

# Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 5

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

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

**Ciências Agrárias: Campo Promissor  
em Pesquisa**  
**5**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
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  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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.ª Dr.ª 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 agrárias [recurso eletrônico] : campo promissor em pesquisa 5 / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ciências Agrárias. Campo Promissor em Pesquisa; v. 5)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-419-1 DOI 10.22533/at.ed.191192006  1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série. CDD 630
<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 Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta seu volume 5, em seus 22 capítulos, conhecimentos aplicados as Ciências Agrárias e do Solo.

A produção de alimentos nos dias de hoje enfrenta vários desafios e a quebra de paradigmas é uma necessidade constante. A produção sustentável de alimentos vem a ser um apelo da sociedade e do meio acadêmico, na procura de métodos, protocolos e pesquisas que contribuam no uso eficiente dos recursos naturais disponíveis e a diminuição de produtos químicos que podem gerar danos ao homem e animais.

Este volume traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área das Ciências Agrárias e do Solo, ao tratar de temas como fertilidade e qualidade do solo, conservação de forragem, retenção de água no solo, biologia do solo, entre outros. São abordados temas inovadores relacionados com a cultura da canola, milho, feijão, melão, soja, entre outros cultivos. Os resultados destas pesquisas vêm a contribuir no aumento da disponibilidade de conhecimentos úteis a sociedade.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias e do Solo, 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 Agronomia e do Solo, 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

### CAPÍTULO 1 ..... 1

#### ADAPTAÇÃO DA CANOLA EM CONDIÇÃO DE SAFRINHA NO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA

*Thaís Lemos Turek*

*Luiz Henrique Michelin*

*Jonathan Vacari*

*Robson Drun*

*Volni Mazzuco*

*Ana Flávia Wuaden*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920061**

### CAPÍTULO 2 ..... 14

#### APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO (DRES) NO PROJETO DE ASSENTAMENTO NOSSA SENHORA DO PERPÉTUO SOCORRO

*Thamires Oliveira Gomes*

*Gleidson Marques Pereira*

*Thayrine Silva Matos*

*Jhuan Santana Silva Brito*

*Eliane de Castro Coutinho*

*Gleicy Karen Abdon Alves Paes*

*Seidel Ferreira dos Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920062**

### CAPÍTULO 3 ..... 22

#### AValiação da fertilidade do Latossolo amarelo textura média sob o efeito residual de adubação em plantas de “SORRISO DE MARIA” (ASTER ROX) na região do nordeste paraense

*Hiago Marcelo Lima da Silva*

*Alasse Oliveira da Silva*

*Dioclea Almeida Seabra Silva*

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

*Camilly Ribeiro Fernandes*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920063**

### CAPÍTULO 4 ..... 29

#### AValiação da fertilidade do solo em um ecótono floresta-cerrado da floresta nacional de Carajás

*Álisson Rangel Albuquerque*

*Milena Pupo Raimam*

*André Luís Macedo Vieira*

*Jadiely Camila Farinha da Silva*

*Islen Theodora Saraiva Vasconcelos Ramos*

*Joyce Santos de Bezerra*

*Emilly Gracielly dos Santos Brito*

*Oswaldo Ribeiro Nogueira Neto*

*Thais Binow Dias*

*Tales Caldas Soares*

*João Enrique Oliveira de Paiva*

*Thiago Martins Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920064**

**CAPÍTULO 5 ..... 37**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO NO SETOR DE AGRICULTURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA EM BANANEIRAS-PB**

*David Marx Antunes de Melo*  
*Ivan Sérgio da Silva Oliveira*  
*Thiago do Nascimento Coaracy*  
*Fabiana do Anjos*  
*Sara Beatriz da Costa Santos*  
*André Carlos Raimundo da Silva*  
*Alexandre Eduardo de Araújo*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920065**

**CAPÍTULO 6 ..... 47**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE SOLO SOB TRATAMENTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO HERBICIDA GLIFOSATO**

*Jaíne Ames*  
*Antônio Azambuja Miragem*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920066**

**CAPÍTULO 7 ..... 54**

**CAPSULA DE CULTIVO AUTO-SUFICIENTE, LIBRE DE CONTAMINACIÓN, INDEPENDIENTE DE LA ATMÓSFERA, CON LA UTILIZACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO**

*Juan Manuel Silva López*  
*Flavia Cordeiro Da Silva Alamini*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920067**

**CAPÍTULO 8 ..... 66**

**CONSERVAÇÃO DE FORRAGEM NA FORMA DE SILAGEM: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA E PRÁTICA**

*Robson Vinício do Santos*  
*Marta Xavier de Carvalho Correia*  
*Mércia Cardoso da Costa Guimarães*  
*Paulo Márcio Barbosa de Arruda Leite*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920068**

**CAPÍTULO 9 ..... 72**

**DINÂMICA DA RESISTÊNCIA DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM MILHETO NO SEMIARIDO**

*Priscila Pascali da Costa Bandeira*  
*Jonatan Levi Ferreira de Medeiros*  
*Poliana Maria da Costa Bandeira*  
*Ana Beatriz Alves de Araújo*  
*Suedêmio de Lima Silva*  
*João Paulo Nunes da Costa*  
*Antônio Diego da Silva Teixeira*  
*Erllan Tavares Costa Leitão*  
*Elioneide Jandira de Sales Pereira*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920069**

**CAPÍTULO 10 ..... 83**

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO ESCARIFICADO

*Leonardo Rodrigues Barros*

*Vladiá Correchel*

*Adriana Aparecida Ribon*

*Everton Martins Arruda*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200610**

**CAPÍTULO 11 ..... 94**

EFEITO DE DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO NO FEIJOEIRO IRRIGADO NA REGIÃO DE ALEGRETE-RS

*Laura Dias Ferreira*

*Ana Rita Costenaro Parizi*

*Luciane Maciel Arce*

*Chaiane Guerra da Conceição*

*Giulian Rubira Gauterio*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200611**

**CAPÍTULO 12 ..... 103**

EFEITOS DOS MICRORGANISMOS SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NO LEITE E DERIVADOS

*Tiago da Silva Teófilo*

*Maria Vivianne Freitas Gomes de Miranda*

*Mylena Andréa Oliveira Torres*

*Taliane Maria da Silva Teófilo*

*Tatiane Severo Silva*

*Eugênia Emanuele dos Reis Lemos*

*Lúcia Mara dos Reis Lemos*

*Nayane Valente Batista*

*Vitor Lucas de Lima Melo*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200612**

**CAPÍTULO 13 ..... 113**

IMPACTO DE DIFERENTES USOS DO SOLO SOBRE OS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS DE CERRADO

*Hamanda Candido da Silva*

*Isabella Larissa Marques Macedo*

*Thaimara Ramos de Souza*

*Ângela Bernardino Barbosa*

*Adilson Alves Costa*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200613**

**CAPÍTULO 14 ..... 119**

IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO RURAL: O CASO DO MELÃO NO PROJETO LAGO DE SOBRADINHO

*José Maria Pinto*

*Jony Eishi Yury*

*Nivaldo Duarte Costa*

*Rebert Coelho Correia*

*Marcelo Calgato*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200614**

**CAPÍTULO 15 ..... 126**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO PA**

*Maria Lucilene de Oliveira Gonçalves*  
*Júlia Karoline Rodrigues das Mercês*  
*Wesley Nogueira Coutinho*  
*Amanda Catarine Ribeiro Da Silva*  
*Jackeline Araújo Mota Siqueira*  
*Carina Melo da Silva*  
*Alberto Cruz da Silva Júnior*  
*Cássio Rafael Costa dos Santos*  
*Carolina Melo da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200615**

**CAPÍTULO 16 ..... 138**

**POTENCIAL DE NODULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE BACTÉRIAS ISOLADAS DE NÓDULOS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SOLOS DA CAATINGA EM ALAGOAS**

*Ana Jéssica Gomes Guabiraba*  
*Jéssica Moreira da Silva Souza*  
*Jônatas Oliveira Costa*  
*José Vieira Silva*  
*Flávia Barros Prado Moura*  
*Jakson Leite*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200616**

**CAPÍTULO 17 ..... 149**

**REAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS A *Meloidogyne javanica***

*Ricardo Rubin Balardin*  
*Cristiano Bellé*  
*Rodrigo Ferraz Ramos*  
*Lisiane Sobucki*  
*Daiane Dalla Nora*  
*Zaida Inês Antonioli*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200617**

**CAPÍTULO 18 ..... 158**

**SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO SOB PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO NA REGIÃO DO CERRADO DA BAHIA**

*Luciano Nascimento de Almeida*  
*Adilson Alves Costa*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200618**

**CAPÍTULO 19 ..... 172**

**SIMULAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO AQUACROP PARA A ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

*Gutemberg Porto de Araujo*  
*Marcos Antônio Vanderlei Silva*  
*Evandro Chaves de Oliveira*  
*Ramon Amaro de Sales*  
*Silas Alves Souza*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200619**

<b>CAPÍTULO 20 .....</b>	<b>182</b>
TEMPO DE CONTATO SOLO: SOLUÇÃO E VELOCIDADE DE AGITAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DISPONÍVEL POR MEHLICH-1	
<i>Estefenson Marques Morais</i>	
<i>Sara Letícia Paixão da Silva</i>	
<i>Naryel Santos Batista</i>	
<i>Julian Junio de Jesus Lacerda</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19119200620</b>	
<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>184</b>
USO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA	
<i>Pablo Ramon da Costa</i>	
<i>Sueni Medeiros do Nascimento</i>	
<i>Emerson Moreira de Aguiar</i>	
<i>Alysson Lincoln da Costa Silva Júnior</i>	
<i>Jefferson Avelino da Costa</i>	
<i>Wanderson Câmara dos Santos</i>	
<i>João Manuel Barreto da Costa</i>	
<i>Samuel Noberto Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19119200621</b>	
<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>193</b>
USO DO FOGO PARA IMPLANTAÇÃO DE ROÇADOS POR AGRICULTORES FAMILIARES DE CHAPADINHA-MA	
<i>Gênesis Alves de Azevedo</i>	
<i>James Ribeiro de Azevedo</i>	
<i>Mauricio Marcon Rebelo Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19119200622</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>197</b>

## DINÂMICA DA RESISTÊNCIA DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM MILHETO NO SEMIARIDO

### **Priscila Pascali da Costa Bandeira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Jonatan Levi Ferreira de Medeiros**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, doutor em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Poliana Maria da Costa Bandeira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Ana Beatriz Alves de Araújo**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, doutora em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Suedêmio de Lima Silva**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, professor associado do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **João Paulo Nunes da Costa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, doutorando em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Antônio Diego da Silva Teixeira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, graduando do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Erlan Tavares Costa Leitão**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, mestrando em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Elioneide Jandira de Sales Pereira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

**RESUMO:** O sistema convencional explora o ambiente de forma intensiva e não considera a condição estrutural do solo, levando-o, geralmente, a degradação. A utilização da geoestatística na avaliação da qualidade física do solo é uma ferramenta auxiliar que proporciona um maior entendimento das variáveis. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a variabilidade da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) na produção do milho em área de manejo mecanizado. O experimento foi implantado no ano de 2017 em área sob coordenadas geográficas: 5°12'25.33" de latitude sul e 37°19'5.20" de longitude oeste. No campo, os pontos foram alocados por um receptor GPS, com base em uma grid amostral, na qual as variáveis foram coletadas em profundidades de até 40 cm. A RMSP foi coletada nas camadas de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm. As variáveis estudadas foram submetidas a análise descritiva e ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W), a relação entre efeito pepita e patamar. A dependência espacial para a variável de RMSP dentre as camadas foi moderada. Posteriormente,

com a geoestatística, utilizando a krigagem ordinária, modelos de semivariograma foram criados, no qual, o melhor ajuste foi o esférico. O alcance foi aceitável e a elaboração dos mapas evidenciou a relação entre os maiores índices RMSP e a menor produtividade de fitomassa do milho. Portanto, práticas de manejo localizado podem ser aplicadas, principalmente para reduzir o efeito da compactação nas profundidades superiores a 20 cm.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitomassa. Produtividade. Krigagem.

**ABSTRACT:** The conventional system exploits the environment intensively and does not consider the structural condition of the soil, usually leading to degradation. The use of geostatistics in the evaluation of soil physical quality is an auxiliary tool that provides a better understanding of the variables. The present work aims to evaluate the variability of soil mechanical resistance to penetration (RMSP) in the production of millet in a mechanized management area. The experiment was implemented in 2017 in an area under geographic coordinates: 5 ° 12'25.33 "south latitude and 37 ° 19'5.20" west longitude. In the field, the points were allocated by a GPS receiver, based on a The samples were collected in layers of 0 to 10, 10 to 20, 20 to 30 and 30 to 40 cm. The variables studied were subjected to descriptive analysis and The relationship between spatial dependence and the spatial dependence of the LMSP variable among the layers was moderate, followed by geostatistics using ordinary kriging, semivariogram models were created, the best fit was spherical The range was acceptable and the mapping evidenced the relationship between the highest RMSP indexes and the lower phytomass productivity of millet. to reduce the effect of compaction to depths greater than 20 cm.

**KEYWORDS:** Phytomass. Productivity. Kriging.

## 1 | INTRODUÇÃO

O sistema convencional de cultivo explora o ambiente de forma intensiva e não considera a condição estrutural do solo, levando-o na maioria das vezes, a degradação. Esse sistema de manejo prioriza a remoção da vegetação original, o monocultivo, as utilizações de pesticidas e herbicidas que prejudicam a atividade biológica dos solos, a baixa taxa de cobertura vegetal, o tráfego asentuado de máquinas, a depleção da matéria orgânica e a ausência de medidas de controle à erosão do solo (FREEMARK & BOUTIN, 1995; JOHNSEN ET AL., 2001; CIAMPALINI ET AL., 2012; PELOSI ET AL., 2013; ARNÁEZ ET AL., 2015; CARR ET AL., 2015; LAUDICINA ET AL., 2015; TAROLLI ET AL., 2015).

A resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) estima o impedimento mecânico que o solo oferece às raízes e é um dos atributos físicos mais relacionados ao crescimento das plantas e à compactação (SILVA et al., 2008).

A integração dos componentes constituintes do solo, ajustada com as informações

dos mapas de produtividade, é possivelmente a alternativa mais completa na investigação da variabilidade espacial das lavouras e do aprimoramento do manejo do solo (MOLIN, 2002).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência da variabilidade espacial da RMSP no desempenho produtivo do milho em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico, sob intenso processo degradativo pelo uso da mecanização agrícola.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os produtores nordestinos possuem o hábito de utilizar, com ou sem irrigação, o preparo convencional do solo, ficando assim, a superfície exposta às intempéries da natureza. (BANDEIRA et al., 2018)

Na região semiárida do Brasil, com ou sem irrigação, os produtores normalmente, em seus cultivos, utilizam o preparo convencional do solo, onde a superfície exposta é constantemente prejudicada por processos degradativos impostos pelo ambiente, em virtude, do manejo sem princípios conservacionista. Em contra ponto, quando o manejo do solo prioriza sua cobertura a sustentabilidade agrícola é aumentada.

A avaliação da qualidade física do solo, visando ao seu uso, manejo e planejamento sustentável; de preferência, deve ser feita por meio de propriedades físicas de fácil mensuração, como densidade, umidade gravimétrica e resistência à penetração (VASCONCELOS et al., 2012).

A classificação mais utilizada para a RMSP foi a proposta por Arshad et al, (1996) onde foram definidas classes conforme os valores de resistências do solo; extremamente baixa – valores menores que 10 KPa, muito baixa – de 10 à 100 KPa, baixa – de 100 à 1.000 KPa, moderada – de 1.000 à 2.000 KPa, alta – de 2.000 à 4.000 KPa, muito alta – de 4.000 à 8.000 KPa e extremamente alta – valores maiores que 8.000 KPa.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Caracterização da Área Experimental

O experimento foi implantado na “horta didática” – no Campo Leste da Universidade Federal rural do semiárido (UFERSA), no ano de 2017. Sob as coordenadas geográficas: 5°12'25.33" de latitude sul e 37°19'5.20" de longitude oeste. O solo do local é classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico (SANTOS et al., 2013). O clima segundo a classificação de Köppen é BSw<sup>h</sup> (muito seco, com estação de chuva no verão atrasando-se para o outono) com precipitação média anual em torno de 673,9 mm (Vanomark et al., 2016).

A área experimental possui 56,6m de comprimento por 30 m de largura,

totalizando 1.698 m<sup>2</sup>. A malha amostral foi formada com o auxílio de um receptor GPS, em 40 pontos, sendo estes distântes 5m na horizontal e 7,5m na vertical (Figura 1). A área apresenta histórico de intensa atividade mecanizada ao longo de 30 anos, principalmente no que se refere ao uso de aração e gradagem no preparo do solo.



Figura 1. Localização da aérea experimental situada na horta didática do Centro de Ciências Agrárias da UFERSA em Mossoró/RN.

Fonte: Autoria própria.

### 3.2 Variáveis Avaliadas

Na coleta de dados da resistência mecânica do solo, foi utilizado um penetrógrafo automático com haste de ponteira cônica que atinge uma profundidade de 40 cm. As leituras foram realizadas com o equipamento PenetroLOG - Medidor Eletrônico de Compactação do Solo. Os dados foram coletados e armazenados de centímetro em centímetro até profundidade estabelecida. Em conjunto, foram retiradas 6 amostras de solo, nos intervalos de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm de profundidade nos pontos 1, 15, 18, 26, 28 e 31 para determinação do teor de água do solo em laboratório.

Após o levantamento das variáveis supra citadas, foi instalado o sistema de irrigação por aspersão convencional e realizado o plantio do milho com a semeadora de arrasto da marca Tatu Marchesan modelo PSA<sup>3</sup>, com o estande de 200.000 plantas/ha, seguindo a recomendação de WUTKE et al. (2014). Aos 65 dias da germinação, no início da formação dos grãos, foi realizada a avaliação da fitomassa por meio de um quadrado 0,5 x 0,5 m colocado nas intermediações dos pontos avaliados para RMSP. O material vegetal colhido foi levado ao laboratório, colocado em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 h para a aferição da massa seca (EMBRAPA, 2009). Com base no peso e na área a fitomassa foi convertida em kg. ha<sup>-1</sup>.

### 3.3 Estatística Descritiva e Geoestatística

As variáveis em estudo foram submetidas a análise descritiva e ao teste de

normalidade de Shapiro-Wilk (W) e mesmo quando observado a normalidade dos dados verificou-se a dependência espacial – relação entre efeito pepita e patamar. O critério utilizado na classificação da dependência espacial foi baseado em seu grau de dependência; forte (< 25 %); moderado (26 a 75 %) ou fraca (> 75 %) nos estudos de (CAMBARDELLA et al., 1994).

As semivariâncias experimentais foram estimadas utilizando-se o software geoestatístico Vesper 1.6 (Minasny et al., 2006). Onde método de krigagem ordinária foi utilizado para estimar os valores nos pontos não medidos na área e gerar os mapas temáticos sob auxílio do um programa de geoprocessamento o Quantun Gis 1.7.4 (QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM, 2012).

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condição de normalidade foi observada para as variáveis RMSP(0-10), RMSP (20-30). Isso significa que a distribuição média da variável explica seu comportamento em campo. Porém quando aplicado os critérios de Cambardella et al., (1994) para classificar o grau de dependência espacial encontrou-se valores percentuais que as tornam moderadamente dependente no espaço (Tabela 1).

Variável	N.Lags	Tol	Co	Co+C1	A	Modelo	RMSE	GD	Clas.
<b>RMSP<sub>1</sub></b>	20	35	19.892	32.552	36,56	Esférico	5.640,50	61,11	Moderada
<b>RMSP<sub>2</sub></b>	20	35	99.307	201.833	27,18	Esférico	463,8	49,21	Moderada
<b>RMSP<sub>3</sub></b>	20	35	222.724	654.384	22,23	Esférico	144.915	34,04	Moderada
<b>RMSP<sub>4</sub></b>	20	35	692.306	1.772.068	34,47	Esférico	237.517	39,07	Moderada
<b>Prod</b>	12	25	4.332.635	3.388.653	20,65	Exponen- cial	632708	56,11	Moderada

Tabela 1. Parâmetros dos modelos ajustados dos semivariogramas.

RMSP = Resistência Mecânica do Solo a Penetração; Prod = Produtividade; N.Lags = Número de lags do semivariograma; Co = Efeito Pepita; Co + C1 = Patamar; A = Alcance; GD = Grau de dependência espacial; Clas. = Classificação da dependência.

Na coleta de dados foi observado que os ajustes dos semivariogramas seguiram um padrão com relação ao o número de pontos e sua tolerância. Dentre os modelos, o Esférico foi característico à RMSP. Em trabalho realizado por Oliveira Filho et, al. (2015) o modelo esférico também foi predominante para RMSP. O alcance, que é a distância máxima que as amostras podem ser coletadas antes de apresentar comportamento aleatório (MEDEIROS, 2015), foi aceitável a todas as variáveis em virtude das distâncias estabelecidas na grade de pontos (Tabela 1).

Na krigagem ordinária o melhor ajuste foi encontrado com os blocos de x=5 e y=5 e raio de busca por vizinhos de 20 metros, número mínimo de 6 e o máximo de 80, considerados a partir dos pontos coletados para estimar os valores nos pontos não

medidos na área. O produto resultante são mapas de RMSP em quatro camadas e o mapa de produtividade da massa seca do milho.

No comparativo horizontal entre as camadas estudadas para a RMSP (Figura 2) conforme a classificação de Arshad et al, (1996), para o desenvolvimento radicular tem-se na camada A, baixo impedimento ao crescimento das raízes, com o verde escuro representando esta classe. Na camada B, ocorre a mudança de classe ao desenvolvimento, agora é Moderado impedimento, nesse caso a tonalidade do verde é mais clara. Em 2C, Alto impedimento, e a coloração é predominantemente alaranjada. Ao fim, a camada 2D, com Alto e Muito Alto impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular, nesse caso a coloração é variável do amarelo até o vermelho. Segundo Carvalho et al, (2016) a resistência mecânica do solo à penetração pode interferir negativamente no crescimento de raízes e consequentemente afetar o desenvolvimento natural das plantas ocorrendo decréscimo na produtividade.

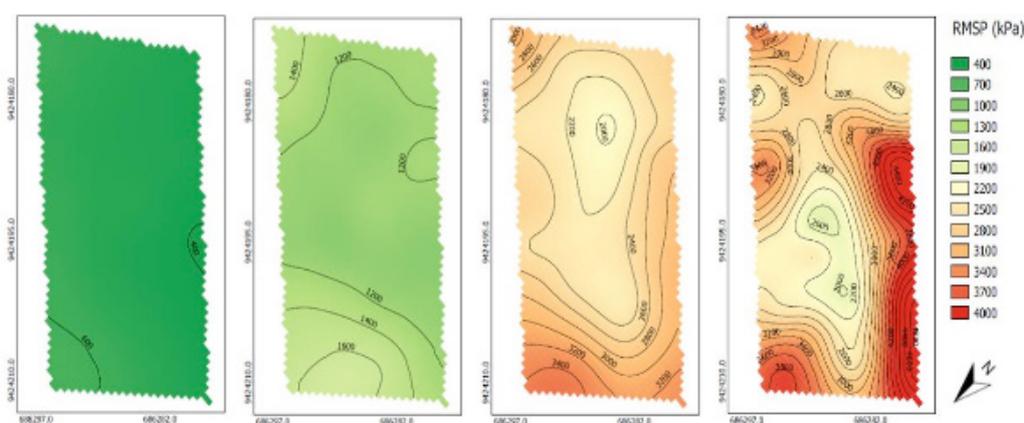


Figura 2. Mapas dos teores médios da RMSP nas camadas; A - 0 à 10 cm, B - 10 à 20 cm, C - 20 à 30 cm e D- 30 – 40 cm. Coordenadas UTM – Datum; WGS 84, zona 24S e escala de 1;500.

Fonte: Autoria própria.

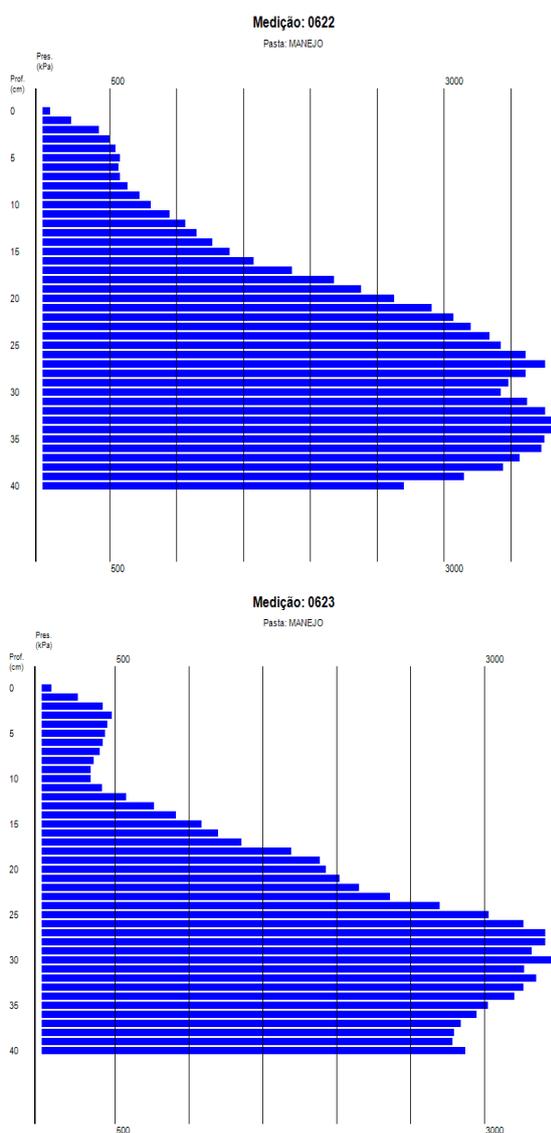
O teor de água no solo influencia fortemente o efeito da RMSP, no geral, quanto menor o teor de água mais resistente o solo fica a penetração. Em estudos da variação na resistência do solo, em virtude da concentração no teor de água, Assis et al (2009) encontrou maior resistência para o menor teor de água em solos semelhantes ao da pesquisa. Nas 6 amostras coletadas e analisada por gravimetria, o teor de água foi pouco variável entre os pontos e dentre as camadas. No melhor entendimento entre a RMSP e a média do teor de água do solo, na classificação de impedimento ao desenvolvimento radicular, tem-se, os maiores valores de resistência e do teor de água para a camada mais profunda, que na classificação apresentou maior restrição ao desenvolvimento radicular (Tabela 2). Resultados semelhante foi observado por Ferrari et, al. (2018), que em profundidade, no momento da leitura de resistência do solo, o aumento no teor de água não diminuiu a resistência.

Variável	Intervalo Observado (KPa)	Média do teor de água no solo (%)	Impedimento ao Desenvolvimento Radicular
$RMSP_1$	385 à 667	12,07	Baixo
$RMSP_2$	1023 à 1730	11,18	Moderado
$RMSP_3$	1887 à 3526	12,87	Alto
$RMSP_4$	1960 a 4913	13,98	Alto e Muito Alto

Tabela 2. Relação entre a RMSP e a média do teor de água do solo na classificação de impedimento ao desenvolvimento radicular conforme a geoestatística aplicada.

RMSP = Resistência Mecânica do Solo a Penetração; KPa = kilopascal.

No gráfico da RMSP em profundidade é possível verificar o padrão da força exercida para a penetração da haste em quatro locais diferentes da área (figura 3).



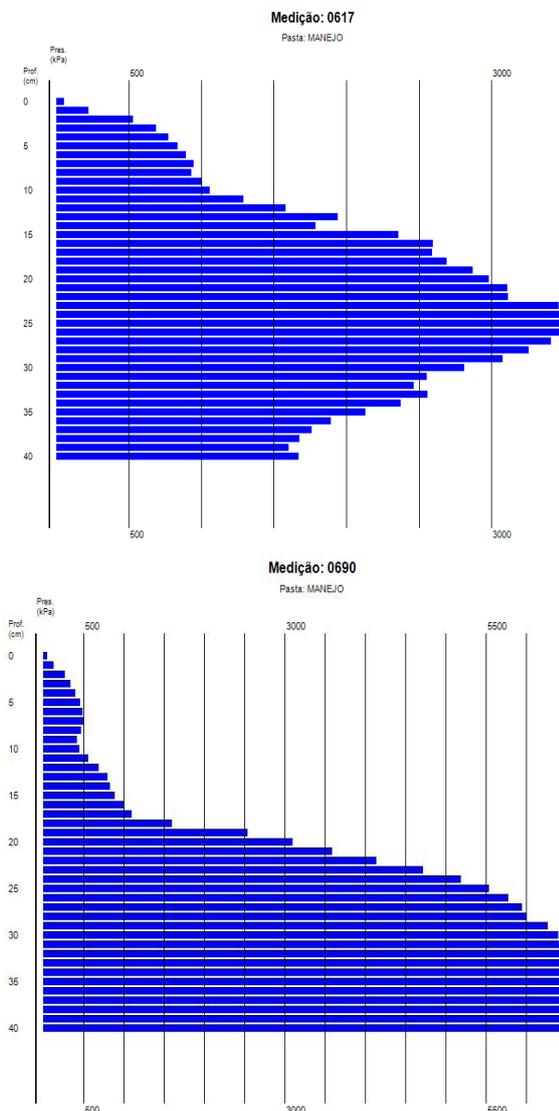


Figura 3. Exemplo de gráficos da RMSP coletados na área de estudo nos pontos. Eixo do X = Profundidade em cm e Eixo Y = Pressão em KPa.

Fonte: Autoria própria.

Na figura 3A, 3B e 3C os valores não ultrapassaram 4.000 KPa. Porém, principalmente na camada de 20 à 30 cm os valores superam 3.000 KPa. Então, analisando o conjunto de fatores, é possível que nessa camada, o processo de mecanização por meio de aração e gradagem esteja contribuindo fortemente para o aumento da resistência do solo. De acordo com Souza et. al. (2014), a faixa compactada do solo, conhecida vulgarmente como “pé-de-arado ou pé-de-grade”; quando superada os valores de resistência tendem a diminuir.

Na figura 3D, os valores a partir de 20 cm já ultrapassam os 3.000 KPa e continuam numa crescente até valores além de 6.500 KPa – nessa região do estudo, em virtude da superação do limite máximo de força empregado pelo penetraógrafo, houve muitos casos de abortamento da operação - Como a área em estudo possui histórico de intensa movimentação mecanizada sobre o solo é possível que, em tempos passados, essa região tenha sido utilizada como área de manobra do trator. Conforme Rossetti

et al. (2017) a compressão do solo exercida pelo aumento do tráfego de máquinas contribui positivamente para a elevação dos valores de RMSD.

Na produtividade do milho foi possível observar que na área de menor produtividade, valor menor que 3 toneladas – região vermelha do mapa – os índices de resistências estavam com os maiores valores (Figura 4).

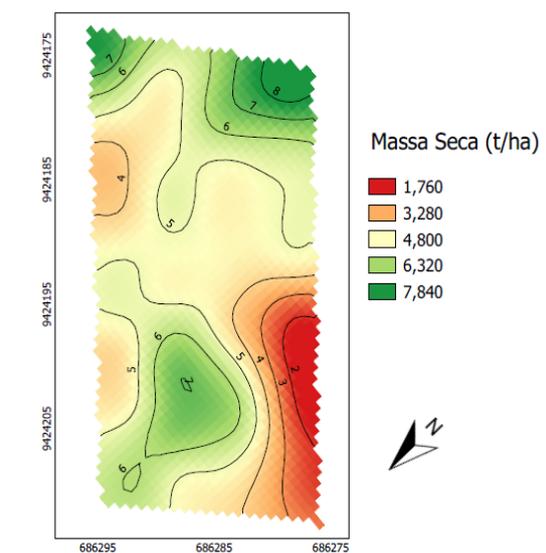


Figura 4. Produtividade de massa seca do milho em t/ha. Coordenadas UTM – Datum; WGS 84, zona 24S e escala de 1;500.

Fonte: Autoria própria.

A resposta do milho às variáveis estudadas evidencia a necessidade de práticas de manejo que promovam a diminuição da resistência mecânica do solo nos pontos críticos. Segundo os estudos Girardello et al. (2014) o uso da escarificação mecânica no solo promoveu o decréscimo dos valores de RMSD, porém o incremento na produtividade não foi observado.

Por tanto, adoção de práticas de manejo conservacionistas no ambiente agrícola, com o uso da cobertura morta principalmente em sistema de rotação de culturas, pode provocar uma reestruturação nos atributos físicos do solo. Segundo Nascente et al. (2014) a rotação de cultura, mesmo que seja realizada em um curto espaço de tempo, pode reduzir os custos de produção. Para Wutke et al. (2014) a rotação de cultura associada ao sistema plantio direto pode aumentar a produtividade da cultura de interesse, favorecer o manejo da cultura e provocar no solo um ambiente mais favorável para o desenvolvimento radicular.

Na recuperação de solos afetados pelo intensivo uso da mecanização, o milho é uma interessante opção em cultivo rotacionado. Pois, tem sistema radicular vigoroso que rompe camadas compactadas, amenizando os efeitos da compactação (NASCENTE; CRUSCIOL; COBUCCI, 2013).

## 5 | CONCLUSÕES

Na sobreposição dos mapas, os maiores índices de resistência mecânica do solo a penetração foram equivalentes a menor produtividade de massa seca do milho.

A partir de 20 cm de profundidade, já existem limitações ao desenvolvimento do sistema radicular do milho.

## REFERÊNCIAS

- ARNÁEZ, J.; LANA-RENAULT, N.; LASANTA, T.; RUIZ-FLAÑO, P.; CASTROVIEJO, J. **Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes**. A review. *Catena* 128, 122–134, 2015.
- ASSIS, R.; LAZARINI, G.; LANCAS, Kléber P.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água**. Eng. Agríc. [online]. 2009, vol.29, n.4 [citado 2018-09-24], pp.558-568. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162009000400006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000400006&lng=pt&nrm=iso)>. ISSN 0100-6916. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000400006>.
- BANDEIRA, P.; MEDEIROS, J.; BANDEIRA, P.; ARAÚJO, A.; SILVA, S. **Avaliação da cobertura do solo em plantio direto antes e após o manejo**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3., 2018, João Pessoa. João Pessoa: Pdv, 2018. p. 1 - 8
- CAMBARDELLA, C., MOORMAN, T., PARKIN, T., KARLEN, D., NOVAK, J., TURCO, R.; KONOPKA, A. (1994). **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. *Soil science society of America journal*, 58 (5), 1501-1511.
- CARR, P. M.; BREVIK, E. C.; HORSLEY, R. D.; MARTIN, G. B. **Long-term no-tillage sequesters soil organic carbon in cool semi-arid regions** *Soil Horizons*. in press, 2015.
- CARVALHO, F.; AVELAR, R.; COSTA, C.; SOUZA, C. **Modificação da textura do solo para o cultivo de cenoura**. *Revista Agrarian*. v.9, n.32, p. 112-117, Dourados, 2016. ISSN: 1984-2538.
- CIAMPALINI, R.; BILLI, P.; FERRARI, G.; BORSELLI, L., FOLLAIN, S. **Soil erosion induced by land use changes as determined by plough marks and field evidence in the Askum area (Ethiopia)**. *Agric. Ecosyst. Environ.* 146, 197–208, 2012.
- FERRARI, J., GABRIEL, C. P. C., SILVA, T. B. G., MOTA, F. D., GABRIEL FILHO, L. R. A., & TANAKA, E. M. (2018). **Análise da variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades/Analyses of the spatial variability os resistane to soil penetration at different depths**. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 12(2), 164-175.
- FREEMARK, K.; BOUTIN, C. **Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: a review with special reference to North America**. *Agric. Ecosyst. Environ.* 52, 67–91, 1995.
- JOHNSEN, K.; JACOBSEN, C.; TORSVIK, V. **Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils - a review**. *Biol. Fertil. Soils* 33, 443–453, 2001.
- LAUDICINA, V.; NOVARA, A.; BARBERA, V.; EGLI, M.; BADALUCCO, L. **Long-term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a Mediterranean semiarid environment**. *Land Degrad. Dev.* 26, 45–53, 2015.
- MOLIN, J. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**. Eng. Agríc.,

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.; WHELAN, B. **VESPER version 1.62**. Australian Centre for Precision Agriculture, McMillan Building A05. The University of Sydney, NSW. (<http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa>), 2006.

NASCENTE, A., SILVEIRA, P., & WANDER, A. (2014). **Viabilidade agroeconômica de rotação de culturas e manejo do solo em áreas irrigadas por aspersão**. Revista de Ciências Agrárias/ Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 57(1), 72-79.

OLIVEIRA, R.; GREGO, C.; BRANDÃO, Z. **Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o vesper**. 32. Ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. ISBN 978-857035-572-0.

PELOSI, C.; TOUTOUS, L.; CHIRON, F.; DUBS, F.; HEDDE, M.; MURATET, A.; PONGE, J. F.; SALMON, S., MAKOWSKI, D. **Reduction of pesticide use can increase earthworm populations in wheat crops in a European temperate region**. Agric. Ecosyst. Environ. 181, 223–230, 2013.

QGIS Development Team. 2015. QGIS 2.8.2 Lisboa. **Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2012.

SANTOS, H.; JACOMINE, P.; ANJOS, L.; OLIVEIRA, V.; LUMBRERAS, J.; COELHO, M.; ALMEIDA, J.; CUNHA, T.; OLIVEIRA, J. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SHAPIRO, S., WILK, M.: **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. Biometrika, 52(3/4), 591-611, 1965.

TAROLLI, P.; PRETI, F.; ROMANO, N. **Terraced landscapes: from an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment**. Anthropocene 6, 10 – 25, 2014.

VANOMARK; G. **Análise da relação entre os componentes do balanço de Energia e da evapotranspiração do meloeiro cultivado nas Condições climáticas da região de Mossoró-Rn**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. (UFERSA). Mossoró- RN, 2016. (Tese de doutorado).

WUTKE, E.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. **Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso**. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, 2014. v.1

## **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 estresse 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 Metharrizium, 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, milho, 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 978-85-7247-419-1

