

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS CURITIBANOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CAMPOLIM MATEUS MATOS DO AMARAL

**RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO PLANALTO  
CATARINENSE**

Curitibanos

2017

Campolim Mateus Matos Do Amaral

**RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO PLANALTO  
CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão do curso de graduação em Agronomia, do Centro de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva.

Curitibanos

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

do Amaral, Campolim Mateus Matos  
Resistência à penetração em sistema de integração lavoura  
pecuária no planalto catarinense / Campolim Mateus Matos  
do Amaral ; orientador, Prof.Dr.Jonatas Thiago Piva, 2017.  
27 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2017.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Penetrômetro. 3. Altura de Pastejo. 4.  
Compactação. I. Piva, Prof.Dr.Jonatas Thiago . II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia**  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-2178 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

CAMPOLIM MATEUS MATOS DO AMARAL

## **RESISTENCIA DO SOLO Á PENETRAÇÃO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO PLANALTO CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado do Curso de Agronomia, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

**Orientador(a): Jonatas Thiago Piva**

Data da defesa: 20/06/2017.

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**

*Jonatas Thiago Piva*

**Presidente e Orientador:** Jonatas Thiago Piva  
**Titulação:** Doutor  
**Área de concentração em Agronomia**  
**Universidade Federal de Santa Catarina**

*Ana Carolina da Costa Lara Fioreze*

**Membro Titular:** Ana Carolina da Costa Lara Fioreze  
**Titulação:** Doutora  
**Área de concentração em Agronomia**  
**Universidade Federal de Santa Catarina**

*Neilor Bugoni Riquetti*

**Membro Titular:** Neilor Bugoni Riquetti  
**Titulação:** Doutor  
**Área de concentração em Agronomia**  
**Universidade Federal de Santa Catarina**

**Local:** Universidade Federal de Santa Catarina  
*Campus de Curitibanos*  
**Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia**

## **GRADECIMENTOS**

Primeiramente A Deus!

Segundo, às pessoas que percorrem comigo este caminho, que me apoiaram e que são a inspiração dos meus dias, meu Avô Campolim José de Matos e minha avó Julieta Zanchett de Matos.

Aos colegas, pela amizade e por todos os momentos compartilhados.

Ao meu orientador, Dr. Jonatas Thiago Piva, pela orientação segura, amizade e paciência.

Ao meu supervisor de estágio Jucelito Matos, pelo esclarecimento de duvidas e por repassar muitos conhecimentos.

Ao grupo de pesquisa em Manejo e Fertilidade do Solo, pela ajuda na instalação e condução do experimento.

## RESUMO

O sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) caracteriza-se pela combinação de sequências de ciclos de agricultura com sequências de ciclos de pecuária, na mesma área. Alterações nas propriedades físicas do solo ocorrem com o manejo inadequado, o que leva a sua compactação. Dentre as principais alterações, destaca-se a resistência do solo à penetração, que implica negativamente no crescimento radicular, na movimentação hídrica e no armazenamento da água no solo. Este trabalho tem por objetivo avaliar a resistência do solo à penetração em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto no planalto Catarinense. O experimento foi conduzido em uma área com sistema de integração lavoura-pecuária situado no interior de Curitiba-SC, em pastagem de inverno com azevém anual (*Lolium multiflorum Lam.*) e aveia preta (*Avena strigosa*), e no verão, a cultura da soja (*Glycine max L.*). A área foi dividida em 9 parcelas com altura de pastejo controlada, mantendo, 0,10, 0,20, 0,30 m, distribuídos em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Para avaliar a resistência do solo à penetração foi utilizado um penetrômetro digital, onde foram mensurados 15 pontos em cada parcela, em profundidades de 0,00 a 0,80 m, onde os dados foram submetidos à análise estatística. Verificou-se que na faixa superficial do solo, 0,00 - 0,10 m apresentou maior da resistência do solo à penetração. Na faixa 0,10 - 0,20 m, não apresentaram diferença estatística ( $P < 0,05$ ), fato que permaneceu nas demais camadas 0,00 - 0,10 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m, 0,40 - 0,50 m, 0,50 - 0,60 m, 0,60 - 0,70 m, 0,70 - 0,80 m de profundidade. Os tratamentos de diferentes alturas de manejo de pastagem de aveia e azevém cultivada em Latossolo vermelho, não apresentaram efeito na resistência do solo à penetração, que pode ser atribuído ao pouco tempo de condução do experimento.

**Palavras-chave:** Penetrômetro, Altura de Pastejo, Compactação.

## ABSTRACT

The crop-livestock integration system (CLI) is characterized by the combination of sequences of crops cycles with sequences of livestock cycles, in the same area. Changes in soil physical properties occur with inadequate management, which leads to their compaction. Among the main changes, soil resistance to penetration, which negatively implies root growth, water movement and soil water storage, is highlighted. This work aims to evaluate soil resistance to penetration in a crop-livestock integration system under no-tillage in the Catarinense plateau. The experiment was conducted in an area with a crop-livestock integration system located in the interior of Curitibanos-SC, in winter pasture with annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) And black oats (*Avena strigosa*). Soybean (*Glycine max* L.). The area was divided into 9 plots with controlled grazing height, maintaining 0,10, 0,20, 0,30 m, distributed in a randomized complete block design with three replications. To evaluate soil resistance to penetration, a digital penetrometer was used, where 15 points were measured in each plot at depths of 0,00 to 0,80 m, where the data were submitted to statistical analysis. It was verified that in the superficial land strip, 0,00 – 0,10 m presented higher soil resistance to penetration. In the 0,10 – 0,20 m range, there was no statistical difference ( $P < 0,05$ ), fact that remained in the other layers 0,00 – 0,10 m, 0,20 – 0,30 m, 0,30 -0,40 m, 0,40-0,50 m, 0,50-0,60 m, 0,60-0,70 m, 0,70-0,80 m depth. The treatments of different heights of grazing management of oats and ryegrass cultivated in Red Latosol did not show any effect on soil resistance to penetration, which can be attributed to the short time of the experiment.

**Key words:** Penetrometer, Grazing Height, Compaction.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Croqui da Área Experimental, com as diferentes alturas de manejo das pastagem de aveia no inverno, Curitibanos, SC. .... 18
- Figura 2.** Resistência à penetração (RP) na retirada da cultura da soja, amostragem realizada em 13 de maio de 2015, realizada até 0,8 m de profundidade, em diferentes alturas de pastejo: 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e SP (sem pastejo). Barras horizontais em cada profundidade indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5% (DMS). .... 19
- Figura 3.** Resistência à penetração (RP) na retirada dos animais, amostragem realizada em 14 de novembro de 2015, realizada até 0,8 m de profundidade, em diferentes alturas de pastejo: 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e SP (sem pastejo). Barras horizontais em cada profundidade indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%. .... 21
- Figura 4.** Resistência à penetração (RP) após a colheita da cultura da soja, amostragem realizada em 18 de abril de 2016, realizada até 0,8 m de profundidade, em diferentes alturas de pastejo: 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e SP (sem pastejo). Barras horizontais em cada profundidade indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5% (DMS). ..... 23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 <b>Objetivo Geral.....</b>	<b>12</b>
1.1.2 <b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA .....	13
2.2 INFLUÊNCIA DO MANEJO E USO DO SOLO SOB A RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO .....	14
2.3 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMA INTEGRADO .....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) está sendo bem difundido, como uma alternativa para os agricultores em todo o Brasil. Na região Sul, a integração lavoura-pecuária é adotada predominantemente como estratégia de cultivo de pastagens anuais de inverno, em áreas utilizadas com culturas para produção de grãos no verão. Essa estratégia é importante em toda a região, pois há várias culturas para uso do solo no verão, como soja, milho, feijão, e arroz irrigado, enquanto há carência de alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis no inverno. O SILP se caracteriza pela combinação de sequências de ciclos de agricultura, com sequência de ciclos de pecuária, consecutivamente, no mesmo local (CARVALHO; NASCIMENTO, 2011).

Este sistema proporciona diversificação, rotação, consorciação das atividades agrícolas e pecuárias de forma planejada, havendo benefícios ao agropecuarista. Assim, destaca-se uma das principais vantagens, a exploração do solo no período de inverno e verão, aumentando a renda da propriedade na oferta de grãos, de lã, de carne, devido ao acréscimo entre a lavoura e a pastagem (ALVARENGA et al., 2010).

O SILP reduz os custos, aumenta a eficiência do uso do solo, obtém maior benefício em relação aos atributos físicos e, também, químicos do solo, reduz a incidência de pragas e doenças, aumenta a liquidez e a renda dos agricultores, se manejada corretamente (ALVARENGA et al., 2010). Aliado a isso, o SILP, é uma alternativa benéfica, porém, quando manuseada incorretamente pode provocar o começo da degradação do solo com ameaça de danos, tanto economicamente, como ambiental (BAGGIO, 2007).

O manejo inadequado da altura do pasto no período do inverno acaba desencadeando uma série de efeitos negativos em todo o sistema que reflete na produtividade da área. O ponto principal no manejo da pastagem é a pressão de pastejo, que tem efeito na velocidade de rebrota e no período de descanso (ZANINI et al., 2012). Alturas de pós pastejo muito pequenas acabam reduzindo a cobertura do solo, fazendo com que o solo fique mais exposto à compactação pelos animais e intempéries, as quais acabam por reduzir a fertilidade e desestruturar o solo, resultando em efeitos na produção do verão (CARVALHO et al., 2007).

Um dos questionamentos referentes ao SILP é a quantidade de forragem que deve ser mantida durante a permanência dos animais, de modo que, não afete o rendimento da cultura subsequente. Portanto, o desafio dos sistemas integrados é estabelecer o nível crítico de biomassa que, por sua vez, não interfira no rendimento dos grãos, como também, não prejudique o rendimento animal (LOPES et al., 2009).

Um dos principais fatores que propiciam a alteração da estrutura do solo é o manejo, seja ele, por meio do uso de maquinário pesado ou pela alta taxa de lotação de animais, principalmente quando se tem grandes quantidades de água no solo (MORAES et al., 2012).

A susceptibilidade do solo à compactação apresenta variações, em função das propriedades do solo, tais como textura, estrutura, cobertura vegetal, etc. (LIMA et al., 2013). As características físicas do solo são interligadas, com isto, a alteração de uma delas normalmente leva à alteração de todas as demais.

No SILP, sob o sistema de plantio direto, ocorre uma série de benefícios, um dos principais está relacionado à formação de macroagregados, responsáveis pela sustentação do solo, assim, exercendo ação sobre os outros atributos físicos do solo como macro e microporosidade, densidade do solo, resistência do solo à penetração, entre outros (SALTON et al., 2008). A compactação superficial do solo interfere no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, devido à diminuição da infiltração da água e o aumento da resistência do solo à penetração (KAISER et al., 2009).

A compactação do solo é um fenômeno complexo, de difícil descrição e mensuração, estando intimamente relacionada com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que são fundamentais no desenvolvimento das plantas (LOPES et al., 2007).

Como visto, busca-se mais conhecimento para obter um sistema de produção que garanta rentabilidade e viabilidade econômica para os produtores rurais. Deste modo, diferentes alturas de manejo do pasto (10, 20, 30 cm) foram conduzidas, para avaliar se o SILP sob plantio direto manejados em pastejo moderado (20 cm de altura), possui menor resistência do solo à penetração em comparação a pastejo mais intensos, e também ao sistema unicamente de lavoura (em um mesmo sistema de culturas), em função do maior aporte de fitomassa tanto na parte aérea como subsuperficial.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a resistência do solo à penetração em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto no planalto Catarinense nas diferentes fases do sistema, sobre diferentes alturas de pastejo em dois anos de avaliação.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a resistência do solo à penetração em diferentes profundidades dentro de cada tratamento com diferentes alturas de manejo;

Avaliar a resistência do solo à penetração em diferentes ciclos de cultura ao longo de dois anos agrícolas no sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Por definição, integração lavoura-pecuária é utilizada para designar a alternância temporária (rotação) de cultivo de grãos e pastejo de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas e seus consórcios, podendo ser utilizado de maneiras distintas, dependendo dos interesses individuais (LOPES et. al., 2009).

A integração da lavoura de verão com a pecuária no inverno na região Sul do Brasil, é viabilizada através do plantio de forrageiras hibernais, com o objetivo de proteção ao solo e também para servir alimento aos animais no período mais crítico de crescimento para as pastagens nativas e cultivadas de verão. Dentre as principais espécies pode-se citar: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), geralmente consorciada com azevém (*Lolium multiflorum* L.).

A ILP é uma alternativa de produção, que possibilita a recuperação de pastagens degradadas, além da produção de grãos, destacando-se por apresentar um sinergismo entre a produção de culturas anuais e a produção de forragem para exploração da pecuária de corte ou de leite a pasto, principalmente no inverno, apresentando vantagens agronômicas, sociais e ambientais (CARVALHO; NASCIMENTO, 2011).

O rendimento de grãos obtido na cultura de verão, somado ao desempenho animal obtido durante o inverno corresponde à produtividade final do sistema ILP, ambos influenciados pela intensidade de pastejo conferida ao pasto que, por sua vez, refletirá nas condições físicas e químicas do solo sobre as quais a produção é dependente (BAGGIO, 2007).

Flores (2008), relata que o sistema de integração lavoura pecuária apresentam uma série de benefícios proporcionando o aumento de níveis de produção animal e vegetal com rentabilidade maior e mais estável das culturas, além de incremento no controle de plantas daninhas e quebra do ciclo de pragas e doenças.

Dentre as desvantagens, pode-se destacar a possibilidade de ocorrência de compactação superficial do solo, possível redução da macroporosidade do solo, aumento das chances de adensamento do solo e selamento superficial, em situação de manejo inadequado da pastagem. O sistema ILP não deve ser fator limitante a produção, assim deve-se respeitar os níveis de biomassa admitidos para cada solo, que viabilize a produção seguinte, assim como a proteção ao solo (CARVALHO; NASCIMENTO, 2011).

O nível de biomassa não deve ser o mesmo para a lavoura e para a pecuária, pois, para o estabelecimento do sistema de semeadura direta, exige-se uma alta quantidade de biomassa, ao passo que para a produção pecuária, quanto maior a biomassa, menor terá de ser a quantidade de animais sobre a área de pasto. Assim em sistemas integrados, é provável que não exista um nível único de biomassa de forragem que promova, ao mesmo tempo, elevados ganhos individuais e por área dos animais e também altos rendimentos de grãos da cultura de verão (CASSOL, 2003). Sendo assim, devem ser estabelecidos os níveis de altura do pasto, que não comprometam índices de sustentabilidade do SILP, bem como a produtividade da cultura de verão muito menos de carne no inverno.

## 2.2 INFLUÊNCIA DO MANEJO E USO DO SOLO SOB A RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

A retirada da vegetação nativa para a introdução dos sistemas agrícolas provoca o desequilíbrio entre o solo e o meio, alterando as propriedades do solo, assim limitando a produção agrícola. As alterações são decorrentes da troca da vegetação nativa por atividades que proporcionam grande rendimento industrial ou produção de alimentos (CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001).

Certas práticas de manejo do solo e das plantas alteram também as propriedades do solo ocasionando problemas temporários ou permanentes. Neste contexto, os impactos ocasionados pelo uso e manejo na estrutura física do solo, vêm sendo quantificado através de diferentes propriedades físicas do solo, tais como a porosidade total, tamanho dos poros, compactação do solo, resistência à penetração das raízes, absorção de nutrientes, trocas gasosas, infiltração de água e desenvolvimento da radícula (RICHART et al., 2005). Mello (2002), relata que em estudos realizados, as máquinas são responsáveis por compactar o solo, assim prejudicando o desenvolvimento radicular das culturas e este efeito é aumentado na presença de alta umidade. Porém, isso depende das condições climáticas, do tipo e do manejo empregado. O solo em suas condições naturais, sob cobertura vegetal nativa, não apresenta restrições no desenvolvimento das raízes das plantas (ANDREOLA; COSTA; OLSZEWSKI, 2000).

Estas mudanças nas propriedades físicas do solo são provenientes do manejo inadequado proporcionando assim redução no rendimento das culturas, no aumento da sensibilidade a processos erosivos e aumento de tração das máquinas agrícolas no preparo do solo (RICHART et al., 2005).

Os sistemas de uso e manejo do solo modificam as propriedades físicas do solo, e uma delas é a resistência do solo à penetração, que está diretamente interligada com o crescimento das plantas. O crescimento radicular tanto em diâmetro quanto em comprimento podem ser influenciados por valores altos de resistência do solo à penetração. Neste sentido, a resistência do solo à penetração é a propriedade física essencial para a avaliação dos sistemas de uso e manejo do solo sobre o crescimento das raízes. (TORMENA et al., 2002)

A compactação do solo pode ser mencionada como um processo que ocasiona uma camada adensada no solo, que aumenta a resistência à penetração das raízes, provocada pelas cargas exercidas sobre o mesmo (SOANE; OUWERKERK, 1994). Este processo de compactação do solo pode ser também ocasionado pelo impacto da gota da chuva, o tipo de preparo do solo, tráfego de máquinas agrícolas, percentual de umidade no solo, teor de matéria orgânica, densidade do solo, porosidade do solo, estrutura do solo, pressão aplicada e resistência do solo à penetração (RICHART et al., 2005).

### 2.3 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMA INTEGRADO

O sistema de integração lavoura-pecuária, seguindo suas particularidades de manejo, busca uma melhor adaptação, tanto no inverno quanto no verão, para não haver interferência, de modo a trazer benefícios aos produtores. Desta forma, a utilização de animais no SILP no período de inverno, deixa os agricultores com certo receio, pelo fato de que possa alterar as propriedades físicas do solo, aumentando a ocorrência de compactação do solo, assim, prejudicando a produtividade da cultura subsequente.

A compactação do solo esta ligada com o sistema de plantio direto, desta forma, sempre apresentará de alguma maneira certo grau de intensidade, sendo que é um dos temas mais debatidos (BRAIDA et al., 2004). O intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas, e pisoteio dos animais, em altas taxas de lotação, e a retirada do material de cobertura pelo pastejo, pode provocar a compactação do solo ocasionando a redução da infiltração da água, maior probabilidade de ocasionar erosão (MARCHÃO et al., 2007), e diminuição do crescimento de raízes das culturas (LANZANOVA et al., 2007). Segundo Reichert et al. (2010), em áreas de SILP o solo compactado se dá pela intensidade da passagem de máquinas agrícolas e também pelos cascos dos bovinos.

Collares (2005) relata que para evitar o aumento da compactação, deve-se efetuar a retirada dos animais quando o solo apresentar umidade propícia à compactação, mas esta

estratégia na realidade não é realizada ou não é possível adotar, porque não tem outro lugar para manter os animais no inverno.

Outra situação ligada à compactação é a resistência à penetração (RP) das raízes, de modo que, quanto menor a distância das partículas do solo, maior a resistência do crescimento do sistema radicular das culturas. Estudando as propriedades físicas do solo, Conte et al. (2011) verificaram que após o ciclo de pastejo, no SILP sob SPD com diferentes tipos de pastejo, não apresentou mudanças na porosidade e densidade do solo, independente da altura da forragem de inverno. Andreolla et al. (2014) relataram que o controle da lotação animal e a lotação contínua, no SILP em relação da cobertura de forragem, não afetou as propriedades físicas do solo. Segundo Salton et al. (2002), o impacto da alta taxa de animais depende da espécie a ser utilizada no sistema, o tipo de solo, o período de tempo do pastejo, entre outros.

Atualmente, a avaliação da resistência do solo à penetração está sendo utilizada para mensurar o nível de compactação do solo, por apresentar agilidade e facilidade em obter dados e ter uma grande sensibilidade a alterações do manejo em relação à densidade do solo, mas há pouco estudo referente a este assunto dentro dos sistemas integrados.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em uma propriedade rural, situada no interior do município de Curitibanos-SC, com coordenadas geográficas: 27° 18' 23" S e 50° 38' 04" W. O local apresenta um solo com 650 g kg<sup>-1</sup> de argila, classificado como Latossolo Vermelho e possui altitude de 1000 m. O clima da região é do tipo Cfb. As precipitações pluviométricas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que média anual apresenta uma variação de 1.500 a 1.700 mm (SDR, 2003).

O experimento foi conduzido delineamento de blocos casualizados com três repetições, em uma área com 83.000 m<sup>2</sup> (8,3 ha). Os tratamentos foram constituídos de dois sistemas de uso do solo no inverno: sem o pastoreio do gado; e integração lavoura-pecuária sob plantio direto. No sistema de integração lavoura-pecuária, no inverno manteve-se diferentes alturas de manejo da pastagem de aveia e azevém: 10, 20 e 30 cm, que foram obtidas com o auxílio de animais pelo pastejo contínuo usando três animais testes (rodam no sistema entre os piquetes) e um animal regulador (mantém as alturas dos tratamentos). No desenvolvimento da cultura da aveia foi aplicado 50 kg de N por ha<sup>-1</sup>, usando a ureia como fonte (45 % de N).

Os tratamentos ficaram assim constituídos: 1) Lavoura: No inverno foi semeada aveia preta (*Avena strigosa*) com uma densidade de semeadura de 80 kg de sementes por ha<sup>-1</sup> e azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) com 40 kg de semente por ha<sup>-1</sup>, servindo de cobertura morta para o plantio direto, não sendo realizado nenhum tipo de trato cultural, somente a dessecação para a semeadura da cultura de verão. No verão foi cultivado a cultura da soja (*Glycine max*) em plantio direto. As culturas foram implantadas e conduzidas seguindo as recomendações técnicas para a região.

2) ILP: Integração lavoura-pecuária, no qual no inverno, animais da raça nelore, pastejaram a cultura da aveia e azevém. A pastagem foi mantida na altura pré-estabelecida dentro de cada tratamento, dentro dos preceitos de manejo correto da pastagem. Para isso, a área foi pastejada por 3 animais testes e um animal regulador, para conseguir manter a altura da pastagem. No verão foi cultivado a cultura da soja (*Glycine max*) em plantio direto. As culturas foram implantadas e conduzidas seguindo as recomendações técnicas para a região.

As avaliações da resistência do solo à penetração (RP) na propriedade foram executadas em momentos distintos ao longo de dois anos agrícolas, após a retirada da cultura da soja no verão e depois da retirada dos animais no inverno. A avaliação a RP foi realizada, com a ajuda de um penetrômetro digital da marca Eijkelkamp, em profundidade de 0 a 80 cm, sendo que as medidas foram feitas a cada 5 cm de profundidade. A área apresenta 12 parcelas, sendo que em cada parcela foi realizados uma sequência de 15 pontos amostrais e três pontos na área sem pastejo (Figura 1). Esta sequência de pontos seguiu disposição aleatória na parcela, percorrendo toda área de 8,3 ha, totalizando 144 pontos amostrais.

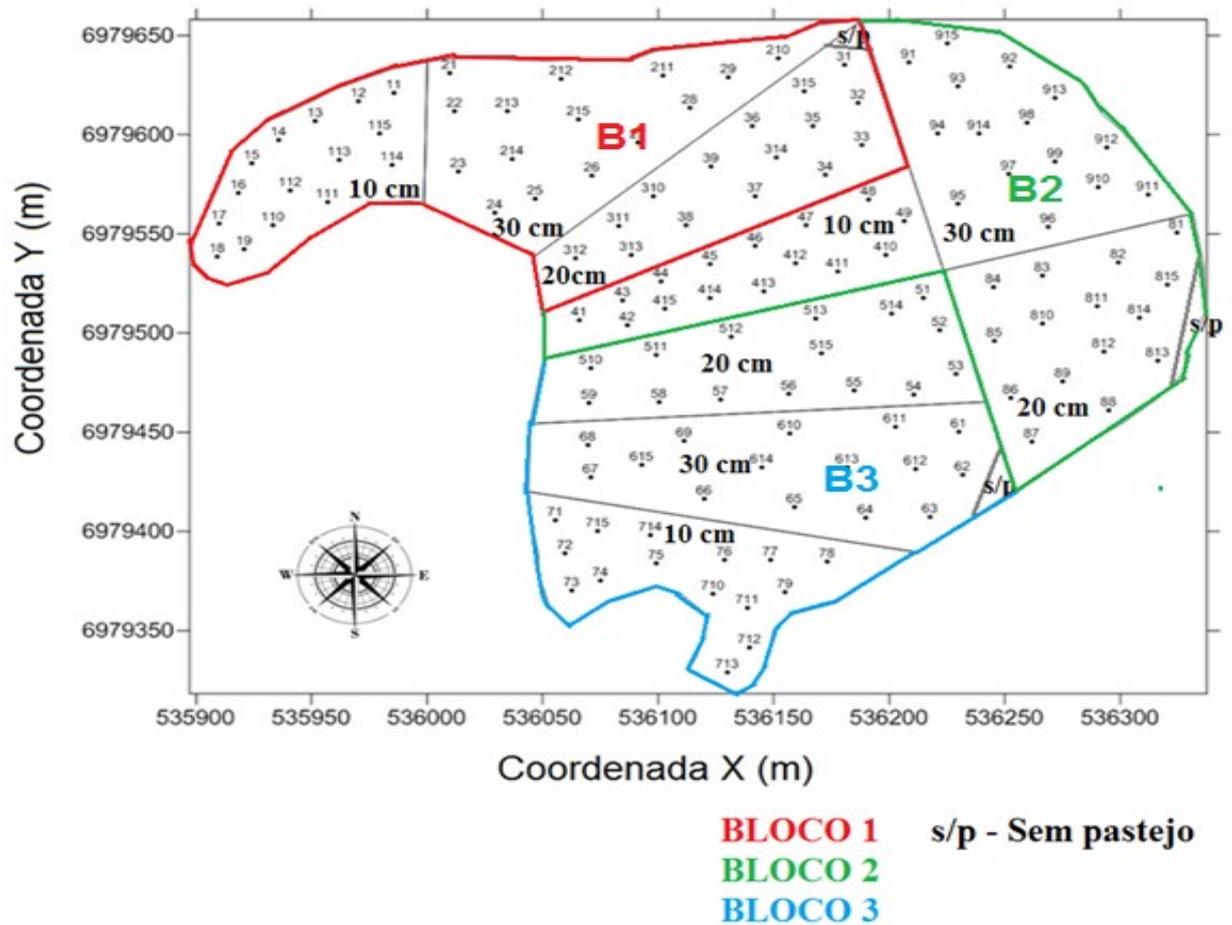


Figura 1. Croqui da Área Experimental, com as diferentes alturas de manejo das pastagem de aveia no inverno, Curitiba, SC.

O aparelho penetrômetro digital, da marca Eijkelkamp, identifica a umidade do solo a cada ponto de coleta de dados da resistência do solo à penetração. Os resultados das avaliações da resistência do solo à penetração foram submetidos à análise de variância.

Sendo significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para realização das análises foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT 7.7 beta.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, a resistência do solo à penetração no período após a colheita da soja em 2015, apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas, na camada de 0,00 – 0,10 m, na primeira avaliação (Figura 2). Nesta camada os valores de resistência do solo à penetração no tratamento sem pastejo foram menores do que os tratamentos 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m avaliados. Um fator que pode ter ocasionado esta variação entre os tratamentos é a umidade no solo, que foi de 31,6, 33,2, 34,5 e 32,7, nos tratamentos de 10, 20, 30 e SP, respectivamente. De acordo com Tavares filho et al. (2001), trabalhando em Latossolo roxo argiloso, mencionam que no sistema de plantio direto, a resistência do solo à penetração é maior na camada superficial, entre 0,00 – 0,15m, pelo fator do tráfego de maquinário agrícola, do manejo da área e da colheita.

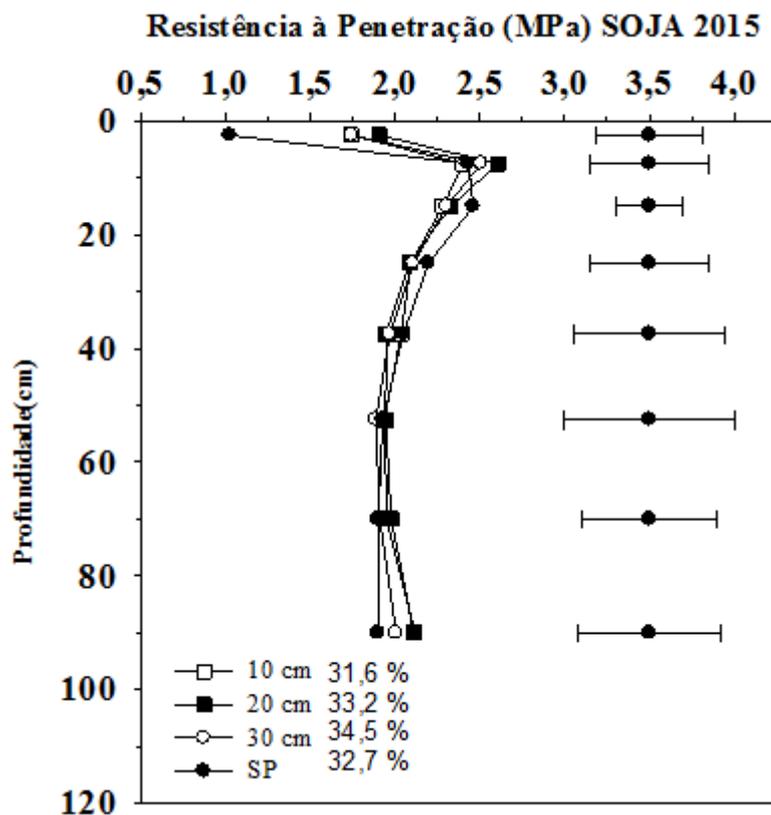


Figura 2. Resistência do solo à penetração (RP) na retirada da cultura da soja, amostragem realizada em 13 de maio de 2015, realizada até 0,8 m de profundidade, em diferentes alturas de pastejo: 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e SP (sem pastejo). Barras horizontais em cada profundidade indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5% (DMS).

A camada de 0,15 m apresentou no tratamento mantido 0,20 m de altura uma resistência do solo à penetração de 2,6 MPa, valor este que pode se tornar limitante para o desenvolvimento das raízes das culturas. Os valores  $\geq 2,0$  MPa são considerados limitantes ao desenvolvimentos das raízes das culturas (HAMZA; ANDERSON, 2005).

A partir da camada 0,15 m nota-se uma redução dos valores de RP conforme a profundidade no perfil aumenta e entre os tratamentos não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Tormena et al. (2002) também encontrou uma redução dos valores da RP em profundidade, podendo ser provocado pelo efeito do secamento da superfície do solo. Os números de RP podem ser considerados pouco impeditivos para o sistema de plantio direto, quando o solo estiver com altos níveis de umidade. Por outro lado, no processo de secamento do solo, pode ocorrer um aumento da RP podendo levar a redução do crescimento radicular das culturas, principalmente no plantio direto (TORMENA et al., 2002; DE ASSIS et al., 2009).

Após o pastejo realizado pelos animais no final de 2015, foi realizada uma nova avaliação, observando maiores valores de umidade e menores valores de resistência do solo à penetração. Apresentando umidade do solo de 34, 37, 36 e 36, para os tratamentos 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, SP, respectivamente. Os valores de RP mantiveram abaixo de 2,0 MPa, a partir da camada superficial, a 8 cm de profundidade (Figura 3). Lanzasova et al. (2007) mencionam que em sistema rotacionado de pastejo houve maior resistência do solo à penetração na camada superficial, entre 0,00 – 0,10 m, evidenciando um encrustamento superficial pelo pisoteio dos animais. Shiavo & Colodro (2012) também obtiveram resultados semelhantes, onde a compactação do solo nas camadas superficiais pode ter sido proporcionada pelo pisoteio. Albuquerque et al. (2001), também descrevem que a compactação superficial do solo pode provir do intenso tráfego de máquinas e implementos e pela carga animal. Já Sarmento et al. (2005) não identificou diferença na resistência do solo à penetração quando o solo apresentou umidade  $0,09 \text{ kg kg}^{-1}$  nas camadas de 0,10 m até 0,40 m. Entretanto numa segunda avaliação, quando o solo estava com menor umidade, obteve diferença significativa entre as intensidades de pastejo.

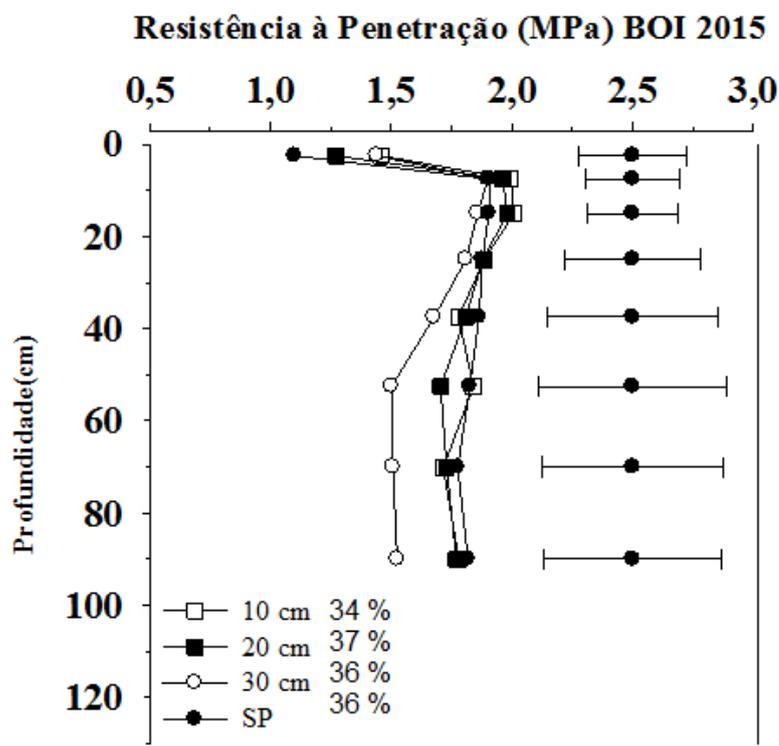


Figura 3. Resistência do solo à penetração (RP) na retirada dos animais, amostragem realizada em 14 de novembro de 2015, realizada até 0,8 m de profundidade, em diferentes alturas de pastejo: 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e SP (sem pastejo). Barras horizontais em cada profundidade indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%.

No tratamento sem pastejo, no período de inverno, ocorreram alguns problemas com a entrada de animais que retiraram uma porcentagem da cobertura vegetal através do pastejo, assim interferindo a finalidade da parcela de ser mantida somente para cobertura. Sabe-se, que promovendo um aporte maior de cobertura vegetal na superfície do solo, diminui-se a pressão causada pelo pisoteio dos animais, assim ocorrerá menor interferência nas propriedades físicas do solo (TORRES et al. 2012). Sarmiento et al. (2008) relatam que o pisoteio animal tem maior efeito no solo quando o pastejo é realizado em solos com maior umidade e com menor cobertura vegetal, desta maneira o ideal é manter um porte razoável da cobertura vegetal para minimizar os efeitos. Neste sentido, um dos objetivos do experimento é verificar se ocorre alguma limitação e/ou impacto na resistência a penetração das raízes, em manter diferentes alturas de pastejo. Silva & Rosolem (2002) concluíram que manter cobertura vegetal de gramíneas, como aveia preta no inverno, auxiliou o crescimento tanto radicular, quanto em altura da cultura de subsequente.

Nota-se no presente experimento que os valores da RP não foram considerados altos a ponto de serem impeditivos ao crescimento radicular. Valores abaixo de 2,0 MPa são usados na literatura como não impeditivos ao enraizamento das plantas (BEUTLER et al., 2006; FREDDI et al. 2006). Segundo Stone et al. (2002) avaliando a RP em Latossolo vermelho da microrregião de Goiânia, relataram que mantendo a umidade perto da capacidade de campo, a resistência do solo à penetração foi de 1,7 MPa, significando que começa a provocar interferência no crescimento radicular. Assis et al. (2009) relatam que valores elevados de RP podem estar relacionados ao alto teor de argila apresentado nos solos classificados como Latossolo vermelho. Isso demonstra que mesmo não apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, o estudo demonstra que esse tipo de informação nesse sistemas de uso, requerem mais tempo de avaliação, e que juntamente com isso, ocorreu uma dificuldade na condução do experimento no período de inverno devido ao manejo dos animais e pelo tamanho da área com aproximadamente 8,3 ha.

Os resultados de maneira geral não demonstraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ), mas entre as camadas o manejo sem pastejo obteve maiores valores comparando com os demais tratamentos. Estes dados obtidos da RP no tratamento sem pastejo pode ter sido influenciado, além do que foi citado anteriormente, por estas estarem localizadas nas áreas marginais do experimento ou pela malha amostral realizada na área. Segundo Tavares Filho & Ribon (2008), mencionam que para obter dados mais confiáveis à malha amostral com penetrômetro no sistema de plantio direto precisa ser igual ou maior 15 pontos.

Nota-se que ao longo do perfil do solo o tratamento mantido a 0,30 m de altura de pastejo, apresentou valores inferiores de RP em relação aos demais tratamentos, a partir da camada 0,20 m, isso pode ser devido a maior cobertura vegetal e pela maior umidade no solo. Costa et al. (2012) relatam que por manter a menor carga animal, com a menor taxa de lotação e o ciclo de pastejo mais curto, houve redução do efeito no sistema radicular provido pelo pisoteio dos animais nas camada superficiais. Conseqüentemente, obtém maior cobertura vegetal para dissipar a energia do pisoteio animal, da ação da gota da chuva, do tráfego de máquinas agrícolas, proporcionando menor efeito na resistência à penetração das raízes.

A última avaliação realizada foi na retirada da cultura soja, no mês de abril de 2016, não apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, em todas as camadas (Figura 4). Na camada de 0,15 m ocorreu o maior valor de RP no tratamento sem pastejo, de 2,3 MPa.

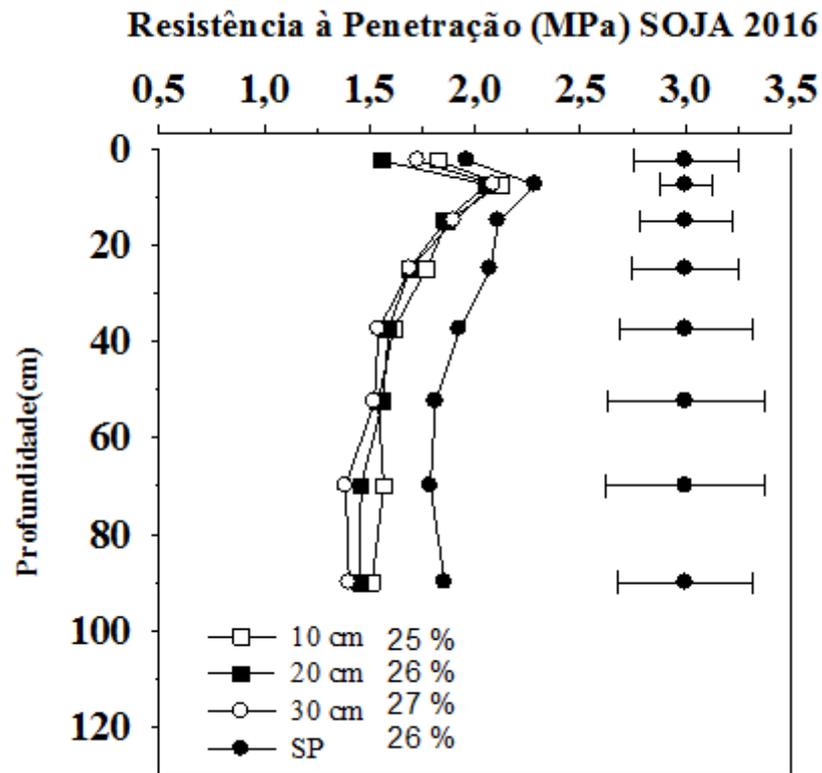


Figura 4. Resistência do solo à penetração (RP) após a colheita da cultura da soja, amostragem realizada em 18 de abril de 2016, realizada até 0,8 m de profundidade, em diferentes alturas de pastejo: 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e SP (sem pastejo). Barras horizontais em cada profundidade indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5% (DMS).

Nesta avaliação, uma das possíveis causas da maior RP no tratamento sem pastejo, pode ser atribuído, como mencionado, pelas parcelas estarem disposta nas margens do experimento, pela baixa umidade do solo no dia de avaliação, e/ou por não conseguir manter os animais nos piquetes. Segundo Spera et al. (2010), são poucos os relatos negativos na literatura, da influência dos animais sobre os atributos físicos no solo e a produção final das culturas, propiciando o uso de animais juntamente com a produção agrícola. Souza & Alves (2003), mencionam que na camada superficial valores altos da resistência do solo à penetração em sistema de plantio direto, tendem a deixar de existir ao longo dos anos, pela deposição de resíduos orgânicos, onde aumenta a atividade microbológica, assim proporcionando melhorias nos atributos físicos do solo.

Nos dois anos avaliando a resistência à penetração das raízes, a produtividade da soja na área não obteve diferença entre os tratamentos, isso pode ser justificado por ter sido pouco afetada pelos tratamentos, devido ao curto período de tempo de condução do experimento. As

médias de produtividade da soja entre os tratamentos ficaram em torno de 3500 kg (dados não apresentados), mostrando que a produção da cultura em sucessão a pastagem submetida à pastejo não é prejudicada, desde que mantenha-se uma carga animal moderada, concordando com os resultados obtidos por (VEIGA et al., 2012).

## **5. CONCLUSÃO**

As diferentes alturas de manejo de pastagem de aveia e azevém cultivada em Latossolo vermelho, não apresentaram efeito na resistência do solo à penetração, e nem na produtividade da soja.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da interação lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 717-723, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 59-67, jul./ago. 2010.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.857-865, 2000.
- ANDREOLLA, V. R. M.; MORAES, A.; BONINI, A.; K. DEISS, L.; SANDINI, I. E. Soil physical attributes in integrated bean and sheep system under nitrogen levels. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, v.45, n.5 (Especial), p.922-930, 2014.
- ASSIS, R.; LAZARINI, G. D.; LANÇAS, K. P.; FILHO CARGNELUTTI, A. avaliação da resistência do solo á penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p. 558-568, out./dez. 2009.
- BAGGIO, C. **Comportamento em pastejo de novilhos numa pastagem de inverno submetida a diferentes alturas de manejo**. UFRGS. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Porto Alegre. 2007. Disponível em: <[http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/11187?locale=pt\\_BR](http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/11187?locale=pt_BR)> Acessado em: 26/05/2017.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P.; BARBOSA, J. C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.639-645, 2006.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; SOARES, J. A. D.; REINERT, D. J.; SEQUINATO, L. E KAISER, D. R. Relações entre a quantidade de palha existente sobre o solo e a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, Santa Maria, 2004. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- CARVALHO, N. L.; NASCIMENTO, R. S. Integração Lavoura-Pecuária. UFSM - RG. **Revista Monografias Ambientais- REMOA**, v. 4, n. 4. p. 828-847, 2011.
- CARVALHO, P. C. F.; SILVA, J. L. S.; MORAES, A.; FONTANELLI, R. S.; MACARI S.; BREMM, C.; TRINDADE, J. K. Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária in: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**, 2007, Curitiba, PR, Anais. Curitiba: UFPR, 2007.
- CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. UFRGS. Tese de Doutorado em

Agronomia. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <  
<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/4243>> Acessado em: 20/05/2017.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. 2005. 107p. UFSM. Tese de Doutorado em Agronomia, Santa Maria, 2005.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de FACCIO.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.10, p. 1301-1309, 2011.

COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:993-1004, 2012.

FLORES, J. P. C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS. 2008. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832007000400017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832007000400017&script=sci_arttext)>  
 Acessado em: 20/05/2017.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v.26, p. 113-121, 2006.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v. 82: p. 121-145, 2005.

KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REINERT, J. M.; COLLARES, G. L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.845-855, 2009.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007, vol.31, n.5, pp. 1131-1140. ISSN 1806-9657. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832007000500028&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000500028&lang=pt). Acessado em: 26/05/ 2017.

LIMA, R. P.; LEÓN, M. J. D; SILVA, A. R. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 01, p. 16-20, jan./fev. 2013.

LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p.1499-1506, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n5/a196cr611.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

LOPES, M. L. T. FACCIO, P. C.; ANGHINONI, C. I. SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. A. Q. FLORES, J. P. C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p.1499-1506, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n5/a196cr611.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

LOPES, R. A. P.; NÓBREGA, L. H. P.; URIBE-OPAZO, M. A.; PRIOR, M.; PEREIRA, J. O. Physical properties of Haplorthox typical under management in succession soybean-corn systems within three years. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 5, p. 721-727, 2007.

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.

MELLO, N. A. Degradação física dos solos sob integração lavoura pecuária. In: Encontro de Integração Lavoura Pecuária no Sul do Brasil, 2002, Pato Branco. Anais...Pato Branco: CEFET – PR, p.43-60, 2002.

MORAES, M. T; DEBIASI, H; FRANCHINI, J. C; SILVA, V. R. Correction of resistance to penetration by pedofunctions and a reference soil water content. **Journal of Soil Science**, Viçosa, v. 36, n. 06, p. 1704-1713, nov./dez. 2012.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; et al. **Mecânica do solo in: Física do solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010.

RICHART, A.; FILHO T. J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; OLIVEIRA, H. pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, v. 69, p. 32-34, 2002.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; LUGÃO, S. M. B.; CRUZ, M. C. P.; CAMPOS, F. P. & FERREIRA, M. E. Respostas agrônômicas e morfológicas de panicum maximum jacq.CV. IPR -86 Milênio, sob pastejo, á adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria animal**. na., 4:333-346, 2005.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. de A.; CRUZ, M. C. P. da; LUGÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P. de; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de

um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 183-193, 2008.

SCHIAVO, J. A.; COLODRO, G. Agregação e resistência de um Latossolo vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, Campinas, v.71,n.3, p.406-412,2012.  
SDR. Secretaria de Desenvolvimento Regional. **Curitibanos: Caracterização Regional**. 34 p, maio 2003.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.855-860, 2002.

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. V. Soil compaction problems in world agriculture. In: **SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. V. (Eds.)**. Soil compaction in crop production. Amsterdam: Elsevier, 1994, p. 1-21.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.27-34, 2003.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. **Bragantia**. 2010, vol.69, n.3, p. 695-704.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

TAVARES FILHO, J & RIBON, A. A. Resistência do solo á Penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:487-494, 2008.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:725-730, 2001.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONGALVES, C. A. densidade, porosidade e resistência á penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p. 795-801, out./dez. 2002.

TORRES, J. L.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. resistência á penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Biosci. J.**, Uberlândia, Supplement 1, p. 232-239, mar. 2012.

VEIGA, M.; DURIGON, L.; PANDOLFO, C. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Atributos de solo e de plantas afetados pelo manejo da pastagem anual de inverno em sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42,n.3, p.444-450,mar, 2012.

ZANINI G. D.; SANTOS G. T.; SCHMITTI, D.; PADILHA, D. A.; SBRISSIA, A. F. Distribuição de colmo na estrutura vertical de pastos de capim Aruana e azevém anual submetidos à pastejo intermitente por ovinos, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.882-887, mai, 2012.