

Solos nos Biomas Brasileiros

3

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

Solos nos Biomas Brasileiros 3

Atena Editora
2018

2018 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)

S689 Solos nos biomas brasileiros 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-010-0

DOI 10.22533/at.ed.100181412

1. Agricultura – Sustentabilidade. 2. Ciências agrárias. 3. Solos – Conservação. 4. Tecnologia. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Série.

CDD 631.44

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.

2018

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 “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume III, apresenta, em seus 17 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

O uso adequado do solo é importante para a agricultura sustentável. Portanto, com a crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, esse campo de conhecimento está entre os mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias nas Ciências do solo estão sempre 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 dedicado à Ciência do solo traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como o uso de práticas de manejo de adubação, inoculação de microorganismos simbióticos para a melhoria do crescimento das culturas cultivadas e da qualidade biológica, química e física do solo. 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 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 de Agronomia e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE NÍVEL MÉDIO DA CIDADE DE NATAL/RN	
<i>Daniel Nunes da Silva Júnior</i>	
<i>João Daniel de Lima Simeão</i>	
<i>Martiliana Mayani Freire</i>	
<i>Éric George Morais</i>	
<i>Anna Yanka de Oliveira Santos</i>	
<i>Sandja Celly Leonês Fonsêca</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814121	
CAPÍTULO 2	12
POTENCIAL AGRONÔMICO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Rafael Gomes da Mota Gonçalves</i>	
<i>Dérique Biassi</i>	
<i>Danielle Perez Palermo</i>	
<i>Juliano Bahiense Stafanato</i>	
<i>Everaldo Zonta</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814122	
CAPÍTULO 3	19
PRODUTIVIDADE DE COLMOS E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA	
<i>Diego Moura de Andrade Oliveira</i>	
<i>Renato Lemos dos Santos</i>	
<i>Victor Hugo de Farias Guedes</i>	
<i>José de Arruda Barbosa</i>	
<i>Maria José Alves de Moura</i>	
<i>Nayara Rose da Conceição Lopes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814123	
CAPÍTULO 4	27
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS DO SOLO	
<i>Lidiane Martins da Costa</i>	
<i>Marta Sandra Drescher</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814124	
CAPÍTULO 5	37
QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO EM SOLOS DO CERRADO DO ESTADO DO AMAPÁ	
<i>Evelly Amanda Bernardo de Sousa</i>	
<i>Iolanda Maria Soares Reis</i>	
<i>Nagib Jorge Melém Júnior</i>	
<i>Ivanildo Amorim de Oliveira</i>	
<i>Laércio Santos Silva</i>	
<i>Ludmila de Freitas</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814125	

CAPÍTULO 6 46

QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO, ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES ECOSSISTEMAS DO ESTADO DO AMAPÁ

Evelly Amanda Bernardo de Sousa
Iolanda Maria Soares Reis
Nagib Jorge Melém Júnior
Laércio Santos Silva
Ivanildo Amorim de Oliveira
Ludmila de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.1001814126

CAPÍTULO 7 57

REORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DE UM ARGISSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Leonardo Pereira Fortes
Marcelo Raul Schmidt
Tiago Stumpf da Silva
Michael Mazurana
Renato Levien

DOI 10.22533/at.ed.1001814127

CAPÍTULO 8 67

RESPOSTA DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GIRASSOL NO INÍCIO DO ESTÁDIO VEGETATIVO

Samara Ketely Almeida de Sousa
Maria Nusiene Araújo de Lima
Karolainy Souza Gomes
Wendel Kaian Oliveira Moreira
Krishna de Nazaré Santos de Oliveira
Raimundo Thiago Lima da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1001814128

CAPÍTULO 9 79

RESPOSTA DE PLANTAS DE RÚCULA A DOSES CRESCENTES DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA

Martiliana Mayani Freire
Gleyse Lopes Fernandes de Souza
Éric George Morais
Ellen Rachel Evaristo de Morais
Gabriel Felipe Rodrigues Bezerra
Gualter Guenther Costa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1001814129

CAPÍTULO 10 89

RETORNO DE NUTRIENTES VIA DEPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA FOLIAR DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (CATINGUEIRA)

José Augusto da Silva Santana
Luan Henrique Barbosa de Araújo
José Augusto da Silva Santana Júnior
Camila Costa da Nóbrega
Juliana Lorensi do Canto
Claudius Monte de Sena

DOI 10.22533/at.ed.10018141210

CAPÍTULO 11 99

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM MARABÁ-PA

Silvio Angelo Rabelo
Josué Souza Passos
Nicolau Akio Kubota
Stephanie Regina Costa Almeida
Daiane da Costa Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.10018141211

CAPÍTULO 12 107

VARIABILIDADE E CORRELAÇÃO ESPACIAL DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, NUMA CATENA DO PAMPA GAÚCHO

Jéssica Santi Boff
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Daniel Nunes Krum
Pedro Maurício Santos dos Santos
Higor Machado de Freitas
Lucas Nascimento Brum

DOI 10.22533/at.ed.10018141212

CAPÍTULO 13 117

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO pH SMP EM NEOSSOLOS COM CULTIVO DA SOJA

Guilherme Guerin Munareto
Claiton Ruviano

DOI 10.22533/at.ed.10018141213

CAPÍTULO 14 127

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PROFUNDIDADE DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO, NUMA CATENA DO PAMPA

Daniel Nunes Krum
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Lucas Nascimento Brum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.10018141214

CAPÍTULO 15 138

VARIABILIDADE ESPACIAL DO FÓSFORO, POTÁSSIO E DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS, SOB CAMPO NATIVO E SUAS RELAÇÕES ESPACIAIS COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO

Daniel Nunes Krum
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Lucas Nascimento Brum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Gabriel Rebelato Machado

DOI 10.22533/at.ed.10018141215

CAPÍTULO 16 149

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO PH SMP DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL.

Lucas Nascimento Brum

Guilherme Favero Rosado

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Daniel Nunes Krum

Jéssica Santi Boff

Higor Machado de Freitas

Pedro Maurício Santos dos Santos

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.10018141216

CAPÍTULO 17 160

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Matheus Ribeiro Gorski

DOI 10.22533/at.ed.10018141217

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 172

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviaro

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista

Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Matheus Ribeiro Gorski

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000

RESUMO: A resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RP) é um ótimo indicador de compactação do solo. Na estrutura do solo, esta propriedade física apresenta relações com a quantidade de argila e de matéria orgânica, agentes cimentantes dos agregados do solo, relacionando-se também, com a densidade do solo, umidade volumétrica e o espaço poroso. O objetivo do trabalho foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal da RP e as suas relações com diferentes propriedades físicas dos solos. Foi monitorada uma catena com Neossolos, pós-inserção da cultura da soja sob o campo nativo. Foram realizadas prospecções por meio de 52 pontos de uma malha fixa, multitemporal (2016 e 2017), com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m, numa área de 1,17 ha. Nos pontos de prospecção, nos diferentes momentos, foram avaliadas as propriedades físicas: resistência mecânica do solo à penetração das raízes, densidade do solo, porosidade total, umidade volumétrica, argila e a matéria orgânica. De posse dos resultados, foi

realizada a análise estatística descritiva, de correlação Pearson e geoestatística para os diferentes momentos. As propriedades físicas estudadas durante o monitoramento espaço-temporal não foram restritivas para o desenvolvimento vegetal. A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão. A análise da distribuição espacial aliada a krigagem possibilitou o mapeamento da variabilidade das propriedades físicas, proporcionando melhor visualização do seu comportamento na área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura do solo. Monitoramento espaço-temporal. Manejo e conservação do solo. Agricultura digital.

ABSTRACT: Soil mechanical resistance to root penetration (RP) is a good indicator of soil compaction. In the soil structure, this physical property presents relations with amount of clay and organic matter, cementing agents of the soil aggregates, also related to soil density, volumetric moisture and pore space. The objective of this work was to evaluate the spatial temporal variability of RP and its correlations with different soil physical properties. A catena with Neossolos was monitored, post insertion of the soybean crop under the native field. A total of 52 points of a fixed, multitemporal mesh (2016 and 2017) were carried out with regular intervals of 15 m, at a depth of 0.0 - 0.2 m, in an area of 1.17 ha. At the prospecting points, at different times, the following properties were evaluated: soil mechanical resistance to root penetration, soil density, total porosity, volumetric moisture, clay and organic matter. With the results, descriptive statistical analysis, Pearson correlation and geostatistics were performed for the different moments. The physical properties studied during spatial temporal monitoring were not restrictive for plant development. The sampling density was of great importance for the definition of the variables with accuracy. The analysis of the spatial distribution allied to kriging enabled the mapping of the variability of the physical properties, providing a better visualization of its behavior in the study area.

KEYWORDS: Structure of the soil. Spatial temporal monitoring. Management and conservation of soil. Digital agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Pampa abrange uma grande parte do território do Rio Grande do Sul, parte da Argentina e todo o território do Uruguai (BOLDRINI et al., 2010). Nos anos de 1960, a introdução da cultura da soja inseriu atividades mais intensificadas ligadas a agricultura no pampa gaúcho (VERDUM, 2006), os campos naturais ao longo dos anos foram transformados em novas áreas de cultivos (BOLDRINI, 2007), desta maneira, o bioma pampa vem se tornando a principal fronteira agrícola no sul do país.

A resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RP) é uma propriedade física importante para a avaliação da qualidade do solo (SOUZA et al., 2006). Os diferentes métodos de manejo e conservação do solo acarretam mudanças em suas propriedades físicas e morfológicas, resultando em um novo comportamento da RP.

De acordo com Suzuki (2005), a compactação do solo sempre esteve presente nos sistemas produtivos, desde a época onde a agricultura era inteiramente realizada por meio do revolvimento do solo, até os dias de hoje, no qual se visa a menor modificação possível das camadas dispostas. Esse problema é oriundo dos processos de preparo do solo, feitos por máquinas pesadas e em condições de umidade acima do ponto de friabilidade, o que acaba por exceder a capacidade de suporte de carga, assim, causando deformações na estrutura do solo (MAZURANA et al. 2011).

Os fatores de compactação resultam na diminuição da massa por unidade de volume, ocasionando maior densidade e RP, com redução da porosidade total e com maior ênfase no decréscimo dos poros de elevado diâmetro (STONE et.al, 2002). Desta forma, as modificações na estrutura do solo podem levar à retenção no conteúdo de água disponível ou a má aeração (VOORHEES, 1983), alterando também a ramificação, penetração, e distribuição das raízes no solo (SILVA et al., 2004) e consequentemente acarretando perdas de produção.

Na paisagem, faz-se necessário conceber a continuidade espacial e temporal aos dados da estrutura do solo, a partir de procedimentos de interpolação geoestatística, que permitem o estudo da sua variabilidade espaço-temporal.

Segundo Meirelles et al. (2007), a geoestatística é uma parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, cujas propriedades variam em função da localização espacial de pontos de medição. Desta maneira, tem como finalidade identificar e avaliar a estrutura espacial de variáveis do solo, determinando uma nova e importante dimensão para a análise da interação entre as propriedades físicas do solo (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2008).

A avaliação da variabilidade espaço-temporal da RP e de outras propriedades ligadas a estrutura dos solos, contribui para a adoção de práticas sustentáveis de manejo e conservação. Com ênfase nessa abordagem, o objetivo do trabalho foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal da RP e de outras propriedades físicas ligadas a sua estrutura.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa encosta (Catena) da Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, no Vale do Jaguari - RS, nos anos de 2016 e 2017. Inicialmente, a cobertura vegetal era de campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento, posteriormente, foi realizada a inserção da cultura da soja, em plantio convencional.

Conforme a classificação de Köppen (1931), o clima dominante é o Cfa, subtropical úmido, totalizando uma precipitação anual de 1.919 mm ao longo do ano, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, exhibe formas que vão de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394

metros.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), na Catena em estudo, desenvolvem-se polipedons de Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Regolíticos Distróficos, numa área de 1,17 ha.

Para a locação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Sistema global de navegação por satélite), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (posicionamento em tempo real), utilizando o datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S. Foram instalados 52 pontos de prospecção, com intervalos regulares de 15 metros, na profundidade de 0,0 a 0,2 m. (FIGURA 1).

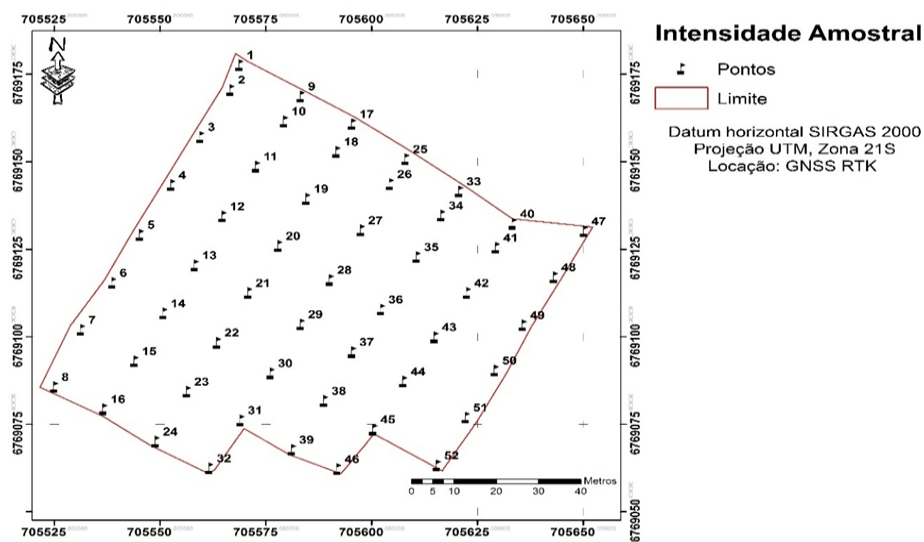


Figura 1. Mapa da distribuição amostral na Catena.

Nos diferentes pontos de prospecção foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a determinação das propriedades físicas dos solos. A determinação da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da argila e da umidade volumétrica (UV) se deu conforme Donagema (2011). O teor da matéria orgânica (MO) foi obtido pela transformação do carbono orgânico, determinado pelo método colorimétrico (RAIJ et al., 2001).

O teste de resistência mecânica do solo à penetração das raízes foi realizado na profundidade de 0,0 – 0,2 m, utilizando o penetrômetro digital, modelo Falker PLG 1020.

A avaliação da variabilidade das propriedades do solo se deu através da análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada por Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 95% de confiança. Posteriormente, foi realizada a análise de correlação de Pearson, a 95% de confiança.

Utilizando-se da geoestática, foram realizados os ajustes de semivariogramas teóricos aos dados das diferentes variáveis, determinado os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance.

O grau de dependência espacial foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for

superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Em seguida, os mapas das diferentes propriedades dos solos foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária do ArcGIS® 10.5.1.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatística descritiva revelam que todas as propriedades avaliadas apresentam distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de erro (TABELA 1).

Propriedades	Pontos	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	SIG
<u>Campo Nativo</u>							
RP	52	1,00	1,77	1,42	0,16	11,41	0,21
DS	52	0,99	1,55	1,34	0,10	7,74	0,99
PT	52	34,18	62,92	48,16	4,68	9,71	0,94
UV	52	20,75	34,89	29,13	2,96	10,19	0,83
Argila	52	100,00	430,00	299,55	70,76	23,62	0,94
MO	52	2,40	8,94	3,24	0,91	28,26	0,01
<u>Plantio Convencional</u>							
RP	52	0,92	1,45	1,25	0,13	10,81	0,04
DS	52	1,00	1,34	1,20	0,09	7,55	0,46
PT	52	49,05	62,00	54,03	3,47	6,43	0,44
UV	52	29,34	36,75	33,19	2,02	6,10	0,29
Argila	52	185,00	364,00	280,82	56,04	19,95	0,15
MO	52	1,48	3,75	2,44	0,43	17,92	0,18

Tabela 1. Análises estatísticas descritivas e testes de normalidade das propriedades físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

UV: Umidade Volumétrica (%). MO: Matéria orgânica (%). RP: Resistência Mecânica do Solo à Penetração das Raízes (MPa). DS: Densidade do Solo (g cm^{-3}). PT: Porosidade Total (%). Argila (g kg^{-1}). DP: Desvio Padrão. CV: Coeficiente de Variação, K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância.

O Campo Nativo demonstrou um valor médio para a RP de 1,42 MPa, com variação de 1,00 a 1,77 MPa. A DS obteve média 1,34 g cm^{-3} , com máximo de 1,55 g cm^{-3} e mínimo de 0,99 g cm^{-3} . Já a PT teve valor médio de 48,16 %, alternando de 34,18 a 62,92 %. A UV apresentou mínimo de 20,75 % e máximo de 34,89 %, obtendo valor médio de 29,13 %, enquanto a argila demonstrou valor médio de 299,55 g kg^{-1} , oscilando de 430,00 a 100,00 g kg^{-1} . Por fim, para a MO, o valor médio foi de 3,24 %, variando de 2,40 a 8,94 % (TABELA 1).

Sob campo nativo as variáveis RP, DS, PT e UV tiveram coeficiente de variação (CV), classificado como baixo, com valores de 11,41, 7,14, 9,71 e 10,19 %, respectivamente. Quanto a dispersão, argila e a MO apresentaram classificação média, com resultados respectivos de 23,62 e 28,26 % (TABELA 1).

No Plantio Convencional, o valor médio encontrado para a RP foi de 1,25 MPa,

variando de 0,92 a 1,45 MPa. A DS demonstrou valor mínimo de 1,0 g cm⁻³ e máximo de 1,34 g cm⁻³, com média de 1,20 g cm⁻³. Já a PT obteve valores entre 49,05 e 62,00 %, perfazendo uma média de 54,03 %, quanto a UV, o valor médio foi de 33,19 %, variando de 29,34 a 36,75 %. A argila apresentou um valor mínimo de 185 g Kg⁻¹ e máximo de 364 g Kg⁻¹, com média de 280,82 g Kg⁻¹. Por fim, para a MO obteve-se um valor médio de 2,44 %, oscilando entre 1,48 e 3,75 % (TABELA 1).

A dispersão encontrada para RP, DS, PT e UV foi classificada como baixa, com valores de 10,81, 7,55, 6,43 e 6,10 %, nesta ordem. Os valores de CV para argila e MO foram considerados médios, com resultados de 19,95 e 17,92 % (TABELA 1).

Dentre os resultados apresentados em todos os sistemas estudados (TABELA 1), a RP demonstrou valores médios inferiores aos considerados restritivos, de acordo com Miola et al. (2015), Klein e Câmara (2007).

Os teores de argila dos solos amostrados classificaram-se como de textura média (entre 20 e 55 %). Já para a DS, todos os valores obtidos foram classificados como médio, podendo-se inferir que o valor encontrado está distante da densidade crítica (1,55g cm⁻³) para a maioria das culturas, em todas as situações analisadas (REINERT et al., 2001).

Quanto a PT, de acordo com Kiehl (1979), valores abaixo de 50 % podem promover dificuldades para o desenvolvimento radicular, infiltração de água e trocas gasosas. Portanto, nos diferentes momentos estudados, os valores estiveram próximos ao ideal.

Os valores de MO analisados apresentaram um decréscimo com a inserção do plantio convencional, em relação ao campo nativo, conforme Kiehl (1979), o

O coeficiente de correlação de Pearson que varia de 1 a -1, relacionou as propriedades ligadas a estrutura dos Neossolos, desta forma, pode-se avaliar que valores positivos indicam que uma propriedade aumenta em função de outra e, valores negativos indicam o inverso.

Conforme a Tabela 2, a correlação entre as variáveis físicas estudadas de DS e a RP apresentaram correlação positiva, em todos os momentos do estudo, corroborando com o que observou Klein e Câmara (2007). Outro processo descrito pela análise de correlação e também associado a estrutura do solo, é da relação entre a resistência mecânica do solo à penetração das raízes e a porosidade total, valores elevados de RP estão associados com os menores valores de PT. Tal processo, também foi observado por Cardoso et.al (2006).

Se tratando da DS, quanto maiores os seus valores, menores serão os valores de PT, indicando a probabilidade de redução na absorção de nutrientes pelas raízes, o que pode alterar o bom desenvolvimento e o rendimento das culturas (SOANE; OUWERKERKO, 1995).

Os valores de RP do solo sofrem a influência de outros fatores, dentre eles está o conteúdo de umidade do solo (LIMA et al., 2007). Desta maneira, quando há uma alteração na umidade do solo, ocorre uma variação no sentido oposto dos valores de RP, pois, o teor de água atua alterando a coesão entre as partículas do solo

(BELTRAME et al., 1981). Assim foi observada correlação negativa entre a RP e a UV (TABELA 2), indo de encontro ao resultado observado por Klein et al. (1998).

	Amostras	RP	DS	PT	UV	Argila	MO
<u>Campo Nativo</u>							
RP	52	1	0,833*	-0,788*	-0,718*	0,176	-0,109
DS	52		1	-0,904	-0,742*	0,183	-0,092
PT	52			1	0,680*	-0,004	0,179
UV	52				1	-0,390*	0,133
Argila	52					1	0,223
MO	52						1
<u>Plantio Convencional</u>							
RP	52	1	0,882*	-0,884*	-0,721*	0,247	0,106
DS	52		1	-0,999*	-0,761*	0,150	0,043
PT	52			1	0,759*	-0,149	-0,048
UV	52				1	-0,263	-0,184
Argila	52					1	0,231
MO	52						1

Tabela 2 - Significância e coeficientes de correlação de Pearson ($p < 0,05$) das propriedades físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

Correlação significativa a 5% de probabilidade de erro. DS = Densidade do solo (g cm^{-3}), PT = Porosidade Total (%), MO: Matéria Orgânica (%), UV: Umidade Volumétrica (%), RP: Resistência a Penetração (MPa), Argila: (g Kg^{-1}).

No campo nativo, as variáveis DS, UV e argila ajustaram-se ao modelo Gaussiano, apresentando alcance de 113,1, 124,46 e 72,65 m; com patamares de 0,01, 7,07 e 4395,98, respectivamente. O efeito pepita desses dados foi de 0,00, 5,60 e 1866,73, nesta ordem. Por fim, o grau de dependência espacial para a DS e a UV foi classificado como forte, para a argila, moderado. A RP e a PT enquadraram-se ao modelo Stable, apresentando alcance de 28,84 e 96,51 m; com patamar de 0,02 e 15,93 e efeito pepita 0,00 e 11,91, respectivamente. Já o GDE para a RP foi classificado como forte, e para a PT como moderado (TABELA 3).

A MOS diferiu das demais propriedades estudadas, seguindo o ajuste dos dados ao modelo Circular, com alcance de 28,84 m, patamar de 0,70, efeito pepita de 0,0 e GDE de 0 %, classificado como forte (TABELA 3).

No plantio convencional, as variáveis UV, PT e MO se ajustaram ao modelo Stable, com valores de alcance de 27,50, 24,25 e 32,73 m, patamar de 4,22, 1,17 e 0,18, nesta sequência. O efeito pepita foi de 0,00, 0,09 e 0,00, nessa ordem. Por fim, o grau de dependência para UV, PT e MO foi classificado como forte para todas as variáveis (TABELA 3).

A DS e a argila ajustam-se ao modelo Gaussiano, com alcance de 24,25 e 17,45 m; patamar de 1,23 e 1009,38; e efeito pepita de 0,07 e 1,00, respectivamente. Assim, o grau de dependência para as variáveis DS e argila foi forte, com valores de 6,10 e 0,10 % (TABELA 3).

A RP ajustou-se ao modelo Exponencial, com alcance 39,86 m; patamar 0,01; efeito pepita 0,008; e grau de dependência espacial moderado, de 72,17 % (TABELA 3).

Conforme a tabela 3, a equidistância da grade amostral foi ótima para descrever as propriedades analisadas com exatidão, pois os valores de alcance identificados para as diferentes propriedades foram superiores a 15 m. Dentro da geoestatística o alcance apresenta os semivariogramas, na qual indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA et. al, 1997). Sendo assim, é um elemento necessário para o planejamento e a avaliação experimental, já que pode auxiliar na definição dos procedimentos de amostragem (MCBRATNEY E WEBSTER 1986).

Outro parâmetro geoestatístico importante é o efeito pepita, que quanto menor a proporção do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pela propriedade. Por conseguinte, maior será a continuidade espacial do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior a confiança nas estimativas (LIMA, 2010). Se o valor do efeito pepita é 0, quer dizer que o erro experimental é nulo, e que não existe uma variação significativa para distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR et al.,1985).

Parâmetros	RP	DS	UV	PT	Argila	MO
<u>Campo Nativo</u>						
Modelo	Stable	Gaussiano	Gaussiano	Stable	Gaussiano	Circular
Alcance	28,84	113,51	124,46	96,51	72,65	28,84
Patamar	0,023	0,01	7,07	15,93	4395,98	0,70
Pepita	0,00	0,00	5,608555	11,91	1866,73	0,000
M	-0,000	-0,001	0,006	0,026	0,666	-0,013
RMS	0,147	0,090	2,413	3,791	49,830	0,904
MS	-0,003	-0,003	0,002	0,006	0,014	-0,015
RMSS	1,00	0,993	0,959	0,984	1,001	1,072
ASE	0,146	0,090	2,535	3,861	50,401	0,840
DE	Forte	Forte	Fraco	Moderada	Moderada	Forte
GDE (%)	0,00	0,00	79,37	74,77	42,46	0,00
<u>Plantio Convencional</u>						
Modelo	Exponencial	Gaussiano	Stable	Stable	Gaussiano	Stable
Alcance	39,86	24,25	27,50	24,25	17,45	32,73
Patamar	0,012	1,23	4,22	1,17	1009,383	0,18
Pepita	0,008	0,07	0,00	0,09	1,009	0,00
M	-0,003	-0,001	-0,012	0,040	-0,193	0,002
RMS	0,135	0,080	2,015	3,051	29,155	0,409
MS	-0,022	-0,007	-0,007	0,008	-0,001	0,009
RMSS	0,972	0,979	0,987	0,961	0,944	0,987
ASE	0,139	0,081	2,047	3,157	30,984	0,415
DE	Moderada	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	72,17	6,10	0,00	8,12	0,10	0,00

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades

físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

Parâmetros. DS = Densidade do Solo (g cm^{-3}), PT = Porosidade Total (%), MO: Matéria Orgânica (%), UV: Umidade Volumétrica (%), RP: Resistência a Penetração (MPa), Argila: (g.kg^{-1}). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. GDE: Grau de Dependência Espacial.

De acordo com os modelos digitais apresentados nas figura 2 as propriedades físicas que apresentaram correlações somáticas e inversas, seguiram o mesmo padrão de correlação (TABELA 2) durante a sua distribuição espacial na Catena, nos diferentes momentos de avaliação.

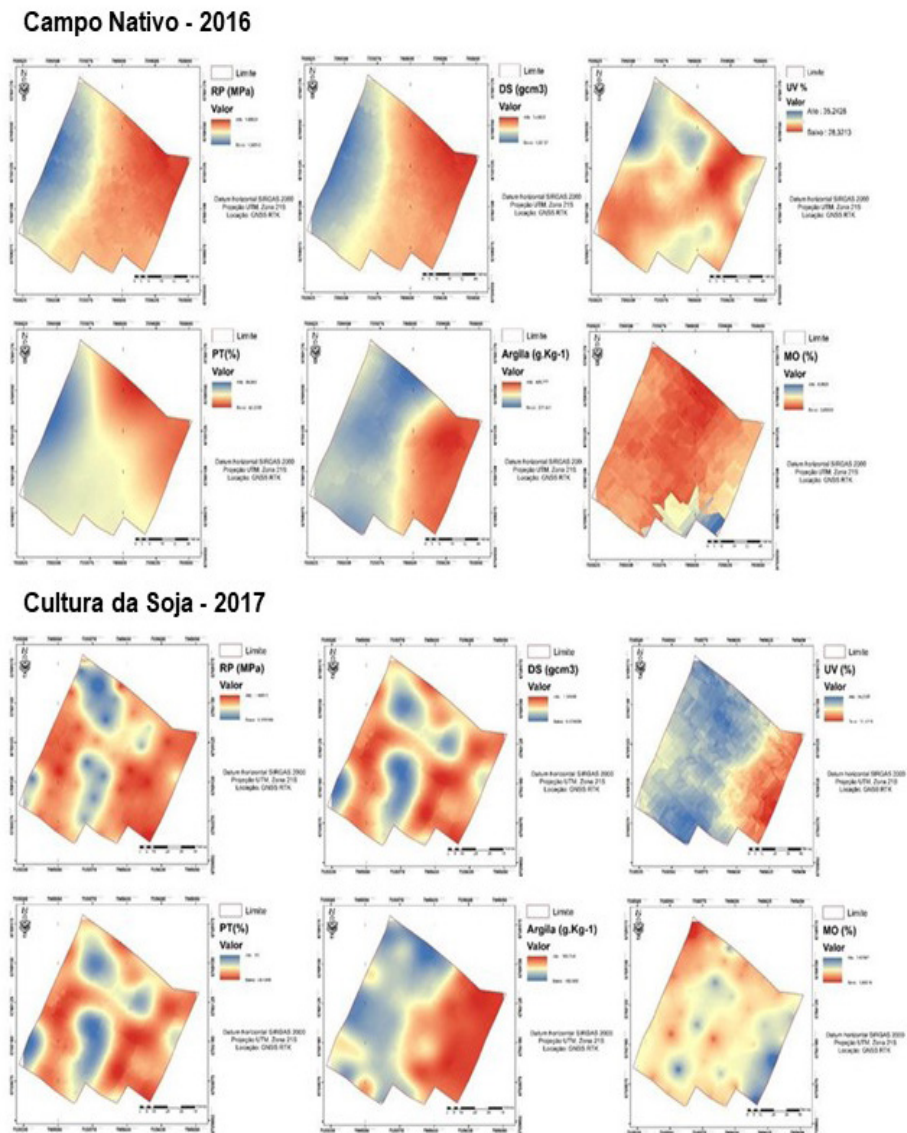


Figura 2 – Mapas de distribuição espacial das propriedades físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

4 | CONCLUSÕES

- A variabilidade espaço-temporal da resistência mecânica do solo à penetração das raízes apresentou correlação com a densidade do solo, a umidade

volumétrica e a porosidade total, nos diferentes momentos de avaliação.

- As propriedades físicas estudadas durante o monitoramento espaço-temporal não apresentaram restrições para o desenvolvimento vegetal.
- A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.
- A análise da distribuição espacial aliada à krigagem possibilitou o mapeamento da variabilidade das propriedades físicas, proporcionando melhor visualização do seu comportamento na área de estudo.

REFERÊNCIAS

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.5, p.145-149, 1981.

BOLDRINI, I. I. **Bioma Pampa: opiniões sobre as florestas nativas brasileiras**, março/maio, 2007, p. 24.

BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; et. al. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre, editora Pallotti, 2010. 64 p.

CAMBARDELLA, C. A, MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, 1994. p. 1501-1511.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.L, et.al. **Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto**. Pesq. Agropec. Bras., 41:493- 501, 2006.

DONAGEMMA, G.K. CAMPOS B. V. D., CALDERANO B. S., et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

ERBA, D. A.; OLIVEIRA, F. L.; LIMA JUNIOR, P. N. (Org.). **Cadastro Multifinalitário como Instrumento de Política Fiscal e Urbana**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005. 144 p., il., 21 cm. ISBN 859051711X.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. e SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Eng. Agríc.**, v. 18, p.45-54, 1998.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 221-227, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. Antonio Marciano da Silva, M. A., Mello, R. C. et al. Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de Cabeceira. **Ciência e Agrotec-nolia, Lavras**, v. 32, n. 3, p. 914-922, 2008.

LANDIM, P. M. B.; YAMAMOTO, J. K. **Geoestatística – conceitos e aplicações**. Oficina de textos. 2013. 210p.

- LIMA, C. L. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; DALBIANCO, L. Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Revista Ciência Rural**, v. 37, p. 1166-1169, 2007.
- LIMA, C. L. R. de; REINERT, D., REICHERT, J., & SUZUKI, L. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.1, p.89-98, 2010
- MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, n. 5, 2011. p 1197-1206.
- McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.
- MIOLA, E.C.C. et al. Intervalo hídrico ótimo em solo construído após mineração de carvão em diferentes limites críticos de resistência à penetração e umidade. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:563-572, 2015.
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.
- NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. **Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007, 1017p.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & SILVA, V.R. **Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado**. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; ROSA, G.M.; CERETTA, C.A., orgs. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, Palloti, 2001. v.1, p.114-133.
- SILVA, A. P.; IMNHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agrícola**, v. 61, 2004. p. 451-456.
- SOANE, B.D. & van OUWERKERK, C. Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. **Soil Till. Res.**, 35:5-22, 1995.
- SOUZA, Z. M.; Campos, M. C. C.; Cavalcante, Í. H. L. et. al. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e teor de água do solo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.128-134, 2006.
- STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, 2002. p. 207-212.
- SUZUKI, L.E.A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.
- VERDUM, R. **O pampa. Ainda desconhecido**. Revista do Instituto Humanitas Unisinos - IHU Online. São Leopoldo, 7 agosto de 2006, n°: 183, p.4-9.
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

VOORHEES, W.B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviation wheel induced soil compaction. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 42, 1983. p. 129-133.

SOBRE OS ORGANIZADORES

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

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

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-010-0

