

# Solos nos Biomas Brasileiros

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

# Solos nos Biomas Brasileiros

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 [recurso eletrônico] / Organizadores  
Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-008-7

DOI 10.22533/at.ed.087181412

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
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](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume I, apresenta, em seus 18 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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, EM TUCURUÍ-PA	
<i>Kerciane Pedro da Silva</i>	
<i>Raiana Arnaud Nava</i>	
<i>Thays Thayla Santos de Almeida</i>	
<i>Matheus da Costa Gondim</i>	
<i>Dihego Rosa das Chagas</i>	
<i>Sandra Andréa Santos da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO INFECTADO COM FUSÁRIO E CULTIVADO COM MARACUJAZEIRO, CULTIVAR BRS RUBI EM QUATRO COMBINAÇÕES COPA:ENXERTO	
<i>Marcelo Couto de Jesus</i>	
<i>Alexsandro dos Santos Brito</i>	
<i>Flavio da Silva Gomes</i>	
<i>Suane Coutinho Cardoso</i>	
<i>Onildo Nunes de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
ATRIBUTOS DE SOLOS, DINÂMICA E EVOLUÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NA MICROBACIA DO CÔRREGO MARIANINHO, EM FRUTAL/MG	
<i>Marcos Vinícius Mateus</i>	
<i>José Cláudio Viégas Campos</i>	
<i>Luana Caetano Rocha Andrade</i>	
<i>Nathalia Barbosa Vianna</i>	
<i>Matheus Oliveira Alves</i>	
<i>José Luiz Rodrigues Torres</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814125</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> ) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO	
<i>Ana Carolina Oliveira Chapeta</i>	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Carlos Alberto Bucher</i>	
<i>Manlio Silvestre Fernandes</i>	
<i>Cassia Pereira Coelho Bucher</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814126</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>76</b>
AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PALMA DE ÓLEO SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO	
<i>Shirlene Souza Oliveira</i>	
<i>Eduardo Cezar Medeiros Saldanha</i>	
<i>Marluce Reis Souza Santa Brígida</i>	
<i>Henrique Gusmão Alves Rocha</i>	
<i>Gabriela Mourão de Almeida</i>	
<i>Maria Soraia Fortado Vera Cruz</i>	
<i>Jose Leandro Silva de Araújo</i>	
<i>Ana Carolina Pinguelli Ristau</i>	
<i>Noéle Khristinne Cordeiro</i>	
<i>Whesley Thiago dos Santos Lobato</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814127</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>84</b>
BIOINDICADORA PARA DIAGNÓSTICO DE RESÍDUO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO SOLO	
<i>Camila Ferreira de Pinho</i>	
<i>Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira</i>	
<i>Jéssica Ferreira Lourenço Leal</i>	
<i>Amanda dos Santos Souza</i>	
<i>Samia Rayara de Sousa Ribeiro</i>	
<i>Gledson Soares de Carvalho</i>	
<i>André Lucas Simões Araujo</i>	
<i>Rúbia de Moura Carneiro</i>	
<i>Gabriela de Souza Da Silva</i>	
<i>Ana Claudia Langaro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814128</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>92</b>
BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO	
<i>Lidia Justen</i>	
<i>Michele Ribeiro Ramos</i>	
<i>Nayara Monteiro Rodrigues</i>	
<i>Alexandre Uhlmann</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814129</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>106</b>
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM SOB INFLUÊNCIA DO USO DE BORO	
<i>Rodrigo Ribeiro Fidelis</i>	
<i>Karen Cristina Leite Silva</i>	
<i>Ricardo de Oliveira Rocha</i>	

*Lucas Xaubet Burin  
Jânio Milhomens Pimentel Júnior  
Patricia Sumara Fernandes  
Pedro Lucca Reis Souza  
Danilo Alves Veloso*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141210**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM PLANTAÇÃO DE PALMA DE ÓLEO NA PRESENÇA DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira  
Eduardo Cezar de Medeiros Saldanha  
Marluce Reis Souza Santa Brígida  
Henrique Gusmão Alves Rocha  
Gabriela Mourão de Almeida  
Jose Leandro Silva de Araújo  
Ana Carolina Pinguelli Ristau  
Noéle Khristinne Cordeiro  
Bruna Penha Costa  
Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141211**

**CAPÍTULO 12 ..... 124**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO ORIUNDO DE BORRA DE CAFÉ

*Jamerson Fábio Silva Filho  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Alessandra Vieira da Silva  
Kerly Cristina Pereira  
Jaberson Basílio de Melo  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141212**

**CAPÍTULO 13 ..... 129**

COMPOSTO DE BORRA DE CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

*Alessandra Vieira da Silva  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Jamerson Fábio Silva Filho  
Kerly Cristina Pereira  
Lara Gonçalves de Souza  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141213**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

CONTRIBUIÇÃO DA FRAÇÃO GALHOS FINOS NA SERAPILHEIRA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, EM MACAÍBA, RN

*Luan Henrique Barbosa de Araújo  
José Augusto da Silva Santana  
Wanctuy da Silva Barreto  
Camila Costa da Nóbrega  
Juliana Lorensi do Canto  
César Henrique Alves Borges*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141214**

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>145</b>
CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
<i>Guilherme Guerin Munareto</i>	
<i>Claiton Ruviano</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>154</b>
CULTIVO DE RABANETE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS ADICIONADOS DE CINZA DE JATOBÁ ( <i>Hymenaea courbaril</i> L.)	
<i>Liliane Pereira Campos</i>	
<i>Gasparino Batista de Sousa</i>	
<i>Alexandra Vieira Dourado</i>	
<i>Tamires Soares da Silva</i>	
<i>Mireia Ferreira Alves</i>	
<i>Barbemile de Araújo de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>160</b>
DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina dos Santos Padilha</i>	
<i>Walmer Bruno Rocha Martins</i>	
<i>Gracialda Costa Ferreira</i>	
<i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i>	
<i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>171</b>
DEPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina Dos Santos Padilha</i>	
<i>Walmer Bruno Rocha Martins</i>	
<i>Gracialda Costa Ferreira</i>	
<i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i>	
<i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141218</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>183</b>

## CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

### **Guilherme Guerin Munareto**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Agronomia  
Santiago – RS

### **Claiton Ruviano**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Agronomia  
Santiago – RS

**RESUMO:** O conhecimento da variabilidade das propriedades físicas do solo permite aumentar a precisão do manejo, a fim de oferecer as culturas um ideal ambiente edáfico para expressar seu máximo potencial produtivo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a resistência mecânica do solo à penetração ( $R_p$ ) e sua relação com outras propriedades físicas do solo, sob o cultivo de soja em sistema de plantio direto (SPD). O trabalho foi realizado na fazenda escola da URI Campus Santiago, RS. Para a realização do estudo foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,00-0,20 m em 23 pontos na área, em grid com malha de 14x14 m, nas quais avaliou-se a resistência do solo a penetração, umidade volumétrica, matéria orgânica do solo e o teor de argila após a inserção do cultivo da soja. Os teores de  $U_v$  apresentaram dependência espacial fraca, a  $R_p$  demonstrou dependência espacial moderada, a MOS e o teor argila apresentaram dependência espacial

forte utilizando-se técnicas de geoestatística. A elaboração dos mapas de isolinhas por krigagem permitem a visualização das zonas de manejo das propriedades físicas onde é capaz de fazer intervenção dirigidas no manejo de acordo com a variabilidade dos atributos físicos do solo. Os valores da  $U_v$  em relação a  $R_p$  foram inversamente proporcionais, com altos valores de  $U_v$ , bem como baixos níveis de compactação, beneficiando o desenvolvimento das plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Física do solo, agricultura de precisão, dependência espacial.

**ABSTRACT:** Knowledge of the variability of the physical properties of the soil allows to increase the precision of the management, in order to offer crops as an ideal environment to project their own productive potential. The objective of this study was to evaluate soil mechanical resistance to penetration ( $R_p$ ) and its relationship with other soil physical characteristics under soybean cultivation under no-tillage system (SPD). The work was carried out at the farm of URI Campus Santiago, RS. In order to perform the test, soil samples were collected at a depth of 0.00-0.20 m at 23 points in the 14x14 m mesh area, in which the soil resistance at penetration, volumetric moisture, organic matter soil and clay content after a soybean plantation. The light contents of a

sudden space weakness, an  $R_p$  demonstrated spatially moderate, a MOS and one linking to the strong fort, using geostatistics techniques. The elaboration of image maps by kriging allows the visualization of the physical property zones of a directed driving mode, without agreement according to the variability of the physical attributes of the soil. The values of  $U_v$  relative to  $R_p$  were inversely proportional, with high  $U_v$  values, as well as compaction levels, beneficiaries of the development of plants.

**KEYWORDS:** Soil Physics, Precision Agriculture, Spatial Dependence.

## 1 | INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade do solo pelos atributos físicos é de suma importância para a manutenção e avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, tendo potencial de modificação com o manejo após alguns anos.

A resistência mecânica do solo à penetração ( $R_p$ ) é um dos principais indicativos da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, sendo um importante preditor do estado de compactação do solo. Porém, a  $R_p$  é influenciada pela umidade, matéria orgânica do solo (MOS) e argila do solo.

A compactação do solo causa restrição ao crescimento radicular, este aspecto está relacionado com a descontinuidade dos poros reduzindo a permeabilidade da água ao solo, afetando os artifícios de aeração, condutividade ao ar e trocas gasosas, além dos processos químicos e biológicos, resultante da decomposição das raízes, liberação de exsudatos radiculares, atividade biológica do solo mais efetiva, propiciando maior estabilidade dos agregados (TISDALL & OADES, 1979; 1882).

Em consequência disso, a erosão do solo está gradativamente sendo um fator problemático, na qual é ocasionado pelo uso intensivo de implementos agrícolas durante o sistema de preparo convencional, além de ser um fator físico limitante ao crescimento das plantas (Beutler et al., 2003) e responsável por mudanças na distribuição do sistema radicular em profundidade (Beutler et al., 2004).

A adoção de sistemas de manejo conservacionistas e a sucessão de culturas com adubos verdes são práticas que visam preservar a qualidade do solo e do ambiente, sem prescindir da obtenção de elevadas produtividades das culturas de interesse econômico (Carvalho et al., 2004). Uma das características do sistema plantio direto é o acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo (Escosteguy et al., 2005), a qualidade do solo é definida como a capacidade do solo em manter produtividade sustentável (Doran & Parkin ;1994).

A variabilidade espacial tem se evidenciado uma ferramenta fundamental na interpretação de resultados dos atributos do solo. Desta forma, demonstrando que é possível obter mapas de atributos do solo para identificar a degradação, como também recomendar manejos para recuperar as áreas degradadas (Grego et al., 2012), usando zonas de manejo com a finalidade de homogeneizar a distribuição das propriedades físicas dentro de uma determinada área.

O presente trabalho baseou-se em avaliar a resistência mecânica do solo à penetração ( $R_p$ ) e sua relação com outras propriedades físicas do solo, sob o cultivo de soja em sistema de plantio direto (SPD).

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região agroecológica do Vale do Jaguari – RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E 6.769.112 S (SIRGAS 2000, ZONA 21 S).

Conforme a classificação de Köppen, o clima dominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação excessiva em todos os meses do ano, totalizando uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, exibe formas suave ondulado, com altitudes que alcançam cerca de 394 metros (m).

A área em estudo é formada por polipedons de NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos e NEOSSOLOS LITOLICOS Distróficos, em Sistema de Plantio Direto (SPD), a mais de dezessete anos, o procedimento amostral contou com 23 pontos de prospecção coletados após o cultivo da soja, na profundidade de 0,0 - 0,20 m, numa área de 0,15 ha, com malha regular de 14m.

Para alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Global navigation Satellite System) Leica, modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK).

Nos pontos de prospecções foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a resolução das propriedades físicas do solo. O ensaio de resistência mecânica do solo à penetração foi realizado com o penetrômetro digital modelo Falker PLG 1020.

A determinação da argila, umidade volumétrica ( $U_v$ ) e da textura do solo se deu em conformidade com Donagema (2011). O teor de matéria orgânica do solo foi apontado pelo método colorimétrico, descrito por Raij et al (2001).

A variabilidade das propriedades em estudo foi avaliada pela análise estatística descritiva, com normalidade dos dados testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, e após realizada a análise de correlação (Pearson).

O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa ( $CV < 12\%$ ); média ( $12\% < CV < 60\%$ ); e alta ( $CV > 60\%$ ).

A análise da dependência espacial foi realizada por meio da geoestatística no software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1 (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geoestatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary). Foram constituídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionalidade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância e dos ajustes dos modelos teóricos. Com o interpolador de krigagem

ordinária, foram testados os seguintes modelos teóricos de semivariogramas: circular, esférico, exponencial e gaussiano.

Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram determinados os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita  $\leq 25\%$  do patamar, de dependência espacial moderada, quando o efeito pepita está entre 25 e 75%, e de dependência fraca, quando o efeito pepita é  $> 75\%$ .

Em seguida, os mapas foram gerados com a aplicação do interpolador de krigagem ordinária, seguindo a rotina: ArcToolbox → Spatial Analyst → Interpolação → Krigagem → Ordinária, assim permitindo o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de suma importância para a agricultura de precisão.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise variáveis para as propriedades estudadas aderem distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

A Rp apresentou valores entre 0,239 a 1,054 MPa, com média de 0,676 MPa, de acordo com Silva et al.,(1994); Betz et al., (1998); Reinert et al., (2001) usam como modelo de valor crítico de Rp considerado limitante às raízes de (2 Mpa), assim demonstrando que os valores encontrados de Rp no presente trabalho não interfere o desenvolvimento das culturas, os valores da umidade volumétrica (Uv) variaram de 0,326 a 0,506  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , perfazendo a média de 0,424  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , indicando boa capacidade de armazenamento de água no solo (Tabela 1). Já os valores de MOS variaram de 3,3 a 4,82%, com valor intermediário de 3,95% classificado como médio (CQFS-RS/SC, 2016), para o teor de argila os valores variaram entre 320 a 379  $\text{g kg}^{-1}$ , com média de 351,17  $\text{g kg}^{-1}$  com textura franco-argilosa adaptado por (Lemos; Santos., 1996).

Prop.	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)	K-S	Sig
Rp	23	0,239	1,054	0,676	215,531	31,8	,558	,914
Uv	23	0,326	0,506	0,424	4,210	9,9	,563	,909
MOS	23	3,30	4,82	3,95	0,402	10,1	,854	,459
Argila	23	320,00	379,00	351,17	18,946	5,39	,501	,363

Tabela 1- Análises estatísticas descritivas e teste de normalidade das propriedades físicas em NEOSSOLOS.

Prop: Propriedade. Rp: Resistência do solo a penetração Uv: Umidade Volumétrica. MOS: Matéria Orgânica do solo. CV: Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância.

O coeficiente de variação (CV), para a Rp de 31,8%, foi de média variabilidade, já

para a Uv (9,9%), a MOS (10,1%), argila (5,39%) foram de baixa dispersão (Tabela 1), adotando o critério de classificação para o CV proposto por Warrick e Nielsen (1980),

A RP apresentou valor médio de 0,676 MPa (Tabela 1), de acordo com Klein e Câmara (2007), os valores observados são classificados como baixos, levando em consideração a maioria das culturas, que em condições de até 3 MPa não sofrem limitações para o desenvolvimento radicular. Petter (1990) descreveu que os valores acima de 2,8 MPa foram limitantes ao crescimento radicular na cultura do soja, com alto rendimento. Para a cultura do feijão Carvalho et al. (2006), descreve que valores de RP variando entre 1,3 e 2,9 MPa não possuem limitação a produção de grãos. Portanto, esses autores ratificam que os valores de RP descritos (Tabela 1) e ilustrados (Figura 1) não são restritivos ao crescimento radicular.

Com o cruzamento dos diferentes planos digitais (mapas) observou-se a relação entre as diferentes propriedades no espaço (Figura 1).

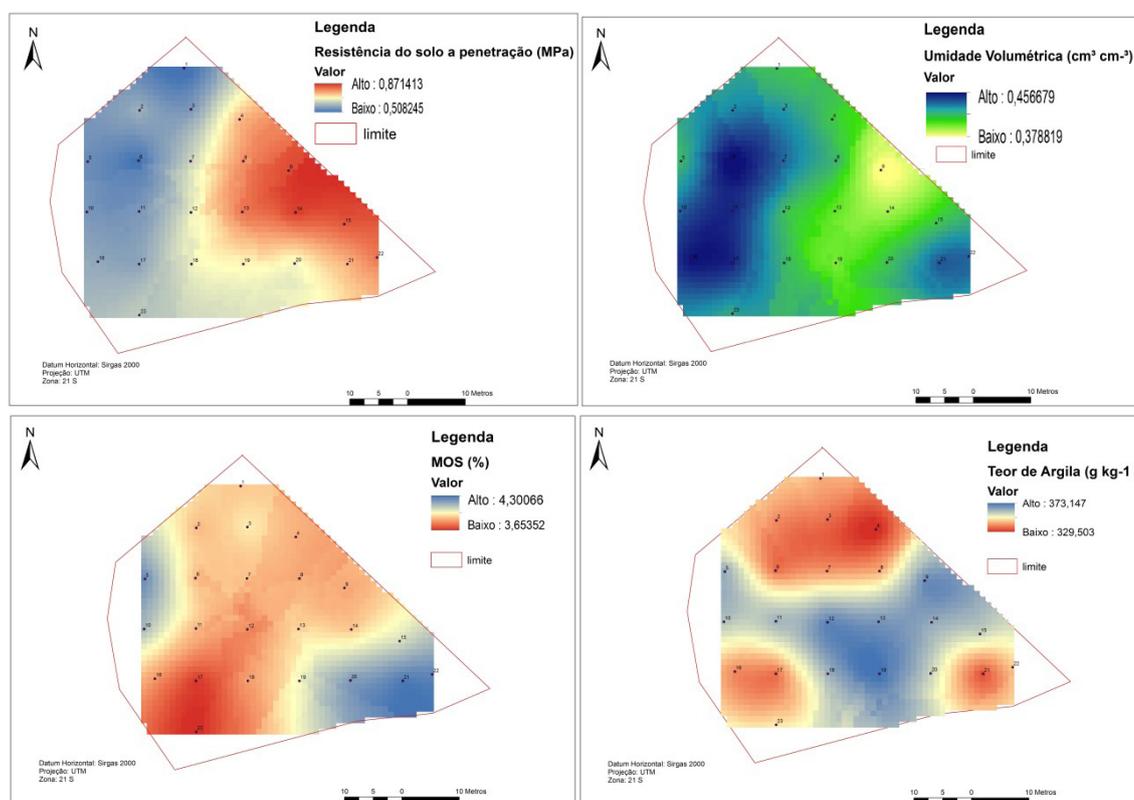


Figura 1- Mapas da variabilidade espacial de diferentes variáveis analisadas em NEOSSOLOS, em Sistema de Plantio Direto (SPD).

Os valores encontrados de Uv (Tabela 1) são semelhantes aos apresentados por Junior et al., (2017) e maiores que os de Garzella (2004). No entanto, menores que os de Teixeira et al. (2005) na determinação da umidade do solo em perfis mais profundos (0,7 m), encontrando resultados de  $0,47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , assim, um solo com maior Uv retêm mais água no solo e, conseqüentemente, causa decréscimo na resistência à penetração do solo (Figura 1).

A mensuração da MOS e sua variabilidade no espaço (Figura 1) nos possibilita

avaliarmos a sustentabilidade do sistema agrário, onde a área de estudo esta inserida. O presente trabalho apresentou valores de MOS próximos a 4 % (Tabela 1), devido a adoção do SPD a quase duas décadas sem pastoreio, onde o solo é minimamente revolvido e o aporte de resíduos na superfície é contínuo, induzindo o aumento da matéria orgânica, a qual associada a raízes em decomposição, proporciona recuperação da estrutura do solo e maior distribuição e continuidade dos poros (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Foram observados baixos teores de argila (Tabela 1) e a sua distribuição espacial (Figura 1), este resultado vai de encontro às observações de Hillel (1998). Este autor relatou que são esperados baixos teores de argila para os solos com pequeno desenvolvimento pedogenético “Neossolos”, especialmente quando desenvolvidos a partir da alteração de rochas cristalinas.

O modelo de semivariograma que melhor se ajustou *para as propriedades* Rp, a MOS e o teor de argila foi o modelo Esférico, já para a Uv ao modelo Gaussiano (Tabela 2). O grau de dependência espacial foi considerado moderado para a Rp, no entanto a dependência espacial da Uv é fraca, e forte para as variáveis MOS e para o teor de argila, conforme critérios estabelecidos por Cambardella (1994), e, com efeito, pepita das propriedades analisadas variando de 0 a 0,53. Quanto maior a dependência espacial da variável, melhor estrutura espacial e maior precisão podem ser obtidas na estimativa em locais não amostrados, por intermédio das técnicas geoestatísticas (KRAVCHENKO et al., 2006; LIMA et al., 2010).

Prop	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	M	RMS	MS	RMSS	ASE	Dependência	GDE (%)
Rp	Esférico	14,79	0,69	0,23	0,07	193,4	0,00	0,99	193,1	Moderado	33,65
Uv	Gaussiano	15,05	0,60	0,53	0,25	4,04	0,05	0,97	4,13	Fraco	88,49
MOS	Esférico	16,53	1,0	0,00	-,005	0,37	-0,01	1,00	0,36	Forte	0,00
Argila	Esférico	17,85	1,29	0,00	-,445	17,4	-0,02	0,93	18,7	Forte	0,00

Tabela 2- Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade das variáveis físicas estudadas em NEOSSOLOS, após o cultivo da soja.

Prop: Propriedade. Rp: Resistência do solo a penetração Uv: Umidade Volumétrica. MOS: Matéria Orgânica do solo. M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. IDE: Índice de Dependência Espacial.

Com o ajuste do semivariograma determinou-se o alcance e o patamar para as variáveis, a Rp apresentou alcance de 14,79 m e patamar de 0,69, a MOS com alcance de 16,53 m e patamar de 1,0, o teor de argila com alcance de 17,85 m e patamar de 1,29, e por fim, Uv com alcance de 15,05 m e patamar de 0,60 (Tabela 2).

Os dados apresentaram correlação negativa (Pearson), para as propriedades Rp e Uv, corroborando com Imhoff et al., (2000) tendo valores inversamente proporcionais entre Uv com Rp resultando em -0,4 (fraca). Já a MOS não apresentou correlação, com as demais variáveis (Tabela 3).

Propriedades	Casos	Rp	Uv	MOS	Argila
Rp	23	---	-0,433*	-0,122	0,223
Uv	23	-0,433*	---	-0,042	-0,664**
MOS	23	-0,122	-0,042	---	0,165
Argila	23	0,223	-0,664**	0,165	---

Tabela 3- Coeficientes de correlação de Pearson das propriedades físicas, após o cultivo da soja.

\*Correlação a 5% de significância, \*\* Correlação a 1% de significância.

Nos estudos de Imhoff et al. (2000), numa Terra Roxa Estruturada, e de Genro Junior et al. (2004), num Latossolo Vermelho, foi observada relação entre menor umidade e maior resistência do solo à penetração do mesmo modo que o observado no presente trabalho (Figura 1), embora seja em Neossolos. Assim, demonstrando que esta associação ocorre em diversos tipos de solos, sendo mais estreita a relação na faixa de menor umidade, o parâmetro umidade do solo está diretamente ligada ao volume armazenado de água, bem como a disponibilidade afetando os níveis de compactação (Tabela 3).

A elaboração dos mapas de isolinhas por krigagem permitem a visualização das zonas de manejo das propriedades físicas, onde é capaz de fazer intervenções dirigidas no manejo, de acordo com a variabilidade dos atributos físicos do solo.

## 4 | CONCLUSÕES

Os valores da Umidade volumétrica em relação à Resistência do solo a penetração foram inversamente proporcionais, com altos valores de Umidade volumétrica, bem como baixos níveis de compactação, beneficiando o desenvolvimento das plantas.

## REFERÊNCIAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.105-112, 1997.

BETZ, C.L.; ALLMARAS, R.R. & COPELAND, S.M. **Leastlimiting water range: traffic and long-term tillage influences in a Webster soil**. Soil Sci. Soc. Am. J., 63:1384-1393, 1998.

BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F. **Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, 2004.

\_\_\_\_\_. **Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.849-856, 2003.

Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F. et al. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Science Society of America Journal, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CARVALHO, G. J. et al. **Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração**

**do solo sob plantio direto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.765- 771, 2006.

CARVALHO, M.A.C. de; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E. de. **Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.1205-1211, 2004.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

DONAGEMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21 (SSSA Special Publication, 35).

ESCOSTEGUY, P. A. V.; HENKIN, D.; CALDEIRA, M. H. **Resíduos culturais e resultado da análise de solo coletado com diferentes amostradores no sistema de plantio direto.** Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.1, p.69-75, 2005.

GARZELLA, T.C.; MOLIN, J.P. 2004. **Avaliação em campo de um TDR para determinação de umidade.** In: 12º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, Resumos, Piracicaba.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT. **Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas.** R. Bras. Ci. Solo, 28:477-484, 2004.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; NOGUEIRA, S. F.; GIMENES, F. M. A.; OLIVEIRA, A.; ALMEIDA, C. G. F.; FURTADO, A. L. S.; DEMARCHI, J. J. A. **Variabilidade espacial do solo e da biomassa epígea de pastagem, identificada por meio de geoestatística.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n.9, p. 1404-1412, 2012.

HILLEL, D. **Environmental soil physics.** San Diego, Academic Press, 1998. 771p.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. **Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de solo sob pastagem.** Pesq. Agropec. Bras., 35:11450, 2000.

JUNIOR, Izael Mattins Fattori; E. H. F. M; Gonçalves, A. O & Marin, F. R. **Umidade volumétrica do solo medida e estimada pelo modelo DSSAT/CROPGRO em cultivo de soja.** Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 2, n. 3, p. 294-301, 2017.

KLEIN, V. A; CAMARA, R. K.. **Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em LATOSSOLO VERMELHO sob plantio direto escarificado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 221-227, 2007.

Köppen, W. 1948. **Climatologia.** México, Buenos Aires, Ed. Fundo de Cultura Econômica.

KRAVCHENKO, A. N. et al. **Using information about spatial variability to improve estimates of total soil carbon.** Agronomy Journal, v.98, p.823-829, 2006.

LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 3ª ed, Campinas, 84p. 1996.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos**

**químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração.** Revista Árvore, v.34, p.127-136, 2010.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

PETTER, R. L. **Desenvolvimento radicular da soja em função da compactação do solo, conteúdo de água e fertilidade em Latossolo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Santa Maria - RS. Universidade Federal de Santa Maria UFSM, 144 p, 1990.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REINERT, D.J.; WOLKOWSKI, R.P.; LOWERY, B. & ARRIAGA, F.J. **Compaction effects on plants water use.** In: PROCEEDINGS OF THE 2001 WISCONSIN FERTILIZER & PEST MANAGEMENT CONFERENCE, Madison, 2001. Anais. Madison, University of Wisconsin, 2001. p.222-232.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. **Characterization of least limiting ranges of soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1775-1781, 1994.

TEIXEIRA, C.F.A.; MORAES, S.O.; SIMONETE, M.A. 2005. **Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo.** Revista Brasileira de Ciência.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. **Organic matter and water stable aggregates in soil.** Journal of Soil Science, v.33, p.141-163, 1982.

\_\_\_\_\_. **Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass.** Australian Journal of Soil Research, v.17, n.3, p.429-441, 1979.

WARRICK, A.W. e NIELSEN D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.

## **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 978-85-7247-008-7



9 788572 470087