

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FARROUPILHA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS COMERCIAIS  
PRODUTORAS DE GRÃOS NO MUNICÍPIO DE MANOEL VIANA- RS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**Darleni Grillo Naisinger**

**Alegrete, Junho de 2019.**

# **PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS COMERCIAIS PRODUTORAS DE GRÃOS NO MUNICÍPIO DE MANOEL VIANA- RS**

**Darleni Grillo Naisinger**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Rafael Ziani Goulart**

**Alegrete, RS, Brasil.  
2019**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha  
Universidade Federal do Pampa  
Curso Engenharia Agrícola

A comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS COMERCIAIS  
PRODUTORAS DE GRÃOS NO MUNICÍPIO DE MANOEL VIANA- RS**

elaborado por  
**Darleni Grillo Naisinger**

Como requisito parcial para a obtenção de grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Rafael Ziani Goulart**  
(Orientador- IFFarroupilha)



---

**Douglas Dalla Nora, Dr. (IF Farroupilha)**



---

**Edenír Luis Grimm, Dr. (IF Farroupilha)**

Alegrete, 26 de junho de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela vida e proteção em todos os momentos.

Aos meus pais Regina Soares Grillo e Nelson Naisinger e as minhas irmãs Daniéli Grillo Naisinger e Daiani Grillo Naisinger, pelo carinho e incentivo, que sempre me ajudaram em tudo, pelas palavras de conforto, apoio e compreensão em todos os momentos da minha vida, nunca deixando que eu desistisse dos meus objetivos.

Aos meus colegas que se tornaram amigos (as), por tudo que vivemos e aprendemos juntos, pelos momentos de descontração e por todo apoio.

Aos meus amigos “Seletos” e do “Terceirão” que mesmo longe, sempre se fizeram presentes, são vocês que alegram todos os meus dias, aguentam meus desabafos, me incentivam e torceram por mim, sempre!

À Universidade Federal do Pampa e ao Instituto Federal Farroupilha de Alegrete.

Ao meu orientador, professor Rafael Ziani Goulart, pela paciência, pelos ensinamentos, dedicação e orientação.

As bolsistas do projeto de pesquisa, Matheus Giuliani, Cristian Ramos Soares, Thomé Hohemberguer, Andressa Calegaro, e Vinicio José Bordignon, que se disponibilizaram em ajudar na realização das coletas do experimento, meu muito obrigado.

A todos vocês, que fizeram parte de mais esta fase da minha vida, meus sinceros agradecimentos e aqueles que neste momento imerecidamente não foram lembrados, porém jamais esquecidos.

“Sem crescimento interno, é difícil conquistar a autoconfiança e a coragem necessárias. Sem elas, nossa vida se complica. O impossível torna-se possível com a força de vontade”.

DALAI-LAMA

## **RESUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Engenharia Agrícola

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil

Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

### **PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS COMERCIAIS PRODUTORAS DE GRÃOS NO MUNICÍPIO DE MANOEL VIANA- RS**

AUTORA: DARLENI GRILLO NAISINGER

ORIENTADOR: RAFAEL ZIANI GOULART

Data e local da defesa: Alegrete, 26 de Junho de 2019.

A sustentabilidade do sistema produtivo está ligada a preservação da qualidade física dos solos ao longo do tempo. Para tanto, é necessário à utilização de práticas de manejo adequadas que favorecem a formação e preservação da estrutura do solo em níveis de compactação adequada ao desenvolvimento das plantas. A qualidade física de solos agrícolas pode ser afetada pelo sistema de manejo, em virtude das alterações dependentes do tempo de uso do solo e das condições edafoclimáticas. Solos arenosos são mais suscetíveis à perda de nutrientes e erosão, apresentando maior potencial de degradação quando manejados inadequadamente. Este estudo tem por objetivo avaliar a variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em áreas comerciais produtoras de grãos, localizados no município de Manoel Viana, RS. Os atributos físicos do solo avaliados foram à densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, condutividade hidráulica e resistência à penetração. Os resultados encontrados neste estudo permitem afirmar que quase todas as áreas analisadas comportaram-se de forma similar com relação aos parâmetros avaliados e 71% das camadas são superiores ao valor crítico de densidade para solos de textura média (20 a 55% de argila).

**Palavras- chave:** Atributos físicos do solo. Manejo do solo. Densidade do solo.

## **ABSTRACT**

Completion of course work  
Agricultural Engineering Course  
Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha, RS, Brazil  
Federal University of Pampa, RS, Brazil

### **PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN COMMERCIAL AREAS OF GRAIN PRODUCTION IN THE MUNICIPALITY OF MANOEL VIANA-RS**

AUTHOR: DARLENI GRILLO NAISINGER  
ADVISOR: RAFAEL ZIANI GOULART  
Defense Date: Alegrete, 26th June 2018.

The sustainability of the productive system is linked to the preservation of the physical quality of the soils over time. Therefore, it is necessary to use appropriate management practices that favor the formation and preservation of the soil structure at levels of compaction adequate to the development of the plants. The physical quality of agricultural soils may be affected by the management system, due to changes depending on the time of land use and soil and climatic conditions. Sandy soils are more susceptible to nutrient loss and erosion, presenting greater degradation potential when inadequately managed. This study aims to evaluate the spatial variability of soil physical properties in commercial grain producing areas, located in the municipality of Manoel Viana, RS. The soil physical attributes evaluated were density, total porosity, macroporosity, microporosity, hydraulic conductivity and resistance to penetration. The results found in this study allow to state that almost all the analyzed areas behaved in a similar way with respect to the evaluated parameters and 71% of the layers are superior to the critical value of density for soils of medium texture (20 to 55% of clay).

**Keywords:** Soil physical attributes. Soil management. Soil density.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Sistemas de manejo do solo.....	10
2.2 Plantio Direto.....	12
2.3 Compactação.....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 Trabalho em campo.....	17
3.2 Trabalho em laboratórios.....	19
3.2.1 Densidade e Porosidade do solo.....	21
3.2.2 Condutividade Hidráulica.....	22
3.2.3 Umidade.....	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>5.CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Município de Manoel Viana tem desenvolvido graças ao aumento da capacidade produtiva de seus solos, devido ao aumento da fertilidade do solo e a implementação de manejos conservacionistas, tornando-se destaque estadual nas culturas anuais do arroz, da soja, do milho, do sorgo e do trigo, além de possuir um sistema pecuário bem desenvolvido (Plano local de habitação de interesse social – PLHIS, 2010).

O solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, boa aeração, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular. A boa estabilidade dos agregados e infiltração de água no solo são condições físicas importantes para a qualidade ambiental dos ecossistemas (REINERT & REICHERT, 2006).

O manejo inadequado do solo poderá gerar redução do volume e aumento da densidade do solo, resultando na compactação, comprometendo os limites críticos desses indicadores de qualidade física do solo para o desenvolvimento e produção de culturas anuais e permanentes (FIDALSKI, 2009).

Um sistema de manejo fortemente aliado ao processo de desaceleração da degradação do solo é o sistema de plantio direto (SPD). Além disto, a rotação de culturas, a cobertura do solo e o manejo do solo apenas na linha de semeadura são condições essenciais para melhorar, ao longo dos cultivos, as condições físicas, químicas e biológicas do solo (ROSCOE et al., 2006).

Fasinmirin & Reichert, 2011, a partir da avaliação dos diferentes sistemas de preparo do solo, verificaram que o plantio direto resultou em menor densidade do solo na camada superficial (0 a 0,05 m) e, por vezes até a camada de 0 a 0,10 m em virtude do acúmulo do material orgânica na superfície do solo, resultado das culturas anteriores. E Quanto ao parâmetro resistência à penetração das raízes, os autores verificaram que embora o plantio direto tenha apresentado maior valor, em relação aos demais sistemas de preparo, é o sistema com maior aporte de nutrientes e contribuição positiva no rendimento da cultura.

Entretanto, no SPD, os solos apresentam, em geral, na camada superficial, após três a quatro anos, maiores valores de densidade e microporosidade e menores valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparados com os do preparo convencional. Isto decorre, principalmente, do arranjo natural do

solo, quando não é mobilizado, e da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de umidade (VIEIRA, 1981).

Portanto, algumas práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas propriedades físicas do mesmo, as quais podem ser permanentes ou temporárias. Assim, o interesse em avaliar a qualidade física do solo tem sido incrementado por considerá-lo como um componente fundamental na manutenção e/ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (LIMA, 2004).

No município de Manoel Viana, muitos produtores de grãos e extensionistas tem relatado com frequência a existência de camadas compactadas pelo tráfego de máquinas em SPD e/ou pelo pisoteio animal durante o período hibernar. Tal cenário justifica o levantamento da real situação das propriedades físicas do solo em diferentes áreas e traz à tona a discussão sobre o impacto das características físicas do solo nos sistemas de produção.

Baseado nisso, este trabalho tem por objetivo, realizar um levantamento das propriedades físicas do solo em áreas produtoras de grãos no município de Manoel Viana, sob diferentes usos e manejos do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sistemas de manejo do solo

O manejo adequado do solo é um pré-requisito para estabelecer sistemas de cultivos. Sabe-se que o solo, quando passa a ser cultivado, sofre degradação em seus atributos físicos, químicos e biológicos de tal maneira que a condição inicial não é mais estabelecida. A intensidade dessa degradação depende das condições nas quais esse manejo é executado (CRUZ et al., 2006).

Entre os fatores a considerar na escolha do sistema de manejo do solo estão à conservação ou o aumento do teor e qualidade da matéria orgânica (PETRERE & CUNHA, 2010), que agem revertendo os processos de compactação e degradação do solo, melhorando as condições estruturais do solo e mantendo o solo produtivo, além de proteger o solo contra erosões e impactos das intempéries climáticas. Um solo bem estruturado e manejado garante o sucesso da produtividade, propiciando o desenvolvimento das raízes das culturas, devido a melhor aeração e capacidade de infiltração de água no solo (CARVALHO et al., 2004). Nesse sentido, a utilização de sistemas de rotação de culturas que contemplem plantas com elevado potencial de produção de fitomassa e dotadas de um sistema radicular abundante e agressivo vem sendo indicada como opção para evitar formação de camadas compactadas e melhorar a qualidade física do solo (MORAES, 2013).

Não existe uma espécie de planta de cobertura que se adeque a toda e qualquer condição ecológica. Para cada ambiente e dependendo da cultura sucessora, deverá haver um conjunto de espécies mais adequadas e com maior potencial em agregarem benefícios para o sistema (LAMAS, 2017).

O sistema de plantio direto é a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como, o uso de produtos químicos ou práticas de manejo de culturas destinadas à adubação verde para a formação de coberturas do solo (palhada); manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; adoção de métodos integrados no controle de plantas daninhas, através de cobertura do solo e herbicidas; e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura (BORGES FILHO, 2009). Possui vários benefícios para o sistema de produção, como por exemplo, a diminuição dos custos de produção, a conservação dos recursos naturais e a

redução do tempo entre a colheita da cultura anterior e a semeadura da safra seguinte, implementando de maneira satisfatória o processo de colher-semear (RESCK et al., 1999). No sistema de manejo convencional, com gradagens sucessivas, um problema frequente é a presença de camadas compactadas, o que acaba por reduzir a produtividade de grãos. Em solos cultivados, o manejo físico com implementos mecânicos (sistema convencional) determina perdas de matéria orgânica, com a diminuição dos teores de carbono orgânico (VIEIRA, 2009). Esse sistema, apesar de promover maior aeração do solo, quebra os agregados do solo e a incorporação dos resíduos vegetais provoca rápida decomposição e perda do carbono orgânico no solo, auxiliando na mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico existente no solo (DA SILVA, 2012).

Ao se revolver o solo, ocorre alteração da agregação, dispersando as argilas, que retêm a maior parte dos nutrientes necessários às plantas, facilitando o seu arraste pela ação da chuva e do vento, causando erosão (WÜRSCHÉ & DENARDIN, 1980). Aliado a esses fatores, o preparo convencional é o sistema que mais desperdiça energia (RIQUETTI, 2011).

A escarificação é uma técnica de preparo do solo que propõem mínima mobilização do solo mantendo, os restos culturais na superfície do solo (FASINMIRIN & REICHERT, 2011) e atuando com uma das alternativas, para reduzir os efeitos da compactação dos solos e a densidade, e aumentar a porosidade do solo. Além disso, são observadas melhorias na estrutura do solo em relação às propriedades físico-hídricas e mecânicas do solo (CAMARA & KLEIN, 2005).

Outro sistema de manejo é sistema de preparo mínimo ou reduzido, com mínimo revolvimento do solo e uso de plantas de cobertura, além de oferecer as condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura, proporciona manutenção ou melhoria dos sistemas de produção (CAVALIERI et al., 2006). Tal sistema não implica na redução da profundidade de trabalho no solo, mas no número de operações necessárias para dar condições ao estabelecimento das culturas. O princípio básico do preparo reduzido é manter somente a cobertura estritamente necessária, observando-se o teor de água do solo e principalmente, a profundidade de preparo que deve ser modificada em cada período de cultivo (CAMARGO & ALLEONI, 1997). Este sistema oferece maiores problemas de perdas de solo por erosão que o sistema convencional. As rodas dos tratores compactam o

subsolo e a grade deixa a superfície muito pulverizada, acarretando graves danos de erosão, pois sua ação é mais superficial que a do arado (REICHERT et al., 2007).

Por isso, a escolha do manejo e a tomada de decisão de quando as operações agrícolas devem ou não ser realizadas ainda permanece como um grande dilema, devido a não conscientização dos efeitos e dos sintomas da compactação do solo pelos agricultores (PEDROTTI & DIAS JUNIOR, 1996).

## **2.2 Plantio direto**

O SPD caracteriza-se pelo revolvimento do solo apenas no sulco da semeadura, com rotação de culturas e manutenção da palhada na superfície do solo (BEUTLER et al., 2007). Com o propósito de reduzir os processos erosivos do solo, pela ausência de mobilização e presença da cobertura vegetal do solo (palhada) e reduzindo o assoreamento e a eutrofização de represas e cursos d'água. Além disso, atua na melhoria das condições estruturais e biológicas do solo, eleva sua capacidade de infiltração e retenção de água e seu teor de matéria orgânica, diminui as variações de temperatura do solo, apresenta menor perda de água por evaporação promovendo, portanto, a preservação do meio ambiente e no aumento da produtividade agrícola (FASINMIRIN & REICHERT, 2011). Em virtude das práticas utilizadas e do tempo de adesão, pode resultar em aumento da densidade do solo e, conseqüentemente, a compactação do mesmo, um dos principais problemas físicos que afeta a dinâmica da água (infiltração e movimentação) e limita a produtividade das culturas (CAMARA & KLEIN, 2005).

A formação de uma camada com maior grau de compactação, geralmente se localiza, em uma profundidade equivalente a 0,08-0,20m (FRANCHINI et al.,2009). Para reduzir este problema, alguns pesquisadores vêm indicando a utilização da escarificação periódica do solo como ferramenta para romper camadas compactadas (KLEIN et al.,2009). Quando bem executada, (CAMARA & KLEIN, 2005) verificaram que a escarificação diminuiu a densidade do solo, apresentou uma maior infiltração de água, condutividade hidráulica do solo saturado e rugosidade superficial em relação ao PD e não verificaram diferença significativa entre os manejos para os parâmetros porosidade total e a macroporosidade do solo. Por fim, destacam que a escarificação é uma técnica eficaz para melhorar a conservação do

solo e da água, apresentando efeito residual da escarificação transcorrido um ano após a operação.

No entanto, a manutenção da palha na superfície do solo ao longo do ano e a alternância de espécies vegetais e sua manutenção na superfície do solo na área reduz a degradação do solo em SPD (MENTGES et al., 2010). Esse sistema implica em introduzir a adubação verde no inverno ou verão, intercalada com o plantio da cultura principal, visando formar palha ou cobertura morta, que é uma grande arma contra o desencadeamento da erosão e favorece a retenção de água no solo por mais tempo (PARKER, 2018).

As plantas de cobertura a serem cultivadas podem ter três origens, sendo leguminosas, gramíneas e de outras famílias (BRUNO et al., 2017), e devem apresentar crescimento rápido, proporcionar boa cobertura do solo, não ser hospedeira preferencial de doenças, pragas e nematóides, e permitir a colheita de grãos ou o pastejo animal no período de entressafra (LAMAS, 2017). As inclusões de culturas que apresentem raízes robustas e profundas instigam efeitos biológicos positivos que ampliam a porosidade do solo, contribuindo com a descompactação, favorecendo a formação de bioporos, aumentando a porosidade e a capacidade de infiltração de água no perfil do solo (CALLEGARI & COSTA, 2009).

É de extrema importância do SPD ter uma boa manutenção da palha na superfície do solo, havendo um aumento da diversidade biológica no solo, originado pela rotação de culturas e pela adição de biomassa (BRUNO et al., 2017). Isso gera maior estabilidade da produção ocasionada pela ciclagem dos nutrientes, fixação biológica de N, redução na ocorrência de doenças, aumento da cobertura do solo, e diminuição do grau de compactação nos sistemas intensivos (AITA, 2006).

### **2.3 Compactação do solo**

Além de aumentar a resistência do solo à penetração das raízes, a compactação, o que limita a profundidade e o volume de solo explorado pelas raízes em busca de água e nutrientes (COLLARES et al., 2008), reduz a porosidade total, macroporosidade, aeração, capacidade de infiltração de água e condutividade hidráulica (SILVA, et al., 2009). Essas modificações diminuem a produtividade das culturas, principalmente em anos secos e/ou em excesso de chuvas (TORRES & SARAIVA, 1999), e aumentam as perdas de água, solo e nutrientes, as emissões de

gases causadores do efeito estufa e a poluição dos recursos hídricos, prejudicando ainda o desempenho das máquinas agrícolas (SILVA, et al., 2000).

A profundidade de compactação, além do manejo, é variável com as especificações da máquina e seu rodado, condições do solo e número de vezes em que o solo é trafegado (REICHERT et al.,2007). ALBUQUERQUE et al.,2001, relataram que a compactação causada pelo excessivo tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal em áreas sob integração lavoura-pecuária – ILP, tem sido uma das principais causas da degradação da capacidade produtiva de solos agrícolas. O surgimento de camadas compactadas geralmente restringe-se no máximo 20 cm. Já no plantio convencional, essa camada compactada era rompida pelos implementos de preparo do solo, transferindo a compactação para maiores profundidades pelo tráfego e contato dos implementos com o solo sub superficial (REICHERT et al., 2007).

Como os solos eram constantemente revolvidos para semeadura das culturas, essa compactação superficial era desfeita; porém, devido ao contato dos implementos de corte com o solo e pressão do rodado no sulco em aração, camadas mais profundas eram compactadas, denominando-se “pé-de-grade” ou “pé-de-arado”, que ocorre abaixo da camada arável, que é aproximadamente 20 cm de profundidade, como constatado por (STONE & SILVEIRA, 1999). E no plantio direto, a camada de maior impedimento ao crescimento radicular está localizada entre 8 e 15 cm, formando o “pé-de-plantio direto” (SILVA, 2003).

Em áreas irrigadas este efeito pode ser mais severo, (MICHELON et al., 2005) menciona que o principal efeito negativo ao solo em áreas irrigadas refere-se ao tráfego de máquinas, que além de ser mais intenso, ocorre em solo com maior conteúdo de água, sendo assim mais suscetível à ocorrência do fenômeno de compactação.

É importante ressaltar que essa compactação depende, principalmente, da classe de solo, do seu teor de umidade, da massa de forragem e da espécie forrageira utilizada no sistema (MARCHÃO et al., 2007).

Segundo (TAVARES FILHO et al., 2001), a compactação do solo reduz a porosidade, a continuidade dos poros e a disponibilidade de água e nutrientes, reduzindo também o crescimento e o desenvolvimento radicular das culturas. Isso resulta em aumento na densidade, na resistência à penetração de raízes e na

microporosidade relativa, o que contribui para redução da macroporosidade (BEUTLER et al., 2005).

Portanto, a quantidade de espaço poroso disponível é usada como fator para avaliar a sustentabilidade do solo como meio para a raiz da planta (TROEH & THOMPSON, 2007). RIBEIRO et al., 2007, afirmaram que a porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis. O solo ideal deve apresentar volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas (AMARAL et al., 2012).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho consiste em um levantamento quanti-qualitativo das propriedades físicas do solo em áreas produtoras de grão do Município de Manoel Viana. Devido a isso, não foi utilizado delineamento experimental e análise estatística para comparação de resultados. Os solos avaliados foram coletados em quatro condições de manejo: lavoura com mais de quatro anos no sistema plantio direto (SPD) e no plantio direto (PD), com sistema de irrigação por aspersão (pivô central) e uma com integração lavoura-pecuária (ILP).

Foram realizadas as avaliações em 8 áreas de diferentes produtores, sendo que, cada área foi denominado de “Área”, sendo eles: área 1, área 2, área 3, área 4, área 5, área 6, área 7 e área 8, com distintas rotações e sucessões de culturas, para a análise dos atributos densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica do solo saturado. Como mostra a tabela abaixo:

Tabela 1. Áreas analisadas no Município de Manoel Viana. Dezembro de 2018.

Área	Culturas
1	Soja, trigo, aveia branca e preta e milho – SPD
2	Soja, aveia branca e preta, azevém – SPD
3	Soja, aveia branca e preta/azevém, gado no inverno – ILP
4	Milho/Soja, aveia branca e preta, trigo, canola, centeio e nabo – SPD
5	Soja e aveia- PD
6	Soja e trigo- PD
7	Milho e soja – com irrigação
8	Milho e soja – com irrigação

O município de Manoel Viana está localizado no oeste do Rio Grande do Sul, apresentando uma área de 1387,84 km<sup>2</sup> e significativos processos de degradação ambiental, vinculadas a processos de arenização e voçorocamento, característicos do oeste do estado (SCCOTI et al., 2012). A classificação dos solos foi atualizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA,1999), conforme o mapa abaixo podemos verificar que a maior parte do município é constituída de Latossolo (48,59% do território) e Argissolo (34,70%). Com menor expressão, encontram-se ainda os Neossolos, Planossolos e Plintossolos (que somados totalizam 15,15% do território).

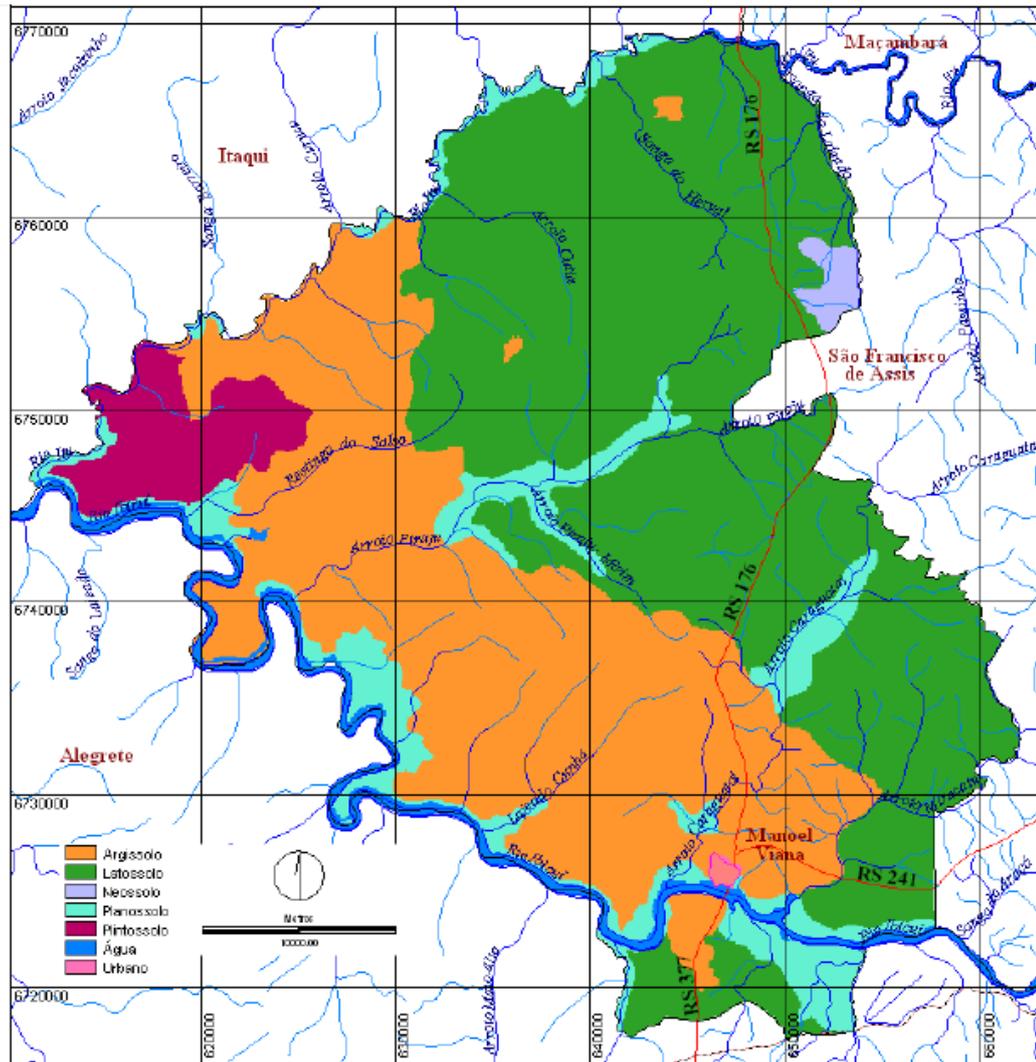


Figura1- Grupo de solos do Município de Manoel Viana

E registra uma temperatura média anual de 18,6°C, tendo em janeiro seu mês mais quente, com temperatura média de 24,7°C, e em julho seu mês mais frio, com temperatura média de 12,7°C. A precipitação total anual é de 1.575 mm, com pouca variabilidade de distribuição entre as estações do ano. A diferença entre a estação mais seca, o verão e a mais chuvosa, o inverno, é de 46 mm. O mês que registra a maior precipitação é outubro, com 187 mm e o de menor precipitação é agosto, com 102 mm.

### 3.1 Atividades de campo

As coletas nas propriedades (Figura 2) foram realizadas no dia 03 de dezembro de 2018, dentro da área foram coletadas em três locais diferentes, que foi

determinado como topo, meio e baixo, e em três profundidades, sendo de 0 a 5 cm; 5 cm a 15 cm e de 20 cm a 30 cm, utilizando-se anéis volumétricos (Figura 3), com diâmetro, peso e altura conhecidos, realizando três repetições para cada coleta. Foram também coletadas amostras para análise de umidade atual no campo.



Figura 2- Coleta de solo  
Fonte: NAISINGER, 2019



Figura 3- Cilindros utilizados:  
Fonte: NAISINGER, 2019

Para a avaliação de resistência do solo a penetração de raízes, foi utilizado um penetrômetro digital (Figura 4) com ponta cônica e armazenamento eletrônico dos dados (Figura 5) a cada 1 cm até a profundidade de 30 cm. A determinação foi efetuada em todas as áreas amostradas com pelo menos 10 repetições em distância não superior a dez metros do ponto de coleta das amostras indeformadas.



Foto 4- Penetrômetro Digital

Fonte: NAISINGER, 2019.



Figura 5- Dados Penetrômetro

Fonte: NAISINGER, 2019

### 3.2 Trabalhos em Laboratório

As determinações das características físicas foram realizadas no Laboratório de Solos do Instituto Federal Farroupilha Campus Alegrete. Para a etapa de ensaios em laboratório, que se iniciou em 04 de dezembro de 2018 até 07 de janeiro de 2019, utilizou-se a metodologia do Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA.

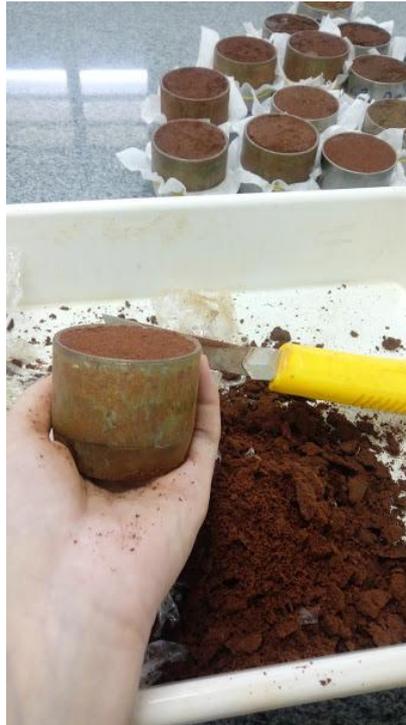


Figura 6-Toaleta das amostras.

Fonte- NAISINGER, 2019.



Figura 7- Amostras saturadas.

Fonte- NAISINGER, 2019.

### 3.2.1 Densidade e Porosidade do solo

As amostras foram preparadas (Figura 6), e saturadas por 48 horas (Figura 7), essas eram pesadas e posicionadas na coluna de areia com aplicação de tensão de - 6 KPa por 48 horas (Figura 8).

A macroporosidade foi calculada pelo volume de água retirado da amostra (coletada com anel metálico) em coluna de areia (REINERT & REICHERT, 2006) desde a saturação até a tensão de -6 kPa (Figura 8), utilizou-se a fórmula:

$$M_{ap} = \frac{\text{amostra saturada} - \text{peso após tensão 6KPa}}{\text{volume cilindro}} \quad (\text{Eq. 01})$$



Figura 8- Coluna de areia.

Fonte- NAISINGER, 2019.

A microporosidade foi calculada pelo restante de água que ficou retida na amostra, e posteriormente os cilindros foram pesados e secos na estufa a 105°C por

48 horas até peso constante, e pesadas novamente, para a determinação de solo seco, utilizando-se a seguinte relação:

$$Mip = \frac{\text{peso após tensão } 6KPa - \text{peso seco a } 105^{\circ}C}{\text{volumecilindro}} \quad (\text{Eq. 02})$$

Com a macroporosidade e microporosidade determinada, foi possível calcular a porosidade total do solo, utilizou-se a fórmula:

(Eq. 03)

$$Pt = \text{Microporosidade} + \text{Macroporosidade}$$

Já a densidade do solo foi determinada pela relação entre a massa de solo seco e o volume do anel, utilizando-se a fórmula:

$$Ds = \frac{\text{pesosecoa } 105^{\circ}C}{\text{volumecilindro}} \quad (\text{Eq. 04})$$

### 3.2.2 Condutividade Hidráulica

As amostras saturadas foram levadas a um permeâmetro de carga constante (Figura 9), e realizadas três determinações do volume de água percolada nas amostras em intervalos de cinco minutos após o início da percolação, em um total de tempo de 15 minutos, onde foi determinado o volume de água percolada no solo.



Figura 9- Condutividade Hidráulica.

Fonte- NAISINGER, 2019.

### 3.2.3 Umidade

Para a determinação do teor de umidade presente no solo, foi colocada a amostra úmida em uma capsula de alumínio numerado, pesado e transferido para estufa a 105°C por 24h (Figura 10), depois de retirada da estufa e deixada esfriar, foi pesada novamente, para o conhecimento do solo seco. Utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$Umidade\ gravimétrica = \frac{Solo\ úmido - solo\ seco\ a\ 105^{\circ}C}{solo\ úmido} \times 100 \quad (Eq. 05)$$

$$Umidade\ Volumétrica = Umidade\ gravimétrica \times Densidade\ do\ solo \quad (Eq. 06)$$



Figura 10- Amostras na estufa..

Fonte- NAISINGER, 2019.

Os resultados foram tratados com auxílio do software Microsoft Office Excel.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 demonstra os Atributos Físico-hídricos do solo de propriedades produtoras de grãos no Município de Manoel Viana, dezembro de 2018. A partir dos resultados encontrados, podemos observar que as áreas tiveram variação de densidade de  $1,43 \text{ g/cm}^3$  a  $1,79 \text{ g/cm}^3$ , a microporosidade entre  $0,16 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  a  $0,32 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , com variação de  $0,06 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  a  $0,22 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  de macroporosidade, e a porosidade total de  $0,31 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  a  $0,47 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , com condutividade hidráulica de  $0 \text{ ml/h}$  a  $44,49 \text{ ml/h}$ .

Tabela 2. Atributos Físico-hídricos do solo de propriedades produtoras de grãos no Município de Manoel Viana. Dezembro de 2018.

ÁREA 1	DENSIDADE ( $\text{g/cm}^3$ )	MICRO ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )	MACRO ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )	POROSIDADE ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )	COND.HID. ( $\text{ml/h}$ )	UMIDADE VOLUMÉT. ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )
0-5 cm	1,44	0,32	0,15	0,47	44,49	24,29
5-15 cm	1,53	0,32	0,13	0,45	16,60	26,81
20-30 cm	1,53	0,32	0,11	0,43	7,28	27,58
Média	1,51	0,32	0,13	0,45	22,79	26,21

ÁREA 2	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND.HID (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,43	0,24	0,22	0,46	28,42	10,10
5-15 cm	1,59	0,26	0,16	0,42	25,57	14,73
20-30 cm	1,65	0,24	0,14	0,38	6,50	15,03
Média	1,56	0,25	0,17	0,42	20,16	13,20

ÁREA 3	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND. HID. (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,62	0,27	0,14	0,41	5,83	17,23
5-15 cm	1,63	0,27	0,12	0,39	6,47	21,22
20-30 cm	1,58	0,29	0,09	0,38	8	22,96
Média	1,61	0,28	0,11	0,39	6,8	20,49

ÁREA 4	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND. HID. (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,54	0,20	0,19	0,39	8,69	7,67
5-15 cm	1,67	0,19	0,15	0,34	14,20	14,16
20-30 cm	1,70	0,18	0,15	0,34	13,45	
Média	1,64	0,19	0,16	0,36	12,11	11,01

ÁREA 5	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND. HID. (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,57	0,16	0,17	0,33	6,64	9,28
5-15 cm	1,79	0,17	0,14	0,31	5,15	15,06
20-30 cm	1,72	0,20	0,14	0,34	7,27	
Média	1,69	0,18	0,15	0,32	6,35	12,13

ÁREA 6	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND. HID. (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,60	0,27	0,10	0,37	0,90	28,27
5-15 cm	1,63	0,30	0,07	0,37	3,99	31,31
20-30 cm	1,54	0,32	0,06	0,38	0	
Média	1,59	0,30	0,08	0,37	1,63	29,34

ÁREA 7	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND. HID. (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,59	0,31	0,10	0,40	0,38	24,21
5-15 cm	1,75	0,30	0,09	0,40	2,15	20,47
20-30 cm	1,76	0,26	0,07	0,34	1,02	20,77
Média	1,70	0,29	0,09	0,38	1,18	21,95

ÁREA 8	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	MICRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	MACRO (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	POROSIDADE (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	COND. HID. (ml/h)	UMIDADE VOLUMÉT. (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
0-5 cm	1,50	0,18	0,20	0,38	7,55	9,01
5-15 cm	1,79	0,19	0,15	0,34	10,55	10,99
20-30 cm	1,73	0,18	0,16	0,34	6,03	12,78
Média	1,67	0,18	0,17	0,35	8,04	10,89

Podemos observar que solos com maior densidade, são marcados pela maior resistência à penetração das raízes, o que dificulta a absorção de água e nutrientes por parte das plantas. Todavia, na literatura não há consenso em relação aos níveis críticos de resistência, CANARACHE (1990) sugeriu alguns limites de resistência à penetração (RP), que valores <2,5 MPa não apresentariam limitações ao crescimento radicular; valores entre 2,6 e 10 MPa causariam algumas limitações e valores superiores a 10 MPa não possibilitariam o crescimento radicular. Os resultados encontrados para a resistência a penetração estão expostos nas figuras abaixo, onde serão analisados de acordo com cada área e para melhor entendimento das alterações das propriedades físicas encontradas, principalmente na densidade.

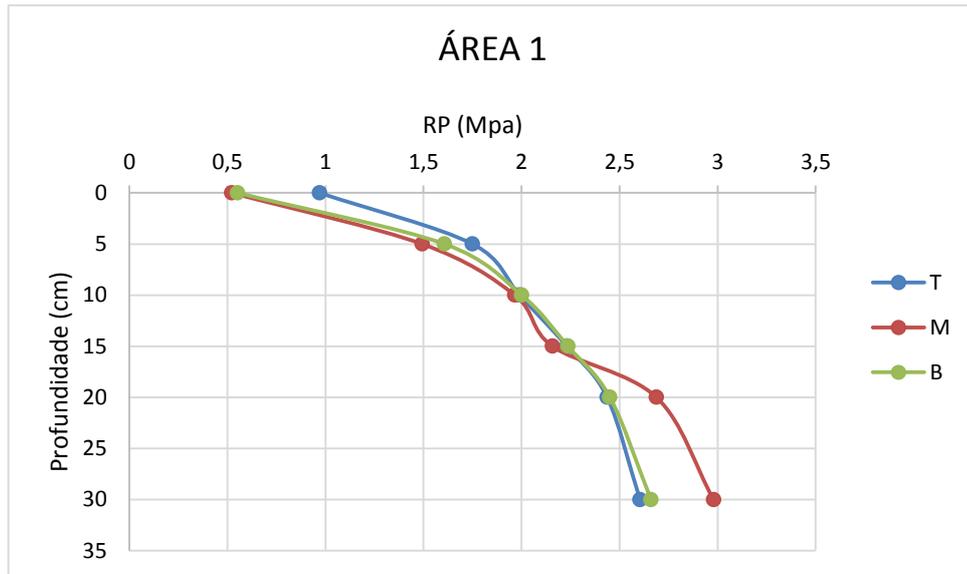


Figura 11- Resistência a penetração da área 1.

Na área 1 onde a rotação de culturas foi soja, trigo, aveia branca e preta e milho, na camada de 0-5 a densidade é bem inferior as demais, isso se explica pela presença da cobertura vegetal do solo (palhada), que atua na preservação da estrutura na camada superficial. Na Figura 11, podemos analisar que na camada superficial obteve-se menor índice de resistência à penetração com 0,97 Mpa. Isso esclarece o valor de baixa densidade e sua alta sua capacidade de infiltração, onde podemos observar que a condutividade hidráulica é quase 3 vezes maior do que na camada de 5-15 cm e 6 vezes maior que na camada de 20-30 cm. E também aumenta a retenção de água, aonde na microporosidade chegou a  $0,32 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ .

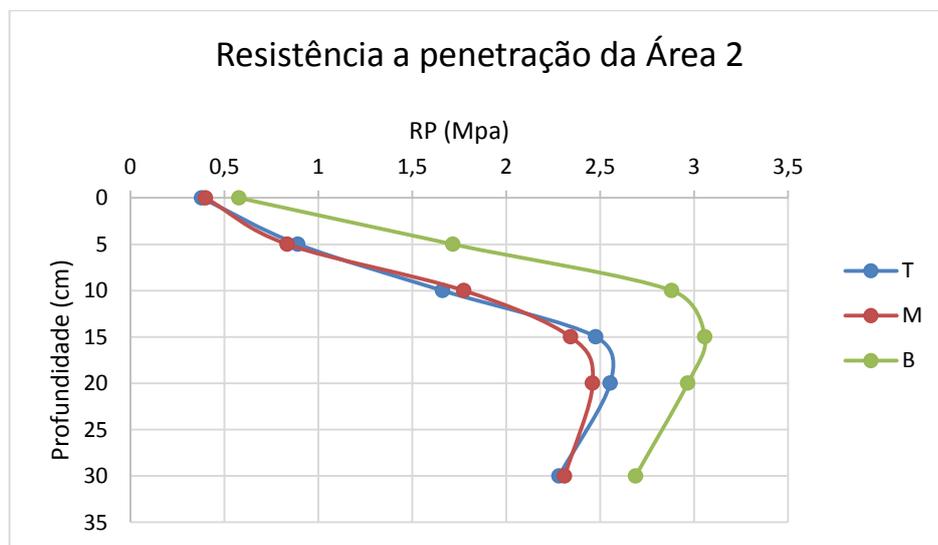


Figura 12- Resistência a penetração da área 2.

Na área 2, a densidade do solo foi maior da camada de 20-30cm, mas não se refletiu no valor da porosidade que foi menor que a densidade, e nem da macroporosidade que foi superior as 10%. Este valor, conforme (REICHERT et al.,2007), é um valor crítico de macroporosidade para o crescimento das plantas e parecem estar bem estabelecidos na literatura. Na resistência a penetração, foi maior a partir da camada de 15 cm até 30 cm, que condiz com a baixa capacidade de infiltração que foi de 6,50 ml/h.

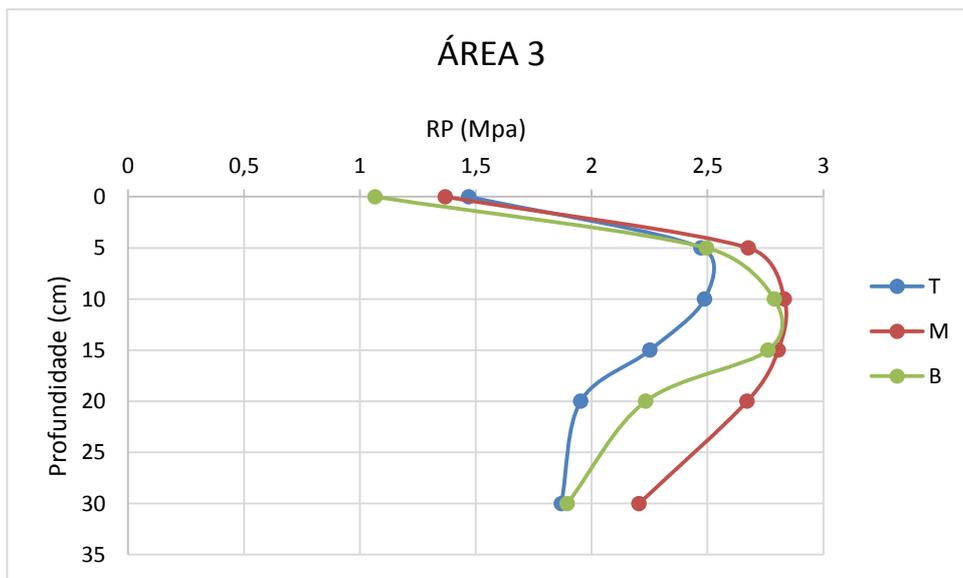


Figura 13- Resistência a penetração da área 3.

Na área 3, sob Integração Lavoura e Pecuária, podemos ver nitidamente no gráfico de resistência a penetração, que foi maior na camada de 0 a 15 cm, e está ligado com o pisoteio animal e possivelmente pela falta de rotação de culturas, contribuindo para o aumento da densidade, e criando ambiente desfavorável para o crescimento das plantas.

Nessa área, nas camadas de 0 a 30cm, não condizem com a teoria de ANDREOLLA (2010), que descreve que para um mesmo solo, quanto maior for a sua densidade menor será a porosidade. Nesse caso, a porosidade é maior porque a densidade de partícula é maior, pois para a determinação deste parâmetro esta na relação entre densidade solo com a densidade de partícula.

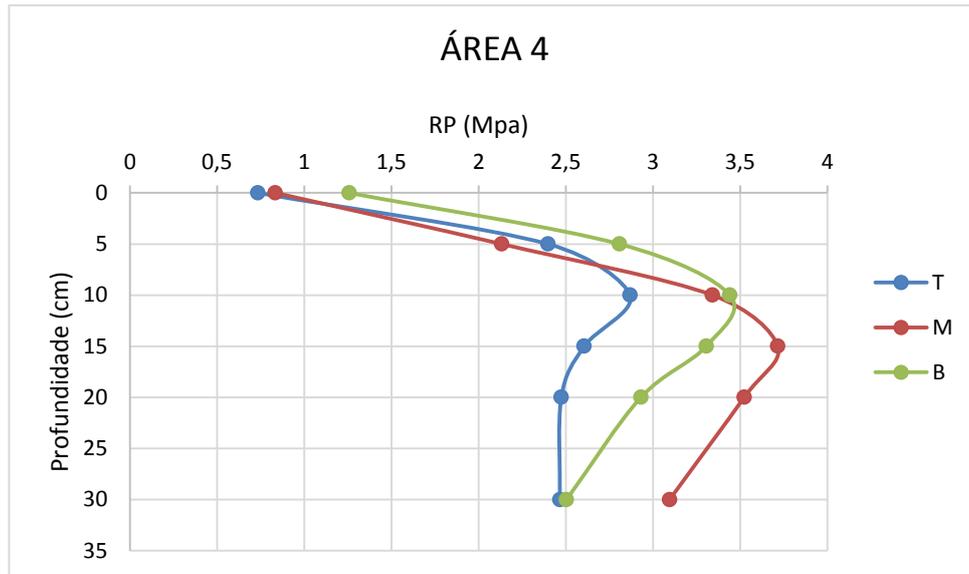


Figura 14- Resistência a penetração da área 4.

Na área 4, mesmo com as rotações de cultura sendo Milho/Soja, aveia branca e preta, trigo, canola, centeio e nabo, que de acordo com (MENTGES et al., 2010) a manutenção da palha na superfície do solo com alternância de espécies vegetais, reduz a degradação do solo, a densidade nas camadas de 5 a 30cm, foram superior ao valor crítico, que de acordo com Reichert et al. (2003) é de  $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$  para solos de textura média (20 a 55% de argila). Já na camada superficial, por mais que não ultrapasse tal valor, obteve um valor alto de densidade do solo. Conforme (SECCO et al., 2004), no sistema plantio direto, o processo de compactação é resultado do efeito cumulativo do tráfego de máquinas e da ausência de revolvimento. Como consequência, diminuindo a quantidade de poros na camada superficial, tornando a condutividade hidráulica 1,6 vezes menor que a camada intermediária. A compactação foi maior na camada de 20-30 cm, devido ao contato dos implementos de corte com o solo e pressão do rodado no sulco em aração, denominando-se “pé-de-grade” ou “pé-de-arado” (STONE & SILVEIRA, 1999).

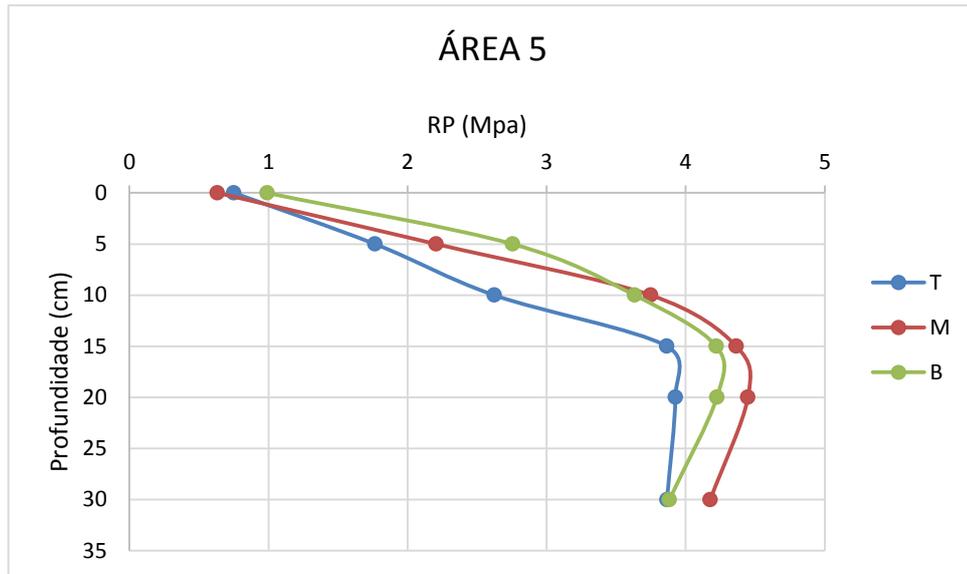


Figura 15- Resistência a penetração da área 5.

Na área 5, a macroporosidade não obteve diferença significativa, reduziu com o aumento do estado de compactação medido pela densidade do solo, sendo que na camada de 5-15 cm apresentou maior compactação ( $1,79 \text{ g/cm}^3$ ), que de acordo com (SILVA, 2003) no plantio direto, a camada de maior impedimento ao crescimento radicular está localizada entre 8 e 15 cm, formando o “pé-de-plantio direto”, o que explica o aumento da resistência a penetração a partir da camada se 10cm, sendo maior na camada de 15 cm com 4,37 Mpa, onde valores entre 2,6 e 10 MPa causam algumas limitações ao crescimento radicular (CANARACHE,1990). E com baixa capacidade de retenção de água na camada superficial, pois a microporosidade é menor que a macroporosidade.

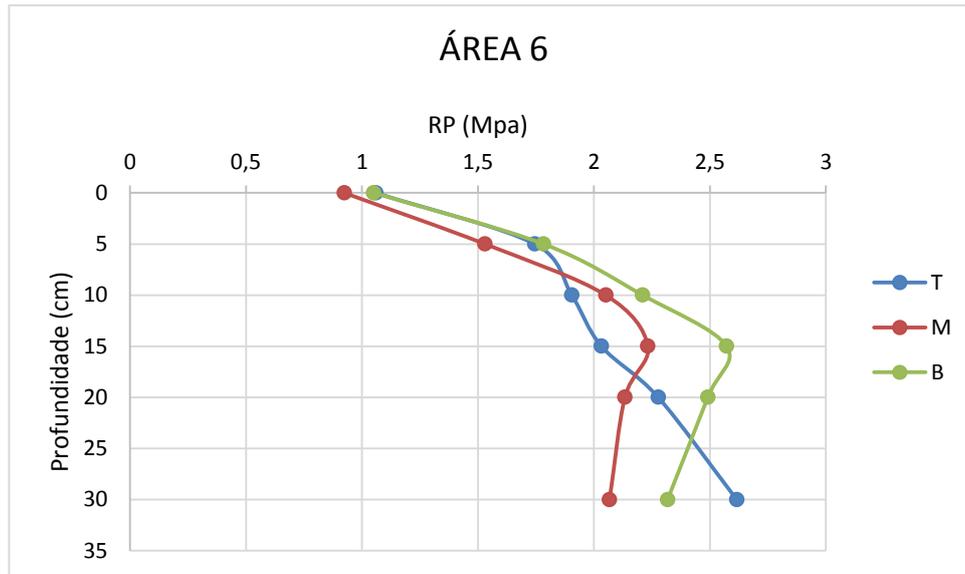


Figura 16- Resistência a penetração da área 6.

Segundo KIEHL (1979), um solo pode ser classificado como ideal quando apresenta uma proporção de 50% de porosidade total (1/3 macroporos e 2/3 microporos). Na área 6, sendo apenas sucessão de Soja e trigo, é possível analisar que a microporosidade é 18% maior, e a macroporosidade 17% menor que o indicado, tendo alta retenção e armazenamento de água e baixa aeração e infiltração de água no solo. Embora a macroporosidade tenha diminuído, os valores ainda se encontram próximos ao valor mínimo para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Ocorreu compactação do solo em superfície, decorrente da ausência de revolvimento do solo e da ocorrência do tráfego de máquinas e implementos e o aumento da compactação na profundidade de 5- 15 cm, consequência do “pé-de-plantio direto” (SILVA, 2003). A condutividade zero na camada 20-30cm, se traduz pela macro menor que 10%, logo a condução de ar e água são também inadequados.

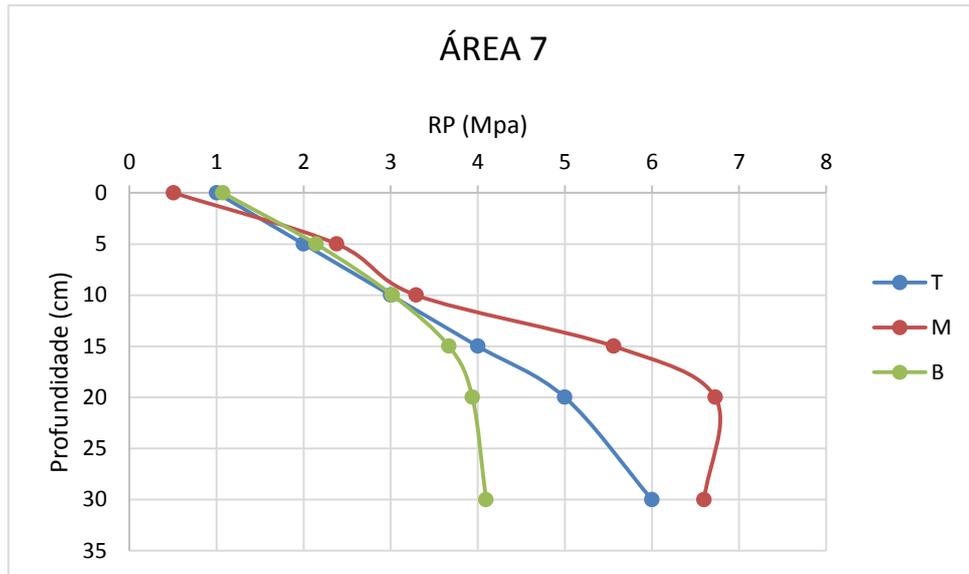


Figura 17- Resistência a penetração da área 7.

As áreas 7 e 8, são sucessões de soja e milho e irrigados com o sistema de pivô central.

Na área 7, a redução da macroporosidade, pode ser provocada pelo efeito da pressão imposta por máquinas e equipamentos agrícolas utilizados em condições desfavoráveis de umidade (FANCELLI, 2000) e considerando a densidade crítica de  $1,55 \text{ g cm}^{-3}$  proposta por REICHERT et al. (2003), isso explica o aumento da densidade em todas as profundidades, que foi maior desde a camada superficial com  $1,55 \text{ g cm}^{-3}$  até  $1,76 \text{ g cm}^{-3}$ . No gráfico podemos observar à alta resistência a penetração na camada de 20 cm, com 6,7 Mpa. No momento da coleta, a área estava sendo irrigada e percebia-se com frequência a presença de escoamento superficial, devido a baixa capacidade de infiltração, que se traduz pela macroporosidade menor que 10%.

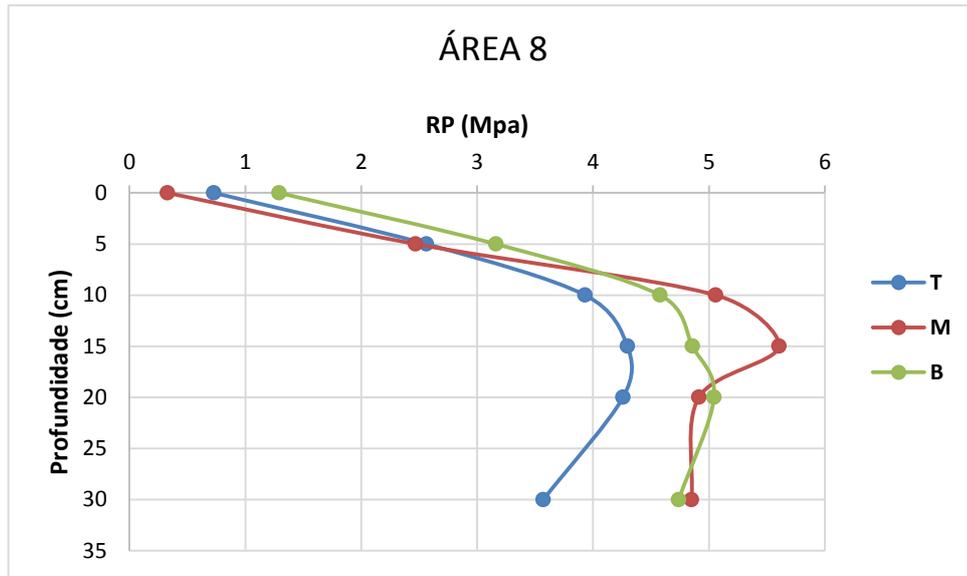


Figura 18- Resistência a penetração da área 8.

Na área 8, metade da porosidade é composta por macroporos, o que facilita a aeração e a infiltração de água, Porém, a baixa capacidade de retenção e armazenamento de água acaba sendo ruim para o desenvolvimento das plantas. Obteve maior compactação na camada de 5-15cm, apresentando  $1,79 \text{ g/cm}^3$  de densidade aliado a maior resistência a penetração na profundidade de 15 cm com 5,6 Mpa. Na camada superficial de 0-5cm, o solo representa não estar com compactação excessiva, provavelmente devido a presença da cobertura vegetal do solo (palhada), ausência de revolvimento, e criação de bioporos devido ao sistema radicular superficial elevando assim, sua capacidade de infiltração (macro) e retenção de água (micro).

## 5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados, pode-se concluir que as 8 áreas analisadas no Município de Manoel Viana-RS, 71% das camadas são superiores ao valor crítico de densidade ( $1,55 \text{ g/cm}^3$ ), 29% possuem macroporosidade inferior a 10%. A resistência à penetração obteve diversos comportamentos, tendo áreas com valores de resistência às penetrações altas e baixas. Essas condições físicas indicam que o desenvolvimento das plantas poderá ser limitado por prejudicar o desenvolvimento radicular das plantas e dificultar o acesso à água armazenada nas camadas mais profundas.

Pela utilização grande do tráfego de maquinário, ocasionou compactação nas camadas superficiais, na camada intermediária de 5-15 cm pelo pé de plantio direto e na camada 20-30cm, compactação pelo pé de grade.

Apenas a Área 1 não apresentou sinais de compactação, em relação à densidade do solo e a macroporosidade em nenhuma das camadas, possivelmente pela rotação de cultura.

As duas áreas irrigadas com sistema pivô centrais, apresentaram compactação em relação à densidade do solo nas camadas intermediárias e inferior do perfil do solo, devido às pressões impostas por máquinas e equipamentos agrícolas, que além de ser mais intenso, ocorre em solo com maior conteúdo de água.

Em áreas sob integração lavoura-pecuária – ILP, como observamos na área 3, obteve-se maior compactação na camada superficial de 0-5cm, com densidade de  $1,62 \text{ g/cm}^3$ , causada pelo pisoteio animal.

## REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. & ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:157-165, 2001.
- ANDREOLLA, V. R. M. **Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho**. 2010. 120p. TESE (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, 2010.
- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; FERRAZ, M. V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.843-849, 2005.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; LEONEL, C.L.; SÃO JOÃO, A.C.G.; FREDDI, O.S. **Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um latossolo vermelho cultivado com soja**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v.31, n.6, p.1223-1232, 2007.
- BORGES FILHO, E. L. **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA AGRICULTURA: O CASO DO PLANTIO DIRETO**. Sober 47º congresso sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 2009.
- BRUNO C. L. S. et al. Plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Revista Conexão Eletrônica**. Três Lagoas, MS. Volume 14. Número 1. Ano 2017.
- CALEGARI, A.; COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Revista Visão Agrícola**, v. 9, p. 13-16, 2009.
- CAMARA, R. K. & KLEIN, V. A. **Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado**. Revista R. Bras. Ci. Solo, 31:221-227, 2007.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 94 p.
- CANARACHE, A. PENETR – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, n.16, p.51-70, 1990.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Soja em sucessão a adubos verdes em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, nov. 2004.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. **Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

COELHO, G. B, et al. Plano local de habitação de interesse social – PLHIS, relatório técnico final. Prefeitura Municipal de Manoel Viana, 2010, Rio Grande do Sul, 106 p.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. **Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 933-942, 2008.

CRUZ C. J.; Alvarenga C. Hamon.; Filho P. A. Israel.; Plantio Direto x Convencional. Anais da I Semana de Ciências Agrárias de Diamantina SECAD – Diamantina, maio 2006.

DA SILVA, J. M. Variabilidade espacial do Ph, P, K E Mo cultivado com soja sob preparo convencional. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 4, 2012.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FASINMIRIN, J.T.; REICHERT, J.M. (2011) Conservation tillage for cassava (Manihot esculenta crantz) production in the tropics. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.113, n1, p.1-10, 2011.

FIDALSKI, J. **FÍSICA DO SOLO.** Capacitação do Programa Paraná Fértil (Instituto EMATER). Curso de Atualização de Conhecimentos em Ciência do Solo. 2009.  
IDO T. O.; OLIVEIRA A. R.; LUCIUS A. S. F. **Sistemas de cultivo.** Universidade Federal do Paraná. Acesso em: 16/ 05/2018. Disponível em <<http://www.agriculturageral.ufpr.br/bibliografia/aula3.pdf>>.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca.** Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia.** São Paulo: Ceres, 1979. 264p.

KLEIN, V.; BASEGGIO, M. & MADALOSSO, T. **Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado.** Ci. Rural, 39:2475-2481, 2009

LAMAS L. M. **Plantas de cobertura: O que é isto?** EMBRAPA, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>>. Acesso em: 20/05/2018.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada.** 2004. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MARCHÃO, R. L.;BALBINO, L.C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR J.D. G.; SA, M. A. C.; VILELA,L.; BECQUER, T. Qualidade física de um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura- pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 873-882,2007.

MENTGES, M.I. et al. **Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de hastes escarificadora em Argissolo compactado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, p.315- 321, 2010.

Michelon C. J. et al. Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.1, p.39–45, 2009.

MORAES, M. T. **Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas.** 2013. 205f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

PARKER E. Rotação de culturas, 2018. Acesso em: 20/05/2018. Disponível em:<[https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/reducao\\_de\\_impactos2/agricultura/agr\\_acoes\\_resultados/agr\\_solucoes\\_cases\\_rotacao/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/agricultura/agr_acoes_resultados/agr_solucoes_cases_rotacao/)>.

PEDROTTI, A.; DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo: como evita-la. **Agropecuária Catarinense**, v9, p.50-52, 1996.

PETRERE, V. G.; CUNHA, T. J. F. **Características dos solos cultivados com videira no Submédio do Vale do São Francisco.** Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 1 – 2a. edição ISSN 1807-0027. Versão Eletrônica, agosto/2010.

REICHERT, J. M. et al. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Palestras. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 29.

REICHERT, J. M.; SANCHES L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais:identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos Ci. Solo**, 5:49-134, 2007.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo.** Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2006.

RESCK, D.V.S. et al. Impact of conversion of Brazilian cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Ed.). Global climate change and tropical ecosystems. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.169-196.

RIBEIRO, K.D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciênc. Agrotec.** 31: 1167-1175, 2007.

RIQUETTI, N. B. **Efeito do manejo de solos nos parâmetros agronômicos e energéticos de híbridos de milho transgênico e não transgênico 2011.** 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares.** 1.ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304p.

SCCOTI, A. A. V. et al. Atlas geoambiental do município de Manoel Viana, oeste do rio grande do sul. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.1335 - 1347, 2012.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & DA ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **R. Bras. Ci. Solo**, vol.28, n.5, pp.797-804., 2004.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M & REINERT, D. J. Variação da temperatura do sol o em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:391- 399, 2006.

SILVA, R.B.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, F.A.M. & FOLE, S.M. **O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos cerrados.** R. Bras. Ci. Solo, 27:973- 983, 2003.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 1065-1068, 2000.

SILVA, A. P. et al. **Intervalo hídrico ótimo e sua importância para as plantas.** In: RIBEIRO, M. R.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; CANTALICE, J. M. B. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6, p. 1-30, 2009.

STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. **Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro.** Pesq. Agropec. Bras., 34:83-91, 1999.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.; GUIMARÃES, M.F. & FONSECA, I.C.B. Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:725-730, 2001.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: EMBRAPA Soja, 1999. 58 p. (EMBRAPA Soja, Circular Técnica, 23).

TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**. 6. ed. São Paulo: Andrei, 2007. 718p.

VIEIRA, P. C. “**Sistemas de Manejo do Solo, Culturas de Cobertura e Rotação de Culturas**: Resposta para Soja e Milho”. 2009. 78 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009.

VIEIRA, M.J. **Propriedades físicas do solo**. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina, 1981. p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).

WÜRSCHÉ, W.; DENARDIN, L. E. **Conservação e manejo dos solos**. Planalto Rio-grandense. Considerações gerais. Circular Técnica Nacional de Pesquisa do Trigo, Passo Fundo, n. 2, p. 1-20. 1980.