

# Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 5

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2019



Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

Ensaio nas Ciências Agrárias e  
Ambientais 5

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

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)

E59    Ensaios nas ciências agrárias e ambientais 5 [recurso eletrônico] /  
Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaios nas  
Ciências Agrárias e Ambientais; v. 5)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-041-4  
DOI 10.22533/at.ed.414191601

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária -  
Brasil. 4. Sustentabilidade. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan  
Mario.

CDD 630

**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 “*Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu Volume V, apresenta, em seus 24 capítulos, conhecimentos aplicados nas Ciências Agrárias.

O uso adequado dos recursos naturais disponíveis na natureza é importante para termos uma agricultura sustentável. Deste modo, a necessidade atual por produzir alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, constitui um campo de conhecimento dos mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas, assim como, de atividades de extensionismo que levem estas descobertas até o conhecimento e aplicação dos produtores.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias e manejos estão sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como manejo de recursos hídricos e recursos vegetais, manejo do solo, produção de biogás entre outros temas. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

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 Agrárias e Ambientais, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar aos profissionais das Ciências Agrárias e áreas afins, trazer os conhecimentos gerados nas universidades por professores e estudantes, e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e manejos que contribuíssem ao aumento produtivo de nossas lavouras, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE	
Gilbenes Bezerra Rosal	
Eugenio Paceli de Miranda	
Rayane de Moraes Furtado	
Tatiana Belo de Sousa Custódio	
Cristian de França Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ANÁLISE ESPACIAL DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB	
Thiago César Cavalcante de Vasconcelos	
Estéfanny Dhesirée Paredes Pereira	
Francicléa Avelino Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS IMPLICAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA CIDADE DE JI-PARANÁ (RO), SUDOESTE DA AMAZÔNIA	
Victor Nathan Lima da Rocha	
Nara Luísa Reis de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
APLICAÇÃO DO MODELO LANDGEM PARA ESTIMAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PB	
Dayse Pereira do Nascimento	
Monica Carvalho	
Susane Eterna Leite Medeiros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BATIDAS DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL E SEU EFEITO NO RENDIMENTO	
Letícia Passos da Costa	
Dian Lourençoni	
Mariela Regina da Silva Pena	
Vinícius Pereira Mello Ribeiro	
César Barbieri	
Otávio Augusto Carvalho Nassur	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>47</b>
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO	
Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	
Laércio Ferro Camboim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 60**

DESEMPENHO DE TENSÍOMETRO DIGITAL NO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM UM CAMBISSOLO

Luiz Eduardo Vieira de Arruda  
Sérgio Luiz Aguilar Levien  
Vladimir Batista Figueirêdo  
José Francismar de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.4141916017**

**CAPÍTULO 8 ..... 67**

DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE AGREGADO DE MANEJO DE AGROTÓXICOS PARA A REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO – BA

Rogério César Pereira de Araújo  
Victor Emmanuel de Vasconcelos Gomes  
Rosângela Santiago Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.4141916018**

**CAPÍTULO 9 ..... 83**

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO SOBRE A POROSIDADE, MICRO E MACROPOROSIDADE EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS

Debora Oliveira Gomes  
Cleidiane Alves Rodrigues  
Aline Noronha Costa  
Layse Barreto de Almeida  
Fernanda Paula Sousa Fernandes  
Vicente Bezerra Pontes Junior  
Michel Keisuke Sato  
Daynara Costa Vieira  
Augusto José Silva Pedroso

**DOI 10.22533/at.ed.4141916019**

**CAPÍTULO 10 ..... 89**

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Jhon Lennon Bezerra da Silva  
Geber Barbosa de Albuquerque Moura  
Fabrício Marcos Oliveira Lopes  
Ênio Farias de França e Silva  
Pedro Francisco Sanguino Ortiz  
Frederico Abraão Costa Lins

**DOI 10.22533/at.ed.41419160110**

**CAPÍTULO 11 ..... 99**

MANEJO, PERCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS DO MUNICÍPIO DE ARARUNA-PB

Lucas Moura Delfino  
Anderson Oliveira de Sousa  
Luiz Ricardo da Silva Linhares  
Felipe Augusto da Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.41419160111**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>107</b>
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA	
Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho Zorai de Santana dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>111</b>
O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE	
Fernanda Coletti Pires Sônia Regina Paulino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO E INJUSTIÇA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA COOPERATIVA DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC)	
Viviane Kraieski de Assunção Vitória de Oliveira de Souza Mario Ricardo Guadagnin Leandro Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>144</b>
PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Gabriela Rodrigues da Costa Henderson Silva Wanderley	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL	
Geovane Barbosa Reinaldo Costa Helba Araújo de Queiroz Palácio José Ribeiro de Araújo Neto Daniel Lima dos Santos Diego Pereira de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>161</b>
“REFLEXÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM PROJETO DE EXTENSÃO: (RE) PENSAR A QUALIDADE SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE CARNES DOS MERCADOS PÚBLICOS DE CAVALEIRO E DAS MANGUEIRAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES/ PE, 2015-2017”	
Aline Clemente de Andrade Yuri Carlos Tiétre de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160117</b>	

**CAPÍTULO 18 ..... 170**

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E CAPACIDADE DE SUPORTE EM ÁREA IRRIGÁVEL NUMA FAZENDA EM QUIXERAMOBIM-CE

Francisca Luiza Simão de Souza  
Francisco Ezivaldo da Silva Nunes  
Edmilson Rodrigues Lima Junior  
Roberta Thércia Nunes da Silva  
Rildson Melo Fontenele  
Antonio Geovane de Morais Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.41419160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 176**

RESSUSCITAÇÃO CARDIO-RESPIRATÓRIA DE NEONATOS CANINOS NASCIDOS POR CESARIANA – RELATO DE CASO

Sharlenne Leite da Silva Monteiro  
Jacqueline Alves Itame  
Ana Clara Batisti Pasquali  
Camila Lima Rosa  
Luciana do Amaral Oliveira  
Carla Fredrichsen Moya Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.41419160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 182**

SERVIÇO SOCIAL: UMA INTERLOCUÇÃO COM A QUESTÃO AMBIENTAL

Adeilza Clímaco Ferreira  
Amanda Pereira Soares Lima  
Carla Montefusco de Oliveira  
Joselma Ramos Carvalho Santos  
Maria Angélica Barbosa Marinho de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.41419160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 192**

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO/SE

Neuma Rúbia Figueiredo Santana  
Antenor de Oliveira Aguiar Netto  
Inajá Francisco de Souza  
Carlos Alexandre Borges Garcia

**DOI 10.22533/at.ed.41419160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 200**

PRODUÇÃO DE FITOMASSA POR *Cratylia argentea* (FABACEAE) EM SISTEMA DE ALEIAS NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Walter José Rodrigues Matrangelo  
Virgínio Augusto Diniz Gonçalves,  
Savanna Xanti Gomes  
Iago Henrique Da Silva  
Leila de Castro Louback Ferraz  
Mônica Matoso Campanha

**DOI 10.22533/at.ed.41419160122**



**CAPÍTULO 23 ..... 214**

PROJETO LEITENERGIA: UM MODELO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA DE ORIGEM DE RESÍDUOS DE ANIMAIS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA: NO SUDOESTE DO PARANÁ

Carila Tiele Valendolfe Costa  
Almir Antônio Gnoatto  
Ana Claudia Schllemer dos Santos  
Cleverson Busso  
Izamara de Oliveira  
Diane Pilonetto

**DOI 10.22533/at.ed.41419160123**

**CAPÍTULO 24 ..... 218**

SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Sérgio Francisco Pichorim  
Adriano Ricardo de Abreu Gamba  
Karol de Freitas Champaoski  
Leonardo Henrique dos Santos Castilho

**DOI 10.22533/at.ed.41419160124**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 233**

## DESEMPENHO DE TENSÍMETRO DIGITAL NO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM UM CAMBISSOLO

### **Luiz Eduardo Vieira de Arruda**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

### **Sérgio Luiz Aguilar Levien**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

### **Vladimir Batista Figueirêdo**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

### **José Francismar de Medeiros**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

**RESUMO:** Nas últimas décadas, com o intuito de melhorar a produção e reduzir o consumo de água e energia, tem-se desenvolvido instrumentos, como os tensiômetros digitais, capazes de monitorar e armazenar dados de tensão de água no solo de forma contínua. Baseado no exposto objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho de tensiômetro digital no monitoramento da umidade do solo em um Cambissolo. Para a avaliação do desempenho dos tensiômetros digitais foram montados vasos com aproximadamente 60 L de solo e monitorada, em laboratório, a umidade do solo durante 72 h. Inicialmente foi aplicado um volume de 5 L de água, simulando uma irrigação, utilizando três (3) vazões (0,72; 1,52

e 2,50 L h<sup>-1</sup>), e posteriormente foi monitorada a redistribuição de água no solo. A aplicação de água foi realizada via irrigação localizada (irrigação por gotejamento superficial, usando microtubo como emissor). Os sensores foram instalados a uma distância de 0,09 m do gotejador nas profundidades de 0,05; 0,15 e 0,25 m. Os dados obtidos em laboratório foram comparados com os dados simulados com o modelo Hydrus 2D, utilizando os índices estatísticos coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), raiz quadrada do erro médio (RMSE) e erro absoluto médio (EAM). Os tensiômetros analisados apresentaram bom ajuste em relação ao modelo Hydrus, com altos valores de R<sup>2</sup> e baixos valores de RMSE e EAM. Os tensiômetros apresentam um tempo maior de resposta para rápidas variações de umidade. Os tensiômetros digitais podem ser utilizados para monitorar o movimento da água no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dinâmica de água no solo; Modelo numérico; Hydrus 2D.

**ABSTRACT:** In recent decades, in order to improve production and reduce water and energy consumption, instruments such as digital tensiometers have been developed to continuously monitor and store soil water tension data. Based on the above, this study aimed to evaluate the performance of a digital tensiometer in the monitoring of soil moisture in

a Inceptisol. In order to evaluate the performance of digital tensiometers, pots with approximately 60 L of soil were mounted and the soil moisture was monitored for 72 h in the laboratory. Initially, a volume of 5 L of water was applied, simulating an irrigation, using three (3) flow rates (0.72, 1.52 and 2.50 L h<sup>-1</sup>), and later the redistribution of water in the soil was monitored. The application of water was performed via localized irrigation (surface drip irrigation, using microtube as emitter). The sensors were installed at a distance of 0.09 m from the dripper at depths of 0.05; 0.15 and 0.25 m. The data obtained in the laboratory were compared with the data simulated with the Hydrus 2D model, using the statistical coefficients of determination (R<sup>2</sup>), square root mean error (RMSE) and mean absolute error (EAM). The tensiometers analyzed presented a good fit in relation to the Hydrus model, with high values of R<sup>2</sup> and low values of RMSE and EAM. Tensiometers have a longer response time for fast moisture variations. Digital tensiometers can be used to monitor the movement of water in the soil.

**KEYWORDS:** Soil water dynamics; Numerical model; Hydrus 2D.

## 1 | INTRODUÇÃO

Monitorar a quantidade de água no solo disponível às plantas, durante a produção agrícola, é primordial para a realização do manejo eficiente da irrigação, o qual acarretará em melhor desempenho das culturas, tanto em termos de rendimento como de qualidade, maximizando a produção, otimizando o uso dos recursos hídricos e diminuindo o consumo de energia, e, conseqüentemente, com redução do custo de produção (HUISMAN et al., 2003; DUKES et al. 2010; MONTESANO et al., 2015).

Para a quantificação da disponibilidade de água no solo para as plantas é necessária a utilização de ferramentas simples e precisas, que auxiliem o produtor na tomada de decisão, informando quanto de água tem no solo e, com isto, o produtor saberá o quanto de água deve ser aplicado, aumentando assim a eficiência de uso da água, recurso este cada vez mais limitado (THALHEIMER, 2013).

Os métodos para determinação da umidade do solo são divididos em: direto, onde a umidade do solo é determinada usando a diferença entre as massas de uma amostra de solo antes e depois de seca e os indiretos, que precisam de calibração em função das características do solo e podem ser baseados em medidas da moderação de nêutron, da resistência do solo à passagem de uma corrente elétrica, da constante dielétrica do solo ou da tensão da água no solo (TEIXEIRA; COELHO, 2005; DOBRIYAL et al., 2012).

Dentre os métodos de medição indireta destaca-se o tensiômetro, por ser de fácil manuseio e apresentar um menor custo, quando comparado aos demais equipamentos. Nas últimas décadas tem-se desenvolvido novos modelos que apresentam a possibilidade de monitorar e armazenar os dados da tensão de água no solo, de forma contínua (ARRUDA et al., 2017), além da possibilidade de automação do sistema de irrigação (MONTESANO et al., 2015).

Baseado no exposto objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho de tensiômetro digital no monitoramento da umidade do solo em um Cambissolo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no anexo I do Laboratório de Irrigação e Salinidade, pertencente à área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA), lado oeste do Campus Central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró, Rio Grande do Norte. O experimento instalado teve a temperatura controlada e constante de 25 °C.

Para o monitoramento da umidade do solo foram utilizados vasos de aproximadamente 60 L cada, preenchidos com um solo, representativo da região semiárida nordestina, classificado como Cambissolo, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (SANTOS et al., 2013). Cada vaso foi posicionado sobre apoios, para facilitar o nivelamento. Em cada vaso, previamente perfurado no fundo (com a função de drenagem), foi colocada uma manta geotêxtil, para evitar a translocação do solo e consequente obstrução dos drenos. Acima desta foi colocada uma camada de brita de 0,03 m e logo acima outra manta geotêxtil, para impedir a mistura do solo com a brita e consequente redução da eficiência do dreno.

Em seguida os vasos foram preenchidos com o referido solo, sendo acrescentados volumes de solo predeterminados a cada 0,10 m e realizado uma leve compactação para que a massa específica do ficasse próxima a 1,50 g cm<sup>-3</sup>.

Os tensiômetros digitais avaliados foram desenvolvidos e são apresentados por Arruda et al. (2017). Estes possuem como característica, o uso de cápsulas cerâmicas de menores dimensões quando comparados aos tensiômetros convencionais normalmente utilizados, devido à necessidade de determinações de tensões pontuais, fornecendo uma maior precisão nas leituras, principalmente em experimentos de laboratório. Além disso, utilizam um sistema de aquisição e armazenamento de dados ao longo do tempo, que serve para auxiliar na melhor compreensão da dinâmica da água no solo.

Outra vantagem deste equipamento quando comparado com os tensiômetros convencionais é que, depois de instalados, praticamente não há mais contato do operador com o tensiômetro, minimizando o risco de quebra da cápsula porosa e deslocamento do mesmo, o que poderia ocasionar danos ao equipamento.

Para a avaliação do desempenho dos tensiômetros digitais o experimento foi conduzido durante 72 h, em laboratório, sendo que inicialmente foi aplicado um volume de 5 L de água, simulando uma irrigação, utilizando três (3) vazões (0,72; 1,52 e 2,50 L h<sup>-1</sup>), e posteriormente foi monitorada a redistribuição de água no solo. Cada vazão correspondia a um tratamento diferente. A aplicação de água foi realizada via irrigação localizada (irrigação por gotejamento superficial, usando microtubo como emissor). Os



sensores foram instalados a uma distancia de 0,09 m do gotejador nas profundidades de 0,05; 0,15 e 0,25 m, conforme Figura 1.

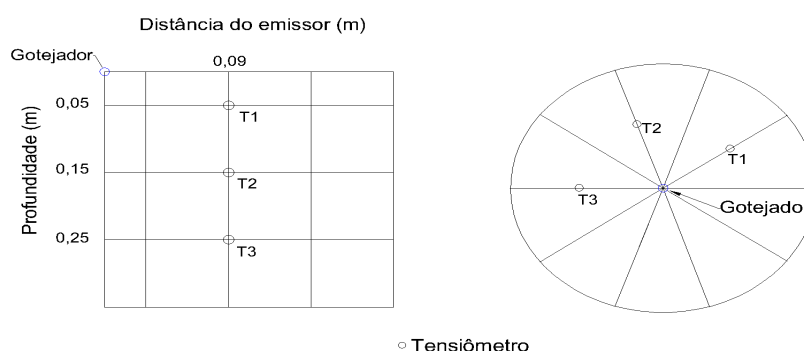


Figura 1 - Disposição dos tensiômetros no solo para monitorar a dinâmica de água no solo: (A) corte transversal; (B) vista superior

Os tensiômetros digitais coletavam dados a cada 25 segundos até completar o tempo pré-determinado (72 h), porém os dados tabulados corresponderam a intervalos de 15 minutos.

Para correlação dos dados de tensão, obtidos com os tensiômetros, com a umidade do solo foram elaboradas curvas de retenção através de amostras indeformadas, coletadas logo após o termino de cada tratamento, utilizando anéis amostradores de 0,05 m de diâmetro por 0,03 m de altura. As tensões aplicadas foram: 0; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 100; 300; 500; 800; 2000; 5000; 10000 e 15000 cm. Para as baixas tensões, até 50 cm, utilizou-se placas de areia; para as médias tensões 60 a 300 cm a mesa de tensão; e acima destes valores as câmaras de Richards de baixa e alta tensão.

Os dados obtidos em laboratório foram comparados com os dados simulados com o modelo Hydrus 2D. Este modelo vem apresentando resultados satisfatórios para simular o movimento de água no solo sob irrigação localizada (SKAGGS et al., 2004; LAZAROVITCH et al., 2009; KANDELOUS; SIMUNEK, 2010; LI et al., 2015).

Os dados de entrada do modelo Hydrus 2D (Tabela 1) constituem-se de parâmetros físico-hídricos do solo que incluem o teor residual de água volumétrica do solo ( $\theta_r$ ), o teor de água volumétrica do solo saturado ( $\theta_s$ ), a condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_s$ ) e os parâmetros de forma da curva de retenção de água no solo ( $\alpha$ ,  $n$  e  $l$ ), utilizados para calcular as funções hidráulicas do solo do modelo de van Genuchten. Além dos dados de vazão (0,72; 1,52 e 2,50 L h<sup>-1</sup>), tempo de aplicação de água (7,15; 3,15 e 2,00 h) e tempo total de simulação (72 h).

$\theta_s$	$\theta_r$	$\alpha$	$n$	$l$	$K_s$
cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	cm <sup>-1</sup>	-	-	cm h <sup>-1</sup>
0,4648	0,0968	0,0307	2,1812	0,50	4,00

Tabela 1 – Parâmetros de entrada do modelo Hydrus 2D do solo em estudo

Para a avaliação estatística dos dados utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a raiz quadrada do erro médio (RMSE) e o erro absoluto médio (EAM).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2 que, para a vazão de  $0,72 \text{ L h}^{-1}$  e tempo de monitoramento de 72 h, os tensiômetros apresentaram a mesma tendência de movimento de água no solo quando comparados com os dados simulados com o modelo Hydrus 2D, sendo que, de modo geral, aqueles proporcionaram maiores valores em todas as profundidades, ou seja, os tensiômetros superestimaram os valores de umidade do solo.

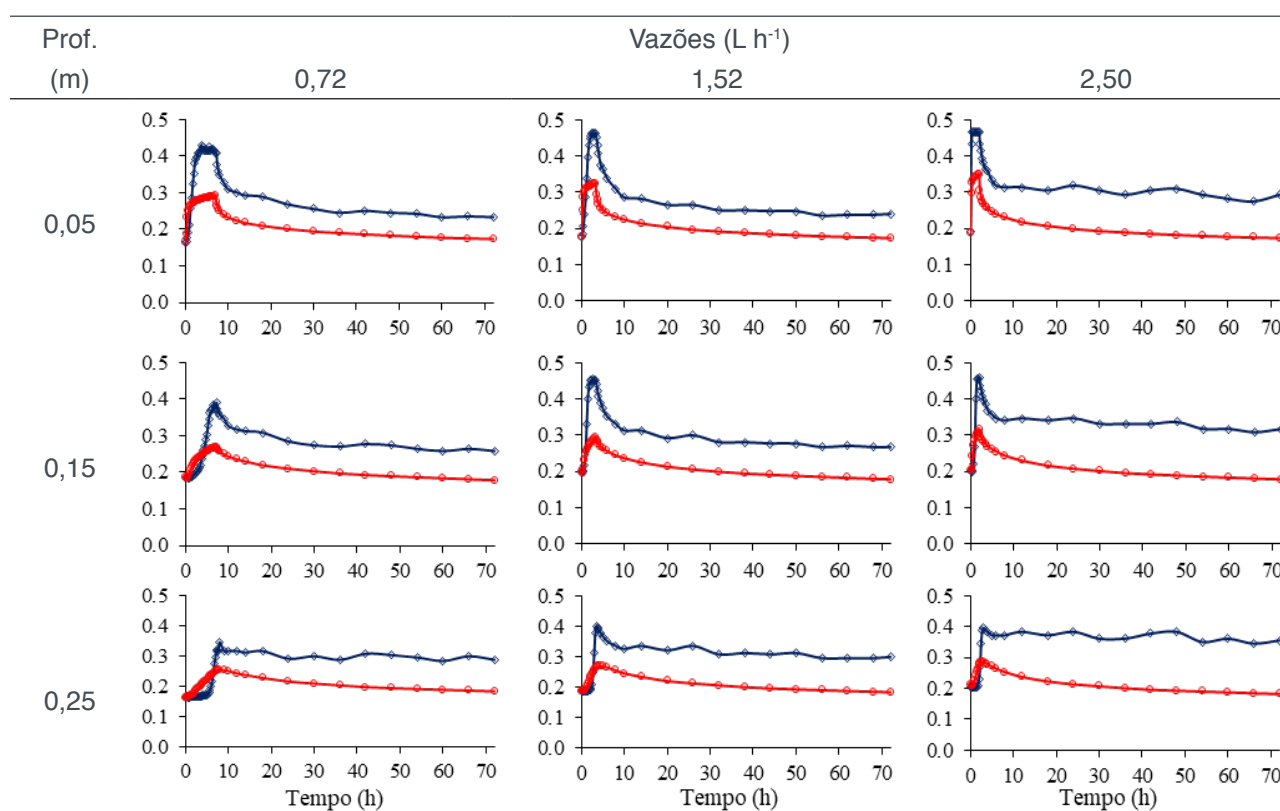


Figura 2 – Valores de umidade do solo, durante a distribuição e a redistribuição de água no solo, em função do tempo, obtidos com os tensiômetros digitais e simulados com o modelo HYDRUS 2D, para as vazões de  $0,72$ ;  $1,52$  e  $2,50 \text{ L h}^{-1}$

Considerando as demais vazões,  $1,52$  e  $2,50 \text{ L h}^{-1}$ , estas apresentaram menor uniformidade considerando os gráficos acima, sendo que, em todas as profundidades, os dados obtidos com os tensiômetros superestimaram os dados simulados com o modelo, porém, em maior proporção em relação a menor vazão.

Nota-se ainda que, os tensiômetros apresentaram respostas contundentes à aplicação de água, evidenciada pela rápida variação nas leituras dos tensiômetros, mais próximos à fonte de emissão de água, considerando as três vazões aplicadas. Essas variações nas leituras foram acontecendo nos tensiômetros, instalados a maiores profundidades, à medida que a água avançava no solo e após cessar a

aplicação de água (depois de 7,00; 3,25 e 2,00 h de irrigação, respectivamente), o solo foi secando gradativamente, como observa-se na Figura 2 o comportamento tanto do modelo quanto dos tensiômetros.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise estatística dos dados obtidos com o tensiômetro digital e os simulados com o modelo Hydrus 2D.

Vazão	Profundidade	R <sup>2</sup>	RMSE	EAM
L h <sup>-1</sup>	m	-	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>
0,72	0,05	0,8162	0,0478	0,0436
	0,15	0,6302	0,0448	0,0394
	0,25	0,8462	0,0403	0,0303
1,52	0,05	0,6710	0,0573	0,0479
	0,15	0,9615	0,0729	0,0633
	0,25	0,9175	0,0679	0,0528
2,50	0,05	0,9486	0,0596	0,0567
	0,15	0,7497	0,0760	0,0697
	0,25	0,6256	0,0894	0,0743

Tabela 2 - Análise estatística dos dados observados e simulados, para as diferentes vazões e profundidades

Os dados obtidos com o tensiômetro digital apresentaram pouca variação (R<sup>2</sup> acima de 0,60), quando comparados com os simulados com o modelo Hydrus 2D, ou seja, houve um bom ajuste.

Os parâmetros estatísticos RMSE e EAM ficaram próximos a zero, indicando um menor afastamento dos dados observados com os simulados. Porém, o tratamento que apresentou melhor concordância foi o de menor vazão. Isto sugere que, o tensiômetro, por ser constituído de uma cápsula porosa, seja menos sensível a variações rápidas de umidade do solo. Logo, quanto maior a vazão, maior o fluxo de água no solo, e conseqüentemente menor o tempo de resposta do tensiômetro, haja vista que a cápsula porosa necessita de um tempo maior para entrar em equilíbrio com a solução do solo.

#### 4 | CONCLUSÕES

Os tensiômetros analisados apresentaram bom ajuste em relação ao modelo Hydrus, com altos valores de R<sup>2</sup> e baixos valores de RMSE e EAM.

Os tensiômetros apresentam um tempo maior de resposta para rápidas variações de umidade.

Os tensiômetros digitais podem ser utilizados para monitorar o movimento da água no solo.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, L. E. V.; FIGUEIRÊDO, V. B.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F. Desenvolvimento de um tensiômetro digital com sistema de aquisição e armazenamento de dados. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 11-20, 2017.
- DOBRIYAL, P.; QURESHI, A.; BADOLA, R.; HUSSAIN, S. A. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 458-459, p.110-117, 2012.
- DUKES, M. D.; ZOTARELLI, L.; MORGAN, K. T. Use of irrigation technologies for vegetable crops in Florida. **HortTechnology**, Alexandria, v. 20, n. 1, p. 133-142, 2010.
- HUISMAN, J. A.; HUBBARD, S. S.; REDMAN, J. D.; ANNAN, A. P. Measuring soil water content with ground penetrating radar: a review. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 2, n. 4, p. 476-491, 2003.
- KANDELOUS, M. M.; SIMUNEK, J. Comparison of numerical, analytical and empirical models to estimate wetting pattern for surface and subsurface drip irrigation. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 28, n. 5, p. 435-444, 2010.
- LAZAROVITCH, N.; POLLTON, M.; FURMAN, A.; WARRICK, A. W. Water distribution under trickle irrigation predicted using artificial neural networks. **Journal of Engineering Mathematics**, Amsterdam, v. 64, n. 2, p.207-218, 2009.
- LI, X. Y.; SHI, H. B.; SIMUNEK, J.; GONG, X. W.; PENG, Z. Y. Modeling soil water dynamics in a drip-irrigated intercropping field under plastic mulch. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 33, n. 4, p. 289-302, 2015.
- MONTESANO, F. F.; SERIO, F.; MININNI, C.; SIGNORE, A.; PARENTE, A.; SANTAMARIA, P. Tensiometer-based irrigation management of subirrigated soilless tomato: effects of substrate matrix potential control on crop performance. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 6, article 1150, 11 p., 2015.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SKAGGS, T. H.; TROUT, T. J.; SIMUNEK, J.; SHOUSE, P. J. Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 130, n. 4, p. 304-310, 2004.
- TEIXEIRA, A. S.; COELHO, S. L. Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 367-376, 2005.
- THALHEIMER, M. A low cost electronic tensiometer system for continuous monitoring of soil water potential. **Journal of Agricultural Engineering**, Pavia, v. 44, n. 3, p. 114-119, 2013.



## SOBRE OS ORGANIZADORES

**JORGE GONZÁLEZ AGUILERA** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialização em Biotecnologia Vegetal 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. Tem atuado 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 978-85-7247-041-4

