

**Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)**



**Ciências Exatas e da  
Terra e a Dimensão  
Adquirida através da  
Evolução Tecnológica 2**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Jorge González Aguilera**

**Alan Mario Zuffo**

(Organizadores)

**Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão  
Adquirida através da Evolução Tecnológica  
2**

**Atena Editora  
2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 2)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-473-3 DOI 10.22533/at.ed.733191107  1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario  CDD 509.81
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 2*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 28 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores 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 área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE DO POTENCIAL DE USO	
Margarida Regueira da Costa Alexandre Luiz Souza Borba Fernanda Soares de Miranda Torres	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL	
José Batista Siqueira Sanmy Silveira Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
AQUÍFERO DUNAS-POTENGI: DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS EM NATAL – RN	
Melquisedec Medeiros Moreira Newton Moreira de Souza Miguel Dragomir Zanic Cuellar Kátia Alves Arraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
AS ÁGUAS DO AQUÍFERO ALUVIONAR JAGUARIBE E SUA RELAÇÃO COM O USO/OCUPAÇÃO DO SOLO: ÁREA PILOTO DE SÃO JOÃO DO JAGUARIBE – CEARÁ	
Antônio Flávio Costa Pinheiro Itabaraci Nazareno Cavalcante Alexsandro dos Santos Garcês Rafael Mota de Oliveira Emanuel Arruda Pinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
CULTURA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA DA ÁREA QUÍMICA	
Milson dos Santos Barbosa Débora da Silva Vilar Aline Resende Dória Isabelle Maria Gonzaga Duarte Dara Silva Santos Lays Ismerim Oliveira Géssica Oliveira Santiago Santos Luiz Fernando Romanholo Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911075</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>53</b>
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA ANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO EM COSMÉTICOS	
Helder Lopes Vasconcelos Andressa Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911076</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>63</b>
DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DAS CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA DO RIO QUARAÍ, NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL	
Mayara Torres Mendonça Clamarion Maier Edenir Luís Grimm Gustavo Henrique Merten Jainara Fresinghelli Netto Ricardo Boscaini Miriam Fernanda Rodrigues Thais Palumbo Silva Franciele de Bastos Raí Ferreira Batista Suélen Matiasso Fachi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911077</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>76</b>
DETERMINAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE CAPTAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO	
César de Oliveira Ferreira Silva Manuel Enrique Gamero Guandique	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911078</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>84</b>
DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR CALIBRATION OF METEOROLOGICAL SENSORS. CASE STUDY: CALIBRATION OF A TIPPING-BUCKET RAIN GAUGE AND DATA-LOGGER SET	
Márcio Antônio Aparecido Santana Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães Luca Giovanni Lanza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911079</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>93</b>
DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E SAÚDE AMBIENTAL DO MERCADO DO PEIXE, SÃO LUÍS - MARANHÃO	
Marcelo Vieira Sodré Barbosa Ana Carolina Lopes Ozorio Itapotiara Vilas Bôas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110710</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 100**

ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

Iemedelais Bordin  
Victor de Aguiar Pedott  
Elton Luis Hillesheim  
Rogério Marcos Dallago  
Marcelo Luís Mignoni

**DOI 10.22533/at.ed.73319110711**

**CAPÍTULO 12 ..... 109**

GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DE APPS E ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL NAS MARGENS DO BEIJA-FLOR, MUNICÍPIO DE MAZAGÃO-AP

Kerlency Maria Farias Santos  
Rudney Lobato Furtado  
Mariano Araújo Bernadino Rocha  
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho

**DOI 10.22533/at.ed.73319110712**

**CAPÍTULO 13 ..... 124**

GEOQUÍMICA E QUALIDADE DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SÃO PAULO

Rafael Bassetto Ferreira  
Wanilson Luiz Silva

**DOI 10.22533/at.ed.73319110713**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS

Luciana Eler França  
Fernando Figueiredo Goulart  
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

**DOI 10.22533/at.ed.73319110714**

**CAPÍTULO 15 ..... 153**

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza  
Carlos Alberto Simões Pires Wayhs  
Alan Donassollo

**DOI 10.22533/at.ed.73319110715**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS RELAÇÕES COM OS DOMÍNIOS CLIMÁTICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Estefânia Fernandes dos Santos  
Leila Nunes Menegasse Velasquez

**DOI 10.22533/at.ed.73319110716**

**CAPÍTULO 17 ..... 182**

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

Janete Facco  
Fabio Luiz Carasek  
Sival Francisco de Oliveira Junior  
Luiz Fernando Scheibe  
Manuela Gazzoni dos Passos  
Mariana Muniz Blank

**DOI 10.22533/at.ed.73319110717**

**CAPÍTULO 18 ..... 197**

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira  
Alan Rodrigues Teixeira Machado  
Marcelo Segala Xavier  
Jussara Vitória Reis

**DOI 10.22533/at.ed.73319110718**

**CAPÍTULO 19 ..... 210**

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS DE UMA REGIÃO DO CERRADO MARANHENSE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCORRENTES NO LOCAL

Karla Bianca Novaes Ribeiro  
Kely Silva dos Santos  
Karine Silva Araujo  
Mayanna de Kássia Silva Rodrigues  
James Werllen de Jesus Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.73319110719**

**CAPÍTULO 20 ..... 219**

RELEVO COMO FATOR INTENSIFICADOR DAS ONDAS DE CALOR EM ALAGOAS

Dálete Maria Lima de Sousa  
Anne Karolyne Pereira da Silva  
Rafael Wendell Barros Forte da Silva  
João Vitor Benevides de Castro  
Francisco de Assis Franco Vieira  
David Harley de Oliveira Saraiva

**DOI 10.22533/at.ed.73319110720**

**CAPÍTULO 21 ..... 233**

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO ( ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

Monique Ellen Farias Barcelos  
Leonardo Barros Dobbss  
Amanda Azevedo Bertolazi  
Alessandro Coutinho Ramos  
Ian Drumond Duarte  
Lívia Dorsch Rocha  
Leonardo Valandro Zanetti  
Silvia Tamie Matsumoto

**DOI 10.22533/at.ed.73319110721**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>247</b>
SUPORTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO	
Ivan Martins Barreto	
Maria Antônia Carvalho Lima Jesus	
Djalma Menezes De Oliveira	
Ronaldo Costa Santos	
Alini Tinoco Fricks	
Heiddy Márquez Alvarez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110722</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>256</b>
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA	
Ricardo Acácio de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110723</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>263</b>
ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	
Esmeraldo Bezerra de Melo Junior	
Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110724</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>275</b>
ORGANIZAÇÃO SOCIAL DOS PRODUTORES DE BANANA DOS MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO E RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS E PARTICIPAÇÃO DO GOVERNO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA	
Maricleide Maia Said	
Luiz Antonio de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110725</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>287</b>
AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS): CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DE BASE AGROECOLÓGICA COMO PASSO PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL EM UM ACAMPAMENTO NO SERTÃO PARAIBANO	
Luymara Pereira Bezerra de Almeida	
Helena Cristina Moura Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110726</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>299</b>
LEVANTAMENTO DE MOSCAS BRANCAS ( <i>Bemisia tabaci</i> ) NA CULTURA SOJA, EM UM MUNICÍPIO DO NOROESTE DO RS: ANO I	
Isaura Luiza Donati Linck	
Antônio Luis Santi	
Ezequiel Zibetti Fornari	
Luis Felipe Rossetto Gerlach	
Fernanda Marcolan de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110727</b>	

**CAPÍTULO 28 ..... 305**

QUANTIFICAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS E CLASSIFICAÇÃO DE SUA ATIVIDADE ENZIMÁTICA  
PROTEOLÍTICA E LIPOLÍTICA EM LEITE CRUCAPTADO EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE  
PIUMHI-MG

Maria Clara de Freitas Guimarães Santos

Eudoro da Costa Lima Neto

Talitha Oliveira de Rezende

Leonardo Borges Acurcio

**DOI 10.22533/at.ed.73319110728**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 317**

## RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO ( ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

**Monique Ellen Farias Barcelos**

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

**Leonardo Barros Dobbss**

Universidade Vila Velha– ES

**Amanda Azevedo Bertolazi**

Universidade Estadual Norte Fluminense – RJ

**Alessandro Coutinho Ramos**

Universidade Estadual Norte Fluminense – RJ

**Ian Drumond Duarte**

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

**Lívia Dorsch Rocha**

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

**Leonardo Valandro Zanetti**

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

**Silvia Tamie Matsumoto**

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

plantas de *Zea mays* L. tratadas ou não com AH extraído de lodo de esgoto, ecossistema manguezal e vermicomposto, avaliando se a origem do AH influencia na sua bioatividade. Os resultados obtidos demonstram que respostas significativas no crescimento inicial, teor pigmentos fotossintéticos e densidade estomática foram obtidas em plantas tratadas com a concentração de 1 mM C L<sup>-1</sup> AHLE, sendo que tal estímulo não foi detectado na atividade hidrolítica das bombas de H<sup>+</sup> de membrana plasmática (P-H<sup>+</sup>-ATPase).

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., crescimento vegetal, lodo de esgoto, vermicomposto

### PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES OF MAIZE ( ZEA MAYS L.) EXPOSED TO HUMIC ACID

**RESUMO:** O Húmico desempenha um papel importante na a fertilidade e estrutura dos solos. O lodo pode ser utilizado com biofertilizante e contribuir na redução dos custos dos agricultores com adubos fosfatados e nitrogenados, e incrementar a acumulação de nutrientes no solo. Os ácidos húmicos (AH) isolados de vermicomposto aumentam a capacidade de troca catiônica do solo e a liberação de nutrientes para as plantas, promovendo o crescimento vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas, anatômicas e bioquímicas de

**ABSTRACT:** The humic plays an important role in the structure and fertility of the soil. The sludge can be used as a bio fertilizer and contribute to the reduction of costs for farmers with phosphate and nitrogen fertilizers, and increase the accumulation of nutrients in the soil. Humic acid (HA) isolated from vermicompost increase the cation exchange capacity of the soil and the release of nutrients to the plants, promoting plant growth. The aim of this study was to evaluate the physiological, anatomical and biochemical

responses of *Zea mays* L. plants treated or not with HA extracted from sewage sludge, mangrove ecosystem and vermicompost, assessing whether the source of the HA influence on their bioactivity. The results show that significant responses in early growth, photosynthetic pigments content and stomatal density were obtained in plants treated with the concentration of 1 mM C L<sup>-1</sup> AHLE, and such stimulus was not detected in the hydrolytic activity of the plasma membrane proton pumps (P-H<sup>+</sup>-ATPase). On the other hand, PPases activity were significantly activated by the treatments.

**KEYWORDS:** *Zea mays* L., plant growth, sewage sludge, vermicompost.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ciclagem de matéria orgânica é uma prática muito utilizada para condicionar e fertilizar o solo, sendo amplamente difundida em países como Estados Unidos, Holanda e Austrália. O grande destaque é o uso de subprodutos do lodo de esgoto sanitário devido à alta concentração de nutrientes e matéria orgânica que podem proporcionar benefícios ao crescimento vegetal em áreas agrícolas (Canellas et al., 1999).

O uso do lodo como fertilizante é uma medida de contribuição à redução de gastos do agricultor, como uso de fosfatados e nitrogenados. No entanto, para que haja disposição deste resíduo, o lodo deve passar por avaliações técnicas, econômicas e ambientais, tendo em vista a possibilidade de potenciais impactos ao meio ambiente (Da Silva et al., 2001; Oliveira et al., 2001).

Compostos decorrentes da decomposição da matéria orgânica denominados de substâncias húmicas (SH), são um grupo de moléculas complexas de elevado peso molecular compostas de carbono, sendo conhecidas por desempenharem papel importante na fertilização do solo e influenciar o metabolismo das plantas, facilitando a absorção de nutrientes, aumentando a respiração e a velocidade das reações enzimáticas (Nannipieri et al., 1993; Stevenson, 1994; Palanivell et al., 2013).

A utilização da vermicompostagem na agricultura caracteriza-se pela maior estabilização dos resíduos, já que estes ao passarem pelo trato digestivo das minhocas sofrem reações enzimáticas que os transformam em substâncias húmicas (Rodda et al., 2006). O uso de resíduos orgânicos, juntamente com minhocas, aumenta a capacidade de troca catiônica e a liberação de nutrientes para o cultivar, promovendo o crescimento da planta. Isolada a partir de vermicomposto, a SH é sendo muito bem aceita e comparada à outros hormônios de crescimento, como auxinas e giberelinas (Cavender et al., 1999).

Os solos do Ecossistema Manguezal são caracterizados por possuírem alta carga de matéria orgânica devido a decomposição da serapilheira e alta influência da maré. Esta possui saturação da água por salinidade, ampla variação do pH, e capacidade de troca catiônica. Além disso, ocupações desordenadas no entorno deste ecossistema podem propiciar o acúmulo de matéria orgânica devido a lançamentos de efluentes tratados e não tratados, influenciando a sua qualidade ambiental (Ferreira, 2002).

Dentro da composição das SH está a fração de ácido húmico (AH), definido como a associação de compostos hidrofóbicos estabilizados em pH neutro (Piccolo, 2002). Estudos relatam que o AH promove o crescimento vegetal e o desenvolvimento de raízes laterais, além estimular a ação de moléculas bioativas. Essa bioatividade pode ocasionar modificações no metabolismo do cultivar e influenciar o transporte iônico, proporcionando a melhora da absorção, respiração e de reações enzimáticas (Canellas et al., 2002; Canellas et al., 2010; Nannipieri et al., 1993).

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos fisiológicos e bioquímicos de espécimes de *Zea mays* L. expostos à concentrações de ácido húmico extraídos de lodo de esgoto, vermicomposto e Ecossistema Manguezal, visando o uso destes como insumos agrícolas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de lodo utilizada neste estudo foi disponibilizada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), enquanto a amostra do ácido húmico do mangue e vermicomposto foi fornecida pelo Laboratório de Ecologia e Matéria Orgânica, Universidade Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. As amostras foram peneiradas e secas para que fosse realizada a extração das substâncias húmicas conforme recomendação da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS), por meio de solubilidade em NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, na proporção sólido:soluto 1:10 (m:v). Para a obtenção do ácido húmico, foi efetuada a acidificação da solução com HCl 6 mol<sup>l</sup> até pH 1 – 1,5. Posteriormente os AH foram lavados com água deionizada, dispostos em membrana de 14 kDa para diálise e liofilizados.

A partir do ácido húmico extraído do lodo de esgoto, foram estabelecidas as concentrações de 0,5 mMC L<sup>-1</sup>, 1 mMC L<sup>-1</sup>, 2 mMC L<sup>-1</sup> e 4 mMC L<sup>-1</sup>, conforme Rocha (2014). Já para o ácido húmico do mangue (Goulart, 2013) foi definida a concentração de 6,76 mMC L<sup>-1</sup> e para o ácido húmico vermicomposto, 1,85 mMC L<sup>-1</sup> (Torrice, 2011). Sendo este último definido como controle positivo.

Para a realização da avaliação fisiológica e metabólica no cultivar milho, foram utilizadas sementes de *Zea mays* L. (Híbrido Embrapa- BR 206, Brasil). As mesmas foram imersas em solução de NaClO (1%) por 30 minutos para desinfestação, sendo posteriormente mantidas em água deionizada por três horas. As sementes foram colocadas em papel-filtro para germinação no escuro com temperatura média de 26°C.

Após quatro dias de germinação, as plântulas foram transferidas para vasos tipo hidroponia sobe aeração constante, contendo solução de Hoagland modificada para ½ de força molar (Hoagland & Arnon, 1950). O controle negativo permaneceu com esta solução, enquanto os demais tratamentos receberam a adição dos ácidos húmicos nas respectivas concentração citadas anteriormente. Cada grupo amostral foi composto por seis concentrações com cinco repetições mais o controle e com 25 plantas em cada vaso. O pH manteve-se ajustado entre 5.8 e 6.0 durante a exposição.

A exposição ocorreu durante 15 dias de exposição em casa de vegetação do Departamento de Ciências Biológicas/CCHN da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Goiabeiras (20°16'29.97"S e 40°18'21.19" O).

Após a exposição, 10 indivíduos foram retirados de forma aleatória de cada grupo amostral para a realização das medições de altura, área foliar (Area Meter, LICOR 3100, USA), massa fresca e seca (60°C), comprimento das raízes, diâmetro e contagem do número de folhas. A partir disso, foram calculadas as a razão de área foliar por número de folhas, razão de raiz por parte aérea, massa foliar específica, razão de área foliar e comprimento da raiz, e a proporção de biomassa no indivíduo por meio das massas secas de parte aérea e raízes (Hunt, 1982; Rocha et al., 2009).

O teor de pigmentos cloroplásticos foi determinado por meio da extração via dimetilsulfóxido (DMSO). Para isso, foi retirada a folha basal mais desenvolvida de cinco indivíduos de cada tratamento. Um disco de 1cm<sup>2</sup> foi retirado de cada folha e imerso em 7mL de DMSO a 70°C por 30 minutos, no escuro. A leitura do extrato foi realizada em espectrofotômetro (Genesys 10 S UV-Vis, Thermo Scientific, EUA) em absorvâncias de 480, 645 e 663 nm (Hiscox & Israelstam, 1979; Argenta et al., 2001).

Para a avaliação da densidade estomática (mm<sup>2</sup>), cinco amostras de folhas de cada tratamento foram retiradas e utilizadas para a realização da impressão estomática utilizando uma gota de cola instantânea em uma lâmina histológica. Foram analisados cinco campos ópticos aleatórios por indivíduo/lâmina, totalizando 25 campos ópticos por tratamento.

Para realização da atividade hidrolítica das bombas de próton foi realizado o isolamento da fração microssomal por meio de centrifugação diferencial (Giannini e Briskin, 1987). O material biológico foi pesado e homogeneizado em tampão de extração (sacarose 250 mM, glicerol a 10 %, DTT 5 mM, EDTA 5 mM, PVP-40 0,4 %, KCl 100 mM, BSA 0,3 %, PMSF 1 mM, benzamidina 1 mM, Tris-HCl pH 8,0 100 mM) na relação 1:2 (peso de tecido/volume de tampão). O homogenato foi filtrado e submetido à centrifugação a 300.000 rpm durante 15 min. O sobrenadante foi submetido à nova centrifugação a 100.000 g por 45 min. O precipitado foi ressuspenso em solução tampão contendo glicerol a 15 %, DTT 1 mM, PMSF 1 mM, benzamidina 1 mM, Hepes-KOH 10 mM pH 7,6 e EDTA 5mM. Toda a manipulação foi realizada entre 0 e 4°C

As atividades hidrolíticas das bombas de H<sup>+</sup> foram determinadas colorimetricamente pelo método de Fiske & Subbarow (1925). A reação foi iniciada com a adição de ATP 1mM ou PPi 1mM, e finalizada com a adição de ácido tricloroacético em uma concentração final de 10 % (v/v) após 50 minutos de reação. O meio de reação foi composto por Hepes-Tris 50 mM pH 6,5 (membrana plasmática) ou 7,0 (membranas vacuolares), MgSO<sub>4</sub> 3 mM, NaMoO<sub>4</sub> 0,2 mM, KCl 100 mM, e 30 µg de proteína. O inibidor ortovanadato de sódio 0,2 mM foi utilizado para diferenciar as atividades das ATPases tipo P das atividades das ATPases do tipo V. A hidrólise de PPi foi aferida através de sua dependência por K<sup>+</sup>. A proteína total contida na preparação foi dosada pelo método de Bradford (1976), utilizando BSA como proteína padrão.

Os dados morfológicos, bioquímicos e de densidade estomática foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão ou erro padrão. A partir do programa Infostat (Di Rienzo et al., 2010), foi utilizado o teste de Shapiro-Wilks para checar a distribuição normal das médias. Os dados de distribuição normal foram analisados por meio de ANOVA seguida pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) a fim de se comparar as estações amostrais e controles em cada campanha. Para os dados que não seguiram a distribuição normal, foi utilizado o teste de Kruskal Wallis ( $p < 0,05$ ).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos parâmetros morfológicos mensurados nos espécimes de milho expostos às concentrações de ácido húmico extraído de lodo de esgoto, observou-se que a concentração de 1,0 mMC L<sup>-1</sup> do AHLE apresentou resultados significativamente superior em relação ao controle (Tabela 1), tais como: MFPA (massa fresca de parte aérea), MSPA (massa seca de parte aérea), MST (massa seca total), MFE (massa fresca específica), AFE (área foliar específica), AFU (área foliar unitária). O mesmo foi evidenciado para a concentração de 6,76 1 mMC L<sup>-1</sup> do AHM, e 1,85 mMC L<sup>-1</sup> do AHV com relação aos parâmetros MSPA (massa seca de parte aérea), MST (massa seca total), MFE (massa fresca específica), AFE (área foliar específica), como pode ser visto na Figura 1.

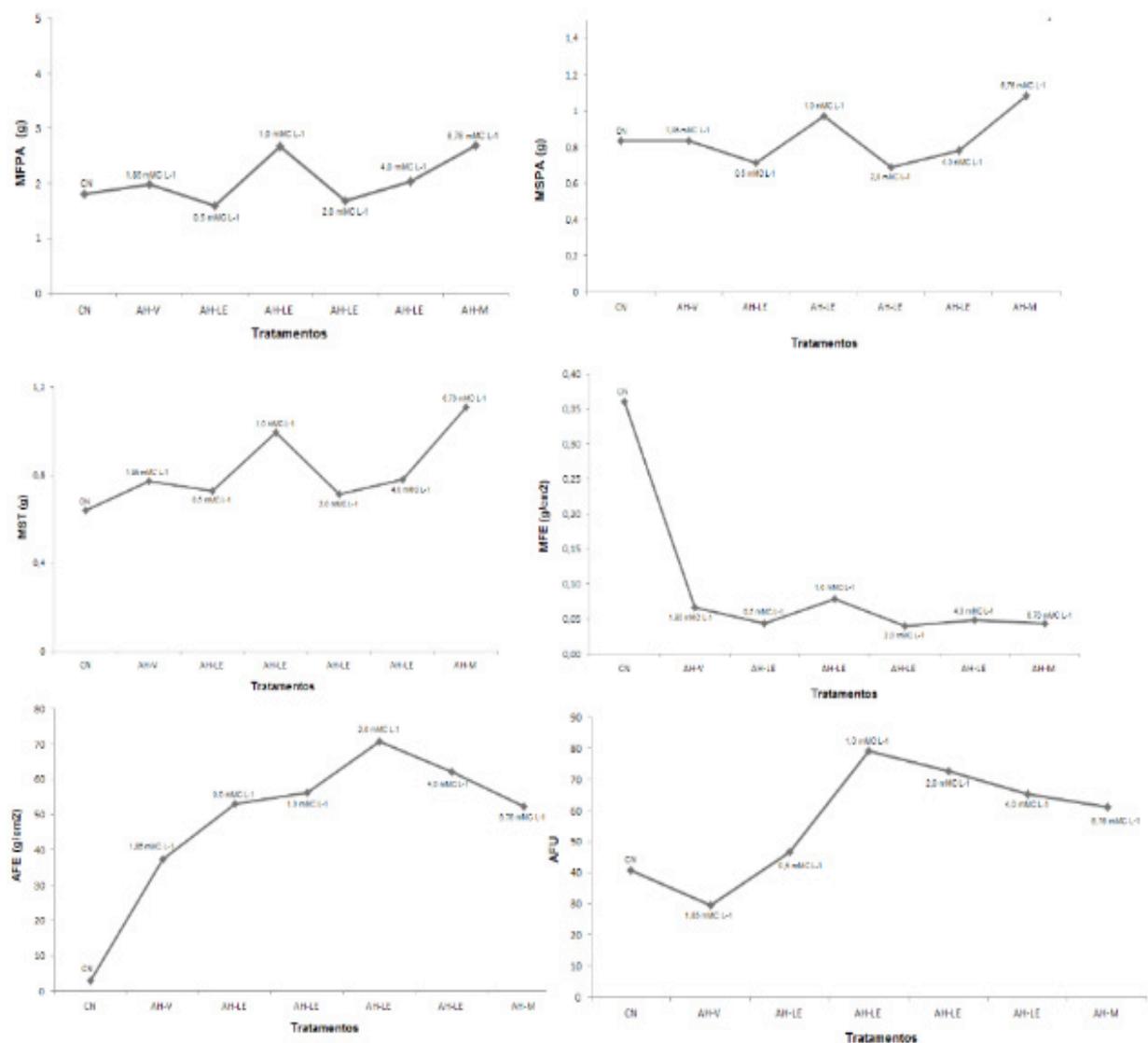
	AH - LE (0,5 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-LE (1,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-LE (2,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH -LE (4,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH - M (6,76 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-V (1,85 mMC L <sup>-1</sup> )	Controle
Altura (PA)*	26.121±1.839 <sup>a</sup>	33.84±4.042 <sup>bc</sup>	26.725±4.404 <sup>a</sup>	26.725±4.190 <sup>a</sup>	29.413±4.960 <sup>ab</sup>	27.025±4.292 <sup>a</sup>	35.513±3.997 <sup>c</sup>
CR**	22.688±2.721 <sup>a</sup>	30.388±2.721 <sup>ab</sup>	27.600±2.721 <sup>ab</sup>	25.563±2.721 <sup>ab</sup>	26.163±2.721 <sup>ab</sup>	28.163±2.721 <sup>ab</sup>	35.063±2.721 <sup>a</sup>
NF*	4.375±0.518 <sup>ab</sup>	4.125±0.641 <sup>ab</sup>	4.0±0.535 <sup>a</sup>	4.0±0.535 <sup>a</sup>	4.625±0.518 <sup>b</sup>	4.25±0.463 <sup>ab</sup>	4.75±0.463 <sup>b</sup>
AF**	37.695±6.712 <sup>b</sup>	54.378±6.712 <sup>ab</sup>	48.479±6.712 <sup>ab</sup>	46.505±6.712 <sup>ab</sup>	67.913±6.712 <sup>a</sup>	45.966±6.712 <sup>ab</sup>	60.715±6.712 <sup>ab</sup>
MFPA*	1.604±0.463 <sup>a</sup>	2.683±0.696 <sup>cd</sup>	1.685±0.166 <sup>ab</sup>	2.043±0.253 <sup>bc</sup>	2.696±0.275 <sup>d</sup>	1.98±0.434 <sup>b</sup>	1.806±0.310 <sup>ab</sup>
MSPA*	0.711±0.010 <sup>ab</sup>	0.969±0.010 <sup>de</sup>	0.686±0.007 <sup>a</sup>	0.781±0.011 <sup>bc</sup>	1.088±0.014 <sup>e</sup>	0.835±0.008 <sup>cd</sup>	0.834±0.009 <sup>cd</sup>
MFR**	0.395±0.075 <sup>a</sup>	0.578±0.075 <sup>a</sup>	0.485±0.075 <sup>a</sup>	0.528±0.075 <sup>a</sup>	0.653±0.075 <sup>a</sup>	0.5±0.075 <sup>a</sup>	0.64±0.075 <sup>a</sup>
MSR*	0.021±0.008 <sup>a</sup>	0.029±0.020 <sup>a</sup>	0.03±0.000 <sup>a</sup>	0.02±0.008 <sup>a</sup>	0.031±0.010 <sup>a</sup>	0.024±0.009 <sup>a</sup>	0.02±0.008 <sup>a</sup>
MST*	0.73±0.018 <sup>ab</sup>	0.995±0.053 <sup>cd</sup>	0.713±0.009 <sup>ab</sup>	0.779±0.063 <sup>ab</sup>	1.119±0.018 <sup>d</sup>	0.773±0.167 <sup>bc</sup>	0.64±0.119 <sup>a</sup>
Raiz:PA*	0.031±0.011 <sup>a</sup>	0.028±0.018 <sup>a</sup>	0.04±0.000 <sup>a</sup>	0.028±0.012 <sup>a</sup>	0.029±0.010 <sup>a</sup>	0.033±0.016 <sup>a</sup>	0.031±0.015 <sup>a</sup>
MFE (g/cm <sup>2</sup> )*	0.044±0.011 <sup>a</sup>	0.079±0.073 <sup>a</sup>	0.04±0.020 <sup>a</sup>	0.048±0.010 <sup>a</sup>	0.044±0.020 <sup>a</sup>	0.066±0.053 <sup>a</sup>	0.36±0.051 <sup>b</sup>
AFE (cm <sup>2</sup> /g)*	52.99±10.999 <sup>bc</sup>	56.321±30.739 <sup>bc</sup>	70.816±21.363 <sup>c</sup>	62.059±19.788 <sup>bc</sup>	52.338±26.443 <sup>bc</sup>	37.304±28.184 <sup>b</sup>	2.851±0.454 <sup>a</sup>
RAF (cm <sup>2</sup> /g)**	51.411±9.751 <sup>a</sup>	54.781±9.751 <sup>a</sup>	68.209±9.751 <sup>a</sup>	60.26±9.751 <sup>a</sup>	50.978±9.751 <sup>a</sup>	36.229±9.751 <sup>a</sup>	74.521±9.751 <sup>a</sup>
RMR*	0.028±0.009 <sup>a</sup>	0.028±0.018 <sup>a</sup>	0.039±0.004 <sup>a</sup>	0.028±0.012 <sup>a</sup>	0.028±0.009 <sup>a</sup>	0.03±0.013 <sup>a</sup>	0.031±0.015 <sup>a</sup>
RMF*	0.973±0.009 <sup>a</sup>	0.973±0.018 <sup>a</sup>	0.961±0.004 <sup>a</sup>	0.973±0.012 <sup>a</sup>	0.973±0.009 <sup>a</sup>	0.97±0.013 <sup>a</sup>	1.334±0.225 <sup>b</sup>
AF/F**	8.636±1.934 <sup>a</sup>	13.24±1.934 <sup>a</sup>	12.464±1.934 <sup>a</sup>	11.491±1.934 <sup>a</sup>	12.736±1.934 <sup>a</sup>	7.338±1.934 <sup>a</sup>	10.031±1.934 <sup>a</sup>
AFU**	46.699±3.758 <sup>cd</sup>	79.036±3.758 <sup>a</sup>	72.559±3.758 <sup>ab</sup>	65.356±3.758 <sup>ab</sup>	61.259±3.758 <sup>bc</sup>	29.516±3.758 <sup>e</sup>	40.914±3.758 <sup>de</sup>
MSR/MSPA**	0.030±0.004 <sup>a</sup>	0.029±0.004 <sup>a</sup>	0.044±0.004 <sup>a</sup>	0.026±0.004 <sup>a</sup>	0.029±0.004 <sup>a</sup>	0.034±0.004 <sup>a</sup>	0.033±0.004 <sup>a</sup>
CR/MSR*	1162.500±323.761 <sup>a</sup>	1355.625±562.787 <sup>a</sup>	920.000±252.530 <sup>a</sup>	1362.708±583.673 <sup>a</sup>	918.021±336.393 <sup>a</sup>	1437.292±1009.553 <sup>a</sup>	2053.125±1012.912 <sup>a</sup>
MSPA/MST*	0.975±0.011 <sup>a</sup>	0.974±0.018 <sup>a</sup>	0.963±0.007 <sup>a</sup>	0.974±0.012 <sup>a</sup>	0.972±0.007 <sup>a</sup>	0.969±0.015 <sup>a</sup>	1.000±0.000 <sup>a</sup>
MSR/MST**	0.029±0.004 <sup>a</sup>	0.028±0.004 <sup>a</sup>	0.042±0.004 <sup>a</sup>	0.026±0.004 <sup>a</sup>	0.028±0.004 <sup>a</sup>	0.032±0.004 <sup>a</sup>	0.033±0.004 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente

\*Teste Kruskal Wallis. Valores expressos por média ± desvio padrão.

\*\* Anova, Teste de Tukey (p<0,05). Valores expressos por média ± erro padrão.

**Tabela 1:** Análise de crescimento e anatomia de Zea mays L. para os tratamentos com concentrações de ácidos húmicos (AH) provenientes de lodo de esgoto sanitário (LE), Manguê (M), Vermicomposto (V). Onde: Altura parte aérea (PA); Comprimento de raiz (CR); Número de folhas (NF); Área foliar (AF); Massa fresca de parte aérea (MFPA); Massa seca de parte aérea (MSPA); Massa fresca de raiz (MFR); Massa seca de raiz (MSR); Massa seca total (MST); Razão raiz /Parte aérea (Raiz:PA); Massa fresca específica (MFE); Área foliar específica (AFE); Razão de área foliar (RAF); Razão de massa radicular (RMR); Razão de massa foliar (RMF); Razão de Área Foliar e Número de Folha (AF/F); Área foliar unitária (AFU); Razão massa seca raiz e massa seca parte aérea (MSR/MSPA); Razão comprimento raiz e massa seca raiz (CR/MSR); Razão massa seca parte aérea e massa seca total (MSPA/MST); Massa seca raiz e massa seca total (MSR/MST).



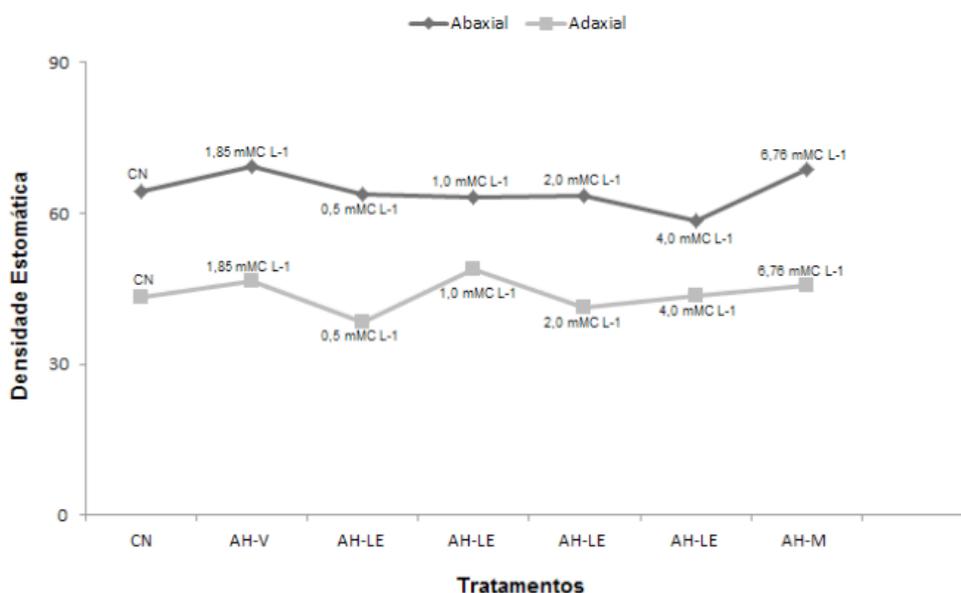
**Figura 1:** Relação dos parâmetros morfológicos em espécimes de milho expostos às concentrações de ácido húmico. Onde: Massa fresca de parte aérea (MFPA); Massa seca de parte aérea (MSPA); Massa seca total (MST); Massa fresca específica (MSE); Área foliar específica (AFE); Área foliar unitária (AFU).

Nesses casos, o aumento da matéria seca pode estar relacionado com a disponibilidade de nitrogênio, nutriente mais requerido pelas plantas, que em conjunto

com o potássio resulta em respostas direta e proporcional das plantas à presença dos mesmos (Higuti et al., 2010). O acúmulo de massa seca também foi observado por Berton et al. (1997) ao mensurar maior incremento de matéria seca em plântulas de milho tratadas com lodo de esgoto não pelotizado com adição de  $\text{CaCO}_3$ . Simonete et al. (2003), ao tratar plantas de milho com concentrações de lodo de esgoto, evidenciaram interações que proporcionaram incremento de matéria seca durante tratamento com concentrações de nitrogênio e nitrogênio combinado com potássio.

Com relação à AFE, destaca-se que as plantas investem em fotoassimilados e outros recursos para o aumento da área foliar. Geralmente esta alteração possui o objetivo de elevar a captação de luz, otimizando a eficiência fotossintética do vegetal, além de maximizar o ganho de carbono por unidade de massa foliar (Gobbi et al., 2011). No presente trabalho, parâmetros como MFE e AFE apresentaram valores significativamente nas concentrações de  $0,5 \text{ mMC L}^{-1}$  do AHLE,  $2 \text{ mMC L}^{-1}$  do AHLE e  $4 \text{ mMC L}^{-1}$  do AHLE em relação ao controle. Sendo que essas duas últimas concentrações apresentaram valores de AFU significativos.

Sendo assim, as SH influenciam no crescimento das plantas (Canellas et al., 2002; Canellas et al., 2010). Sendo tal efeito decorrente da interação entre as SH e processos metabólicos e fisiológicos do vegetal (Trevisan et al., 2010), podendo a SH estimular a absorção de nutrientes, influenciar a permeabilidade celular e regular mecanismos relacionados ao crescimento vegetal (Piccolo, 2002). Por outro lado, a análise da quantidade de estômatos na folha não se constatou variação significativa entre os tratamentos e controle (Figura 3) e (Tabela 3) .



**Figura 3:** Relação da densidade estomática abaxial e adaxial, de folhas jovens de milho (*Zea mays*).

	Tratamentos						Controle
	AH - LE (0,5mMC L <sup>-1</sup> )	AH-LE (1,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-LE (2,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH -LE (4,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-M (6,76mMC L <sup>-1</sup> )	AH-V (1,85mMC L <sup>-1</sup> )	
Abaxial	63,68±6,506 <sup>a</sup>	63,160±8,237 <sup>a</sup>	63,640±7,300 <sup>a</sup>	58,400±6,086 <sup>a</sup>	68,840±5,210 <sup>a</sup>	69,240±8,562 <sup>a</sup>	64,360±6,303 <sup>a</sup>
Adaxial	38,32±5,959 <sup>a</sup>	48,920±6,792 <sup>a</sup>	41,360±3,675 <sup>a</sup>	43,600±4,022 <sup>a</sup>	45,800±4,539 <sup>a</sup>	46,560±11,366 <sup>a</sup>	43,320±43,320 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente.

Teste Kruskal Wallis. Valores expressos por média± desvio padrão.

**Tabela 3:** Quantificação da densidade estomática em folhas de *Zea mays* L. para os tratamentos com concentrações de ácidos húmicos (AH) de lodo de esgoto sanitário (LE), Mangue (M) e Vermicomposto (V).

Com relação aos dados bioquímicos (Tabela 2), constatou-se o aumento da concentração dos pigmentos cloroplastídicos no tratamento AHLE na concentração 1,0 mMC L<sup>-1</sup>, quando comparado ao controle e a melhor concentração de AHM (6,76 mMC L<sup>-1</sup>) (Figura 2), conforme evidenciado por Torrico (2011). O aumento de clorofila b na concentração citada de AHLE pode ser decorrente a uma característica de adaptação, uma vez que a clorofila b possui capacidade de absorção de comprimentos de ondas diferentes da clorofila a, proporcionando aumento da captura energética para as reações fotoquímicas (Martins et al., 2009).

	Tratamentos						Controle
	AH - LE (0,5 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-LE (1,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-LE (2,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH -LE (4,0 mMC L <sup>-1</sup> )	AH - M (6,76 mMC L <sup>-1</sup> )	AH-V w1,85 mMC L <sup>-1</sup> )	
Clorofila a*	30,536±3,813 <sup>ab</sup>	52,221±16,422 <sup>c</sup>	46,831±13,773 <sup>bc</sup>	44,61±18,080 <sup>bc</sup>	27,451±2,476 <sup>a</sup>	47,51±23,002 <sup>bc</sup>	30,622±9,989 <sup>ab</sup>
Clorofila b*	6,751±1,127 <sup>bc</sup>	11,578±4,317 <sup>c</sup>	8,175±3,807 <sup>c</sup>	7,875±3,471 <sup>bc</sup>	4,25±0,685 <sup>a</sup>	7,578± 4,131 <sup>abc</sup>	4,326±1,612 <sup>ab</sup>
Clorofila Total*	49,875±6,228 <sup>ab</sup>	85,294±26,537 <sup>c</sup>	76,331±22,493 <sup>bc</sup>	72,717 ±29,467 <sup>bc</sup>	44,704±3,981 <sup>bc</sup>	77,387±37,482 <sup>bc</sup>	49,837±16,248 <sup>ab</sup>
Clorofila a/b**	4,574±0,720 <sup>a</sup>	4,909±0,720 <sup>a</sup>	6,143±0,720 <sup>a</sup>	5,9± 0,720 <sup>a</sup>	6,609±0,720 <sup>a</sup>	6,538± 0,720 <sup>a</sup>	7,478±0,720 <sup>a</sup>
Carotenóides*	59,967±13,536 <sup>abc</sup>	146,727±67,271 <sup>c</sup>	101,31±62,685 <sup>c</sup>	96,924± 61,755 <sup>c</sup>	32,927±6,061 <sup>a</sup>	108,9±110,853 <sup>bc</sup>	39,654±21,914 <sup>ab</sup>

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente

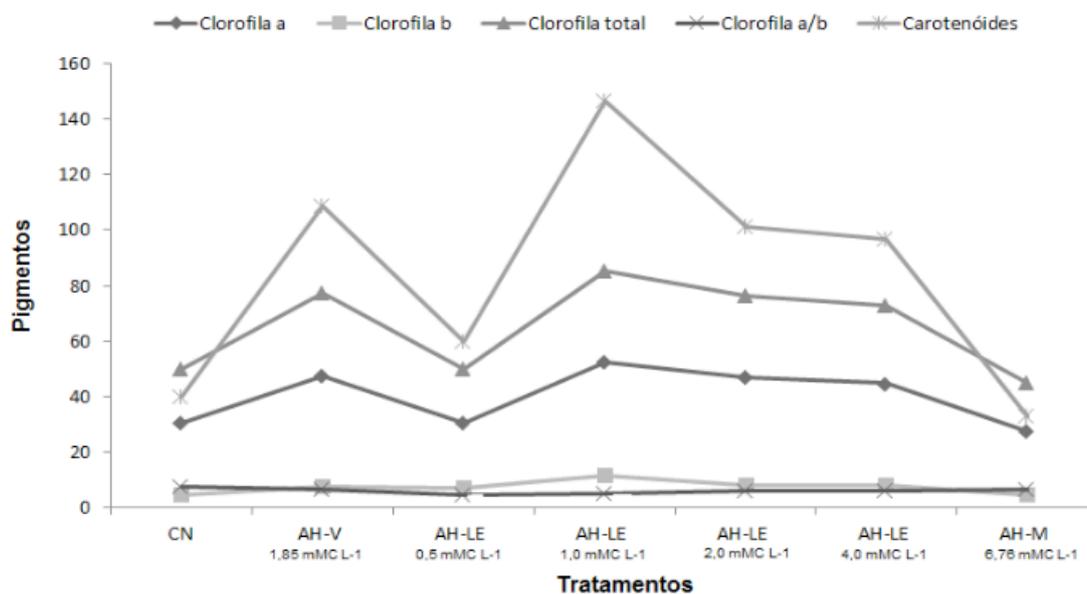
\*Teste Kruskal Wallis. Valores expressos por média± desvio padrão.

\*\* Anova, Teste de Tukey (p<0,05). Valores expressos por média ± erro padrão.

**Tabela 2:** Teor de pigmentos fotossintéticos em *Zea mays* L. para os tratamentos com concentrações de ácidos húmicos (AH) de lodo de esgoto sanitário (LE), Mangue (M) e Vermicomposto (V).

Alterações na biossíntese de clorofilas (figura 2) podem proporcionar vantagens no crescimento e sucesso reprodutivo do vegetal (Larcher, 2004). Enquanto que maiores concentrações de carotenóides apresentam relações de fotoproteção por meio de dissipação do estado excitado da clorofila (Garcia-Plazaola et al., 1999), obtendo um papel fundamental da captura de luz, sendo importante para a proteção da reação

da fotossíntese (Ort, 2001). Essa variação da clorofila também foi evidenciado por Costa (1994) que constatou aumento significativo no teor de clorofila de espécimes de alface cultivado em solos fertilizados com compostos orgânicos.



**Figura 2:** Teores de clorofila a,b, total (A+b) , clorofila a/b e carotenóides em folhas jovens de milho (*Zea mays*).

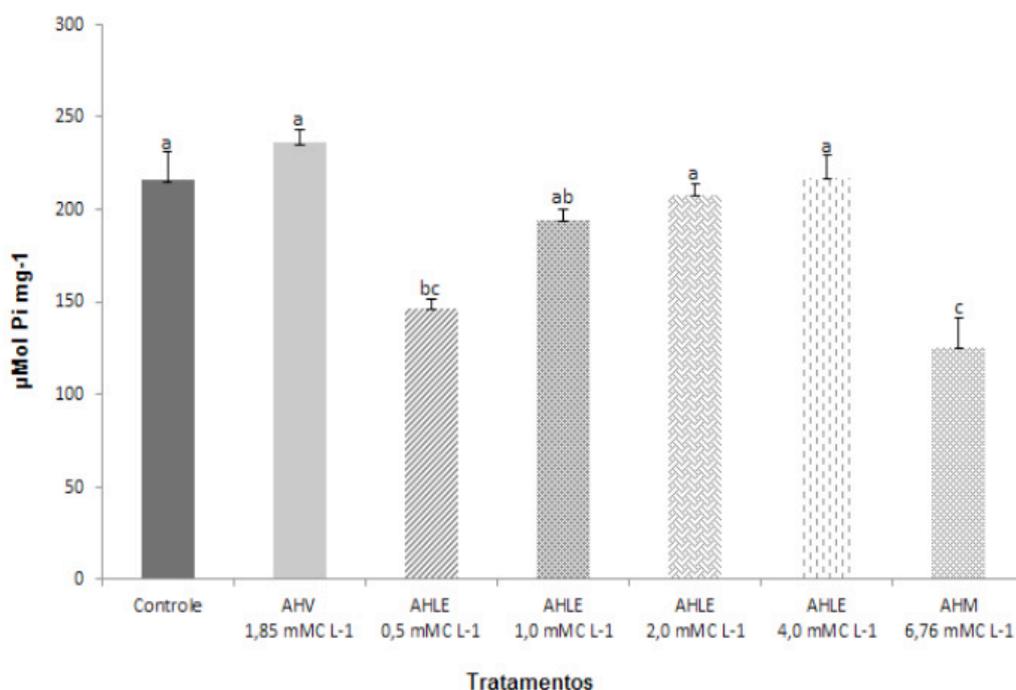
Nardi et al. (2002), Ertani et al. (2013) e Rocha (2014), ao realizar tratamentos com SH em diferentes espécies de plantas, observaram o aumento no teor de clorofila, o qual influenciou diretamente na taxa fotossintética líquida. Conforme os autores, as substâncias húmicas em solução apresentam capacidade de disponibilizar ao substrato, minerais que são absorvidos pelas raízes das plantas. Alguns destes fazem parte da estrutura química da clorofila, tais como Ca, Mg, Fe e P, que podem alterar na sua formação quando não disponíveis em quantidades suficientes na planta. Essa evidências foi relatada por Nardi et al. (2002), Ertani et al. (2013) e Rocha (2014), na qual tratamentos de diferentes espécies de plantas com SH proporcionou um aumento no teor de clorofila, influenciando diretamente na taxa fotossintética líquida.

Por meio de análise da quantidade de estômatos na folha, foi possível observar que não obteve variação significativa dos tratamentos em relação ao controle (Tabela 3), no entanto a concentração de 1 mM L<sup>-1</sup> do AHLE apresentou diferença na quantidade no número de estômatos, adaxial, juntamente com as concentrações 6,76 mM L<sup>-1</sup> do AHM e 1,85 mM L<sup>-1</sup> do AHV quando comparadas ao controle. O mesmo ocorre com o parâmetro abaxial destas últimas citadas.

Trabalho de Palanivell et al. (2013) também relatam sobre materiais húmicos e suas diferenças de pesos moleculares promovem alteração na quantidade de estômatos. Sendo, os estômatos, de extrema importância para avaliação e determinação do mecanismo de transpiração e controle de trocas gasosas com o meio ambiente, sendo este mecanismo influência direta da fotossíntese e produtividade vegetal (Azevedo et al., 2012). Sendo clara a contribuição do material vegetal sobre a fração húmica

do solo, e a contribuição deste na absorção de nutrientes e a fisiologia das plantas (Demétrio et al., 1998).

Metabolismo energético vegetal (ATPase e PPase), observou-se que a atividade da P-H<sup>+</sup>-ATPase foi estimulada pela dosagem de 1,85 mMC L<sup>-1</sup> do AHV quando comparada ao controle. Todavia, tal estímulo não foi o suficiente para provocar mudanças expressivas sobre a bioenergética do vegetal, atribuindo à algumas dosagens atividade menor que ao controle, 6,75 mMC L<sup>-1</sup> do AHM e 0,5 mMC L<sup>-1</sup> do AHLE. Sendo assim, nenhuma das concentrações elevaram a atividade da P-H<sup>+</sup>-ATPase (Figura 4).

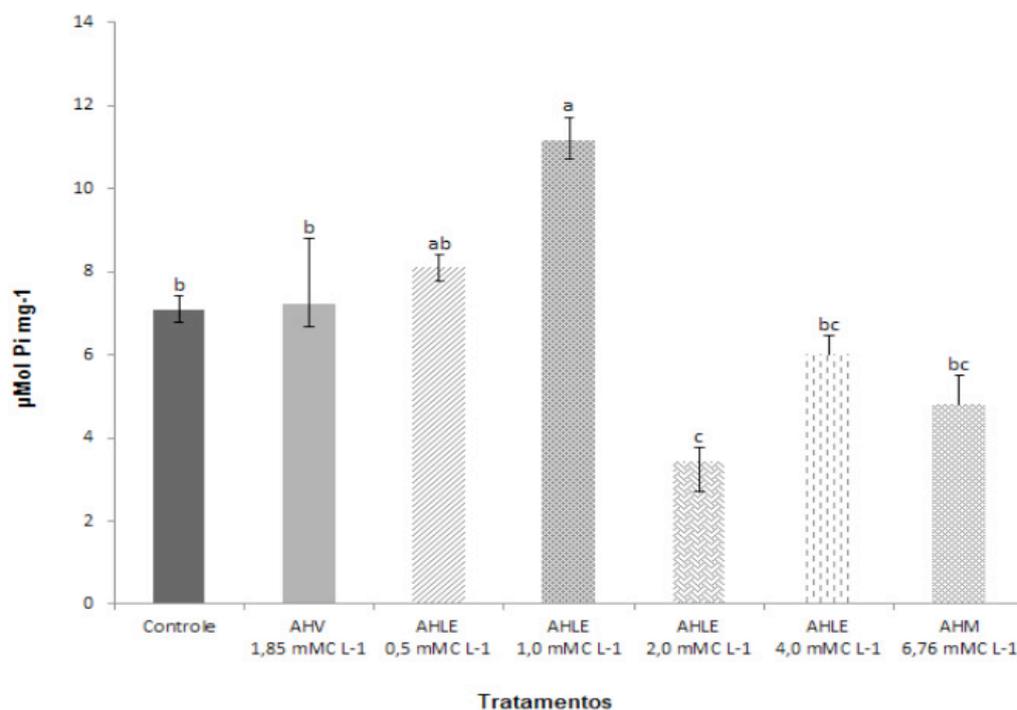


**Figura 4:** Atividade da bomba hidrolítica H<sup>+</sup>-ATPase em vesículas isoladas de raiz em relação as concentrações de AHLE (0,5 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (1,0 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (2,0 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (4,0 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHM (6,76 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico mangue; AHV (1,85 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico vermicomposto.

A P-H<sup>+</sup>-ATPase funciona como um indicador do funcionamento celular e a atividade é afetada por diversos fatores ambientais, sendo possível detectar estresse em nível celular (Palmgren, 1999). A queda da atividade para as demais concentrações pode ser explicada pela baixa disponibilidade de energia para que haja transporte de íons, podendo clarificar a menor concentração de K<sup>+</sup> (Azevedo, 2006). Conforme Canellas et al.(2002), AH adicionados ao meio de reação inibem a atividade hidrolítica das P-ATPases.

Com relação à atividade da pirofosfatase (PPase) o tratamento com a concentração 1 mMC L<sup>-1</sup> do AHLE de lodo de esgoto sanitário apresentou maior atividade hidrolítica da bomba (Figura 5). O aumento dessa atividade promove uma maior liberação de Pi inorgânico, que juntamente com o ADP resulta em ATP. Tal processo foi evidenciado por Catunda (2008) em cultivares de milho submetidos a

estresse hídrico.



**Figura 5:** Atividade da pirofosfatase H<sup>+</sup>-PPase em vesículas isoladas de raiz em relação as concentrações as concentrações de AHLE (0,5 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (1 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (2 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (4 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico lodo de esgoto; AHM (6,76 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico mangue; AHV (1,85 mMC L<sup>-1</sup>): ácido húmico vermicomposto.

A elevação das atividades ATPásica e PPásica em tratamentos com diferentes materiais húmicos em relação ao controle, demonstra que o tecido da raiz pode estar com aumento da atividade transportadora de íons para dentro do vacúolo resultando em maior demanda energética (Catunga, 2008).

#### 4 | CONCLUSÕES

1. A adubação com ácidos húmicos de diferentes fontes promovem acúmulo de carbono e aumento da área foliar em milho;
2. Ácidos húmicos proveniente de lodo de esgoto sanitário, lama de manguezal e vermicomposto, apresentam comportamento distinto quanto à concentração ideal.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida e à Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro pelas análises.

## REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G; SILVA, P.R.F; BORTOLINI, C.G; FORSTHOFER, E.L; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001.
- AZEVEDO, C.F; BRUNO, R.L.A; QUIRINO, Z.G.M; REGO, E.R; GOMES, K.R; BEZERRA, A.K.D. Efeito de sistemas de consórcio e inseticida na formação dos estômatos em plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* mill.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.SPL.ISS, p.205–213, 2012.
- AZEVEDO, I.G. **Caracterização das bombas de prótons da polpa de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) e relação com a ocorrência do distúrbio da gelificação**. 2006. 69p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- BERTON, R.S; VALADARES, J.M.A.S; CAMARGO, O.A; BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de  $\text{CaCO}_3$  na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.685-691, 1997.
- CANELLAS, L.P; OLIVARES, F.L; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L; FAÇANHA, A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v.130, n.4, p.1951-1957, 2002.
- CANELLAS, L.P; NELSON, G.A.S.; SOBRINHO, M.B.A.; MORAES, A.A.; RUMJAMEK, V.M. Adsorção de  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Cd}^{2+}$  em ácidos húmicos extraídos de resíduos orgânicos de origem urbana. **Ciência Rural**, v.29, n.1, p.21–26, 1999.
- CANELLAS, L.P; OLIVARES, F.L; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L; FAÇANHA, A.R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v.130, n.4, p.1951-1957, 2002.
- CANELLAS, L.P; PICCOLO, A; DOBBSS, L.B; SPACCINI, R; OLIVARES, F.L; ZANDONADI, D.B; FAÇANHA, A.R. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. **Chemosphere**, v.78, n.4, p.457-466, 2010.
- CAVENDER, N. D.; ATIYEH, R. M.; EDWARDS, C. A. Influence of vermicomposts an arbuscular mycorrhizal infection of Sorghum bicolor and plant growth. In: **2nd International Soil Ecology Conference**. 1999. p.23.
- CATUNGA, M.G. **Caracterização das bombas de prótons vacuolares e seu papel nas respostas adaptativas de plantas ao estresse hídrico**. 2008. 55p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- COSTA, C.A. **Crescimento e teores de sódio e de metais pesados da alface e da cenoura adubadas com composto orgânico de lixo urbano**. 1994. 89p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W., 2010. InfoStat Versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ERTANI, A; SCHIAVON, M; MUSCOLO, A; NARDI, S. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed Zea mays L. plants. **Plant and soil**, v.364, n.1-2, p.145-158, 2013.
- FERREIRA, T.O. **Solos de Mangue do Rio Crumahú (Guarujá-SP): pedologia e contaminação por esgoto doméstico**. 2002. 113p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FISKE, C.H; SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **The journal of biological chemistry**, v.66, n.2, p.375-400, 1925.

- GARCÍA-PLAZAOLA, J. I; ARTETXE, U; BECERRIL, J.M. Diurnal changes in antioxidant and carotenoid composition in the Mediterranean sclerophyll tree *Quercus ilex* (L) during winter. **Plant Science**, v.143, n.2, p.125-133, 1999.
- GOBBI, K.F; GARCIA, R; VENTRELLA, M.C; GARCEZ NETO, A.F; ROCHA, G.C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capimbraquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.
- GOULART, J.N. **Incremento ao crescimento inicial de plântulas de milho (*Zea mays* L.) tratadas com substâncias húmicas de diferentes locais**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Universidade Vila Velha, Vila-Velha.
- HISCOX, J.T; ISRAELSTAM, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v.57, n.12, p.1332-1334, 1979.
- HIGUTI, A.R.O; SALATA, A.D.C; GODOY, A.R. CARDOSO, A.I.I. Produção de mudas de abóbora com diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Bragantia**, v.69, n.2, p.377-380, 2010.
- HOAGLAND, D.R; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California Agricultural Experiment Station**, v.347, n.2nd edit, 1950.
- HUNT, R. **Plant growth analysis**. Institute of Terrestrial Ecology, 1982.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2004. 531p.
- MARTINS, J.R; ALVARENGA, A.A.D; CASTRO, E.M.D; SILVA, A.P.O.D; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas; Pigments content and Alfavaca-cravo chloroplast structure cultivate under colored nets. **Ciências Rural**, v.40, n.1, p.64-69, 2010.
- NARDI, S; PIZZEGHELLO, D; MUSCOLO, A; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, n.11, p.1527-1536, 2002.
- NANNIPIERI, P; GREGO, S; DELL'AGNOLA, G; NARDI, S. Proprietà biochimiche e fisiologiche della sostanza organica. **Ciclo della sostanza organica nel suolo: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici & selvicolturali**. Bologna: Patron, p.67-78, 1993.
- OLIVEIRA, F.C; MATTIAZZO, M.E; MARCIANO, C.R; MORAES, S.O. Lixiviação de nitrato em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.171-180, 2001.
- ORT, D.R. When there is too much light. **Plant physiology**, v.125, n.1, p.29-32, 2001.
- PALANIVELL, P; SUSILAWATI, K; AHMED, O.H; MAJID, N.M. Compost and crude humic substances produced from selected wastes and their effects on *Zea mays* L. nutrient uptake and growth. **The Scientific World Journal**, v.2013, 2013.
- PALMGREN, M.G. Plant plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPases: powerhouses for nutrient uptake. **Annual review of plant biology**, v.52, n.1, p.817-845, 2001.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. **Advances in Agronomy**, v.75, p.57-134, 2002.
- ROCHA, A.C; CANAL, E.C; CAMPOSTRINI, E; REIS, F.O; CUZZUOL, G.R.F. Influence of chromium in *Laguncularia racemosa* (L). Gaertn f. physiology. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.2,

p.87-94, 2009.

ROCHA, L.D. Ácidos húmicos extraídos do lodo de esgoto sanitário e seus efeitos em plantas. 2014. 42p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

RODDA, M.R.C; CANELLAS, L.P; FAÇANHA, A.R; ZANDONADI, D.B; GUERRA, J.G. M; ALMEIDA, D.L.D; SANTOS, G.D.A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. II-Efeito da fonte de vermicomposto. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.30, p.657-664, 2006.

DA SILVA, F.C; BOARETTO, A.E; BERTON, R.S; ZOTELLI, H.B; PEEXE, C.A; BERNARDES, E.M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

SIMONETE, M.A; KIEHL, J.D.C; ANDRADE, C.A; TEIXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. J. Wiley & Sons. 2nd ed. New York, 1994. 496p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3.ed. Sinauer, 2004. 690p.

TORRICO, K.S.N. **Efeitos das substâncias húmicas do Ecossistema Manguezal sobre o sistema radicular e atividade da H<sup>+</sup>-ATPase em plântulas de *Oryza sativa* E *Laguncularia raemosa***. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Centro Universitário Vila Velha, Vila-Velha.

TREVISAN, S; PIZZEGHELLO, D; RUPERTI, B; FRANCIOSO, O; SASSI, A; PALME, K; NARDI, S. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. **Plant Biology**, v.12, n.4, p.604-614, 2010.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jorge González Aguilera:** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**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](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-473-3

