

PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO

Astor Mario Konzen¹
Junior de Bortoli²
Paulo Roberto Gomes³
André Sordi⁴
Alceu Cericato⁵

RESUMO

O estudo da qualidade física do solo tem se tornado cada vez mais importante, com o propósito de encontrar parâmetros que possam identificar o melhor tipo de manejo. O objetivo do presente trabalho foi analisar as características físicas do solo – textura, densidade, porosidade total e resistência à penetração – em diferentes sistemas de uso e manejo. As amostras foram coletadas em três diferentes áreas: compota de pastagem perene, plantio direto e silagem. Para as análises de densidade do solo e porosidade total, foram abertas sete trincheiras de 40 cm de profundidade, totalizando 21 trincheiras. Para determinar a resistência do solo à penetração foi utilizado um penetrômetro com haste de 60 cm. Os dados de densidade do solo, porosidade total e resistência à penetração foram submetidos à análise de variância e teste de significância Tukey, considerando a probabilidade de erro ($p \leq 0,05$). Observa-se que em todos os sistemas de manejo o aumento da profundidade não ocasionou variação significativa da densidade e porosidade total do solo. O sistema de pastagem perene implantado foi o que apresentou a maior densidade e a menor porosidade total na camada superficial. As camadas de 10 a 15 cm de profundidade foram as que apresentaram maior resistência à penetração em sistema de pastagem perene, ocorrendo em razão do efeito acumulativo da pressão que é exercida na camada mais superficial do solo.

Palavras-chave: Física do solo. Textura. Densidade. Porosidade. Resistência à penetração.

1 INTRODUÇÃO

A física do solo, como uma área da Ciência do Solo, trata o solo como sistema trifásico heterogêneo complexo, estudando a sua composição, o arranjo das suas partículas e poros a elas associadas, a interação entre as partículas sólidas e a água, a retenção e a disponibilidade de água às plantas, a dinâmica do ar e da água, a infiltração e o movimento da água no solo (KLEIN, 2014).

A ciência do solo sempre procurou ampliar seus conhecimentos com o intuito de melhorar as formas de manejo dos solos, garantindo o aumento de produção aliado à conservação das terras agrícolas. Dessa forma, nos últimos anos, vários foram os avanços alcançados pelas instituições de ensino, pesquisa e extensão no Brasil, gerando novas tecnologias para dar suporte aos produtores e à sociedade em geral para a utilização adequada, a recuperação e a preservação dos recursos naturais, incluindo o solo, a água e a biodiversidade (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2014). Os sistemas de culturas e de preparo dos solos adotados em cada propriedade interferem na produção das culturas de maneira significativa, em razão das alterações das características físicas do solo, o que

¹ Graduado em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; astorkonzen@gmail.com

² Graduado em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; jjuniordebortoli@gmail.com

³ Graduado em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; paulorg70@yahoo.com.br

⁴ Mestre em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná; Professor no Curso de Agronomia da Universidade do Oeste de Santa Catarina; andre.sordi@unoesc.edu.br

⁵ Doutor em Administração pela Universidade Nacional de Misiones; Mestre em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor no Curso de Agronomia da Universidade do Oeste de Santa Catarina; acericato@gmail.com

influencia na sua estrutura, modificando as relações de porosidade, resistência mecânica à penetração, densidade do solo, entre outras propriedades.

A evolução nos estudos da física do solo tem sido uma constante, muito em razão das demandas que a agricultura vem apresentando em relação a essa área da Ciência do Solo. A busca por parâmetros indicadores da qualidade física de solos agrícolas tem aumentado muito o interesse por essa área, que, por muito tempo, vinha tendo um papel secundário na produção agrícola (KLEIN, 2014). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as características físicas do solo (densidade do solo, porosidade total do solo e resistência à penetração) em diferentes sistemas de uso e manejo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em setembro de 2015, em duas propriedades agrícolas localizadas no Município de São José do Cedro, SC, na latitude de 26°27'00" Sul e longitude 53°29'39" Oeste, com altitude de 730 metros do nível do mar (IBGE, 2015).

O clima da região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, mesotérmico, com chuvas regulares, temperatura média geral de 19,2 °C e precipitação média anual de 2184,9 mm (MOTA, 1974). O solo predominante do local é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013).

As amostras de solo foram coletadas em duas áreas distintas, onde cada propriedade possuía diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Foram analisadas três áreas, sendo uma com sistema de plantio direto consolidado há 16 anos (plantio direto); uma com sistema de pastagem perene com irrigação há quatro anos (pastagem perene); e uma destinada à produção de silagem em rotação com soja e nabo/aveia para cobertura do solo, rotacionada há três anos (silagem).

Para as análises de densidade do solo e porosidade total foi utilizado o método de escavação, para o qual foram abertas sete trincheiras de 40 cm de profundidade em cada um dos sistemas, em um total de 21 trincheiras nas três diferentes áreas, definindo nelas profundidades de coletas entre 0-05 cm, 05-10 cm, 12,5-17,5 cm, 22,5-27,5 cm e de 32,5-37,5 cm.

A coleta das amostras de solo foi realizada com estrutura indeformada por meio de um anel de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 90 cm³. O método de coleta de solo para análise de densidade, porosidade e textura foi baseado na Embrapa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997). Após esse procedimento os cilindros foram postos na estufa a 105 °C até atingirem peso constante, e após 48 horas foram retiradas as amostras de solo da estufa, deixado esfriar e realizado a pesagem destas com balança de precisão.

Para determinar a textura do solo foi realizada uma coleta de solo em cada trincheira aberta, sendo que em cada propriedade foram realizadas sete coletas de solo, em pontos diferentes, para verificar a homogeneidades das áreas.

Para determinar a resistência do solo à penetração foi utilizado um penetrômetro da marca Falker, Modelo L Petrolog 1020 digital, com haste de 60 cm, porém foram coletados e avaliados os dados somente até 40 cm de profundidade. Para determinar a resistência do solo à penetração foram criados 12 pontos de coletas em cada propriedade, para se obter um maior grau de confiabilidade dos resultados finais. Para calcular a densidade, porosidade, textura e resistência à penetração, foi utilizada a metodologia de Klein (2014).

Os dados de densidade do solo, porosidade total e resistência à penetração foram submetidos à análise de variância e teste de significância de Tukey considerando a probabilidade de erro ($p \leq 0,05$) e utilizando o programa estatístico *Assistat* (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise textural (Tabela 2) realizada nos três sistemas, o teor de argila ficou acima de 35%, demonstrando que são solos com alto teor de argila em sua composição e que o tipo de solo presente nas três áreas se encaixa na classe Tipo 3: solos de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35% (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2008).

Tabela 1 – Análise da textura do solo nos diferentes sistemas de uso e manejo

Amostra	Análise textural			Classe
	% Argila	% Silte	% Areia	
Silagem	75	18	7	3
Plantio direto	63	20	17	3
Pastagem	69	14	17	3

Fonte: os autores.

Conforme Klein (2014), solos com teores de argila superiores a 35% são considerados muito argilosos, sendo que possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior formação de coesão entre as partículas, o que, além de dificultar a penetração, facilita a aderência do solo aos implementos, dificultando os trabalhos de mecanização.

Os valores médios de densidade do solo de todas as camadas estão descritos na Tabela 2. A análise da variância não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis profundidades, porém apresentou diferença significativa entre os sistemas analisados nas camadas superficiais do solo (0-05 cm).

Tabela 2 – Densidade do solo nos manejos silagem, plantio direto e pastagem em função da camada de solo coletada – São José do Cedro, SC

Profundidade (cm)	Densidade do solo g. cm ⁻³		
	Silagem	Plantio direto	Pastagem
0 – 5	1.11 bA	1.22 abA	1.27 aA
5 – 10	1.13 aA	1.22 aA	1.21 aA
12,5 – 17,5	1.16 aA	1.13 aA	1.23 aA
22,5 – 27,5	1.18 aA	1.18 aA	1.25 aA
32,5 – 37,5	1.20 aA	1.19 aA	1.18 aA
\bar{X}	1.15 b	1.19 ab	1.23 a
CV sistema.	9,67%		
CV profundidade.	6,54%		

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna e médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5%.

Observa-se (em letras maiúsculas) que em todos os sistemas o aumento da profundidade não ocasionou variação significativa de densidade do solo. Nas análises comparativas entre as áreas nas camadas superficiais do solo observa-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os diferentes sistemas avaliados, sendo que a área de silagem apresentou a menor densidade na camada superficial.

Na camada superficial de (0-05 cm) se encontraram as maiores diferenças entre as densidades nos sistemas, sendo que onde é realizado silagem a densidade foi de 1,11 g.cm⁻³ e onde possui pastagem perene a densidade foi de 1,27 g.cm⁻³, mostrando que o pisoteio diário exercido pelos animais ocasiona a maior compactação do solo em relação ao tráfego de máquinas. “O aumento da densidade é atribuído ao pisoteio, pois o casco animal provoca um rearranjo na estrutura à medida que se aprofunda no perfil do solo.” (TORMENA et al., 2002).

Em estudos conduzidos por Collares (2005), o pisoteio animal aumentou a densidade e a compactação do solo, atingindo o valor de 1,77 Mg m³ na camada superficial do solo, tendo como consequência a redução da macroporosidade.

Os valores médios de porosidade total do solo de todas as camadas estão descritos na Tabela 3. A análise da variância não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis profundidades, porém apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas camadas superficiais do solo (0-05 cm).

Conforme a análise estatística, na camada superficial de 0-05 cm foi onde se encontrou maior diferença entre a Porosidade Total do solo em relação aos manejos, sendo que onde é realizada silagem a Porosidade Total (PT) ficou em 58.04% e onde possui pastagem perene a PT ficou em 51.97%, mostrando que o pisoteio diário exercido pelos animais acaba compactando mais o solo em relação ao tráfego de máquinas, ocasionando maior agregação das partículas do solo,

diminuindo os macroporos, e com isso tende-se a existir menor capacidade de retenção de água e também uma menor aeração.

Tabela 3 – Porosidade total do solo nos manejos silagem, plantio direto e pastagem em função da camada de solo coletada – São José do Cedro, SC

Profundidade (cm)	Porosidade total do solo (%)		
	Silagem	Plantio direto	Pastagem
0 – 5	58.04 aA	53.89 abA	51.97 bA
5 – 10	57.32 aA	53.64 aA	53.97 aA
12,5 – 17,5	56.02 aA	56.99 aA	53.31 aA
22,5 – 27,5	55.44 aA	55.46 aA	52.62 aA
32,5 – 37,5	54.38 aA	55.00 aA	55.37 aA
\bar{X} (Média)	56.24 a	55.00 ab	53.45 b
CV sistema.	7.95%		
CV profundidade.	5.37%		

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna e médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5%.

Conforme Klein (2014), a porosidade do solo é originária do arranjo aleatório das partículas sólidas; considerando-se que todas as partículas do solo sejam esféricas pode-se provar que independentemente do tamanho das esferas e do seu arranjo o volume do espaço poroso sempre será em torno de 50%.

A camada superficial (0-05 cm) na área de pastagem perene foi o que apresentou menor PT (51.97%) entre os tratamentos e profundidades. Os constantes pisoteios dos animais e o tráfego de máquinas acabam reduzindo a quantidade de macroporos presentes no solo, o que altera a quantidade de microporosidade que é maior que a normalmente encontrada em áreas naturais, enquanto os valores de macroporosidade são inferiores àqueles considerados adequados para o pleno desenvolvimento das plantas (KLEIN; CAMARA, 2007).

A camada superficial (0-05 cm), onde é realizada silagem de milho, apresentou a maior PT (58.04%). Pode-se salientar que nessa área o produtor havia implantado como cobertura de inverno o nabo forrageiro, que provavelmente influenciou na descompactação do solo, por ter um sistema radicular mais agressivo, explorando maiores profundidades do solo.

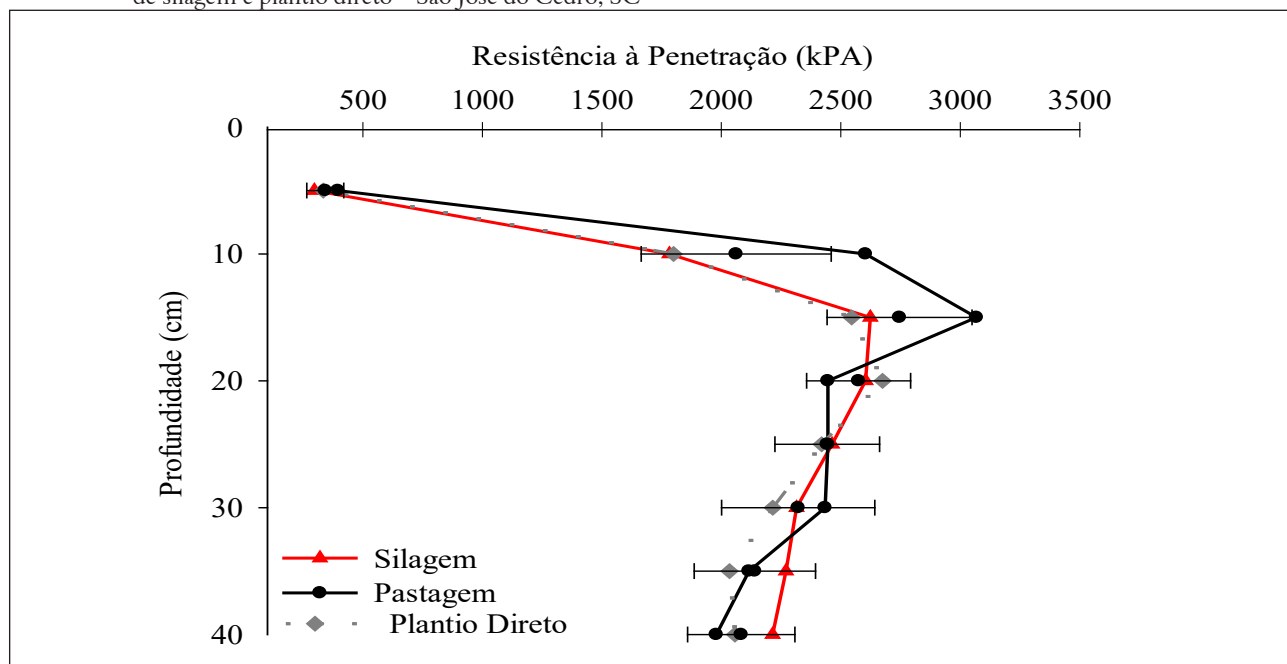
Klein (2014) cita que a porosidade mínima para um bom desenvolvimento da planta é de aproximadamente 50%, sendo que no sistema de manejo no qual é realizada silagem a PT ficou em 58.0451%, no plantio direto foi de 53,89%, e na pastagem foi de 51,97%. Esses resultados demonstraram que a PT, entre ambos os tratamentos, mesmo ocorrendo diferença significativa, ainda está acima do recomendado, demonstrando que o solo tem uma boa capacidade de retenção de ar e água para que a planta tenha um bom desenvolvimento radicular.

As propriedades físicas do solo interferem significativamente no crescimento e na disponibilidade de água e ar para a planta. Conhecer como esses fatores interagem no campo é de grande importância para o manejo da compactação do solo para fins de produção agrícola (GUBIANI; REICHERT; REINERT, 2014).

Pode-se destacar que a realização de uma avaliação das propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo é de suma importância para caracterizar o meio em que a cultura está implantada para que não ocorra interferência no crescimento radicular e a cultura expresse todo seu potencial genético.

Conforme o Gráfico 1, observa-se que nas três áreas analisadas, as camadas 0-10 cm possuem resistência à penetração abaixo do limite crítico restritivo e impeditivo; isso se deve ao fato de que na camada mais superficial a própria raiz das plantas acaba auxiliando na descompactação do solo, e a matéria orgânica acumulada também promove o efeito esponja, que auxilia nesse processo de descompactação.

Gráfico 1 – Resistência à penetração (KPa) nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo, pastagem perene, lavoura em sistema de silagem e plantio direto – São José do Cedro, SC



Fonte: os autores.

Nota: Barras verticais indicam a diferença mínima significada pelo teste Tukey ($p < 0,05$), e as duas linhas verticais indicam a diferença mínima significativa (DMS) de resistência à penetração.

As camadas situadas entre 10 e 15 cm foram as que apresentaram maior resistência à penetração, especialmente na área de pastagem perene. Isso ocorre em razão do efeito acumulativo da pressão que é exercida na camada mais superficial do solo, pois na camada de 10 a 15 cm se tem pouco efeito das raízes e da matéria orgânica para auxiliar no processo de descompactação do solo.

Dessa forma, quando aumenta a resistência do solo à penetração, o sistema radicular apresenta desenvolvimento reduzido, podendo comprometer a produtividade da planta. De certa forma, existe uma relação entre resistência à penetração e densidade do solo. Essa relação é afetada principalmente pela textura e teor de umidade do solo, pois com o aumento da densidade ocorre diminuição do volume de poros, contribuindo para baixas produtividades da cultura.

Conforme estudos realizados por Magalhães et al. (2009), a resistência à penetração em pastagem apresentou valores de 2,64 MPa na camada superficial do solo, em razão das alterações das condições físicas, como densidade e porosidade, que podem ser atribuídas ao pisoteio dos animais.

Segundo Klein e Camara (2007), para a cultura da soja a resistência mecânica de 2 KPa não é limitante, pois em condições de campo nas quais ocorreram níveis de resistência superior a 2 KPa e inferior a 3 KPa, houve desenvolvimento normal das plantas e alto rendimento de grãos.

As camadas de 10 a 20 cm de profundidade, nas áreas de silagem e plantio direto, foi a que apresentou maior resistência à penetração, com aproximadamente 2500 KPa. Pode-se considerar que esse aumento da resistência à penetração ocorre pelo efeito acumulativo da pressão exercida na camada mais superficial do solo, pois nessa camada existe pouca interferência da matéria orgânica, raízes e o sulcador da semeadoura.

Já em relação à camada de 20 a 40 cm de profundidade, a resistência à penetração nas áreas analisadas se manteve na mesma tendência e valores, apresentando valores de 2000 a 2500 KPa, demonstrando que nas camadas mais profundas o efeito da pressão exercida pelas máquinas e pelo pisoteio animal tem pouca influência no processo de compactação do solo, proporcionando melhores condições para o desenvolvimento radicular da planta.

Em relação aos atributos físicos do solo, deve-se ter uma atenção especial em relação a esse assunto, pois a densidade, a porosidade e a compactação do solo é um conceito amplo e de difícil descrição e mensuração, pois estes estão diretamente relacionados a outros atributos físicos, como tamanho e forma de agregados, estrutura do solo e fatores químicos e biológicos, que estão diretamente relacionados com o desenvolvimento das plantas, podendo afetar a produtividade final.

A determinação da resistência à penetração diretamente no campo apresenta alguns inconvenientes e dificuldades, como a necessidade de determinação instantânea da umidade do solo nas distintas profundidades e locais de determinação. Quando houver presença de plantas, essa variação será ainda maior, principalmente nas camadas mais superficiais, justamente aquelas que apresentam as maiores variações na estrutura (KLEIN, 2014).

4 CONCLUSÃO

Em todas as áreas analisadas o aumento da profundidade não ocasionou variação significativa da densidade e porosidade total do solo.

O sistema de pastagem perene foi o que apresentou a maior densidade e a menor porosidade total na camada superficial, atribuídas à pressão exercida pelos animais.

A camada de 10 a 15 cm de profundidade foi a que apresentou maior resistência à penetração no sistema de manejo onde há pastagem perene. Isso ocorre pelo efeito acumulativo da pressão que é exercida na camada mais superficial do solo, pois nela ocorre pouco efeito das raízes e da matéria orgânica para auxiliar no processo de descompactação do solo.

As propriedades do solo avaliadas revelam o estado de compactação provocado pelo pisoteio dos animais e pelo tráfego de máquinas agrícolas, mas estes não podem ser definidores da alteração no sistema de produção, mas indicadores primários da qualidade do solo.

Physical soil in different systems of use and management

Abstract

The study of soil physical quality has become increasingly important, in order to find parameters that can identify the best type of management. The objective of this study was to analyze the physical characteristics of the soil; texture, density, porosity and penetration resistance, in different use and management systems. The samples were collected in three different areas, perennial pasture compote, tillage and silage. For bulk density analysis and total porosity they were open 07 trenches 40 cm deep trenches totaling 21. To determine the soil penetration resistance was used penetrometer with stem 60 cm. The bulk density data, total porosity and resistance to penetration were subjected to analysis of variance and test of significance Tukey considering the error probability ($p = 0.05$). It is observed that in all management systems increasing depth did not cause significant change of density and total soil porosity. The perennial pasture system deployed was where had the highest density and lowest total porosity in the surface layer. The layers 10 to 15 cm depth showed the highest penetration resistance in perennial pasture system, occurring due to the cumulative effect of the pressure that is exerted in the most superficial layer of the soil.

Keywords: Soil physics. Texture. Density. Porosity. Resistance to penetration.

REFERÊNCIAS

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e Relação com Parâmetros de Solo e de Plantas**. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/fisicadosolo/index.php/pt_br/publicacoes/tesesdissertacoes>. Acesso em: 13 maio 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solo. **Manual de Métodos de análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 3. ed. Brasília, DF, 2013.

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 765-773, 2014. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/fisicadosolo/index.php/pt_br/publicacoes/artigoseresumos>. Acesso em: 13 out. 2015.

IBGE. **Coordenadas Geográficas do Município de São José do Cedro - Santa Catarina**. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=_EN&codmun=421670&search=|sao-jose-do-cedro>. Acesso em: 20 maio 2015.

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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n2/a04v31n2.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2015.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014.

MAGALHÃES, W. de A. et. al. Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Agrarian**, Universidade do Estado de Mato Grosso, v. 2, n. 6, p. 21-32, out./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/viewArticle/927>>. Acesso em: 15 set. 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008. **Diário Oficial da União**, n. 198, seção 1, p. 5, 13 out. 2008. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/10/2008&jornal=1&pagina=5>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

MOTA, F. S. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas, RS: EMBRAPA/IPEAS, 1974.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009. **Anais...** Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Solos e Sociedade. **Boletim informativo**, v. 39, n. 3, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.eventosolos.org.br/cbcs2015>>. Acesso em: 10 maio 2015.

TORMENA, C. A. et. al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, out./dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000400026>. Acesso em: 03 nov. 2015.

