.br ,  
Petrolina – PE;

### **Andreza Carla Lopes André**

Universidade Federal do Vale do São Francisco –  
UNIVASF  
Juazeiro – BA

### **Patrícia da Silva Barbosa**

Universidade Federal do Vale do São Francisco –  
UNIVASF  
Juazeiro – BA

### **Ruanna Souza Matos**

Universidade Federal do Vale do São Francisco –  
UNIVASF  
Juazeiro – BA

### **Miriam Cleide Cavalcante de Amorim**

Universidade Federal do Vale do São Francisco –  
UNIVASF  
Juazeiro – BA

**RESUMO:** O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola (*Malpighia emarginata* DC.), com 46 % da produção destinando-se a agroindústrias. Há uma distinção de mercado quanto ao estágio de maturação da fruta, sendo a verde a mais requisitada por conter maior teor de ácido ascórbico do que a acerola madura. Nos processamentos agroindustriais há geração de efluentes líquidos com elevada carga orgânica,

sendo potencialmente poluidores do meio ambiente. Nesse sentido, têm-se percebido cada vez mais pesquisas que visam estudar formas de tratamento que minimizem os impactos ambientais e tornem tais resíduos em fonte energética. O presente estudo avaliou a biodegradabilidade anaeróbia dos efluentes do processamento da acerola verde e madura. O experimento desenvolveu-se seguindo a metodologia dos frascos sacrifício com duração de 192 horas, avaliando-se demanda química de oxigênio, ácidos graxos voláteis, alcalinidade total, pH e produção de metano. Os resultados demonstraram não haver diferença significativa na remoção de demanda química de oxigênio entre os dois efluentes. Houve diferença na produção de metano, com 84 % de rendimento para o efluente maduro e 51 % para o efluente verde. Com isso, demonstra-se que o tratamento anaeróbio aplicado aos efluentes apresenta potencial em reduzir os impactos ambientais bem como em produzir metano como fonte energética.

**PALAVRAS-CHAVE:** metano; relação AGV/AT; carga orgânica.

**ABSTRACT:** Brazil is the largest producer, consumer and exporter of acerola (*Malpighia emarginata* DC.), With 46% of the production destined to agroindustries. There is a market distinction regarding the stage of maturation of

the fruit, with green being the most requested because it contains a higher ascorbic acid content than the acerola ripe fruit. In the agroindustrial processes there is generation of liquid effluents with high organic load, being potentially polluting the environment. In this sense, we have been perceiving more and more researches that aim to study forms of treatment that minimize the environmental impacts and make such waste in an energy source. The present study evaluated the anaerobic biodegradability of processing effluents from green and mature acerola. The experiment was developed following the methodology of the sacrifice bottles with a duration of 192 hours, evaluating the chemical demand for oxygen, volatile fatty acids, total alkalinity, pH and methane production. The results showed that there was no significant difference in the removal of chemical oxygen demand between the two effluents. There was a difference in methane production, with 84% yield for the mature effluent and 51% for the green effluent. Thus, it is demonstrated that anaerobic treatment applied to effluents has the potential to reduce environmental impacts as well as to produce methane as an energy source.

**KEYWORDS:** methane, relationship AGV/AT, organic load.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola (*Malpighia emarginata* DC.). Em termos de mercado interno, 46 % do consumo da fruta destina-se às agroindústrias de processamento (CALGARO; BRAGA, 2012), totalizando cerca de 34,4 mil toneladas de acerola por ano, o que representa 7,2 % do total de frutas processadas no país (FREITAS *et al.*, 2006). Esse mercado de processamento da acerola encontra-se em expansão, devido o alto teor de ácido ascórbico presente na fruta, que apresenta dois estádios de maturação passíveis de coleta e industrialização: madura e verde. Sendo que, a última apresenta maior índice de vitamina C, por isso é preferida pelas agroindústrias que tem o intuito de extrair o ácido ascórbico. Essa diferença na maturação faz com que haja dois ciclos distintos de processo, cada ciclo por sua vez gera efluentes com características físico-químicas distintas entre si.

Tanto no Brasil quanto no mundo a geração de resíduos e efluentes tem sido um fator limitante para a agroindústria, com isso, cada vez mais se têm realizado estudos de digestão anaeróbia em efluentes agroindustriais, devido à capacidade que esse tipo de tratamento tem de gerar metano: fonte renovável de energia (BRUNO; OLIVEIRA, 2008).

Em termos de frutas cítricas, categoria em que se encontra a acerola, Khan *et al.* (2015) apontam como um dos potenciais para os efluentes gerados no processamento de tal matéria prima a geração de metano que pode ser usado tanto para geração de eletricidade quanto para substituição do gás liquefeito do petróleo - GLP. Esse dado é reforçado através do estudo de Montefusco *et al.* (2017) que ao analisarem

os efluentes gerados em uma indústria processadora de acerola estimou por meio do cálculo de volume teórico de metano a capacidade de gerar 81,09 m<sup>3</sup>/d do referido gás. Considerando tais referências e a representatividade da fruta na região através da presença de uma agroindústria aceroleira, viu-se a oportunidade de estudar a biodegradabilidade do efluente gerado pela mesma ao processar a fruta em seus distintos estádios de maturação.

## 2 | OBJETIVO DO TRABALHO

Avaliar a tratabilidade de efluentes agroindustriais gerados no processamento da acerola em dois estádios distintos de maturação e em diferentes tempos de degradação, por meio de ensaios de biodegradabilidade anaeróbia para remoção de matéria orgânica e rendimento de metano.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A NIAGRO – Nichirei do Brasil Agrícola Ltda. encontra-se em operação no distrito industrial de Petrolina- PE, tem como foco o processamento de acerola em dois estádios distintos de maturação – verde e madura – para extração do ácido ascórbico. Na figura 1 encontra-se a planta de geração de resíduos com o efluente estudado em destaque, que segundo Montefusco *et al.* (2017) dos efluentes gerados por tal processamento, foi o que apresentou maior capacidade teórica de gerar metano.

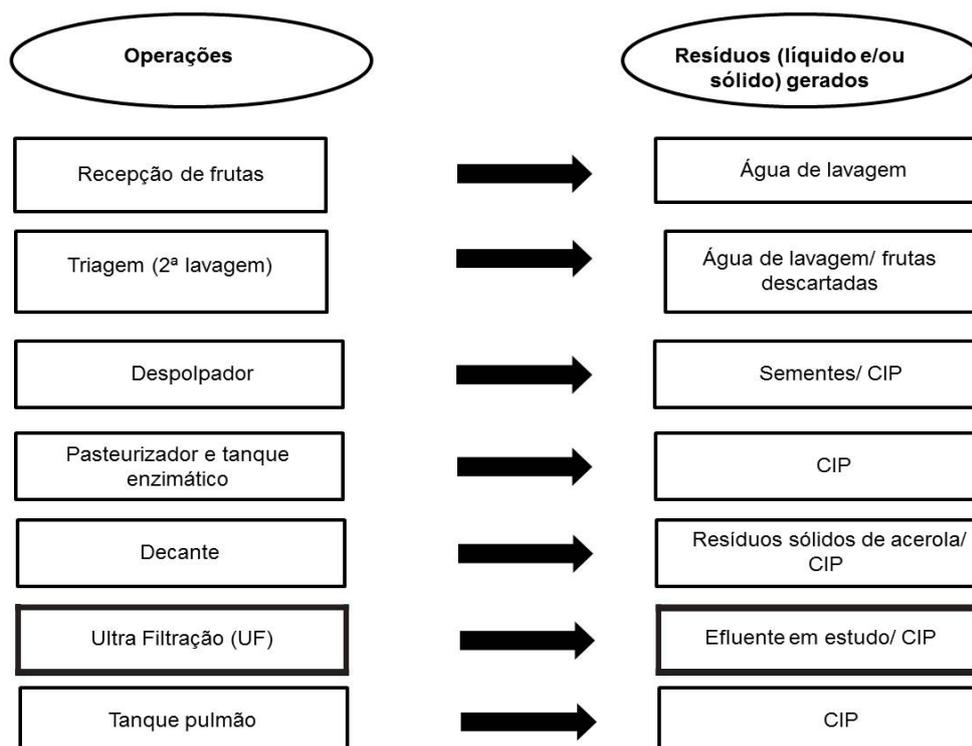


Figura 1 – Fluxograma da geração de resíduos pela agroindústria em estudo/ Autora.

As coletas foram realizadas em frasco de polietileno de 20 L na agroindústria e transportadas para o Laboratório de Engenharia Ambiental – LEA, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, que compõem a área de estudo conforme demonstrado na figura 2, onde foram acondicionadas em *freezer* a uma temperatura de 4 °C.

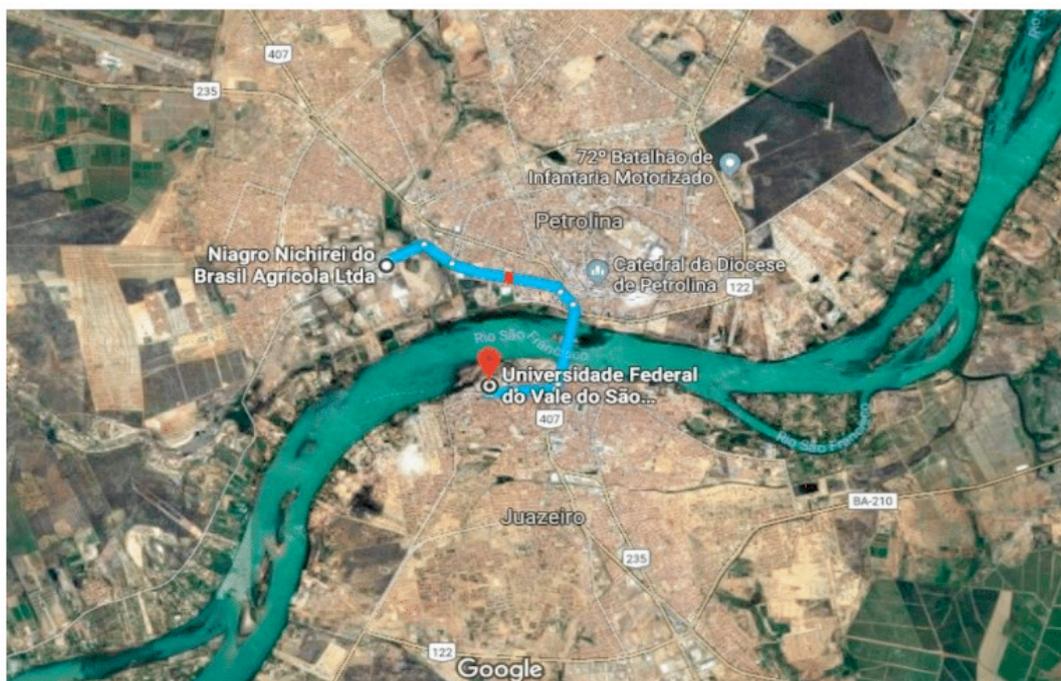


Figura 2 – Local de estudo/ Google maps

Os ensaios de biodegradabilidade foram conduzidos seguindo a metodologia dos frascos sacrifício de Amorim *et al.* (2013) que consiste no uso de frascos reatores de penicilina, onde utiliza-se inóculo, solução nutrientes e o efluente a ser estudado. Em cada bateria de análise, uma repetição de frascos, que é feita em quadruplicata é desprezada dando-se prosseguimento ao estudo com os demais frascos até a última quadruplicata analisada após 192 h de estudo de degradação. Com isso, foram analisados um total de 128 frascos, que possuíam 0,130 L de volume total, sendo adotado 20 % de headspace, resultando em 0,104 L de volume útil em cada frasco reator, conforme demonstrado na figura 3. Usou-se como inóculo o lodo do reator UASB que trata efluentes domésticos na ETE do bairro de Mangueira em Recife – PE, com 37 g SSV L<sup>-1</sup> e a uma concentração de 2 g SSV L<sup>-1</sup> em cada frasco. A solução nutriente foi preparada de acordo com Florêncio *et al.*, (1993). Os efluentes foram caracterizados conforme tabela 1. Os frascos foram incubados em estufa modelo Q316M4 a uma temperatura de 35 °C ± 2, sendo este dia de incubação o dia zero.



Figura 3 – Frascos reatores com 20 % de headspace/ Autora.

Os ensaios tiveram duração de 192 h, com medições diárias da produção de metano, análise de demanda química de oxigênio (DQO), ácidos graxos voláteis (AGV), alcalinidade total (AT) e pH em intervalos de 24, 48, 96, 144 e 192 h após montagem completa e lacre dos frascos (dia zero).

O metano produzido foi medido e seu rendimento calculado conforme equação 1 a seguir descrita em Cherninacho (2007). A taxa de produção de metano teórico  $T_{TCH_4}$  foi adotada conforme cálculos de Metcalf; Eddy (2003) e encontra-se na tabela 5.

$$R_{CH_4} = X \cdot 100 \quad (1)$$

Na qual,

$R_{CH_4}$ : rendimento de metano em relação ao metano teórico (%)

$V_{CH_4}$ : volume de metano efetivamente medido no experimento (L)

$V_{TCH_4}$ : volume teórico de metano (L)

Parâmetro	Técnica analítica	Unidade
DQO	Colorimétrico	mg L <sup>-1</sup>
AGV	Kapp (1984)	mg HAc L <sup>-1</sup>
AT	Kapp (1984)	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>
pH	Potenciométrico	-

**Tabela 1** – Parâmetros utilizados para caracterização dos efluentes.

Os resultados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA utilizando-se o *software* Sisvar versão 5.6 e teste de correlação de Pearson utilizando-se o *software* SigmaPlot versão 11.0.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização dos efluentes verde e maduro estudados encontra-se na tabela 2.

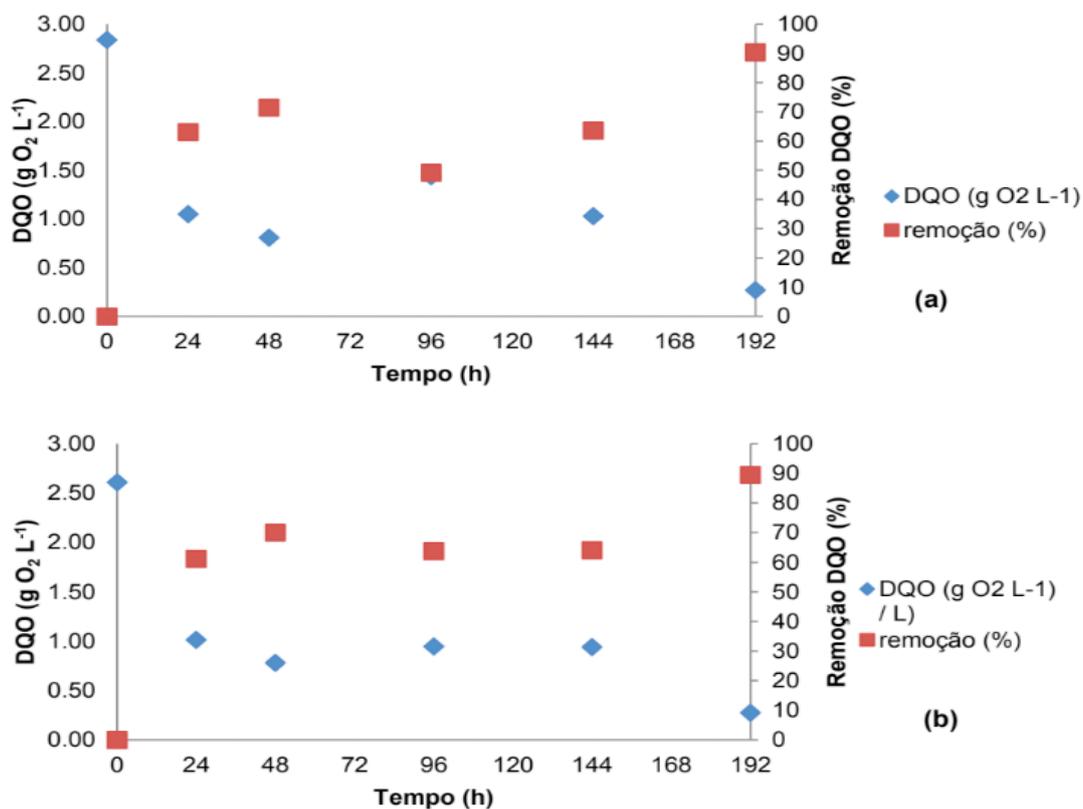
	Eflu V	Eflu M
DQO (g L <sup>-1</sup> )	2,84	2,61
AGV (mg HAc L <sup>-1</sup> )	170,27	145,25
AT (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	186	137,33
AGV/AT	0,92	1,06
pH	7,19	6,55

**Tabela 2** – Caracterização dos efluentes utilizados nos ensaios de biodegradabilidade.

Em termos de caracterização, vale salientar a diferença apresentada entre o pH do efluente verde, que esteve em uma faixa de neutralidade, enquanto que o efluente da acerola madura apresentou um pH mais ácido. Nenhum dos dois efluentes apresentou uma relação AGV/AT conforme a literatura recomenda, que é no máximo de 0,8. Entretanto é possível notar que o efluente verde foi o que esteve mais próximo a essa faixa. Em termos de matéria orgânica expressa através dos valores de DQO, ambos os efluentes foram tratados em faixas próximas, garantindo assim a viabilidade da comparação dos resultados do tratamento entre os distintos efluentes.

A figura 4 mostra a eficiência de remoção de DQO obtida ao longo dos ensaios de biodegradabilidade com o efluente do processamento de acerola verde (a) e de acerola madura (b). Nota-se que para os dois efluentes o percentual de remoção foi satisfatório, mantendo-se sempre acima de 50 %.

Os resultados estão de acordo com Chernicharo (2007) que cita a larga aplicação da digestão anaeróbia para o tratamento de efluentes de indústrias agrícolas, alimentícias e de bebidas. O mesmo cita como uma vantagem do tratamento anaeróbio a tolerância a elevadas cargas orgânicas, como é o caso dos efluentes em estudo por Fabbri *et al.* (2014) ao analisarem a digestão anaeróbia de resíduos do processamento de alcachofra – também enquadrados como resíduos da indústria agrícola - previamente triturados, estudando a relação inóculo e substrato em frascos reatores em batelada e com DQO de 1,5 g L<sup>-1</sup> ao final do experimento encontraram remoções próximas a dessa pesquisa, cerca de 90 % para a maior quantidade de resíduos de alcachofra submetida a digestão anaeróbia.



**Figura 4** - Eficiência de remoção de DQO durante as 192 h de experimento com o efluente do processamento de acerola verde (a) e madura (b).

Estudos com outros resíduos agroindustriais obtiveram resultados semelhantes. Amorim (2015) que em estudo análogo, obteve 80 % de eficiência de remoção da DQO da manipueira em frascos reatores com mesma concentração de matéria orgânica sendo tratada por biomassa anaeróbia que a utilizada no presente estudo e Cremonez *et al.* (2016) ao estudar a digestão de um polímero de fécula de mandioca em biodigestores em escala laboratorial obtiveram 79 % de remoção de DQO.

Vale ainda salientar a proximidade dos resultados obtidos nessa pesquisa com a realizada por Arenas *et al.* (2012) que chegaram a encontrar 89 e 98 % de remoção de DQO ao estudarem a digestão anaeróbia de resíduos de frutas e verduras, o que segundo os autores se aproxima dos maiores valores de remoção da referida análise já citados na literatura.

Ao analisar o comportamento da DQO pelo teste de médias de Tukey, constatou-se que não houve interação significativa entre o tipo de efluente e o tempo de degradação. Ou seja, a DQO ao longo dos tempos de degradação teve o mesmo comportamento independente do efluente, apresentando médias de  $736,81 \pm 40,02$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> para o efluente da acerola verde e  $867,66 \pm 40,02$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> para o efluente da acerola madura.

Quanto ao comportamento do pH observou-se que houve interação entre os dois fatores: tipo de efluente e tempo de degradação, havendo um comportamento distinto entre os tratamentos, conforme consta na tabela 3. Observou-se portanto, que apenas o efluente da acerola verde manteve-se dentro da faixa ideal de pH enquanto

que, o efluente maduro apresentou um caráter mais ácido. Em nenhum dos casos o pH apresentou interação significativa com o tempo. Ou seja, o tipo de efluente foi determinante para o comportamento apresentado pelo pH, entretanto, os tempos de degradação estudados não interferiram no comportamento desse parâmetro que manteve-se constante.

Tipo de efluente tratado	Tempo de degradação (h)									
	24		48		96		144		192	
	pH	AGV/AT	pH	AGV/AT	pH	AGV/AT	pH	AGV/AT	pH	AGV/AT
Verde	6,1 ± 0,13 (a)	1,2 ± 0,09 (b)	6,3 ± 0,02 (a)	1,2 ± 0,03 (b)	6,3 ± 0,08 (a)	1,2 ± 0,08 (b)	6,3 ± 0,06 (a)	1,1 ± 0,02 (b)	6,6 ± 0,08 (a)	0,6 ± 0,07 (b)
	5,4 ± 0,03 (b)	2,1 ± 0,08 (a)	5,2 ± 0,07 (b)	2,6 ± 0,19 (a)	5,1 ± 0,33 (b)	2,6 ± 0,08 (a)	5,2 ± 0,02 (b)	2,7 ± 0,05 (a)	5,2 ± 0,07 (b)	2,6 ± 0,13 (a)

**Tabela 3** – Comportamento de pH e relação AGV/AT

pH = potencial hidrogeniônico; AGV/AT = relação de Ácidos Graxos Voláteis/Alcalinidade Total; diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tipos de efluente em cada tempo de degradação analisado pelo teste de Tukey ( $\alpha$  0,05); médias acompanhadas por desvio padrão (n=8).

Segundo Chernicharo (2007) o monitoramento e controle de pH em reatores anaeróbios visa principalmente, eliminar o risco de inibição de crescimento dos microrganismos metanogênicos pelos baixos valores de pH, sendo que valores abaixo de 6 são inibitórios à produção de metano. Entretanto, notou-se que mesmo em faixas de pH abaixo de 6, houve produção de metano nos frascos reatores que trataram o efluente do processamento da acerola madura.

O monitoramento da alcalinidade torna-se ainda mais importante do que o do pH, pois pequenas reduções do mesmo indicam alto consumo de alcalinidade, diminuindo a capacidade de tamponamento do meio (CHERNICHARO *et al.*, 2007). Nesse sentido, Amorim (2015) cita a importância da avaliação da relação AGV/AT, tendo em vista o significado que a mesma apresenta, sendo possível através dela identificar distúrbios na digestão anaeróbia.

Segundo Sant'Anna Jr. (2010) apud Amorim (2015) alguns autores recomendam que a relação AGV/AT esteja entre 0,06 e 0,2. Entretanto, Leifeld *et al.*, (2009) citam que apenas valores acima de 0,8 indicam distúrbios no sistema. Ao analisar a relação supracitada, conforme consta na tabela 3, os frascos reatores ao fim 192 h de tratamento do efluente verde foram os únicos que estiveram dentro do que Leifeld *et al.*, (2009) recomendam. Entretanto, ao comparar as médias dessa relação para o efluente verde, notou-se não haver diferença significativa em nenhum dos tempos de degradação analisados.

Com esses resultados constatou-se o que se encontra na literatura: a

necessidade de acompanhar prontamente esses parâmetros operacionais em caso do funcionamento do reator UASB, por serem pontos críticos do sistema. Valendo salientar que, o efluente resultante do processamento da acerola verde apresentou valores mais próximos ao recomendado na literatura para a relação AGV/AT.

Quanto às relações de Pearson, conforme demonstrado na tabela 4, o tempo teve correlação negativa tanto para a DQO do efluente verde, quanto para a DQO do efluente maduro. Em relação ao pH, o tempo apresentou correlação positiva para o efluente da acerola verde e não apresentou correlação significativa com o efluente maduro. A relação tempo com o parâmetro AGV/AT apresentou correlação para os dois tipos de efluentes, entretanto, com o verde houve correlação negativa, com o maduro, positiva.

A DQO do efluente verde apresentou correlação negativa com o pH enquanto que a DQO do efluente maduro não apresentou correlação. Isso difere do encontrado por Leal *et al.* (2015) que ao tratarem águas residuais da indústria de pesca em reatores anaeróbios encontraram uma correlação positiva para ambos os parâmetros citados acima.

	DQO-v	pH-v	AGV/AT-v	DQO-m	pH-m	AGV/AT-m
<b>Tempo</b>	-0,62*	0,78*	-0,84*	-0,71*	ns	0,55*
<b>DQO-v</b>		-0,81*	0,84*			
<b>pH-v</b>			-0,86*			
<b>DQO-m</b>						
<b>pH-m</b>						-0,52*

**Tabela 4** – Coeficientes das relações de Pearson (r) entre o tempo de degradação ; a DQO do tipo de efluente (DQO-v, DQO-m), o pH por tipo de efluente (pH-v, pH-m) e a relação AGV/AT por efluente (AGV/AT-v, AGV/AT-m).

\* significativo a 1%, ns: não significativo

DQO-v: demanda química de oxigênio do efluente de acerola verde; pH-v: pH do efluente de acerola verde; AGV/AT-v: relação AGV/AT efluente de acerola verde; DQO-m: demanda química de oxigênio do efluente de acerola madura; pH-m: pH do efluente de acerola madura; AGV/AT-m: AGV/AT do efluente de acerola madura.

No que se refere a produção de metano, observou-se que para o efluente maduro a produção diária foi maior que o efluente verde, resultando em um total de 59,51 mL de metano gerado durante os ensaios, com uma produção 7,44 mL d<sup>-1</sup> para o efluente maduro e 39,31 mL de produção total de metano com geração de 4,91 mL d<sup>-1</sup> para o efluente verde.

A produção de metano no efluente da acerola madura deu-se a partir das primeiras 24 h de degradação, enquanto que no efluente verde a partir de 48 h. Os resultados obtidos para o efluente de acerola verde diferem dos encontrados por Amorim (2015) e Cremonez *et al.* (2016) que ao estudarem a digestão anaeróbia de manipueira e polímero orgânico de fécula de mandioca, respectivamente, encontraram produção de biogás desde as horas iniciais do experimento.

Em termos de taxa de produção de metano, os resultados obtidos nesse estudo ( $0,330$  e  $0,221 \text{ L CH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ DQO}_{\text{rem}}^{-1}$ ), apresentados na tabela 8, foram semelhantes aos encontrados por Elbeshbishy e Nakla (2012), Çelik e Demirer (2015) e Cremonez *et al.* (2016) que encontraram valores entre  $0,246 - 0,315$ ,  $0,213,4$  e  $0,161 - 0,319 \text{ L de CH}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{ DQO}_{\text{rem}}$ , respectivamente, quando estudaram a co-digestão de albumida de soro bovino e carboidrato de amido, águas residuais do descascamento de pistache termicamente pré-tratadas e polímero orgânico de fécula de mandioca.

No que se refere ao rendimento de metano nesse experimento, obteve-se valores de 84 % para o efluente de acerola madura e 51 % para acerola verde, conforme tabela 5. Esses dados estão em consonância com Khan *et al.* (2015) que cita os resíduos da agroindústria de frutas cítricas como potenciais fontes de geração de biocombustíveis.

Tendo em vista os resultados satisfatórios tanto em relação a remoção de DQO quanto produção de metano, e embora o fator efluente não tenha sido significativo quanto ao critério de remoção de matéria orgânica em termos de DQO, os demais parâmetros que apresentaram diferenças fizeram com que os autores optassem por continuar o estudo de biodegradação anaeróbia, com apenas um efluente sendo tratado por reator UASB em escala de bancada e leito de lodo fixo, que segundo Arenas *et al.* (2012) fornece melhor transferência de biomassa para produção de biogás.

Vale ainda salientar que os dados de medição para a produção de metano no efluente da acerola verde podem ter sofrido com possíveis vazamentos, o que explicaria a mesma remoção de matéria orgânica em termos de DQO e a diferença estatísticas em termos de produção de metano.

Efluente	$V_{\text{TCH}_4}$ (L)	$V_{\text{CH}_4}$ (L)	$R_{\text{TCH}_4}$ (%)	$T_{\text{TCH}_4}$ ( $\text{L CH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ DQO rem}$ )	$T_{\text{CH}_4}$ ( $\text{L CH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ DQO rem}$ )	$R_{\text{CH}_4}$ (%)
<b>Maduro</b>	0,070	0,059	88,5	0,394	0,330	88,4
<b>Verde</b>	0,076	0,039	55,2	0,394	0,201	55,1

**Tabela 5** – Rendimento e taxa de metano nos ensaios de biodegradabilidade.

$V_{\text{TCH}_4}$ : volume teórico de metano;  $V_{\text{CH}_4}$ : volume medido de metano;  $R_{\text{TCH}_4}$ : rendimento de metano em relação ao metano teórico;  $T_{\text{TCH}_4}$ : taxa de produção de metano teórica;  $T_{\text{CH}_4}$ : taxa de produção de metano obtida neste experimento;  $R_{\text{CH}_4}$ : rendimento de metano em relação a taxa de produção teórica.

## 5 | CONCLUSÃO

Os ensaios de biodegradabilidade demonstraram não haver diferença significativa de remoção de carga orgânica entre os efluentes da acerola verde (90,28 %) e da acerola madura (89,48 %);

Houve interação entre o comportamento do pH e relação AGV/AT com o tipo de efluente estudado;

A DQO de ambos os efluentes apresentou correlação negativa com o tempo. Em

termos de pH apenas o efluente verde demonstrou correlação com o tempo, sendo esta positiva. As relações AGV/AT foram significativas com o tempo de degradação para os dois efluentes em estudo. Entretanto, essa correlação foi negativa para o efluente verde e positiva para o efluente maduro.

O efluente da acerola madura apresentou rendimento de metano de 84 % enquanto que o da acerola verde apresentou rendimento de 51 %.

## 6 | APOIO

Niagro - Nichirei do Brasil Agrícola Ltda.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, S. M.; KATO, M. T.; FLORENCIO, L.; GAVAZZA, S. Influence of redox mediators and electron donors on the anaerobic removal of color and chemical oxygen demand from textile effluent. **Clean – soil, air, water**, v. 41, n. 9, p. 928-933, 2013.
- AMORIM, F.; FIA, R.; FRANÇA, F. A.; TERRA, L. M.; FIA, F. R. L. Unidades Combinadas RAFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura – Parte I carga orgânica removida. **Eng. Agri.**, v. 35, n. 6, p. 1149-1159, 2015.
- AQUINO, S. F., CHERNICHARO, C. A. L. Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVs) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n. 2, p.152-161, 2005
- ARENAS, L. P.; ESCALANTE, H.; COMBARIZA, M. Y. Comparative study for methanogenic stage of anaerobic digestion to organic fraction of fruit and vegetable municipal wastes treatment. **Rev. Ion.**, n. 25, v. 1, p. 89-96, 2012.
- BRUNO, M.; OLIVEIRA, R. A. de; Tratamento anaeróbio de águas residuárias do beneficiamento de café por via úmida em reatores UASB em dois estágios. **Eng. Agric.**, v. 28, p. 364-377, 2008.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **Coleção Plantar: A cultura da acerola**. 3 Ed. Brasília: Embrapa, 2012.150 p.
- ÇELIK, I. & DEMIRER, G. N. Biogas production from pistachio (*Pistacia vera* L.) processing waste. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, p, 767-772, 2015.
- CHERNICHARO, C. A. de L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores Anaeróbios**. 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007. 380 p.
- CREMONEZ, P. A.; TELEKEN, J. G.; FEIDEN, A.; ROSSI, E.; SOUZA, S. M.; TELEKEN, J.; DIETER, J.; ANTONELLI, J. Biodigestão anaeróbia de polímero orgânico de fécula de mandioca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 122-133, 2016.
- ELBESHISHY, E. e NAKHLA, G. Batch anaerobic co-digestion of proteins and carbohydrates. **Bioresearch Technology**, v. 116, p.170-178, 2012.
- FABBRI, A.; SERRANTI, S.; BONIFAZI, G. Biochemical methane potential (BMP) of artichoke waste: The inoculum effect. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 3, p. 207-214, 2014.
- FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **R. Bras. Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 395 –

400, 2006.

KHAN, N.; ROES-HILL, M.; WELZ, P. J.; GRANDIN, K. A.; KUDANGA, T.; DYK, J. S. V.; OHLHOFF, C.; ZYL, W. H. E.; PLETSCHE, B. I. Fruit waste streams in South Africa and their potential role in developing a bio-economy. **South Africa Journal of Science**, v. 111, n. 5/6, p. 1-11, 2015.

LEAL, J. C. M.; PANTA, C. A. C.; FERRÍN, A. I. V.; CABO, P. A. G.; RODRÍGUEZ, L. M. Z. Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado em reactores anaeróbicos discontinuos. **Ciencia e Ingeniería Neogradina**, v. 25, n. 1. p. 27-42, 2015.

LEIFELD, V.; RIVAS, L. M. C. G; BARANA, A. C. Comparação entre filtros biológicos anaeróbios para o tratamento de efluentes de abatedouro com diferentes sistemas de alimentação. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 1, p. 102, 2009.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 1771 p., 2003.

MONTEFUSCO N.E.G.; BARROS, E. S.; MATTOS, R. S.; SILVA, W.; AMORIM, M.  
· C. Caracterização e potencial geração de metano por efluente da agroindústria da acerola. **Gestão Integrada de Resíduos**. v. 3, p. 122 – 125. Campina Grande: UFCG, 2018. Ebook. ISBN 978-85-60307-31-9. Disponível em: < <https://drive.google.com/file/d/1ZNATW8xtiPwmV4jlybhueC5DAOS24mnw/view>>. Acesso em: 10/12/2017.

## **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

