

# 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](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 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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1001814121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1001814122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1001814123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS DO SOLO	
<i>Lidiane Martins da Costa</i>	
<i>Marta Sandra Drescher</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1001814124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>37</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1001814125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 46**

QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO, ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES ECOSISTEMAS 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 Moraes*  
*Ellen Rachel Evaristo de Moraes*  
*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**

## PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS DO SOLO

**Lidiane Martins da Costa**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Santiago – RS

**Marta Sandra Drescher**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul  
São Luiz Gonzaga-RS

**RESUMO:** A mudança de uso das terras, por meio dos sistemas agropecuários alicerçados em práticas não conservacionistas, contribui para a redução da qualidade das propriedades físicas do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes usos do solo, identificando o impacto da mudança de uso da terra de áreas remanescentes do Bioma Pampa sobre a estrutura do solo. O estudo foi realizado no município de São Luiz Gonzaga-RS sendo avaliadas a densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e a resistência mecânica do solo à penetração. Os tratamentos foram compostos por seis usos do solo: campo nativo (Bioma Pampa), pastagem perene, transição, sistema integração lavoura-pecuária, plantio direto e sistema plantio direto. As avaliações foram realizadas nas profundidades de 0-0,07; 0,07-0,15; 0,15-0,22m, em delineamento inteiramente

casualizado com quatro repetições. Os resultados obtidos indicaram que na camada superficial, os tratamentos avaliados não diferiram em nenhuma propriedade. Quando comparados ao campo nativo os demais usos do solo apresentaram, na camada 0,07-0,15 m, alterações na estrutura do solo com a elevação da densidade, alcançando valores restritivos para a produtividade da cultura da soja, e redução da porosidade total e macroporosidade, com o incremento da microporosidade e da resistência a penetração. Na camada de 0,15-0,22 m, campo nativo apresentou a menor resistência à penetração e maior macroporosidade. Esse resultado indica que a conversão do campo nativo para os diferentes usos do solo alterou as propriedades físicas avaliadas com a degradação da estrutura do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioma Pampa, estrutura do solo, manejo do solo.

**ABSTRACT:** Land use change through agricultural systems based on non-conservation practices contributes to the reduction of the quality of soil physical properties. The present work aims to evaluate the changes in soil physical properties of an Oxisol submitted to different soil uses to identifying the impact of the land use change on the soil structure of the Pampa Biome remaining areas. The study was carried out in São Luiz Gonzaga-RS and

evaluated the density, total porosity, microporosity, macroporosity and soil mechanical resistance to penetration. The treatments were composed of six soil uses: native field (Pampa Biome), perennial pasture, transition, crop-livestock integration system, no-till and no-tillage system. The evaluations were performed at depths of 0-0.07; 0.07-0.15; 0.15-0.22 m in a completely randomized design with four replications. The results indicated that in the superficial layer, the evaluated treatments did not differ in any property. Compared to the native field, other evaluated soil uses presented, in the 0.07-0.15 m layer, changes in soil structure with increasing density, reaching restrictive values for soybean crop yield and reduction of total porosity and macroporosity, with the increase of microporosity and penetration resistance. In the layer of 0.15-0.22 m, native field showed the lowest penetration resistance and higher macroporosity. This result shows that the conversion of the native field to the different soil uses changed the evaluated soil physical properties with the degradation of the soil structure.

**KEY WORDS:** Pampa Biome, soil structure, soil management.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os campos do Pampa gaúcho durante muito tempo foram ocupados com a pecuária extensiva de grande escala, devido ao seu importante resultado econômico, o que permitiu sua conservação. Porém, a progressiva introdução e expansão das monoculturas e das pastagens com espécies exóticas têm levado a uma rápida degradação e descaracterização das paisagens naturais do Bioma Pampa (MMA, 2018), elevando a perda de espécies naturais, comprometendo os serviços ambientais proporcionados pela vegetação campestre, fazendo-se necessárias práticas agrícolas conservacionistas que minimizem esse impacto.

O uso intensivo da terra, ocasionado pelo atual cenário do agronegócio brasileiro, alicerçado em práticas não conservacionistas, tem contribuído, entre outros, para a redução da qualidade do solo. Entende-se por qualidade do solo, a capacidade deste funcionar regulando-se aos limites dos ecossistemas respondendo ao manejo e resistindo à degradação, aliando produtividade, qualidade ambiental, saúde humana e animal (Vezzani & Vielniczuk, 2009). Desta forma, faz-se necessário desenvolver sistemas produtivos que possam aliar produtividade a sustentabilidade ambiental, preocupando-se com a preservação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a qualidade do solo nestes sistemas (Vezzani & Mielniczuk, 2009).

A perda da qualidade física do solo através da compactação, tem sido considerada como um dos principais fatores responsáveis pela queda da produtividade das culturas agrícolas (Klein *et al.*, 2009). A intensificação do processo de compactação está associada diretamente ao sistema de manejo do solo adotado (Drescher *et al.*, 2016), aliado às práticas agrícolas não conservacionistas que provocam alterações em sua estrutura. A resistência mecânica do solo à penetração, juntamente com a distribuição do espaço poroso, são atributos físicos do solo que podem limitar o crescimento do

sistema radicular e a produtividade das culturas (Oliveira *et al.*, 2015), uma vez que, influenciam as condições de crescimento e aeração do sistema radicular, infiltração e disponibilidade de água para as plantas (Reichert *et al.*, 2007).

Sistemas de uso e manejo que possibilitem a adição de compostos orgânicos ao solo podem trazer benefícios para a qualidade física (Oliveira *et al.*, 2015), uma vez que a matéria orgânica exerce papel importante na formação e estabilização dos agregados do solo (Tisdall & Oades, 1982). Todavia, as práticas de manejo empregadas na produção agrícola não têm garantido o adequado aporte de biomassa ao solo. Esta inferência está fundamentada nos dados estatísticos publicados pelo IBGE (2017), os quais demonstram que, dos 44 milhões de hectares cultivados com espécies produtoras de grãos na safra de verão de 2015, apenas 14 milhões de hectares foram cultivados na safra de inverno, ou seja, apenas 14 milhões de hectares receberam, pelo menos, duas safras em um único ano agrícola. Neste sentido, enfatiza-se que ampla maioria das áreas utilizadas para produção de grãos no País não contemplam diversificação de culturas na condição de que haja produção de fitomassa em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do solo.

Como alternativa à falta de opção de culturas comerciais, que possibilitem uma diversificação da produção e adequada rotação de culturas, com ciclagem de nutrientes no período de outono/inverno, produtores do Sul do Brasil optam pela introdução do sistema de produção com integração lavoura-pecuária, que se caracteriza pela alternância entre a produção de grãos e pastejo de animais em uma mesma área. Entretanto, em decorrência do pisoteio exercido pelos animais, há preocupação com a compactação superficial nesse sistema de manejo, a qual é agravada em condições de baixa altura de manejo da pastagem (Leão *et al.*, 2004), bem como com baixa quantidade de resíduo vegetal sobre o solo (Silva *et al.*, 2000).

A diversidade de usos do solo em sistemas agropecuários é característica marcante da região das Missões do estado do Rio Grande do Sul (Mantelli, 2006). A região apresenta solos aptos ao cultivo de culturas anuais como soja (*Glycine max* L.), milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.), além da bovinocultura de corte e leite, em sistema de pastejo baseado na integração lavoura pecuária, pastagens perenes e campo nativo, em áreas remanescentes do Bioma Pampa (Incra/RS, 2009). Todavia, nos últimos anos a intensificação da agricultura, associada à valorização da cultura da soja tem conduzido a expansão das fronteiras agrícolas, especialmente sobre áreas remanescentes do Bioma Pampa (Silva, 2012), o que conduz a conversão do campo nativo em lavoura.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes usos do solo, identificando o impacto da mudança de uso da terra de áreas remanescentes do Bioma Pampa sobre a estrutura do solo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região das Missões do estado do Rio Grande do Sul, no município de São Luiz Gonzaga, localizado entre os paralelos de 28° S e 29° S. A região de estudo apresenta solos profundos, argilosos e bem drenados, predominantemente da classe dos Latossolos (Streck *et al.*, 2002). Apresenta altitudes entre 200 a 400 metros, com relevo ondulado a suavemente ondulado, o clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com as quatro estações do ano bem definidas. De acordo com a estação meteorológica de São Luiz Gonzaga a temperatura média anual no município é de 16° C e a precipitação anual é de 1.660 mm (Incrá/RS, 2009). A região de estudo pertence ao Bioma Pampa, que abrange os campos da metade sul e das Missões no Estado do Rio Grande do Sul, cobrindo área aproximada de 176.496 km<sup>2</sup> (IBGE, 2004). As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio dos campos nativos, mas há também a presença de matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos, etc.

Todavia, as paisagens naturais do Bioma Pampa têm sido modificadas pela exploração agropecuária. Nesse sentido, o trabalho contemplou a avaliação de seis dos principais sistemas de produção adotados na região (Incrá/RS, 2009), caracterizados da seguinte forma:

- Campo Nativo (CN): área sob sistema extensivo de pastejo, sem correções da acidez e da fertilidade do solo, sendo representativa das áreas remanescentes do Bioma Pampa na região;
- Transição (TR): área que nos últimos dois anos foi submetida a uma transição de campo nativo (Bioma Pampa) para sistema de produção de grãos utilizando o plantio direto;
- Plantio Direto (PD): caracteriza a forma de cultivo mais representativa da região, o monocultivo sucessivo de soja e trigo, sem revolvimento do solo há 20 anos;
- Sistema Plantio Direto (SPD): área manejada em sistema plantio direto há 20 anos em que nos últimos cinco anos foi realizada a seguinte rotação de culturas: nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.)/ milho/soja safrinha, trigo/soja, trigo/soja, aveia branca (*Avena sativa* L.)/ soja, nabo forrageiro/milho. A realização da rotação de culturas é o fator que distingue este tratamento do tratamento plantio direto caracterizado pelo monocultivo sucessivo de soja e trigo;
- Sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP): área de criação de gado de corte com pastagem de aveia (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* L.), no inverno, e produção de soja sob plantio direto no verão, mantida nesse sistema há dez anos;
- Pastagem perene (PP): área implantada há aproximadamente sete anos e utilizada com *Cynodon dactylon* L. Pers (cv. Tifton 85) para pastejo de gado leiteiro.

Para avaliação do efeito dos sistemas de manejo sobre o solo, foi realizada a análise das propriedades físicas de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade do solo pelo método do anel volumétrico e mesa de tensão (Claessen, 1997).

A coleta de amostras foi realizada no mês de janeiro de 2016, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para coleta das amostras de solo, com estrutura preservada, foram utilizados cilindros de aço inoxidável, com 141,37cm<sup>3</sup> (5 cm de altura e 6 cm de diâmetro). As amostras de solo foram coletadas em três profundidades (0 a 0,07, 0,07 a 0,15 e, 0,15 a 0,22 m). Após a coleta, as amostras foram saturadas por capilaridade por um período de 48 horas, pesadas e levadas à coluna de areia (Reinert & Reichert, 2006) onde foram submetidas à tensão de sucção de 6 KPa. As amostras de solo permaneceram nessa tensão até que se estabeleceu o equilíbrio entre a água retida na amostra e a sucção aplicada. Posteriormente pesou-se novamente a amostra, a qual foi encaminhada a estufa a 105-110°C, onde permaneceu até obtenção de peso constante. A porosidade total, microporosidade, macroporosidade e densidade do solo foram determinadas pelo método adotado por Claessen (1997).

A resistência à penetração mecânica foi avaliada pelo método do penetrômetro eletrônico de bancada, modelo MA 933 da marca Marconi dotado de variador eletrônico de velocidade e sistema de registro de dados (Tormena *et al.*, 2007). Na determinação da resistência à penetração foram utilizadas as mesmas amostras indeformadas coletadas para a avaliação de densidade e de porosidade do solo. Assim, após serem retiradas da coluna de areia as amostras foram pesadas e, logo na sequência, encaminhadas ao penetrômetro para efetuar a medida de resistência à penetração.

Para análise dos resultados as variáveis foram submetidas aos testes de Lilliefors para normalidade e de Cochran para homogeneidade de variâncias e, posteriormente foi realizada a análise de variância, a 5% de probabilidade. Quando o teste F foi significativo, os resultados foram comparados pelo teste de Tukey, também a 5% de probabilidade. Todas as avaliações foram realizadas no programa estatístico Assistat, versão 7.7 beta (Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura do solo na camada superficial, situada de 0 a 0,07 m, não diferiu para os atributos físicos de densidade, porosidade e resistência a penetração (Tabela 1). Todavia, embora não tenham ocorrido diferenças entre os tratamentos, ao observar a resistência à penetração, na camada de 0 a 0,07 m, é possível verificar que o CN ultrapassou o valor de 2,0 MPa, frequentemente considerado como restritivo ao crescimento radicular das culturas (Reichert *et al.*, 2009; Collares *et al.*, 2006). Esse resultado pode ser atribuído ao pisoteio animal, que ocasiona a formação de camadas

superficiais com maior resistência (Kunz *et al.*, 2013), especialmente em condições de alta pressão de pastejo, e que, no presente estudo, pode ser decorrente da ausência de práticas de melhoramento sobre o CN submetido ao pastejo de bovinos.

O melhoramento do CN mediante fertilização e introdução de espécies forrageiras por sobre semeadura ou semeadura direta potencializa a maior produção de forragem, especialmente no inverno e início da primavera, o que contribui para adição de compostos orgânicos ao solo beneficiando a estrutura do solo e reduzindo os riscos de compactação. Outro aspecto importante que pode contribuir para a qualidade estrutural do solo é o ajuste da carga animal por hectare em função da oferta de forragem existente na área. Assim, o manejo com alta oferta de forragem permite a melhoria da estrutura do solo através do aumento da matéria orgânica (associada ao aumento da cobertura) e da taxa de infiltração da água no solo (Bertol *et al.*, 1998).

Na profundidade de 0,07 a 0,15 m os tratamentos utilizados para produção de grãos ILP, PD, SPD e TR apresentaram maior densidade. Esse comportamento pode ser explicado pelo acúmulo das tensões impostas pelo tráfego de máquinas agrícolas, sendo essa camada reconhecida como a camada de maior restrição ao crescimento radicular das plantas em áreas manejadas sob SPD conforme verificado também por (Secco *et al.* 2009; Drescher *et al.* 2016). Nesse sentido, cabe ressaltar ainda que ao considerar a proposição de densidade crítica de 1,30 a 1,40 Mg m<sup>-3</sup> para solos argilosos (Reichert *et al.*, 2003) os tratamentos que contemplam a produção de grãos ILP, SPD e PD estariam em uma faixa restritiva, podendo ser considerados críticos ao desenvolvimento das culturas.

Tratamentos	Parâmetros				
	Ds Mg m <sup>-3</sup>	Pt	Macrop. ----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----	Microp.	RP Mpa
Profundidade de 0 a 0,07 m					
CN	1,17 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>
ILP	1,32	0,53	0,10	0,43	1,52
PP	1,18	0,57	0,09	0,49	1,83
PD	1,25	0,57	0,13	0,44	1,88
SPD	1,27	0,54	0,11	0,44	1,62
TR	1,24	0,55	0,10	0,45	1,56
CV (%)	9,37	7,01	55,06	5,8	20,35
Profundidade de 0,07 a 0,15 m					
CN	1,16 c	0,55 a	0,14 a	0,41 <sup>ns</sup>	1,35 ab
ILP	1,44 a	0,52 ab	0,08 ab	0,44	1,58 ab
PP	1,23 bc	0,56 a	0,13 ab	0,43	1,26 b
PD	1,38 ab	0,52 ab	0,07 b	0,46	2,03 a
SPD	1,40 ab	0,49 b	0,06 b	0,42	1,64 ab
TR	1,27 abc	0,54 ab	0,08 ab	0,46	1,31 ab
CV (%)	6,3	5,18	33,37	5,4	22,13
Profundidade de 0,15 a 0,22 m					
CN	1,09 b	0,56 <sup>ns</sup>	0,17 a	0,39 <sup>ns</sup>	0,62 b

ILP	1,30 ab	0,53	0,08 ab	0,44	1,57 a
PP	1,22 ab	0,56	0,12 ab	0,44	1,25 a
PD	1,27 ab	0,56	0,12 ab	0,45	1,22 a
SPD	1,42 a	0,47	0,09 ab	0,39	1,35 a
TR	1,24 ab	0,52	0,07 b	0,45	1,49 a
CV (%)	7,96	9,69	38,55	12,51	15,57

Tabela 1. Densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade do solo (Macrop.), microporosidade (Microp.) e resistência a penetração (RP) em sistemas produtivos manejados sob campo nativo (CN), integração lavoura pecuária (ILP), pastagem perene (PP), plantio direto (PD), sistema plantio direto (SPD) e transição (TR)

<sup>ns</sup> Médias na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento TR apresenta densidade do solo com características tanto de CN, quanto de lavoura, possibilitando observar que após dois anos de manejo o TR encontra-se em fase de transição entre os dois sistemas produtivos.

Na camada de 0,07 a 0,15 m a maior resistência a penetração foi observada no PD, ultrapassando também 2,0 MPa, valor frequentemente considerado crítico para o desenvolvimento radicular das culturas (Reichert *et al.*, 2009; Collares *et al.*, 2006). Esse comportamento pode ser atribuído a ausência de rotação de culturas nesse sistema produtivo, o que associado ao contínuo tráfego de máquinas contribui para formação de camadas de solo resistentes a penetração (Secco *et al.*, 2009).

O SPD apresentou menor porosidade total na camada 0,07 a 0,15 m, coerente a maior densidade do solo. Desse modo é possível observar uma degradação da estrutura do solo, indicando que no SPD, há tendência à compactação na camada subsuperficial em áreas com rotação de culturas com baixo aporte de material orgânico como os cultivos de soja e nabo forrageiro que antecederam o momento de avaliação das propriedades físicas do solo, culturas cujos resíduos culturais apresentam baixa taxa de permanência no solo (Doneda *et al.*, 2012). Este resultado contrapõe-se ao observado por William & Well (2004), que as raízes do nabo forrageiro atuam como agentes recuperadores das propriedades físicas do solo através dos bioporos formados, os quais podem beneficiar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas subsequentes. Todavia, deve-se ressaltar que a suscetibilidade de um solo a compactação torna-se menor à medida que se aumenta a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo Braida *et al.* (2006), sendo que a permanência desta palha tem fundamental importância para o acúmulo de carbono na superfície do solo. Assim, a utilização do nabo forrageiro solteiro pode acarretar em rápida decomposição e baixa permanência da palhada, visto que a fitomassa tem fácil e rápida decomposição devido à baixa relação carbono/nitrogênio (C/N). Recomenda-se, portanto, o consórcio do nabo forrageiro com culturas como a aveia, possibilitando maior cobertura e permanência da palha sobre o solo (Silva *et al.*, 2011).

Na camada de 0,15 a 0,22 m, os tratamentos diferiram quanto a densidade, resistência a penetração e macroporosidade do solo. O CN apresentou a menor

resistência à penetração e maior macroporosidade. Esse resultado permite observar que os sistemas de manejo utilizados para produção de grãos, bem como a conversão do sistema natural (Bioma Pampa) em lavoura (TR) provocam alterações nas propriedades físicas do solo atingindo as camadas subsuperficiais até 0,22 m de profundidade.

## 4 | CONCLUSÕES

A utilização de áreas remanescentes do Bioma Pampa para pastoreio, sem associação com estratégias de melhoramento do campo nativo e ajuste da carga animal a oferta de pastagem ocasiona a compactação da camada superficial do solo.

O processo de mudança de uso da terra promove alterações sobre as características físicas do solo, em que após dois anos de manejo, a área de transição entre ambiente natural e sistema produtivo, apresenta características intermediárias aos dois ambientes.

O monocultivo sucessivo de soja e trigo e a rotação com culturas de baixa permanência de palha promovem a compactação da camada compreendida entre 0,07 a 0,15m do Latossolo argiloso manejado sob plantio direto.

## REFERÊNCIAS

BERTOL, I. *et al.* **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.5, p. 779-786, maio 1998. ISSN 1678-3921.

BRAIDA, J. A. *et al.* **Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 605-614, mar. 2006. ISSN 1806-9657.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPACNPS, 1997. 212p.

COLLARES, G. L. *et al.* **Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. n.11, p. 1663-1674, nov. 2006. ISSN 1678-3921.

DONEDA, A. *et al.* **Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, n. 6, p. 1714 -1723, out. 2012. ISSN 1806-9657.

DRESCHER, M. S. *et al.* **Duração das alterações em propriedades fisicohídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n. 2, p.159-168, fev. 2016. ISSN 1678-3921.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro, 2004. 1 mapa color.; 110 x 90cm. Escala 1:5.000.000.

IBGE. Banco de dados agregados: **Pesquisas: Produção Agrícola Municipal. 2015.** Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=3>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

INCRA/RS - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Relatório ambiental do projeto de assentamento panorama São Luiz Gonzaga/RS**. Porto Alegre, INCRA. 2009.115p.

KLEIN, V.A; BASEGGIO, M; MADALOSSO, T. **Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n. 9, p. 2475-2481, ago. 2009. ISSN 1678-4596.

KUNZ, M. *et al.* **Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1699-1708, set. 2013. ISSN 1806-9657.

LEÃO, T.P. *et al.* **Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 415-423, jun. 2004. ISSN 1806-9657.

MANTELLI, J. **O setor agrário da região noroeste do Rio Grande do Sul**. Geosul, Florianópolis, v.21, n.41, p. 87-105, jan./jun.2006. ISSN 1982-5153.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Biomás: Pampa**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomás/pampa> Acesso em: 13 ago. 2018.

OLIVEIRA, D. M. S; Lima, R. P; VERBURG, E. E. J. **Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 280-285, jan. 2015. ISSN 1807-1929.

REICHERT, J. M. *et al.* **Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 3, p. 310-319, mar. 2009. ISSN 1678-3921.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ciência & Ambiental, Santa Maria, v. 14, n. 27, p. 29-48, Jul. / dez. 2003.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M. Tópicos Ciência do Solo, Viçosa, v. 5, p. 49-134, 2007.

REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. 2006. **Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, nov. / dez. 2006. ISSN 0103-8478.

SECCO, D. *et al.* **Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n.1, p.58-64, jan. / fev. 2009. ISSN 0103-8478.

SILVA, D. A. *et al.* **Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto**. Bragantia, Campinas, v. 70, n.1, p. 147-156, 2011. ISSN 0006-8705.

SILVA, M. D. da. **Os cultivos florestais do pampa, no sul do rio grande do sul: desafios, perdas e perspectivas frente ao avanço de novas fronteiras agrícolas**. Revista Floresta, Curitiba, v. 42, n.1, p. 215-226, jan. /mar. 2012. ISSN 1982-4688.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. **Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, n. 24, v.1, p.191-199. 2000. ISSN 1806-9657.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed, Porto Alegre, EMATER/RS. 2002.107p.

TISDALL, J. M. & OADES, J. M. **Organic matter and water-stable aggregates in soils**. Journal of Soil Science, n.33, p. 141-163, jun. 1982.

TORMENA, C. A. *et al.* **Varição temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, n. 31, p. 211-219, jan. 2007. ISSN 1806-9657.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, n. 4, p. 743-755, jul./ ago. 2009. ISSN 1806-9657.

WILLIAMS, S. M. & WEIL, R. R. **Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop**. Soil Science Society of America Journal, v.68, p. 1403-1409, jul. / ago. 2004.

## **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

