

**Leonardo Tullio
(Organizador)**

**CARACTERÍSTICAS DOS
SOLOS E SUA INTERAÇÃO
COM AS PLANTAS**

Atena
Editora
Ano 2019

Leonardo Tullio
(Organizador)

Características dos Solos e sua Interação com as Plantas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

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)

C257 Características dos solos e sua interação com as plantas [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-185-5

DOI 10.22533/at.ed.855191403

1. Ciência do solo. 2. Solos e nutrição de plantas. 3. Solos – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo.

CDD 625.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Características dos solos e sua interação com as plantas” aborda uma apresentação de 18 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área da Ciência do Solo.

O envolvimento das plantas com o solo requer conhecimento técnico de alto nível, pois a interação Solo – Planta – Ambiente é sem dúvida um universo complexo de informações e resultados que são influenciados por vários agentes externos e internos e que respondem no potencial produtivo de uma cultura. Entretanto, essa interação exige modelagem de dados que muitas vezes são inacabáveis, fazendo assim estimativas conforme os parâmetros estudados.

Porém, com a pesquisa voltada cada vez mais para o estudo do ambiente como um complexo sistema de produção, torna-se favorável para conhecer mais sobre os processos químicos, físicos e biológicos envolvidos no solo e na planta.

Assim, o conhecimento da relação Solo - Planta é fundamental para o entendimento desse sistema de produção, no qual a sua interação com as diversas características define seu potencial.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas surjam neste contexto.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CLASSIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO QUANTO À RESPOSTA E EFICIÊNCIA NO USO DO POTÁSSIO	
<i>Lucas Carneiro Maciel</i>	
<i>Weder Ferreira dos Santos</i>	
<i>Rafael Marcelino da Silva</i>	
<i>Layanni Ferreira Sodré</i>	
<i>Eduardo Tranqueira da Silva</i>	
<i>Fernando Assis de Assunção</i>	
<i>Lázaro Tavares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914031	
CAPÍTULO 2	8
DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS E SUAS RELAÇÕES COM A GEOMORFOLOGIA DE UMA CATENA DO PAMPA	
<i>Daniel Nunes Krum</i>	
<i>Julio César Wincher Soares</i>	
<i>Lucas Nascimento Brum</i>	
<i>Jéssica Santi Boff</i>	
<i>Higor Machado de Freitas</i>	
<i>Pedro Maurício Santos dos Santos</i>	
<i>Gabriel Rebelato Machado</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914032	
CAPÍTULO 3	21
EFEITOS DAS FORMAS DE MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS	
<i>Valéria Escaio Bubans</i>	
<i>Adriano Udich Bester</i>	
<i>Murilo Hedlund da Silva</i>	
<i>Tagliane Eloíse Walker</i>	
<i>Leonir Terezinha Uhde</i>	
<i>Cleusa Adriane Menegassi Bianchi</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914033	
CAPÍTULO 4	28
EFFECTS OF SOIL, SPATIAL PARAMETERS AND FOLIAR PHENOLIC CONTENTS ON ENTOMOFAUNA VARIABILITY IN PEQUIZEIRO	
<i>Deomar Plácido da Costa</i>	
<i>Gislene Auxiliadora Ferreira</i>	
<i>Suzana Costa Santos</i>	
<i>Pedro Henrique Ferri</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914034	
CAPÍTULO 5	43
EFICIÊNCIA DE AQUISIÇÃO DE NUTRIENTES DO CAPIM-TIFTON 85 ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	
<i>Alexandra de Paiva Soares</i>	
<i>Oscarlina Lúcia dos Santos Weber</i>	
<i>Cristiane Ramos Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914035	

CAPÍTULO 6 47

ESTRATÉGIA NA SELEÇÃO DE MILHO QUANTO A EFICIÊNCIA AO NITROGÊNIO NO ESTADO DO PARÁ SAFRA 2017/2018

Weder Ferreira dos Santos
Elias Cunha de Faria
Layanni Ferreira Sodré
Rafael Marcelino da Silva
Eduardo Tranqueira da Silva
Fernando Assis de Assunção
Lázaro Tavares da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914036

CAPÍTULO 7 54

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Lucas Nascimento Brum
Julio César Wincher Soares
Daniel Nunes Krum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Vitória Silva Coimbra
Matheus Ribeiro Gorski
Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.8551914037

CAPÍTULO 8 65

ÍNDICE DE ESTRATIFICAÇÃO DE CARBONO EM ÁREAS DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Nádia Goergen
Felipe Bonini da Luz
Ijésica Luana Streck
Marcos André Bonini Pires
Jovani de Oliveira Demarco
Vanderlei Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914038

CAPÍTULO 9 74

NUTRITIONAL AND PHENOLOGICAL INFLUENCE IN ESSENTIAL OILS OF *Eugenia dysenterica* ("CAGAITEIRA")

Yanuzi Mara Vargas Camilo
Eudécio Bonfim dos Santos Dias
Eli Regina Barboza de Souza
Suzana Costa Santos
José Realino de Paula
Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.8551914039

CAPÍTULO 10 88

QUIMIOVARIAÇÕES EM CASCAS E SEMENTES DE JABUTICABAS EM FUNÇÃO DOS NUTRIENTES DO SOLO DE CULTIVO DOS FRUTOS

Gustavo Amorim Santos
Luciane Dias Pereira
Suzana da Costa Santos

Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.85519140310

CAPÍTULO 11 103

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO SOBRE EFEITO DE INOCULAÇÃO EM DIFERENTES DOSAGENS DE NITROGÊNIO

Leandro dos Santos Barbosa

Fernando Zuchello

Paula Fernanda Chaves Soares

DOI 10.22533/at.ed.85519140311

CAPÍTULO 12 112

SOLUÇÕES CONSERVANTES EM ARMADILHAS *PITFALL TRAPS* PARA CAPTURA DA FAUNA EPIEDÁFICA

Ketrin Lohrayne Kubiak

Dinéia Tessaro

Jéssica Camile Silva

Luis Felipe Wille Zarzycki

Karina Gabrielle Resges Orives

Regiane Franco Vargas

Maritânia Santos

Bruno Mikael Bondezan Pinto

DOI 10.22533/at.ed.85519140312

CAPÍTULO 13 127

USO DE COVARIÁVEIS AMBIENTAIS PARA A PREDIÇÃO ESPACIAL DO CONTEÚDO DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

Nícolas Augusto Rosin

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jean Michel Moura-Bueno

Taciara Zborowski Horst

João Pedro Moro Flores

Diego José Gris

DOI 10.22533/at.ed.85519140313

CAPÍTULO 14 136

USO DO BIOATIVADOR DE SOLO E PLANTA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Rodrigo Caixeta Pinheiro

Jéssica de Lima Pereira

Carlos Henrique Melo

Thiago Rodrigues Ramos Farias

João Maurício Fernandes Souza

DOI 10.22533/at.ed.85519140314

CAPÍTULO 15 148

UTILIZAÇÃO DE PSEUDO-AMOSTRAGEM NO MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO POLÉSINE-RS UTILIZANDO FLORESTA ALEATÓRIA

Daniely Vaz Rodrigues da Silva

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jéssica Rafaela da Costa

Jean Michel Moura-Bueno

Cândida Regina Müller

Beatriz Wardzinski Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.855191403

CAPÍTULO 16 156

VARIABILIDADE E CORRELAÇÕES ESPACIAIS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO MÍNIMO, NUMA CATENA DO PAMPA

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Kauã Ereno Fumaco

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.85519140316

CAPÍTULO 17 168

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO E POTÁSSIO DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Higor Machado de Freitas

Julio César Wincher Soares

Pedro Maurício Santos dos Santos

Daniel Nunes Krum

Lucas Nascimento Brum

Jéssica Santi Boff

Matheus Ribeiro Gorski

Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.85519140317

SOBRE O ORGANIZADOR..... 176

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Lucas Nascimento Brum

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.

Daniel Nunes Krum

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

Jéssica Santi Boff

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

Higor Machado de Freitas

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

Pedro Maurício Santos dos Santos

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

Vitória Silva Coimbra

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista

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

Matheus Ribeiro Gorski

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

Thaynan Hentz de Lima

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

RESUMO: O uso indiscriminado dos recursos do solo põe em risco a sustentabilidade da agricultura. A tecnologia vem sendo um aliado no manejo e conservação do solo e da água, por meio da análise da variabilidade espaço-temporal dos fatores de produção é possível restringir ao necessário as técnicas utilizadas, evitando desperdícios. O presente trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal dos componentes da estrutura de Neossolos. Para isso, 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. Durante as prospecções foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo (DS), da porosidade

total (PT), da macroporosidade (MACRO) e da microporosidade (MICRO). De posse dos resultados, foi realizada a análise estatística descritiva, de correlação Pearson e de geoestatística para as diferentes variáveis estudadas, nos diferentes momentos. Foi observada a variabilidade espaço-temporal dos componentes da estrutura de Neossolos, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob o campo nativo. As propriedades físicas dos solos apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem, nos diferentes momentos de avaliação. A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis. Inicialmente, o preparo do solo para a inserção da cultura da soja contribuiu para a redução da macroporosidade dos solos, com valores restritivos para o desenvolvimento adequado da maioria das culturas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação nativa. Física do solo. Monitoramento espaço-temporal. Manejo e conservação do solo. Agricultura digital.

ABSTRACT: The indiscriminate use of soil resources puts the sustainability of agriculture at risk. Technology has been an ally in the management and conservation of soil and water, through the analysis of the spatio-temporal variability of the factors of production it is possible to restrict to the necessary the techniques used, avoiding waste. The present work aimed to analyze the space-time variability of the components of the Neossolos structure. For this purpose, we carried out surveys using 52 points of a fixed, multitemporal mesh (2016 and 2017), with regular intervals of 15 m, in the depth of 0.0 - 0.2 m, in an area of 1.17 ha. During the surveys, undisturbed samples were collected for the determination of soil density (DS), total porosity (PT), macroporosity (MACRO) and microporosity (MICRO). With the results, descriptive statistical analysis, Pearson correlation and geostatistics were performed for the different variables studied, at different times. The spatial-temporal variability of the components of the Neossolos structure was observed after the insertion of the soybean culture with conventional tillage under the native field. The physical properties of the soils presented spatial relationships in their distribution in the landscape, in the different moments of evaluation. The sample density was of great importance for the accurate prediction of the variables. Initially, soil preparation for the insertion of soybean crop contributed to the reduction of macroporosity of soils, with values restrictive for the adequate development of most agricultural crops.

KEYWORDS: Native vegetation. Physics of the soil. Spatio-temporal monitoring. Management and conservation of soil. Digital agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O solo é um importante suporte para a produção agrícola, o qual possibilita um ambiente favorável para o desenvolvimento vegetal, por meio de atributos físico-químicos. Sendo assim, a relação entre os elementos minerais e orgânicos promove a organização e o acomodamento das partículas no solo, resultando em melhorias na

sua qualidade física. As relações destas propriedades com as fases líquidas e gasosas do solo interferem na atividade biológica do mesmo, logo, solos com boa estrutura, possuem valores adequados de porosidade, com boa aeração, infiltração e retenção de água, beneficiando a elongação radicular e o desenvolvimento das culturas.

Nos próximos anos, a agricultura será desafiada a ter patamares de eficiência até há pouco inimagináveis. Para atender à demanda, terá de se produzir 70% a mais, do que é produzido hoje. Portanto, será preciso impactar ainda mais os já combalidos recursos naturais. A demanda por água deverá subir 45%. As reservas mundiais de solo agrícola estão se esgotando, e 30% do que está em uso sofre devido à erosão e à má utilização (AMADO, 2014).

A fertilidade do solo, conceitualmente, é a sua capacidade de fornecer nutrientes, em quantidade e proporção adequadas às plantas, na ausência de elementos tóxicos, para o seu desenvolvimento e produtividade; essencialmente, um conceito restrito às condições químicas do solo (NICOLODI et al., 2008).

A avaliação da fertilidade do solo, definida com base no conceito mineralista, é realizada apenas com a interpretação dos resultados de algumas propriedades químicas determinadas em amostras deformadas de solo. Com base nos resultados dessa análise, são recomendados corretivos, fertilizantes e adubos para manter ou incrementar a fertilidade dos solos e, por conseguinte, elevar a produção vegetal (ANGHINONI, 2005). Porém, negligencia-se o estudo da qualidade das propriedades físicas e biológicas dos solos.

De acordo com Reichert et al. (2003), a qualidade do solo esta aliada a boa infiltração, retenção e disponibilidade de água, tanto em superfície quanto em subsuperfície facilitando as trocas gasosas com a atmosfera e com as raízes das plantas.

Outro fator preponderante é a classe do solo, Neossolos são considerados solos com material mineral e orgânicos pouco espessos, com uma expressão pequena de processos pedogenéticos se comparado com outras classes com maior profundidade Oliveira (2008). Geralmente Neossolos Litólicos são constituídos de horizontes A ou O, acima do horizonte C ou Cr ou sobre fragmentos de rochas, com contato lítico numa profundidade de 50 cm da superfície. Quanto aos Neossolos Regolíticos, contém o horizonte A sobreposto ao horizonte C ou Cr, com a rocha em estado avançado de intemperismo, este contato ocorre abaixo de 50 cm da superfície (STRECK et al. 2018).

Para a gestão conservacionista da paisagem, faz-se necessário, dentre outros fatores, o conhecimento da variabilidade espacial e temporal das propriedades físicas dos solos, relacionadas a sua estrutura, deste modo é possível compreender as modificações ocorridas com o passar do tempo e assim identificar os parâmetros influenciadores destas modificações.

A geoestatística descreve a variabilidade espacial dos diferentes componentes da estrutura dos solos, permitindo a geração de subsídios e prognósticos para a utilização de práticas conservacionistas nos locais adequados e com magnitudes exatas, evitando

desperdícios, reduzindo o custo de produção e os passivos ambientais (VIERA, 2000).

A teoria fundamental da geoestatística é de que os resultados, que em sua maioria estão mais próximos em espaço e tempo sejam mais semelhantes entre si, do que os mais distantes (ISAAKS E SRIVASTAVA, 1989).

Portanto, a análise da variabilidade espaço-temporal das propriedades físicas do solo permite a correção de possíveis inconformidades dos mesmos, contribuindo com melhorias para a estrutura dos solos, produtividade das culturas e também, ampliando o conhecimento destas variabilidades com o decorrer do tempo.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal de componentes da estrutura de Neossolos, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob o campo nativo.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Santiago, no Vale do Jaguari, RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS2000, zona 21 J).

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), na catena em estudo, de 1,17 ha, desenvolvem-se polipedons de Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Regolíticos Distróficos, com grande contribuição da fração silte para a composição textural, perfazendo textura franco siltosa (silte 560 g kg^{-1} , areia 240 g kg^{-1} , argila 200 g kg^{-1}). Inicialmente, a ocupação do solo era constituída por campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento, posteriormente, foi inserida a cultura da soja com preparo convencional.

Variabilidade Espaço-temporal da Estrutura do Solo?

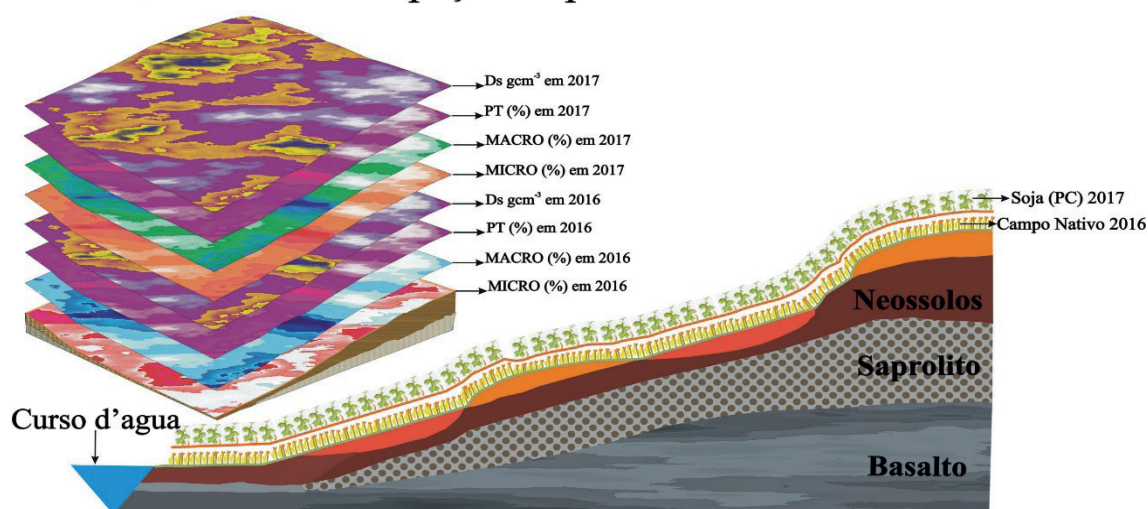


Figura 1. Perfil longitudinal da catena em estudo, com diferentes coberturas vegetais e propriedades físicas avaliadas.

Foi realizada a amostragem em 52 pontos de prospecção, de uma malha

multitemporal com intervalos regulares de 15 metros, na profundidade de 0,0 – 0,2 m (FIGURA 2).

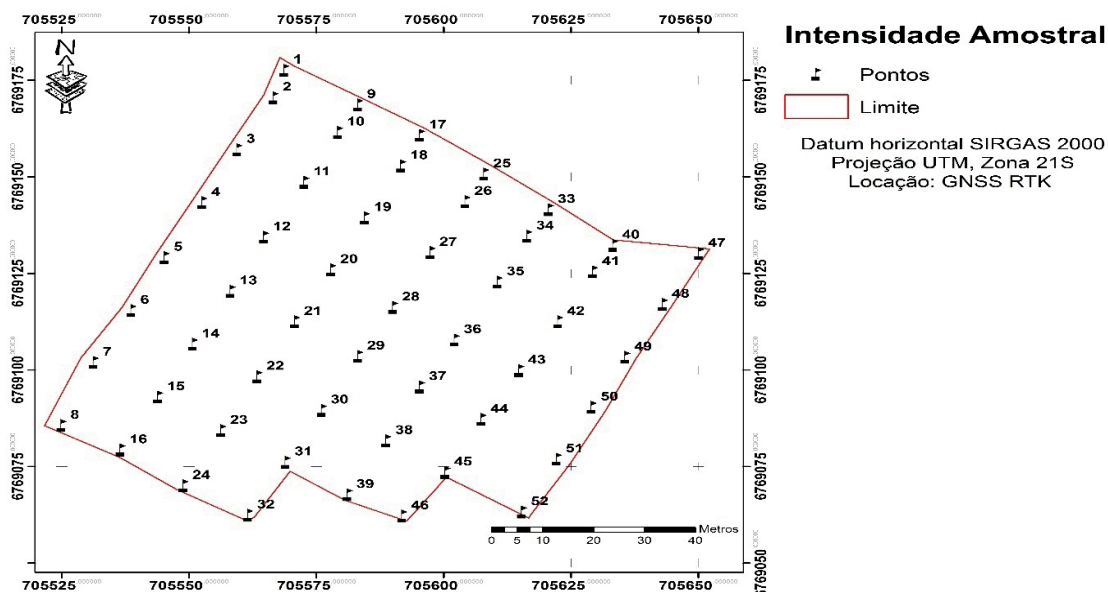


Figura 2. Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.

Para locação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Sistema Global de navegação por satélite) Leica modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK), utilizando o datum horizontal SIRGAS2000.

Durante as prospecções foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da macroporosidade (MACRO) e da microporosidade (MICRO), as análises laboratoriais foram realizadas conforme Donagema (2011).

A variabilidade do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$). Já o coeficiente de variação (CV) foi classificado segundo Warrick e Nielsen (1980), o qual considera variabilidade baixa ($CV < 12\%$); média ($12\% < CV < 60\%$) e alta ($CV > 60\%$).

Utilizando-se a geoestatística, foram realizados os ajustes dos modelos de semivariogramas aos dados, sendo definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (IDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994).

Em seguida, os mapas das diferentes propriedades físicas do solo foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária do ArcGIS® 10.5.1. (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geostatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary) (FIGURA 3). O estimador de krigagem ordinária é descrito por Trangmar et al. (1985), com a seguinte equação: $\hat{Z}(x_0) = (x_i)$, em que: $\hat{Z}(x_0)$ é a estimativa de krigagem para o local x_0 não amostrado; $Z(x_i)$ valor obtido por

amostra coletada a campo; n corresponde ao número de amostras vizinhas; e e_i são os pesos da krigagem atribuídos aos valores vizinhos $Z(x_i)$ para estimar $\hat{Z}(x_0)$ (CARAM, 2007).

Posteriormente, foram gerados mapas multitemporais para permitir o maior detalhamento espacial e temporal das propriedades estudadas (FIGURA 3).

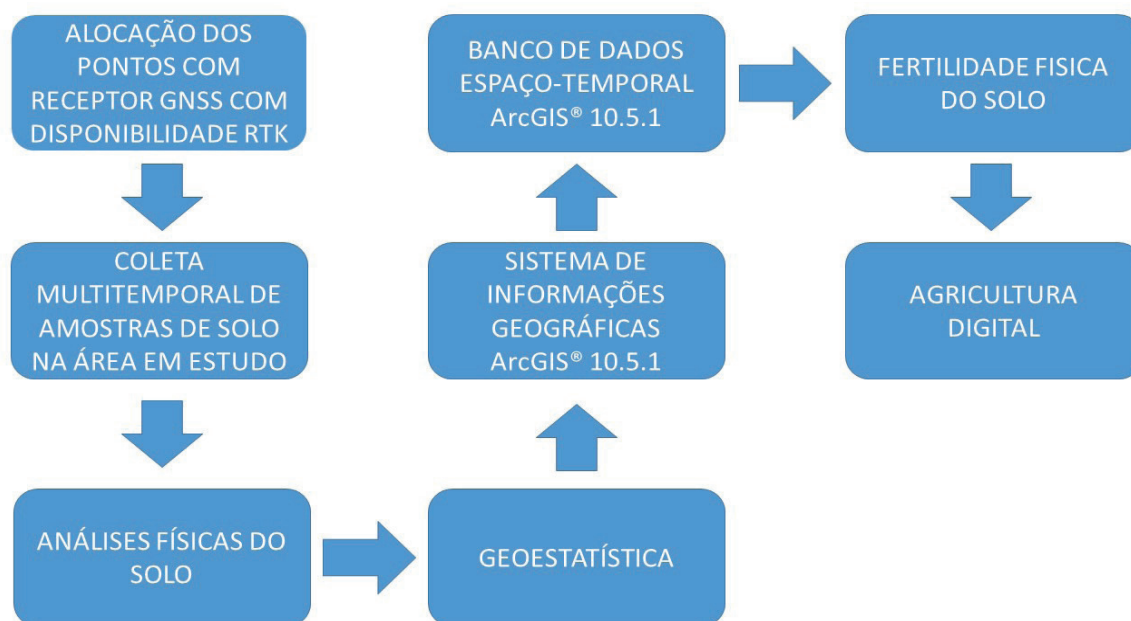


Figura 3 – Fluxograma descritivo das rotinas de trabalho.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva revela que todos os resultados das propriedades avaliadas apresentam distribuição normal (TABELA 1).

Os valores da estatística básica mostram valores médios de PT de 48,16 % para campo nativo e de 54,03 % para plantio convencional (TABELA 1). Segundo Kiehl (1979), valores de PT menores que 50 %, indicam alguma restrição ao desenvolvimento radicular das culturas. De acordo com Ranzani, (1969) o espaço poroso abrange de 30 a 60% do volume do solo; assim, considerando os valores de PT do presente estudo, pode-se inferir que a mesma esteve próxima ao adequado nos diferentes sistemas.

A MICRO apresentou média de 37,64 % sob campo nativo e de 46,73 % sob plantio convencional (TABELA 1). Pedron et al. (2011), avaliando Neossolos, encontraram um valor médio de 33 % como sendo o ideal para a retenção de água. A DS obteve o mesmo padrão, apresentando valores distantes da densidade crítica (TABELA 1), conforme Reinert et al. (2001).

Em relação a MACRO, observa-se a sua redução com o passar do tempo. Sendo que a MACRO se torna restritiva após o revolvimento do solo para o cultivo da soja, tendo em vista que, segundo Thomasson (1978), valores de porosidade de aeração abaixo de 10 – 15 %, restringem o desenvolvimento da maioria das culturas (TABELA 1).

Propriedade	Pontos	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)	K-S	SIG
<u>Campo Nativo</u>								
DS (g cm ⁻³)	52	0,99	1,55	1,34	0,10	8,00	0,01	1,00
PT (%)	52	34,18	62,92	48,16	4,68	10,00	0,07	0,69
MACRO (%)	52	1,23	16,99	10,52	3,55	34,00	0,11	0,09
MICRO (%)	52	31,66	45,93	37,64	2,69	7,00	0,08	0,62
<u>Plantio Convencional</u>								
DS (g cm ⁻³)	52	1,00	1,43	1,21	0,12	7,50	0,85	0,46
PT (%)	52	45,55	62,00	54,03	5,64	6,40	0,86	0,45
MACRO (%)	52	1,17	19,27	7,30	4,36	47,80	0,63	0,82
MICRO (%)	52	34,42	54,78	46,73	4,37	6,00	0,81	0,53

Tabela 1 - Análise estatística descritiva das propriedades físicas de NEOSSOLOS, sob campo nativo (2016) e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017).

DS: Densidade do solo (g cm⁻³). PT: Porosidade Total (%). MACRO: Macroporosidade (%). MICRO: Microporosidade (%). DV: Desvio Padrão. CV (%): Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. SIG: Significância (p<0,05).

No solo em estudo foi utilizada uma grade super-pesada para o preparo. Solos comumente revolvidos por maquinário pesado apresentam menor estabilidade dos agregados, aumento da densidade, alterações no espaço poroso e redução na condutividade hidráulica e gasosa (WÜNSCHE; DENARDIN, 1982).

De acordo com Reinert e Reichert (2006), a classe textural é determinada pela distribuição do tamanho de partículas e juntamente com o tipo de argila afetam outras propriedades físicas como a drenagem e a retenção de água, a aeração e a consistência dos solos. Nos solos analisados, há a predominância de silte, o que influencia diretamente na redução da MACRO, em consequência do solapamento das partículas. Pois, os solos apresentam baixa contribuição de argila e da matéria orgânica para a fase sólida. Conforme Hillel (1980), estas frações atuam como agente cimentante na estrutura do solo. Cabe salientar que, em 2017, foram mensuradas perdas dramáticas de matéria orgânica nos solos em estudo (KRUM et al., 2017).

A análise de geoestatística das propriedades físicas dos solos, em 2016, indica que, os dados de DS, MACRO e MICRO se ajustaram ao modelo Gaussiano, já para PT o ajuste se deu ao modelo Stable. Com valores respectivos de alcance de: 113,51 m, 93,85 m, 27,50 m e 96,51 m (TABELA 2).

Em 2017, os dados de DS e MICRO seguiram com o ajuste ao modelo Gaussiano, com valores respectivos de 24,25 m e 25,71 m. Para os dados de MACRO, o ajuste se deu ao modelo exponencial, e os dados de PT se ajustaram ao modelo Stable, com alcance de 18,77 e 24,25 m, nesta ordem (TABELA 2).

Os alcances nos diferentes momentos de estudo, indicam que a malha amostral, com equidistância de 15 m contribuiu para predição acurada das propriedades, de acordo com Panosso et al. (2008), o alcance é um parâmetro essencial do semivariograma.

A classificação do grau de dependência espacial indica que, a grande maioria das propriedades em estudo apresentou forte dependência espacial, nos diferentes

momentos, com exceção da MACRO e da PT, que apresentaram dependência espacial moderada em 2016 (TABELA 2).

Parâmetros	DS	MACRO	MICRO	PT
<u>Campo Nativo</u>				
Modelo	Gaussiano	Gaussiano	Gaussiano	Stable
Alcance	113,51	93,85	27,50	96,51
Patamar	0,01	9,00	6,67	15,93
Pepita	0,00	6,08	1,29	11,91
M	-0,001	-0,038	0,068	0,026
RMS	0,090	3,215	2,412	3,791
MS	-0,003	-0,007	0,025	0,006
RMSS	0,993	1,001	0,977	0,984
ASE	0,090	3,209	2,420	3,861
DE	Forte	Mod.	Forte	Mod.
GDE (%)	0,00	67,63	19,42	74,77
<u>Plantio Convencional</u>				
Modelo	Gaussiano	Exponencial	Gaussiano	Stable
Alcance	24,25	18,77	25,71	24,25
Patamar	1,23	0,96	1,22	1,17
Pepita	0,07	0,00	0,01	0,09
M	-0,001	0,046	-0,067	0,040
RMS	0,080	3,399	2,235	3,051
MS	-0,007	0,012	-0,022	0,008
RMSS	0,979	1,031	0,956	0,961
ASE	0,081	3,334	2,313	3,157
DE	Forte	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	6,10	0,00	0,10	8,12

Tabela 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para a densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO) de Neossolos, sob campo nativo (2016) e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017).

DS: Densidade do solo (g cm^{-3}). PT: Porosidade Total (%). MACRO: Macroporosidade (%). MICRO: Microporosidade (%). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão.

Conforme a figura 2, relacionando os mapas de distribuição espacial das diferentes propriedades físicas dos solos, nos diferentes momentos, observa-se na paisagem que, o espaço poroso e seus diferentes compartimentos relacionam-se com a DS, sendo possível inferir que, quanto maior a DS, menor será a PT e o volume de macroporos; indo de encontro a Klein (2012), o qual afirma que a DS, definida como a massa dos sólidos por seu volume, é afetada por cultivos que alteram sua estrutura e por consequência, o volume e tamanho dos poros.

O coeficiente de correlação de Pearson varia de 1 a -1, relacionando os compartimentos do espaço poroso com a densidade do solo, desta forma, pode-se avaliar que valores positivos indicam que uma propriedade em específico aumenta em função de outra e, valores negativos indicam o contrário.

No campo nativo, correlacionando o espaço poroso e seus diferentes

compartimentos com a DS, é possível inferir que quanto maior a DS, menor será a PT e o volume de MACRO, sem causar efeitos na MICRO (Tabela 3), corroborando com as observações de Mentges et al. (2010).

Quanto ao plantio convencional é possível concluir que, a DS apresentou correlação negativa com a PT e conseqüentemente, com a MICRO e a MACRO. No que refere-se a PT, esta propriedade apresentou correlação positiva com a MACRO e a MICRO (TABELA 3).

Propriedade	Pontos	DS	PT	MICRO	MACRO
<u>Campo Nativo</u>					
DS	52	-	-0,905*	-	-0,480*
PT	52	-	-	-	0,654*
MICRO	52	-	-	-	-
MACRO	52	-	-	-	-
<u>Plantio Convencional</u>					
DS	52	-	-0,999*	-0,405*	-0,665*
PT	52	-0,999*	-	0,403*	0,668*
MICRO	52	-0,405*	0,403*	-	-0,412*
MACRO	52	-0,665*	0,668*	-0,412*	-

Tabela 3 - Correlações de Pearson para a densidade do solo (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO) de Neossolos, sob campo nativo (2016) e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017).

* = correlação de Pearson significativa ($p < 0,05$). DS = Densidade do solo (g cm^{-3}). PT = porosidade total (%). MICRO = microporosidade (%). MACRO = macroporosidade (%).

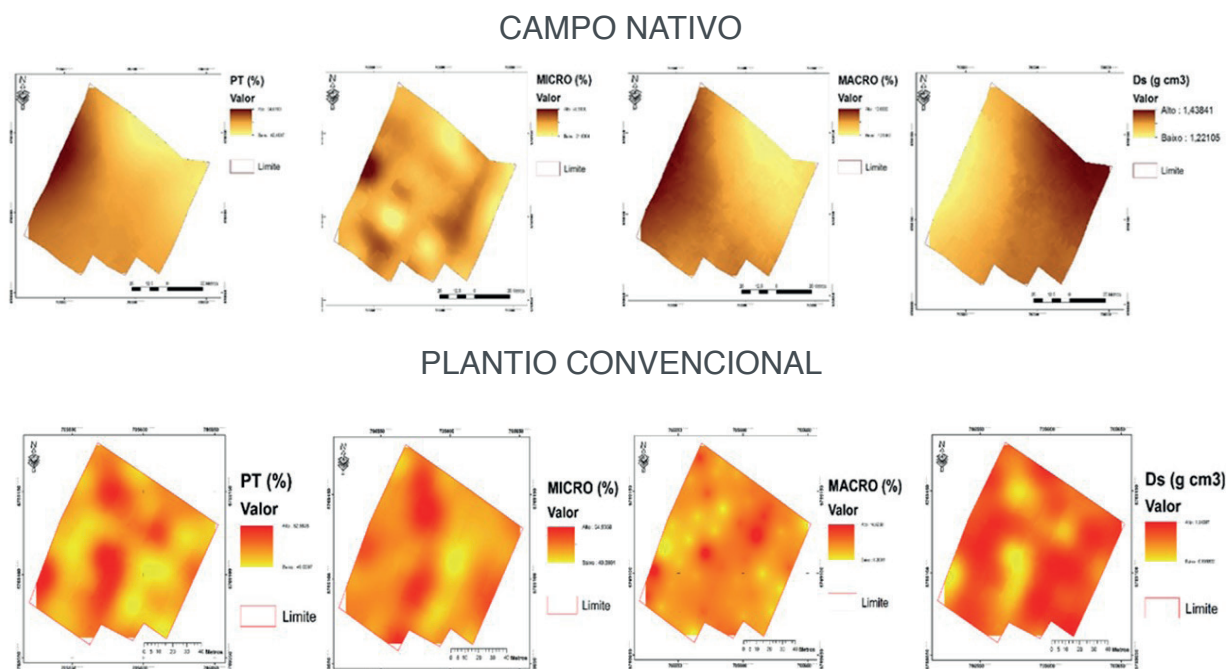


Figura 4. Mapas de distribuição espacial da densidade do solo (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO) de Neossolos sob campo nativo (2016) e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017).

O presente estudo alcançou devidamente o objetivo proposto, se mostrando

eficaz para estimar a variabilidade espaço-temporal da estrutura do solo, predizendo a necessidade de manejo conservacionista da catena em estudo, contribuindo assim, para a sustentabilidade do sistema produtivo.

Por se tratar de um solo pouco desenvolvido, com textura siltosa, o trabalho teve como limitação a carência de estudos em condições semelhantes, os quais permitiriam uma base comparativa para os principais resultados.

4 | CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal dos componentes da estrutura de Neossolos, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob campo nativo. Também, observou-se que as propriedades físicas dos solos apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem, nos diferentes momentos de avaliação.

A inserção da cultura da soja com plantio convencional contribuiu para a redução da macroporosidade dos solos.

A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis.

REFERÊNCIAS

AMADO, T.J. C. Agricultura de precisão e revolução tecnológica, 2015, fonte **Zero Hora**.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo no ambiente subtropical. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30., Recife, 2005. Palestras. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. e KONOPKA, A.E. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

CARAM, R. O. **Reconstrução de Séries e Análise Geoestatística da Precipitação no Estado de Minas Gerais**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/ MG.

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

Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ISAAKS E.H., SRIVASTAVA R.M. 1989. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press.

HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. **New York: Academic**, 1980. 413 p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p

KLEIN, V.A. **Física do Solo**/ Wilson Antonio Klein. – 2. Ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240 p. 40: il; 23 cm. ISBN 978-85-7515-770-1

KRUM, D. N. et al. **Variabilidade Espacial e Temporal das Frações da Matéria Orgânica do Solo pós-inserção da Cultura da Soja com Plantio Convencional sob Campo Nativo**. Anais. In: IV Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017, Não-Me-Toque. IV Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017.

MENTGES, M. I., REICHERT, J. M., ROSA, D. P., et al. **Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45(3), 315-321, 2010.

OLIVEIRA, F.P.; SANTOS, D.; SILVA, I.F. & SILVA, M.L.N. Tolerância de perda de solo por erosão para o estado da Paraíba. **R. Biol. Ci. Terra**, 8:60-71, 2008.

PANOSSO, A. R. et al. **Variabilidade espacial da emissão de CO₂ em LATOSSOLOS sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo**. Engenharia Agrícola, v.28, p.227-236, 2008.

NICOLODI, M. et al. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no Sistema Plantio Direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2735-2744, 2008.

PEDRON, F. A.; FINK, J. R.; RODRIGUES, M. F.; AZEVEDO, A. C. Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de Arenito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 53-62, 2011.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos**. 2. Ed. São Paulo, Edgard Blusher, 1969.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. **Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: Condições físicas do solo agrícola**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto, SBCS, 2003. CD ROM.

REINERT, D. J.; REICHERT. **Qualidade física dos solos**. Anais...Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16, 2006. SBCS, 2006.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. **Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado**. In: CARLESSO, R. et al. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM, 2001, 165p.

STRECK, E.V. et al.; FLORES, C.A.; SCHNEIDER, P. (Eds.) **Solos do Rio Grande do Sul**. 3 ed., rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. 252 p. il. Color. ISBN 978-85-98842-20-2.

THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. **Journal of Soil Science**, v.29, p.38-46, 1978.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties**. Advances in Agronomy, San Diego, v.38, p.45-94, 1985.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, G.R., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. Applications of soil physics. **New York: Academic Press**, 1980.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-185-5

