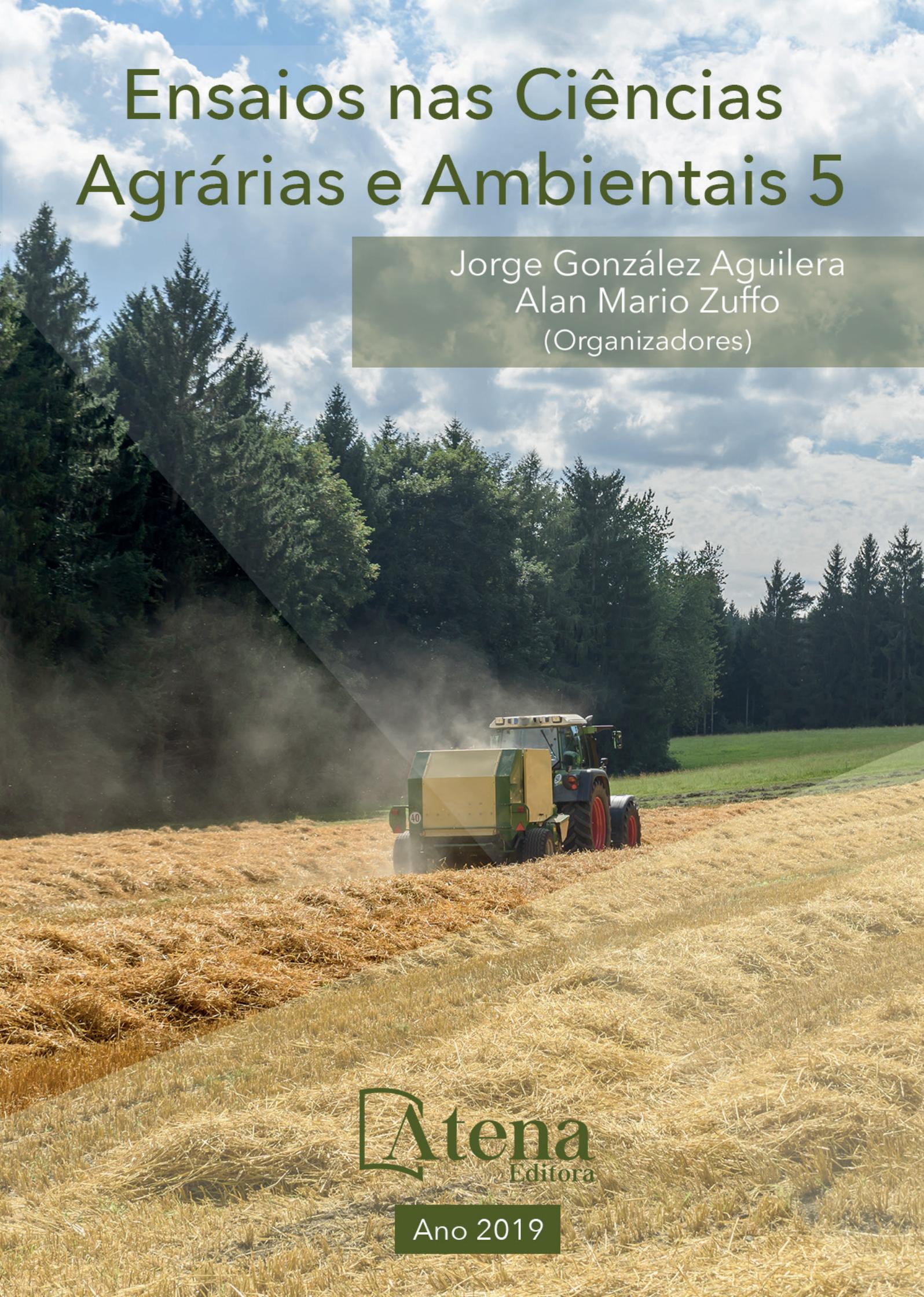


Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 5

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 Ensaio nas ciências agrárias e ambientais 5 [recurso eletrônico] /
Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaio 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

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

CAPÍTULO 1	1
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	
DOI 10.22533/at.ed.4141916011	
CAPÍTULO 2	10
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	
DOI 10.22533/at.ed.4141916012	
CAPÍTULO 3	18
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	
DOI 10.22533/at.ed.4141916013	
CAPÍTULO 4	31
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	
DOI 10.22533/at.ed.4141916014	
CAPÍTULO 5	42
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	
DOI 10.22533/at.ed.4141916015	
CAPÍTULO 6	47
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO	
Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	
Laércio Ferro Camboim	
DOI 10.22533/at.ed.4141916016	

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

CAPÍTULO 12	107
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA	
Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho Zorai de Santana dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.41419160112	
CAPÍTULO 13	111
O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE	
Fernanda Coletti Pires Sônia Regina Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.41419160113	
CAPÍTULO 14	128
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	
DOI 10.22533/at.ed.41419160114	
CAPÍTULO 15	144
PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Gabriela Rodrigues da Costa Henderson Silva Wanderley	
DOI 10.22533/at.ed.41419160115	
CAPÍTULO 16	150
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	
DOI 10.22533/at.ed.41419160116	
CAPÍTULO 17	161
“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	
DOI 10.22533/at.ed.41419160117	

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

SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Sérgio Francisco Pichorim

DAELN - Departamento Acadêmico de Eletrônica,
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Curitiba, PR, Brasil
CPGEI - Curso de Pós-Graduação em
Eng. Elétrica e Informática Indust., UTFPR
-Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, PR, Brasil

Adriano Ricardo de Abreu Gamba

DAELN - Departamento Acadêmico de Eletrônica,
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Curitiba, PR, Brasil

Karol de Freitas Champaoski

DAELN - Departamento Acadêmico de Eletrônica,
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Curitiba, PR, Brasil

Leonardo Henrique dos Santos Castilho

CPGEI - Curso de Pós-Graduação em
Eng. Elétrica e Informática Indust., UTFPR
-Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, PR, Brasil

Tem sido constante o crescimento do número de pesquisas que envolvem tecnologias voltadas à agricultura. Diversas soluções tecnológicas e análises são propostas a fim de oportunizar investimentos, reduzir custos e melhorar o processo produtivo como um todo. Em conjunto, centros de pesquisa localizados em diferentes estados brasileiros estão

desenvolvendo tecnologias de âmbito nacional e regional buscando, na maioria das vezes, gerar soluções adaptadas às necessidades locais de cada região (AVILA, 2017).

Nesse contexto, a análise de umidade do solo se torna preponderante e diferencial na agricultura de precisão. Decorrendo um aumento crescente em pesquisas relacionadas a redes de monitoramento, utilizando sistemas telemétricos para obter diversos parâmetros preponderantes além da umidade, como: temperatura, pH e nível de água (MEKALA et al, 2017). Outras áreas que também se utilizam da umidade para seus benefícios são a engenharia civil e a biologia, pois permitem estudos como proliferação de organismos, nutrientes, como também, a supervisão da quantidade de água no entorno de encostas sob altos riscos de desabamento (PEREIRA et al, 2015; PICHORIM et al, 2014; AEMC, 2002).

O crescimento de tecnologias de monitoramento no campo da agricultura de precisão possibilita um melhor controle de custos, manutenção e aumento de performance. Dados de umidade obtidos através dessas tecnologias podem trazer informações mais precisas das condições do solo e irrigação (PASIEKA et al, 2015). Isso se faz possível, devido a utilização de uma comunicação *wireless* entre coletor e

sensores, também conhecida como RMS, *Remote Monitoring System*. Outra vantagem demonstrada através do uso de redes RMS é a possibilidade de espalhar diversos sensores na área desejada e mensurar de maneira simultânea e em tempo real. Além de que, quando essa rede é inserida na internet através de um *gateway*, todas as informações podem ser armazenadas em nuvem, possibilitando assim que o usuário final as acesse quando bem entender, auxiliando a sua tomada de decisões (PATIL et al, 2016). Esse tipo de abordagem muito se assemelha com o conceito relativamente recente de internet das coisas, mostrando uma tendência de mudança na maneira em que a agricultura é desenvolvida, o que certamente traz uma grande contribuição para criar soluções muito mais inteligentes (MEKALA et al, 2017).

Tendo em vista esse quesito, todo sistema de monitoramento remoto necessita de sensores para a amostragem do ambiente. Dessa maneira, diversas pesquisas na área demonstram que os sensores capacitivos são promissores para determinação de umidade no solo (PICHORIM et al, 2014; GAO, 2018; BAI et al, 2013). Esses sensores funcionam basicamente sob o princípio da capacitância elétrica, que varia de acordo com a umidade do solo onde está inserido. Muitos deles também utilizam de um circuito oscilador ressonante (HCO, *Humidity Controlled Oscillator*) de frequência na ordem de kHz a MHz, para excitar os eletrodos buscando obter melhores resoluções na amostragem. Ainda nesse sentido, *softwares* de inteligência artificial podem auxiliar na discriminação e classificação dos dados obtidos (GAO, 2018).

Nesse estudo a tecnologia RFID foi utilizada para realizar a telemetria dos sensores de umidade, que foram incorporados a um dispositivo passivo de RFID (*tag*) capaz de ser alimentado com a própria energia induzida pela portadora do sinal UHF (868 ou 915 MHz). Apesar da tecnologia RFID ser amplamente utilizada para rastreamento e identificação de objetos, ela possui uma grande vantagem no âmbito de monitoramento remoto, que é a economia energética. Isso, levando em consideração que não há a necessidade de baterias para a alimentar o circuito de monitoramento. O que torna uma solução atrativa no conceito de internet das coisas, tendo em vista que uma das principais preocupações levantadas por diversas pesquisas é a eficiência energética (GUBBI et al, 2013).

Além da incorporação das tecnologias de HCO e de RFID, foram avaliados 2 tipos de configurações de sensores capacitivos (espiral quadrado e paralelo retangular), 2 tipos de bobinas bifilar em aberto quadradas e 1 sensor resistivo cilíndrico. Que foram utilizados para detectar a umidade do solo na faixa de 0% até 30%. Também foram realizados testes com várias configurações e leitura destes sensores integrados ao circuito do *tag* RFID, bem como testes de comunicação do sistema de telemetria com o receptor (*tag* e leitor).

MATERIAL E MÉTODOS

Dois sistemas telemétricos para medição de umidade no solo serão descritos e apresentados nessa seção: um que utiliza a tecnologia de rádio identificação RFID (do inglês, *radio frequency identification*) e outro que utiliza um oscilador controlado pela umidade HCO (do inglês, *humidity controlled oscillator*). Para o HCO, uma bobina bifilar em aberto é utilizada como sensor de umidade, onde a frequência do oscilador será variável com a umidade do solo. Para o RFID o circuito integrado do *transponder* tem a capacidade de ler sensores resistivos e/ou capacitivos que variam com a umidade. No total cinco sensores de umidade serão apresentados: duas bobinas bifilares, dois sensores capacitivos e um resistivo. No quadro 1 é mostrado um resumo dos tipos e características dos sensores usados em cada sistema.

Sistema	Sensor	Grandeza variável com a umidade
HCO	Bobina Bifilar A	Frequência
	Bobina Bifilar B	Frequência
RFID	Capacitor em espiral	Capacitância
	Capacitor placas paralelas	Capacitância
	Eletrodos em haste metálica	Resistência

Quadro 1: Sistemas telemétricos para medição de umidade do solo e seus sensores.

Sistema telemétrico via RFID

Gamba e Pichorim (2017) apresentam o sistema de telemetria via RFID para medição da umidade no solo, o qual é constituído de três partes: 1) um sensor que vai enterrado no solo, 2) um módulo passivo (*tag*) de leitura do sensor e transmissão da informação via UHF (ver figura 1A), e 3) um leitor UHF de RFID que recebe os dados lidos dos *tags* remotos. Neste sistema, conforme mostra o quadro 1, foram avaliados três tipos de sensores para umidade: dois capacitivos e um resistivo. Os sensores capacitivos (figura 1B), que foram desenhados em dois formatos, de trilhas em espiral e de trilhas em paralelo, medem a capacitância (C_s) do solo. Já o sensor resistivo (figura 1C), que é constituído de dois eletrodos montados em uma haste metálica (aço inox), mede a resistência do solo (R_s). Estas grandezas elétricas (C_s e R_s) têm uma alta correlação com o grau de umidade presente no solo. Para a leitura e transmissão passiva (sem fio e sem bateria) destas grandezas foi utilizado um módulo de RFID em UHF (868 ou 915 MHz) com entradas externas para sensores do tipo capacitivo e/ou resistivo. Este módulo passivo (*tag*) é construído com o circuito integrado SL900A. Para o leitor UHF remoto dos *tags* foi utilizado o leitor Newton. Tanto o *tag* como o leitor foram desenvolvidos pela empresa austríaca AMS (GAMBA & PICHORIM, 2017).

A medição à distância se tornou possível através do uso desse módulo de comunicação RFID, o qual é passivo (funciona sem bateria), e que além de medir a capacitância e a resistência dos sensores a ele conectados, pode ser programado e

lido remotamente via sinais de UHF por uma unidade leitora.

Assim sendo, a parte remota (ou *tag*) é composta do circuito integrado (CI) SL900A, uma antena dipolo e o sensor, conforme a figura 1A. O *tag* trabalha de forma passiva, ou seja, sem bateria, de maneira que a sua alimentação vem do próprio campo eletromagnético de frequência ultra-alta (UHF de 868 ou 915 MHz) gerado pela unidade leitora afastada de poucos metros. O alcance da comunicação depende apenas da unidade leitora, da sua potência e do ganho da sua antena. O *tag* vai operar parcialmente enterrado no solo, de forma que o CI e a antena ficam fora do solo, ligeiramente acima dele (em torno de 10 a 15 cm).

O CI acima mencionado possui entradas e modos de operação específicos para sensores resistivos/condutores e capacitivos, os quais foram testados a fim de se obter a configuração que permitisse a melhor leitura possível da faixa de valores que são medidos pelos sensores.

Já com relação à unidade leitora, foi utilizado o Newton *demo reader* da empresa AMS, o qual é um leitor pré-programado para se trabalhar com o CI SL900A. O leitor possui uma interface que permite a leitura e a configuração do *tag* a partir de um *software* dedicado no computador. Isso possibilita a mudança das configurações da interface sensora do *tag*, de seu modo de funcionamento, e a leitura da capacitância e/ou da resistência lidas nas entradas analógicas do CI.

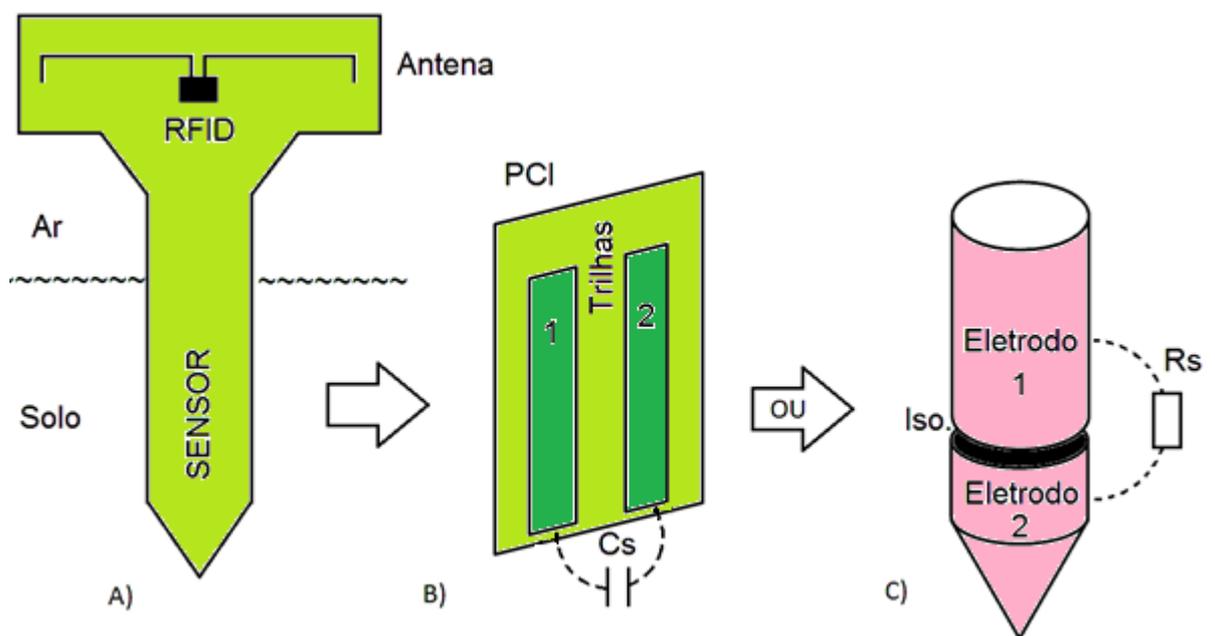


Figura 1: Sistema de telemetria com *tag* de RFID em UHF, os dois tipos de sensores utilizados e as grandezas medidas (C_s e R_s). A) Dispositivo RFID com a antena sobre o solo e extensão (sensor) inserida no solo. B) Sensor capacitivo construído em PCI para medir a capacitância C_s entre as trilhas. C) Sensor de haste metálica para medir a resistência R_s entre os eletrodos 1 e 2. Figura modificada de Gamba e Pichorim (2017).

Sistema telemétrico via HCO

As bobinas bifilares são constituídas por dois enrolamentos paralelos e foram desenvolvidas por Nikola Tesla para ter a capacitância intrínseca elevada em relação a bobinas comuns e dessa maneira sua frequência de autorressonância é

menor (DESTEFANI & PICHORIM, 2010; MIRANDA & PICHORIM, 2012). Além da configuração proposta por Tesla, uma nova configuração de bobinas bifilares em aberto foi desenvolvida (MIRANDA & PICHORIM, 2017). O circuito equivalente da bobina bifilar aberta é um circuito RLC em série, cuja frequência de ressonância é o ponto de mínima impedância elétrica (figura 2B). Se um capacitor externo for colocado em paralelo a ela (valor de 100 pF na figura 2A), esse circuito se assemelha a um circuito equivalente de um cristal de quartzo. Dessa forma também as curvas de impedância do cristal e a bobina bifilar são semelhantes. Assim, qualquer oscilador eletrônico a cristal pode também oscilar com a bobina bifilar em aberto.

Na engenharia eletrônica os cristais piezoelétricos são usados em osciladores pela sua alta precisão e estabilidade no valor da frequência. Ao contrário, a bobina bifilar varia a sua capacitância entre as trilhas conforme o meio (a umidade) em que está inserida, e dessa forma a sua frequência de oscilação é variável.

As características elétricas da bobina foram fundamentais para a escolha do circuito oscilador a cristal. O circuito escolhido utiliza portas digitais NAND (SCHERRER, s.d.) e foi acrescentado um capacitor cerâmico de 100 pF em paralelo à bobina bifilar, que tem a função de aproximar as frequências de ressonância e antirressonância, assim como ocorre com um cristal piezoelétrico. Desta forma, a frequência deste oscilador HCO irá variar (na faixa de MHz) fundamentalmente com a umidade.

A leitura da frequência do sinal na saída do HCO pode ser feita pelo *hardware* de um sistema telemétrico conforme pode ser visto na descrição do trabalho de Gao e colaboradores (GAO et al, 2018).

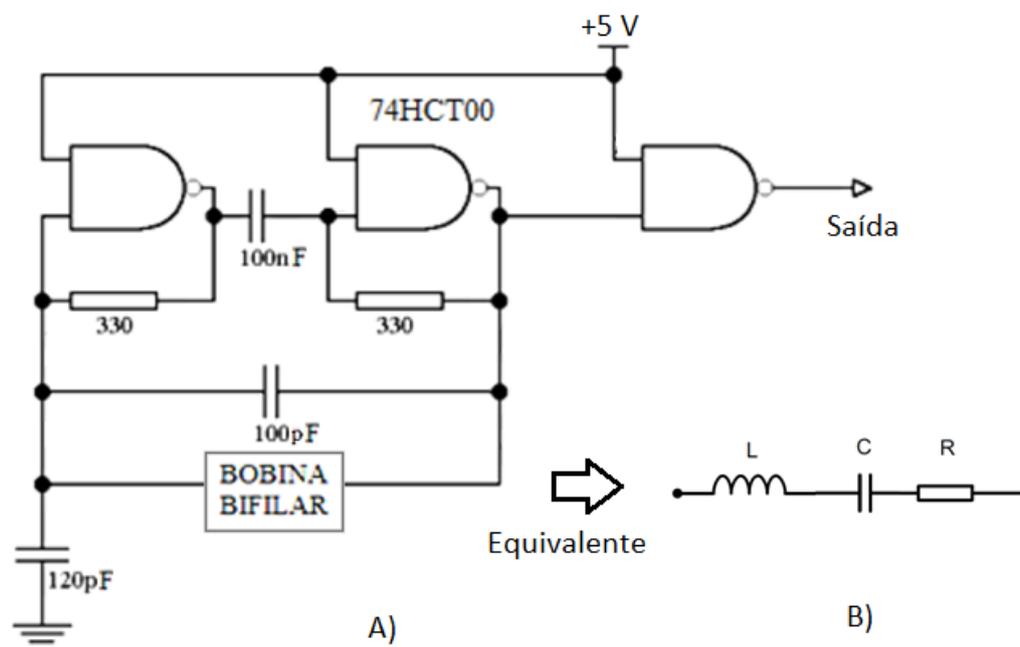


Figura 2: Sistema de telemetria com HCO (*humidity controlled oscillator*). A) circuito do oscilador controlado por umidade. B) O sensor utilizado é a bobina bifilar em aberto que equivale a um RLC série. Fonte: modificado de Scherrer (s.d.).

Descrição e caracterização dos sensores

Ao todo, cinco possibilidades de sensor que medem a umidade do solo através da medição da capacitância, da resistência ou da frequência (quadro 1) foram desenvolvidos e avaliados, conforme as figuras 1B, 1C e 2. Os três primeiros foram interligados ao sistema de RFID (figura 1A) e os dois últimas no HCO (figura 2). Os sensores utilizados, bem como suas características construtivas, são descritos a seguir:

- a. Sensor capacitivo paralelo: é constituído de 12 trilhas de cobre dispostas em paralelo sobre uma placa de circuito impresso (PCI), com largura das trilhas de 2 mm e 0,5 mm de separação. Esta PCI é revestida com uma tinta isolante para proteção. Toda a área útil deste sensor é de $30 \times 70 \text{ mm}^2$;
- b. Sensor capacitivo espiral: é constituído de um par de trilhas de cobre dispostas em um desenho espiral quadrado sobre uma PCI, com trilhas de largura de 0,5 mm, com 0,5 mm de separação. Esta PCI também é revestida com uma tinta isolante e a sua área útil é de $38 \times 38 \text{ mm}^2$;
- c. Sensor resistivo, que é constituído de uma haste metálica com dois eletrodos de aço inox em formato cilíndrico, com diâmetro de 10 mm, separados por um isolante de 5 mm e com área útil de aproximadamente 20 cm^2 ; e
- d. Sensores capacitivos com bobinas bifilares: são constituídos de bobinas bifilares de trilhas de cobre dispostas em um desenho espiral quadrado sobre uma PCI. Ambas as bobinas têm 36 espiras e diâmetro de 55 mm, com uma área útil é de $30,25 \text{ cm}^2$. A bobina denominada “A” tem trilhas com 0,508 mm de largura e espaçamento de 0,242 mm entre elas. Por outro lado, a bobina denominada “B” tem tanto a largura das trilhas quanto o espaçamento entre elas é de 0,375 mm (figura 3C).

Metodologia dos experimentos

Os experimentos realizados para se avaliar a umidade no solo com os sensores, bem como a caracterização mais específica dos sensores, do HCO, do *tag* e da unidade leitora de RFID estão descritos a seguir.

Amostras de solo foram coletadas e peneiradas com o intuito de evitar a presença de pedras e estruturas orgânicas maiores como raízes, folhas, galhos, etc. Após isso, o solo foi seco em um forno e colocado em copos de béquer (641 g de solo). Também os sensores (figura 3A) foram colocados para se realizar o experimento. As massas dos béqueres (197 g), dos sensores (23 g cada sensor) e do solo foram medidas com uma balança de precisão (GAMBA & PICHORIM, 2017). Por fim, o solo foi colocado no béquer e os sensores foram enterrados de modo que suas áreas úteis ficassem completamente submersas dentro do solo (figura 3B).

Para se calcular a quantidade de água presente no solo (PICHORIM et al, 2014), foram utilizadas as massas da amostra seca e úmida. Desta forma, a umidade gravimétrica (H) do solo é dada por

$$H = \frac{m_w - m_d}{m_d} \cdot 100\% = \frac{m_a}{m_d} \cdot 100\%$$

onde m_w é a massa de terra com água, m_d é a massa de solo seco utilizada na amostra, e m_a é a massa de água da amostra.

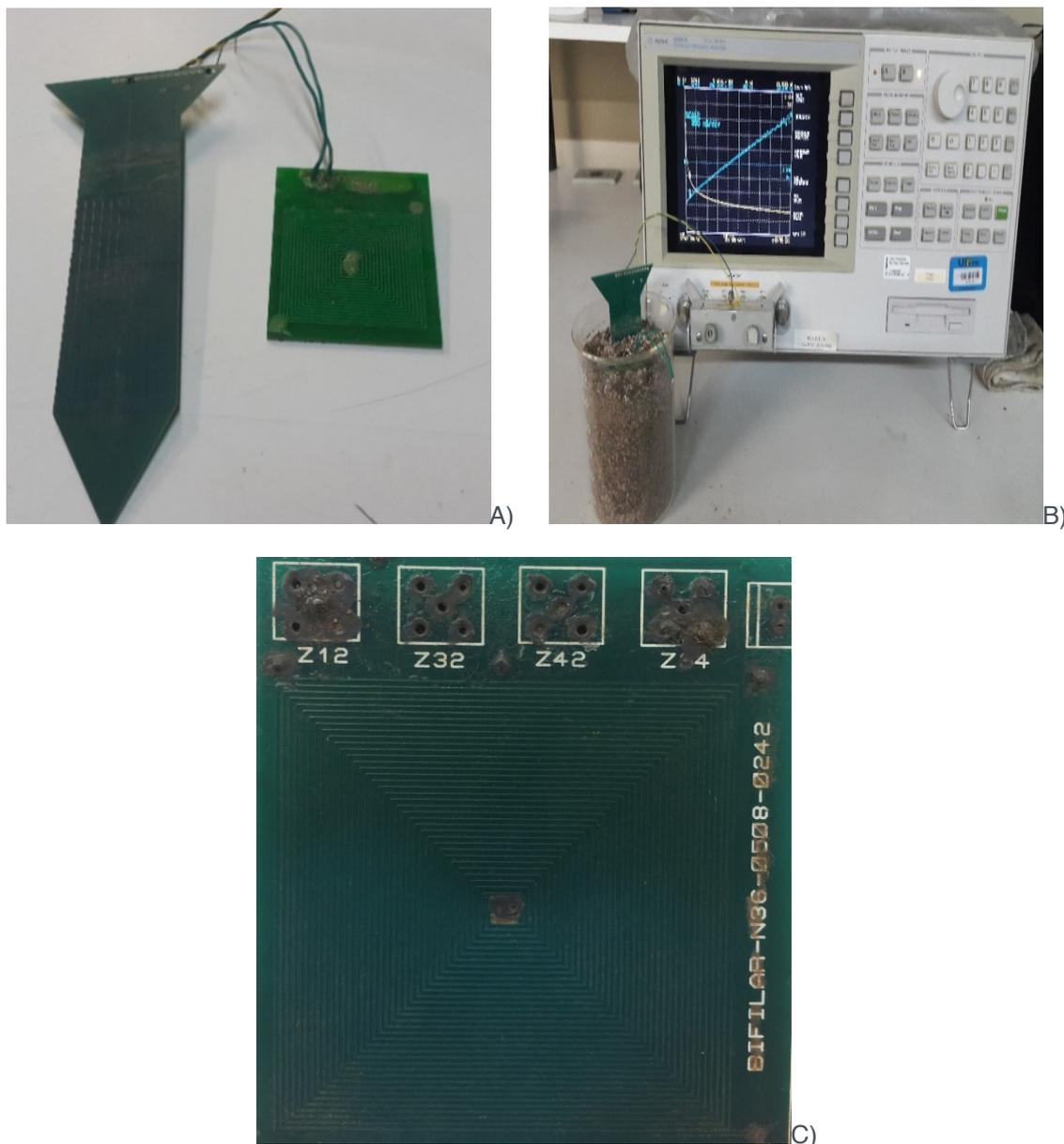


Figura 3: Fotografias do experimento de caracterização dos sensores capacitivos e bobina bifilar. A) Sensor paralelo à esquerda e sensor espiral à direita. B) Amostra de terra com os sensores e a tela do analisador de impedância utilizado. C) Bobina bifilar em aberto para o HCO. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Após registrados os dados iniciais da amostra, incluindo as medidas de capacitância (pF) do solo seco, um volume de água filtrada foi colocado no béquer com o solo. Assim, para a inserção de 175 g de água, a umidade do solo ficou em

aproximadamente 25%.

As medidas de capacitância (C_s) detectadas pelos sensores foram lidas pelo analisador de impedâncias Agilent 4294A (figura 3B), sempre na frequência de 2 kHz. Esta é a mesma frequência que o circuito integrado do RFID (SL900A) utiliza para a leitura da capacitância em sua entrada (GAMBA & PICHORIM, 2017).

Análise dos dados dos sensores capacitivos

Sobre os dados coletados da capacitância C_s foi feita a plotagem de gráficos para cada sensor em função da variação da umidade H . Uma análise estatística foi aplicada, principalmente para o ajuste destes valores através de uma função sigmoide, dada por

$$C_s = \frac{A - B}{1 + e^{\frac{H - C}{D}}} + B$$

onde os parâmetros indicam: A , o limite inferior da função C_s (em pF); B , o limite superior da função (em pF); C , o ponto de inflexão da curva (em %); e D é a largura (VASILIEF et al, 2001). O valor de H também deve ser entrado na equação em percentagem. Os ajustes e os gráficos foram gerados utilizando-se o *software* SciDAVis.

A partir dessa análise, foram obtidas as curvas e as equações que relacionam as capacitâncias medidas pelos sensores com a umidade do solo.

Análise dos dados do sensor resistivo

O sensor resistivo teve sua curva de característica levantada na prática através de um procedimento semelhante ao descrito acima (para os capacitivos). Contudo, a comparação das medições foi feita com um instrumento de referência. À vista disso, foi utilizado o medidor de umidade MO750 da empresa Extech Instruments Corporation. As resistências foram medidas através de um multímetro de bancada (Minipa). Com estes instrumentos, foram medidos valores de umidade que o sensor apresentava para vários valores de resistência, o que resultou em um gráfico que relaciona a resistência medida com a umidade do solo.

A partir deste gráfico, foram obtidas as curvas e as equações que relacionam as resistências medidas pelo sensor com a umidade do solo.

Análise dos dados das bobinas bifilares

O circuito HCO e seus sensores (bobinas bifilares A e B) tiveram suas curvas de característica levantadas na prática através de um procedimento semelhante ao descrito acima (para o resistivo e os capacitivos). Contudo, foi utilizado um osciloscópio digital da empresa Tektronix para a medição da frequência de saída. Os valores de frequência foram medidos para as diferentes umidades registradas no solo, o que resultou em um gráfico que relaciona a frequência medida com a umidade do solo.

A partir deste gráfico, foram obtidas as retas de regressão linear e as equações que relacionam as frequências medidas pelos dois sensores com a umidade do solo.

Para todos os experimentos descritos acima, ao longo do processo de secagem, as amostras de solo foram medidas periodicamente durante aproximadamente 2 meses, de maneira a se poder verificar a variação da umidade de uma maneira mais natural, onde o ambiente foi responsável por fornecer a energia térmica suficiente para secá-lo (GAMBA & PICHORIM, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das medições realizadas no experimento com as amostras de solo, foram feitos gráficos a fim de se representar as medidas realizadas e a aproximação destas com as respectivas curvas ajustadas. Foram obtidos também, através dos programas MSExccl e SciDAVis, os valores de correlação R^2 , que dizem respeito à concordância entre os pontos e a curva ajustada, e os coeficientes das equações das curvas sigmóides para C_s , das curvas exponenciais para R_s e das retas para f .

Assim sendo, a figura 4 apresenta a variação da capacitância (C_s) em função da variação da umidade do solo (H) com valores de R^2 de 0,9973 e 0,9971 para os sensores capacitivos de trilhas paralelas e em espiral, respectivamente (GAMBA & PICHORIM, 2017).

Os resultados mostram que as capacitâncias aumentam conforme a umidade do solo aumenta, e que estas se aproximam muito de uma função sigmoide (correlação sempre maior que 0,997). A variação do parâmetro elétrico C_s foi mais intensa da faixa de umidade entre 5% até 15%. Discrepâncias nos valores medidos devem-se principalmente à distribuição não homogênea da água na terra, à disposição dos sensores na amostra e à geometria dos sensores.

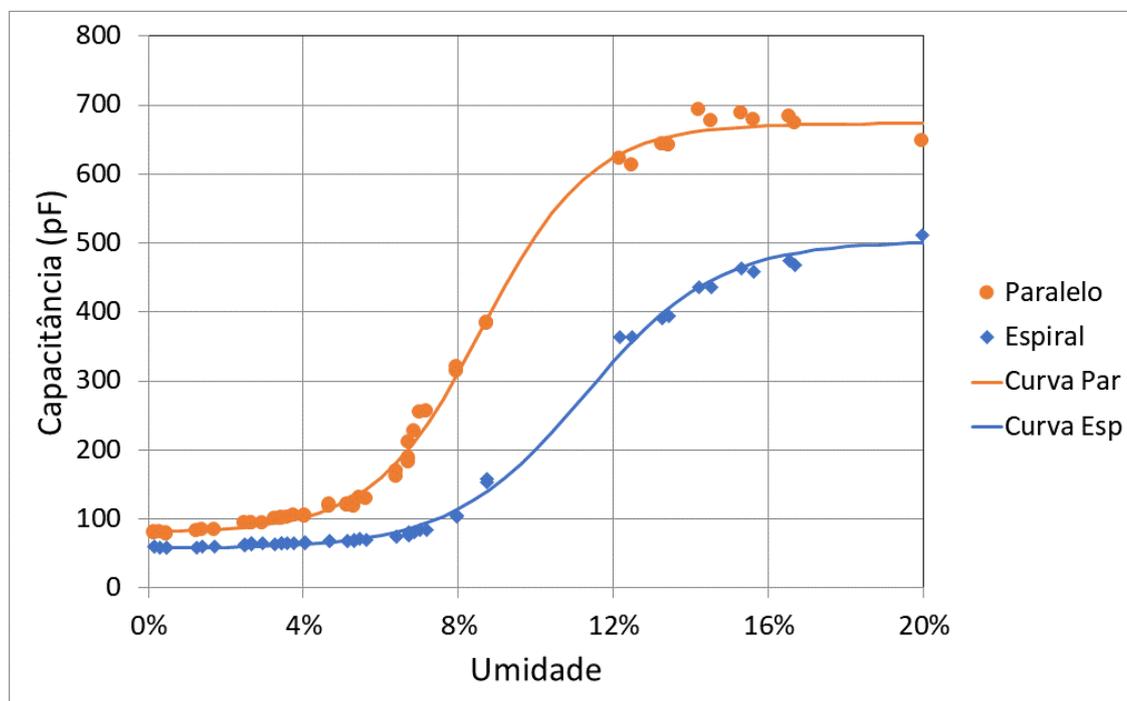


Figura 4: Curvas das capacitâncias (C_s) dos sensores em função da umidade da amostra de solo. Os pontos são os valores medidos e as curvas são obtidas pela equação 2 e as constantes dadas na tabela 1. Em alaranjado para o sensor com trilhas paralelas e em azul para o sensor com trilhas em espiral. Fonte: Modificado de Gamba e Pichorim (2017).

Os coeficientes obtidos para as curvas sigmóides geradas, baseando-se na equação 2, estão apresentados na tabela 1. A partir deles, é possível ter equações de calibração do sistema de telemetria. Ou seja, partindo-se das leituras remotas (via RFID) dos valores de capacitância (C_s) do sensor, pode-se determinar os valores da umidade do solo H . Desta forma, basta resolver a equação 2 a partir das constantes A , B , C e D do sensor. Ou seja

A tabela 2 mostra um comparativo entre os valores de capacitância (C_s) para ambos os sensores com o solo seco antes de começar o experimento e com o solo seco ao final do experimento (GAMBA & PICHORIM, 2017). Nota-se que as capacitâncias medidas ficaram próximas, indicando que os parâmetros elétricos do solo não mudaram significativamente com a realização do experimento.

Sensor	Coeficientes			
	A (pF)	B (pF)	C (%)	D
Paralelo	80,699	673,391	8,622	1,406
Espiral	57,167	503,002	11,254	1,703

Tabela 1: Coeficientes da equação 2 para a capacitância C_s determinados pela análise realizada pelo *software* SciDAVis. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Situação	Sensor Paralelo	Sensor Espiral	Umidade
	Cs (pF)	Cs (pF)	
Antes	75,82	65,59	0%
Depois	79,61	60,49	0,2%

Tabela 2: Comparativo da terra seca antes e depois do experimento. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Por outro lado, para o sensor resistivo constituído dos dois eletrodos cilíndricos da figura 1C, obteve-se um comportamento diferenciado quando do solo mais seco em relação ao mais úmido. A figura 5 apresenta o gráfico obtido, utilizando-se o sensor resistivo, a partir da análise da variação da resistência R_s em função das umidades medidas pelo instrumento de referência (MO750). Observa-se que para solo seco (umidade menor que 7% ou R_s maior que 7 kW) a curva de tendência é uma função exponencial com R^2 de 0,9638. Já para solo mais úmido ($H > 7\%$ ou R_s menor que 7 kW) a curva é uma função potência com R^2 de 0,9964 (GAMBA & PICHORIM, 2017). Assim, como nos sensores capacitivos, os coeficientes das equações de ajuste (boxes na figura 5) podem ser utilizados para a calibração do sistema telemétrico via UHF RFID.

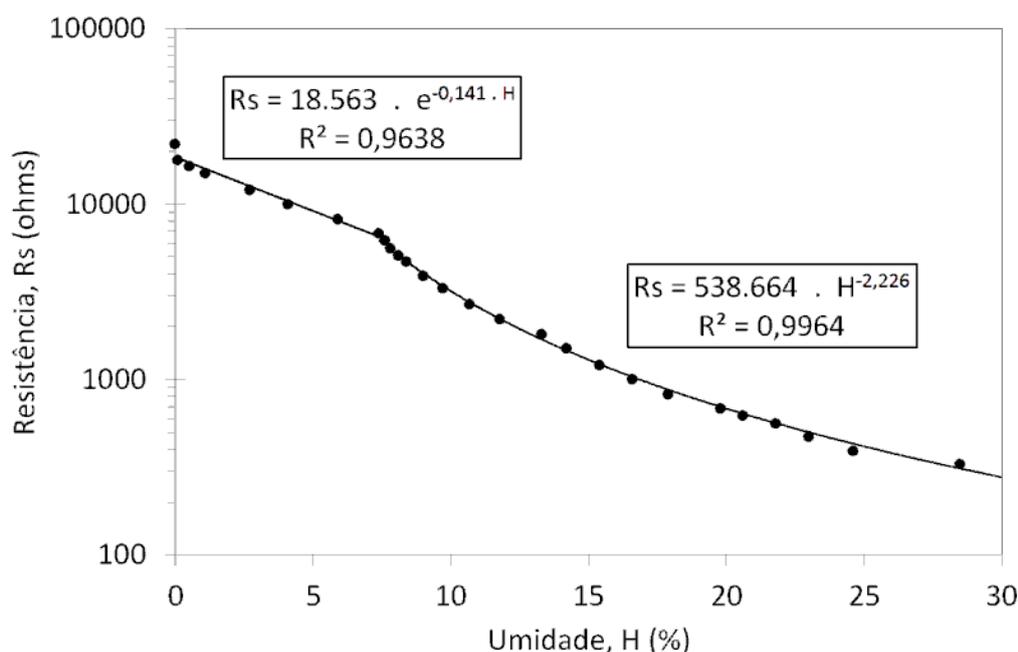


Figura 5: Variação da resistência R_s do sensor resistivo com a umidade do solo. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Além disso, testes de leitura telemétrica de capacitância e resistência via RFID foram realizados. Estes testes consistiram na comparação dos valores de C_s e R_s presentes nas entradas analógicas do CI SL900A com os valores lidos pelo leitor de RFID a uma distância de 30 cm. Nas medições da capacitância e resistência, os erros médios foram de 11,5% (faixa entre 33 e 680 pF) e 7,7% (faixa de 470 Ω a 47 k Ω), respectivamente. Os maiores erros de capacitância (19,8%) e de resistência (54,6%) foram encontrados quando os valores estavam nos limites extremos da faixa

de operação (GAMBA & PICHORIM, 2017).

Os resultados das frequências (f) medidas do oscilador controlado por umidade (HCO) para os dois sensores, em função da variação da umidade da amostra de solo, podem ser vistos na figura 6. Os pontos representam os valores medidos e as retas foram obtidas pela regressão linear (cujas equações estão indicadas nos *boxes* de mesma cor). Em alaranjado estão os valores para o sensor A e em azul para o sensor B.

Observa-se nessa figura que a frequência do oscilador acompanhou linearmente a umidade da amostra. Quanto mais úmido for o solo menor é a frequência de oscilação do circuito HCO.

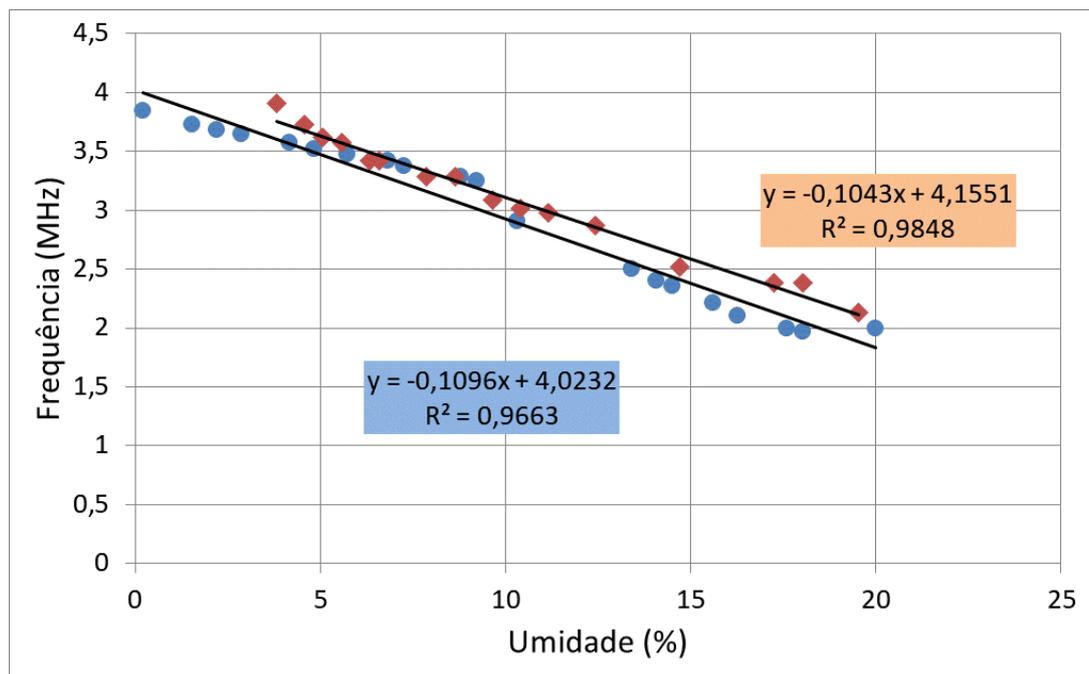


Figura 6: Curvas das frequências (f) do oscilador controlado por umidade (HCO), para os dois sensores, em função da umidade da amostra de solo. Os pontos são os valores medidos e as retas são obtidas pela regressão linear (equações estão nos *boxes*). Em alaranjado para o sensor A e em azul para o sensor B.

A primeira bobina bifilar (sensor A, em alaranjado na figura 6) obteve uma frequência de 2,128 MHz com 20% de umidade e elevou f para 3,904 MHz com o solo mais seco ($H=3\%$). Esse sensor obteve um comportamento mais linear (correlação de 0,9848) e uma sensibilidade de 0,1043 MHz/%.

Já a segunda bobina bifilar (sensor B, em azul na figura 6) uma frequência de 2,000 MHz foi medida quando o solo tinha 20% de umidade e essa frequência subiu para 3,847 MHz quando a amostra estava seca. Esse segundo sensor foi um pouco mais sensível que o primeiro, com uma sensibilidade de 0,1096 MHz/%. Apesar deste sensor ter um comportamento um pouco menos linear (correlação de 0,9663), esse valor ainda pode ser considerado bastante satisfatório.

CONCLUSÕES

Os parâmetros elétricos dos cinco sensores desenvolvidos e aqui apresentados têm boa correlação com a umidade do solo e, através das equações de calibração, podem ser utilizados para medição desta grandeza.

Os resultados obtidos com o HCO comprovaram que as bobinas bifilares podem ser utilizadas também como sensores de umidade, apresentando um comportamento bastante linear e com uma alta sensibilidade.

O uso da tecnologia de RFID com o CI SL900A permite que sensores possam ser incorporados ao *tag* passivo, desta forma possibilitando a transferência de informações em UHF para um leitor ligado a um computador. Assim, o sistema via RFID em UHF, aqui apresentado, se mostra capaz de medir telemetricamente a umidade do solo.

Em virtude disso, estas soluções podem facilitar as atividades em várias áreas da agricultura, além de outros setores, e ainda, abre espaço para que diversas outras aplicações possam ser estudadas e implantadas no futuro.

REFERÊNCIAS

AEMC Instruments. “Why Measure Soil Resistivity?,” 2002, Disponível em <<http://lgstatic.transcat.com/media/pdf/App-Ground-SoilResistivity.pdf>>. Acessado em 14 maio, 2018.

BAI, W.; KONG, L.; GUO, A. “Effects of physical properties on electrical conductivity of compacted lateritic soil”. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Wuhan, 3 jun. 2013. p.406.

DESTEFANI F. A. & PICHORIM S. F. “Estudo de Bobina Bifilar de Tesla como Sensor para Engenharia Biomédica”, *XXII CBEB*, 2010.

GAMBA, A. R. A., PICHORIM, S. F. “Sistema Telemétrico via RFID em UHF para Medição da Umidade do Solo”. In: *XI Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAgro 2017)*, 2017, Campinas, SP. Anais do SBIAgro 2017, 2017.

GAO, Z., Y. ZHU, C. LIU, H. QIAN, W. CAO, J. NI, “Design and Test of a Soil Profile Moisture Sensor Based on Sensitive Soil Layers”, *Sensors* 2018, vol. 18, n. 5, 1648; <https://doi.org/10.3390/s18051648>.

GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSIC, S., & PALANISWAMI, M. (2013). “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions.” *Future Generation Computer Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>

MEKALA, M. S., & VISWANATHAN, P. A “Survey: Smart agriculture IoT with cloud computing.” *International Conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems, ICMDCS 2017*, jan 2017.

MIRANDA C. M. & PICHORIM S. F. “A Self-Resonant Two-Coil Wireless Power Transfer System Using Open Bifilar Coils”. *IEEE Transaction on Circuits and Systems II: Express Briefs* vol.64 Jun. 2017.

MIRANDA C. M. & PICHORIM S. F. “Equacionamento e modelagem da bobina bifilar de Tesla”. *Revista UNIANDRADE* 13:42-59, 2012.

PASIEKA, T. J., SHUBEITA, F. M., CARAFFA, M. “Monitoramento on-line de umidade do solo com auxílio de Rede de Sensores Sem Fio”. *Anais do X Cong. Bras. de Agroinformática*, Ponta Grossa, Pr,

outubro 2015.

PATIL, K. A., & KALE, N. R. "A model for smart agriculture using IoT." *International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC)*, 543–545, 2016. <https://doi.org/10.1109/ICGTSPICC.2016.7955360>

PEREIRA, R. S., SCHOVEIGERT, I. D., MATOS, J., FALATE, R., AYUB, R. A. "Projeto de um sistema de monitoramento para casas de vegetação". *Anais do X Cong. Bras. de Agroinformática*, Ponta Grossa, Pr, outubro 2015.

PICHORIM, S. F.; MARCIS, V. A.; LASKOSKI, G. T. "Humidity in sandy soil measured by passive, wireless, and resonant sensor with bifilar coil". In *proceedings of First Latin-American Conference on Bioimpedance*, Joinville, Santa Catarina, Brazil, 2014.

SCHERRER, T., "Crystal Oscillator Circuits" in <http://www.z80.info/uexosc.htm>. Site sem data (s.d.). Acessado em junho de 2018.

VASILIEF, I; GADIOU, R; FRANKE, K. "The SciDAVis Handbook, Chapter 6. Analysis of data and curves." Disponível em <<http://scidavis.sourceforge.net/manual/x4267.html>>. Acessado em 14 maio 2018.

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

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 978-85-7247-041-4

