

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO  
MILHO SOB DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE  
FORRAGEM PÓS-PASTEJO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Rodrigo Pizzani**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2012**



**ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO  
MILHO SOB DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE  
FORRAGEM PÓS-PASTEJO**

**Rodrigo Pizzani**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Ciência do Solo.**

**Orientador: Prof. Dr. Thomé Lovato**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pizzani, Rodrigo

ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO  
SOB DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS-PASTEJO /  
Rodrigo Pizzani.-2012.

107 p. ; 30cm

Orientador: Thomé Lovato

Coorientador: Flavio Luiz Foletto Eltz

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2012

1. Integração lavoura-pecuária 2. Solos 3. Pastagem 4.  
Gado leiteiro 5. Milho I. Lovato, Thomé II. Luiz Foletto  
Eltz , Flavio III. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO  
SOB DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS-  
PASTEJO**

elaborada por  
**Rodrigo Pizzani**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
Doutor em Ciência do Solo

**Comissão examinadora:**

**Thomé Lovato, Prof. Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

**Flavio Luiz Foletto Eltz, Prof. PhD (UFSM)**

**Fernando Luiz Ferreira De Quadros, Prof. Dr. (UFSM)**

**Mastrângello Enívar Lanza Nova, Prof. Dr. (UERGS)**

**Thomas Newton Martin, Prof. Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 29 de fevereiro de 2012.



## *Dedico...*

*Aos meus pais, bases fundamentais da vida, que me deram seu amor em todos os momentos de minha formação profissional, fizeram-me ser forte nos momentos que me sentia fraco, educação com outro, etc. Palavras fundamentais vindas nas horas difíceis.*

*A vocês agradeço e dedico o início de uma caminhada que foi iniciada quando me deram a mão e me ensinaram os primeiros passos para a vida! Amo vocês!*

*À minha irmã Fernanda e sobrinha Eduarda!  
Obrigado “gurias” por de uma forma ou outra me ajudarem!  
Ao meu “mano Paulo” como ele diz! Obrigado Mimí!*

*A uma família maravilhosa que Deus me abençoou e me faz hoje mostrar que cresci.*

*Amo vocês!*

*Aos meus avós e avôs, mesmo não estando aqui hoje, mas me ajudaram muito a escolher meu caminho! Obrigado!*

*Aos tios e tias que sempre acreditaram e me ajudaram em todos os momentos!*





## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela vida, pelo dom e pela proteção.

À Universidade Federal de Santa Maria pelo auxílio estudantil.

Ao PPGCS pela oportunidade de cursar o Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao professor Thomé Lovato pela oportunidade e exemplo de ser humano e profissional.

Aos membros da banca examinadora da defesa de tese de doutorado Flavio Luiz Foletto Eltz, Fernando Luiz Ferreira De Quadros, Mastrângello Enívar Lanzasova, Thomas Newton Martin pela disponibilidade e contribuições para a melhoria do trabalho.

Ao grande amigo Eduardo Giroto, pela paciência ao me ajudar nas ideias do trabalho.

À grande Amiga Marta Rocha “Martinha” pela sua disposição em estar sempre nos ajudando.

Aos bolsistas de iniciação científica e amigos Rodrigo Luis Ludwig, Paulo Eugênio Schaefer e o mestrando Rafael Ziani Goulart pelo auxílio na execução deste trabalho.

Aos professores do PPGCS pelos ensinamentos e aos funcionários Luiz Francisco Finamor e Heverton Heinz pela prestatividade.

Aos colegas de laboratório, que além de colegas, demonstraram-se grandes amigos.

Agradeço-os pelo convívio e conhecimento compartilhado ao longo desse período.

Aos colegas de pós-graduação pelas conversas e parceria.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para tornar possível a realização deste trabalho, agradeço a todos que me incentivaram e me deram forças para enfrentar os obstáculos.



“O Uso da terra é fator crítico para a água e qualidade do solo, bem como um importante condutor das economias rurais (Hillel, 2003).”



## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Universidade Federal de Santa Maria

### ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS- PASTEJO

Autor: Rodrigo Pizzani

Orientador: Thomé Lovato

Data: Santa Maria, 29 de fevereiro de 2012.

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) refere-se a uma associação entre duas atividades em épocas distintas do ano na mesma área, em que se envolvem os cultivos agrícolas e a criação animal. O presente trabalho teve por objetivos: (a) Avaliar a produção de matéria seca e fitomassa remanescente da pastagem consorciada de inverno (aveia preta, azevém e ervilhaca) sob diferentes alturas de massas de forragem pós-pastejo; (b) Comparar a produtividade da cultura do milho sob diferentes alturas de massas de forragem pós-pastejo e (c) Verificar as alterações nos atributos do solo que os bovinos possam causar no decorrer do ciclo vegetativo do milho. O experimento foi conduzido no município de Mata – RS, em propriedade rural, durante os anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011, em um Argissolo Vermelho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, utilizando quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, em que não se tinha o controle de deslocamento dos animais e altura de massa de forragem durante o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20), 0,30 m (M-30) e uma área não pastejada (SP). Para atender aos objetivos propostos, o trabalho foi dividido em três partes. A primeira parte foi realizada avaliando em duas épocas do ano agrícola, a densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total nas profundidades de 0,0-0,025; 0,025-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, bem como a taxa de infiltração de água no solo, resistência mecânica do solo à penetração e teores de fósforo, potássio e matéria orgânica do solo. Quando manejada corretamente a presença dos animais em áreas de pastagem, não ocorrerá interferência negativa nos atributos físicos e químicos do solo. Após o ciclo de pastejo, não houve alterações nos atributos físicos do solo, o que não interferiu na taxa de infiltração de água no solo e resistência mecânica do solo à penetração. Os teores de matéria orgânica do solo mantiveram-se em progressão nos dois anos de avaliação em ambas as camadas avaliadas, o que não ocorreu com os teores de fósforo e potássio, havendo uma diminuição nos teores destes nutrientes em todas as camadas avaliadas. Na segunda parte do estudo, foram realizadas avaliações agronômicas e componentes de produção da cultura do milho. As alturas de massas de forragem pós-pastejo em 2009/2010 não afetaram o rendimento de matéria seca do milho, não se repetindo em 2010/2011, devido à baixa disponibilidade hídrica que ocorreu na região. Os componentes de rendimento da cultura do milho a MMG e o NGE foram influenciados negativamente pelas diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, no ano de baixa disponibilidade hídrica. As menores alturas de massas de forragem pós-pastejo (M-10 e PC) não fornecem o aporte ideal de palhada para o SILP-PD para culturas subsequentes. Na terceira parte do trabalho, avaliaram-se atributos referentes à pastagem (altura da planta, massa de forragem disponível e massa final da forragem) e à dinâmica de produção de forragem em pastagem de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), azevém (*Lolium multiflorum* Lam) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.) manejada em diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo. O objetivo dessa parte foi identificar qual a melhor altura de massa de forragem para produção de fitomassa aérea, o efeito do pastejo na massa radical e a taxa de decomposição das forrageiras hibernais após diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo. As diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo podem ter limitações na massa final da forragem, sendo que os tratamentos M-20 e M-30 atingem a palhada ideal para realização da semeadura direta nas áreas pastejadas.

**Palavras-chave:** Pastagem. Manejo do pasto. Compactação do solo. Ciclagem de nutrientes. Matéria orgânica.



## ABSTRACT

Doctor of Science Thesis  
Graduate Program in Soil Science  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### SOIL ATTRIBUTES AND CORN DEVELOPMENT UNDER DIFFERENT HEIGHTS OF FORAGE POST-GRAZING

Author: Rodrigo Pizzani  
Advisor: Thomé Lovato  
Date: Santa Maria, 02-29-2012

The Crop-Livestock System (ILP) refers to an association between two activities in the same area at different periods of the year, that involves annual crops and livestock. This study aimed to: (a) evaluate the dry matter yield and residual dry matter remaining of winter intercrop forage (oat, rye and vetch) under different heights of post-grazing residue, (b) compare the productivity of maize under different crop heights of post-grazing residue and (c) examine the changes in soil properties that may be caused by cattle during the growing season of corn. The experiment was conducted in the city of Mata - RS, on a commercial farm during the agricultural period of 2009/2010 and 2010/2011, in an Ultisol. The experimental design was a randomized block design using four heights of post-grazing residues: conventional grazing (PC), with an area of 500 m<sup>2</sup>, in which there was no control of movement of animals and tall forage during the grazing; residue height of 0.10 m (M-10), 0.20 m (M-20), 0.30 m (M-30) and an area not grazed (SP). To meet the proposed objectives, the work was divided into three parts. The first part was performed by evaluating during two periods of each crop year, soil bulk density, microporosity, macroporosity and total porosity at depths of 0.0 to 0.025, 0.025 to 0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.15 m, the rate of water infiltration in soil, soil resistance to penetration, phosphorus, potassium and soil organic matter. When managed correctly, the presence of animals in pasture areas will not negatively effect soil physical and chemical properties. After the grazing cycle, changes in soil physical properties were minimal and did not affect the rate of infiltration of ground water and soil resistance to penetration. The levels of soil organic matter remained in progression for the two years of assessment in both layers evaluated. Values for phosphorus and potassium decreased in every layer over the sample period. In the second part of the study were evaluated agronomic and yield components of maize. The high mass post-grazing residue in 2009/2010 did not affect dry matter yield of corn, but was not repeated in 2010/2011 due to low water availability in the region. The yield components of corn MMG and NGE were negatively influenced by the different heights of residue post-grazing in years of low water availability. The lower heights of post-grazing residue (M-10 and PC) did not provide the optimal intake of straw to the SILP-PD for subsequent crops. In the third part of the work, attributes were evaluated related to pasture (plant height, forage mass and final mass of available forage) and the dynamics of forage production in pasture of oat (*Avena strigosa* Schreb.), ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) and vetch (*Vicia villosa* L.) managed at different heights of post-grazing residue. The objective of this part was to identify the best height of forage for aerial biomass, the effect of grazing on the mass and the rate of decomposition of winter forages after different heights of forage after grazing. The different heights of residue post-grazing may have limitations in the final mass of forage, and the treatments M-20 and M-30 were ideal for the realization of direct seeding in grazed areas.

**Keywords:** Pasture. Pasture management. Soil compaction. Nutrient cycling. Organic matter.





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Hipóteses.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Integração lavoura-pecuária: um sistema com perspectiva de futuro .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Entrada dos animais na área de pastagem.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Propriedades físicas do solo sob pastejo .....	17
2.2.2 Propriedades químicas do solo sob pastejo .....	18
2.2.3 Interação sistema radicular, parte aérea e solo .....	19
2.2.4 Integração lavoura pecuária e o sistema plantio direto.....	21
<b>2.3 As forrageiras na integração lavoura pecuária .....</b>	<b>22</b>
2.3.1 Aveia preta.....	22
2.3.2 Azevém.....	23
2.3.3 Ervilhaca.....	24
<b>2.4 Cultura do milho (Zea mays L.).....</b>	<b>24</b>
<b>3 ARTIGO I – ATRIBUTOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS-PASTEJO .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Resumo .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Abstract .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Introdução .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Material e Métodos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Resultados e Discussão .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6 Conclusões .....</b>	<b>49</b>
<b>3.7 Referências .....</b>	<b>49</b>
<b>4 ARTIGO II - PRODUÇÃO DE MILHO EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Resumo .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2 Abstract .....</b>	<b>56</b>
<b>4.3 Introdução .....</b>	<b>56</b>
<b>4.4 Material e Métodos.....</b>	<b>58</b>
<b>4.5 Resultados e Discussão .....</b>	<b>61</b>
<b>4.6 Conclusões .....</b>	<b>68</b>
<b>4.7 Referências .....</b>	<b>68</b>
<b>5 ARTIGO III – PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS EM DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS-PASTEJO E MINERALIZAÇÃO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 Resumo .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2 Abstract .....</b>	<b>74</b>
<b>5.3 Introdução .....</b>	<b>74</b>
<b>5.4 Material e Métodos.....</b>	<b>77</b>
<b>5.5 Resultados e Discussão .....</b>	<b>79</b>
<b>5.6 Conclusões .....</b>	<b>90</b>

<b>5.7 Referências.....</b>	<b>91</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>103</b>

# 1 INTRODUÇÃO GERAL

A integração lavoura-pecuária refere-se a uma associação entre os cultivos agrícolas e a produção animal, a qual é praticada em diferentes partes do mundo, com os mais diferentes propósitos e nas mais diferentes condições (ENTZ et al., 2005). Para Moraes et al. (2002), esses sistemas associados estão na base da domesticação das plantas e dos animais, pois a integração dos cultivos com a produção animal se faz desde o período Neolítico. Na Encyclopedia (2005) encontram-se relatos que na cidade de Jericó (9000 A.C.) foi estabelecido o primeiro modelo de produção integrada, sendo um dos exemplos mais antigo reportado.

Para Keulen & Schiere (2004), a integração entre sistemas pode ser muito complexo, pois vai depender da natureza dos componentes escolhidos, dos objetivos envolvidos e da cultura agrônômica de cada região. Moraes et al. (2002) salientam que por um lado os sistemas integrados haviam perdido seu apelo técnico frente à intensificação e especialização dos sistemas agrícolas, por outro lado eles nunca perderam a sua contundente representatividade. Thomas (2001) salienta que 2/3 dos pobres das pequenas áreas rurais têm animais e 60 % desses utilizam sistemas mistos de exploração.

O sistema integração lavoura-pecuária é muito importante para os países em desenvolvimento, pois tem a possibilidade de mudar, positivamente, a dinâmica biofísica e sócio-econômica dos sistemas de produção. Para Keulen & Schiere (2004), os sistemas integrados de lavoura com pecuária alcançam 2,5 bilhões de hectares no mundo, sendo responsáveis por mais de 50 % da carne e mais de 90 % do leite consumidos.

No Brasil, a cadeia agroindustrial do leite caracteriza-se como uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, tanto sob a ótica social quanto econômica. Está presente em todo o território brasileiro, desempenhando um papel relevante no suprimento de alimentos, na geração de empregos e renda de muitas famílias desde a pequena à grande propriedade. Em relação à renda nacional estima-se que cerca de 18 bilhões de reais são gerados pelos diferentes segmentos que compõem esta cadeia.

Neste grande volume de renda que o leite proporciona, insere-se um grande número de produtores rurais, que nos últimos anos vem sofrendo problemas de adaptação da produção com os preços pagos pelo mercado. O leite é um dos principais produtos subsidiados no

mundo e o preço pago ao produtor no Brasil é muito menor comparado com os principais países produtores.

No Rio Grande do Sul, mais especificamente na região do Planalto do Estado, a pecuária de leite vem se desenvolvendo em alta escala, pois estão sendo implantadas indústrias que precisam receber grande quantidade de leite para atender a demanda das plantas instaladas.

Além disso, a condição de clima regional, com distribuição regular de chuvas, permite o cultivo de pastagens de inverno. De fato, a região é uma das pioneiras e líder na adoção do sistema plantio direto (SPD). As principais forrageiras de inverno para a produção exclusiva de palhada são a aveia preta, azevém e ervilhaca, sendo capazes de alta produtividade de matéria seca por hectare. Mas, a implantação e condução das plantas de inverno, representam um custo adicional, que deve ser “dissolvido” na cultura de verão. Com o aumento do custo de produção, a margem que sobra para o produtor é muito pequena, já que o preço pago ao litro de leite é regulado pelo mercado.

O aproveitamento mais racional das forrageiras de inverno pelo produtor pode contribuir para aumentar a lucratividade da propriedade, manter uma estabilidade na produção com menores custos, e manter o rebanho com alimentação a pasto, reduzindo o uso de alimentos no cocho, como silagens e concentrados. As forrageiras de inverno apresentam altas produções de matéria seca de alto valor nutricional, complementando as espécies estivais que predominam nos campos naturais do Rio Grande do Sul, que ainda é base da alimentação pecuária, seja corte ou leite. Para amenizar, na maioria das vezes, o prejuízo, surge a proposta da produção de leite baseada em pastagem, sendo então adotado o sistema de integração lavoura-pecuária. A adoção desta prática esbarra na aceitação tanto dos produtores como dos técnicos regionais, que se apegam em paradigmas como: área de lavoura é somente para produzir grãos, pois vacas em pastejos sobre lavouras compactam o solo, além de extrair uma quantidade elevada de nutrientes e não consegue nem manter elevadas produções de leite. Embora haja muitos paradigmas a respeito da entrada de animais em áreas de SPD (MORAES et al., 2002), observa-se forte crescimento na adoção da tecnologia de integração, particularmente no centro-sul do país, com particularidades distintas de cada região.

## **1.1 Hipóteses**

A associação de diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo e a presença de animais na pastagem de inverno causam alterações no solo, que vão repercutir no rendimento do milho.

## **1.2 Objetivo Geral**

Promover estudos e gerar resultados que cientificamente relatem efeitos dos bovinos leiteiros no sistema de integração lavoura pecuária sobre atributos físicos e químicos do solo sobre a produção de milho em sistema de plantio direto sob diferentes resíduos pós-pastejo, na Depressão Central do RS, durante os anos agrícolas 2009/ 2010 e 2010/2011.

## **1.3 Objetivos Específicos**

O presente trabalho teve por objetivos: (a) Avaliar a produção de matéria seca e fitomassa residual da pastagem consorciada de inverno (aveia, azevém e ervilhaca) sob diferentes massas de forragem pós-pastejo; (b) Comparar a produtividade da cultura do milho sob diferentes alturas de massas de forragem pós-pastejo e (c) Verificar as alterações nos atributos do solo que os bovinos possam causar no decorrer do ciclo vegetativo do milho.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Integração lavoura-pecuária: um sistema com perspectiva de futuro

Para Russelle et al. (2007) a integração entre a lavoura e a pecuária não é uma tecnologia nova, mas sim um conceito re-emergente, porque segundo os autores desde a domesticação de plantas e animais, há evidências da integração dos mesmos. Isso ocorria em aldeias rurais no período Neolítico a mais ou menos 8 a 10 milênios atrás.

Para Reis & Saibro (2004), o sistema integração lavoura-pecuária (SILP) no sul do Brasil, foi adotado primeiramente nas áreas de arroz irrigado, em rotação com o azevém ou campo nativo. Este sistema já vem sendo usado há algum tempo, com bons resultados. A região subtropical do Brasil tem 8,0 milhões de hectares cultivados com soja anualmente, 3,4 milhões hectares com milho e cerca de 1,1 milhões de hectares com arroz (MORAES et al., 2007). Assim, essas culturas de verão representam 29% da área cultivada. Nos últimos anos, cerca de 3,5 milhões de hectares foram cultivados com culturas de inverno, tais como trigo (*Triticum aestivum* L.), aveia (*Avena sativa* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), triticale (*X triticosecale* Witt.) e centeio (*Secale cereale* L.), sendo que o restante da área, ou seja, 9,0 milhões de hectares, representa um potencial de renda perdida durante o inverno, com solos expostos ou simplesmente com resemadura natural (CARVALHO et al., 2010).

Estes sistemas de integração têm potencial para aumentar a produtividade de grãos e de carne/leite, reduzindo os riscos de degradação e promovendo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (GARCIA et al., 2004).

Na ILP onde as áreas de produção são mais intensamente usadas, o sistema deve buscar a melhor combinação de manejo e gerenciamento das atividades, tanto no verão quanto no inverno, de forma que a produção animal não prejudique a produção de grãos e vice-versa. Como consequência do pastejo e pisoteio animal sobre a pastagem tem-se o desfolhamento e consequente perda da cobertura vegetal, além do impacto da pisada do animal sobre o solo (TABOADA, 2004).

Para Vilela et al. (2003), os inúmeros e incontáveis benefícios do SILP podem ser sintetizados como: *agronômicos*, por meio de recuperação e manutenção das características produtivas do solo; *econômicos*, por meio da diversificação de oferta e obtenção de maiores

rendimentos a menor custo e em qualidade superior; *ecológicos*, por meio da redução da biota nociva às espécies cultivadas e conseqüente redução da necessidade de defensivos agrícolas, bem como redução da erosão; e *sociais*, por meio da distribuição mais uniforme de renda. Deve-se considerar também a maior geração de tributos, de empregos diretos e indiretos, além da fixação do homem ao campo. Entretanto, ainda existem dúvidas a respeito de como se comporta o sistema quando utilizado por longo tempo em razão da compactação do solo (ELTZ et al., 1989).

Um bom SILP apresenta estruturas básicas como: plantio direto, cobertura permanente, rotação de culturas, uso eficaz dos insumos e genótipos melhorados, o manejo correto das pastagens e a produção animal intensiva em pastejo. Existem, porém, muitas variações possíveis, dependendo do interesse de cada proprietário. A ILP é mais do que utilizar ocasionalmente uma lavoura para reformar uma área de pastagem e/ou aproveitar a disponibilidade de forragens de ressemeadura. É, antes de tudo, um sistema planejado de utilização racional do solo, em que participam lavouras e animais, com vantagens para ambos. Nesse sistema, busca-se conciliar a melhor resposta do animal por unidade de área, com a alta produtividade de grãos no verão, avaliando-se a carga animal praticada, a influência do pastejo e época de retirada dos animais da pastagem (MORAES et al., 2002).

A integração desses dois sistemas, principalmente para pecuária leiteira, significa aumentar a eficiência da atividade. As condições ambientais de clima e solo do Estado permitem o desenvolvimento de espécies forrageiras hibernais dotadas de grande qualidade nutricional, cuja utilização serve de base alimentar para rebanhos bovinos constituídos de animais especializados na produção leiteira, levando uma redução nos custos de produção com a menor dependência do uso de rações e concentrados. Com a produção de leite a pasto sem o uso de concentrado para complementar a dieta, pode permitir uma produção modesta de 15 a 20 litros por animal dia<sup>-1</sup>, porém, com resultados econômicos satisfatórios ao produtor.

A produção leiteira vem se expandindo em praticamente todas as regiões do Brasil, principalmente nas pequenas propriedades rurais, tanto por opção dos produtores como pela recomendação e incentivo de técnicos e políticas públicas. Segundo Machado et al. (2002), essa expansão nas pequenas propriedades se deve principalmente a disponibilidade de mão-de-obra familiar, falta e/ou substituição de alternativas de renda, possibilitando a entrada mensal de dinheiro na propriedade.

No Planalto do Estado Rio Grande do Sul estão as maiores áreas sob sistema plantio direto (SPD) e indústrias de laticínios, o que justifica a integração dessas áreas com a pecuária, tornando mais eficiente e produtivo o uso da terra, gerando mais renda para o



produtor, principalmente nos períodos de inverno. Segundo Cassol (2003), não se justifica que durante o inverno, áreas sob plantio direto (PD) permaneçam apenas com culturas de cobertura com o único propósito de produção de palhada para a cultura sucessora.

## **2.2 Entrada dos animais na área de pastagem**

Pereira (2004) considera como um grande problema na atividade pecuária a degradação das pastagens, já que os sistemas de produção, em sua maioria, têm nelas a sua base, tornando muito frágil a sustentabilidade do sistema. Segundo Marchão et al. (2007), a compactação do solo pelo pisoteio animal, agravada pela remoção da vegetação pelo pastejo, pode diminuir a taxa de infiltração, aumentar a erosão e reduzir o crescimento radicular das forrageiras. O super pastejo acarreta uma perda da cobertura do solo que, devido ao impacto do pisoteio excessivo sob altas taxas de lotação, pode provocar compactação.

### **2.2.1 Propriedades físicas do solo sob pastejo**

Para Bertol (1989), as características do solo são modificadas de acordo com o tipo de manejo e intensidade de mobilização mecânica do mesmo. Algumas mudanças ocorrem mais rapidamente, podendo ser até mesmo a consequência de uma simples prática de preparo de solo, método de pastejo e outras.

Acredita-se que a entrada de animais em áreas de lavoura cause compactação ou outras alterações que possam comprometer o rendimento das culturas produtoras de grãos em sucessão à pastagem. Para Eltz et al. (1989), são relativamente raros no Brasil experimentos de longa duração que permitam avaliar os efeitos de diferentes formas de preparo sobre as propriedades físicas e químicas do solo. Para Bayer & Mielniczuk (1997), o conhecimento das alterações, em condições específicas de solo e clima, é importante no entendimento da potencialidade dos sistemas de manejo em relação à produtividade de culturas e adoção de práticas no sentido de contornar possíveis limitações advindas da sua utilização. Para Douglas & Crawford (1998), a compactação excessiva do solo provoca problemas de aeração, podendo acelerar as perdas de nutrientes. Entretanto, Moraes & Lustosa (1997) argumentam que o

efeito da descompactação pode ser obtido biologicamente pela ação do sistema radicular da própria pastagem e pela atividade da fauna do solo. Para isso a pastagem deve ser submetida a um período de descanso (diferimento) para promover um bom acúmulo de fitomassa aérea, conseqüentemente desenvolvimento do sistema radicular.

É inquestionável a ação regeneradora que a própria pastagem exerce no sentido de reverter o processo de compactação. Portanto, práticas como a calagem e adubação, principalmente nitrogenada, que visam garantir uma boa condição nutricional para as plantas, estando associadas ao correto ajuste da lotação e do método de pastejo, representam a questão chave na manutenção da produtividade do sistema (MORAES et al., 2002), conseqüentemente reduzir-se a compactação superficial ocasionada pelo pisoteio, pois reduz a pressão aplicada na superfície (BRAIDA et al., 2006) e promove a descompactação biológica do solo (ABREU et al., 2004).

### 2.2.2 Propriedades químicas do solo sob pastejo

Para Carvalho et al. (2010), é importante considerar estudos de longo prazo quando se deseja avaliar a ciclagem de nutrientes, porque a adição ou perda de matéria orgânica e energia no solo ao longo do tempo vai modificar o funcionamento do sistema e o estado de fertilidade do solo. Considerando o solo como um sistema aberto em não-equilíbrio, e com base nas suas estruturas dissipativas e auto-organização dos processos emergentes, pode resultar em mudanças no nível de ordem, mediadas por fluxos de matéria e energia, que são importantes para a regulação das funções do solo e qualidade, bem como para a sustentabilidade dos sistemas de produção (MIELNICZUK et al., 2003).

Do ponto de vista das propriedades químicas do solo, Assmann et al. (2008) fazem um paralelo do SILP com o que ocorre no SPD, devido ao mesmo possibilitar melhorias na fertilidade do solo, pelo acúmulo de matéria orgânica, reciclagem de nutrientes, aumento na eficiência do uso de fertilizantes e capacidade diferenciada de absorção de nutrientes.

Com a crescente demanda por maior produtividade vegetal, tem sido aumentada a atenção para uma adequada nutrição das plantas. Os nutrientes minerais presentes nos solos, nos animais e nas plantas desempenham funções vitais para a manutenção de cada componente do sistema solo-planta-animal. O estabelecimento e a produtividade das plantas

fornageiras são influenciados pela disponibilidade de nutrientes, provenientes do solo (MONTEIRO & WERNER, 1997).

Salton et al. (2005) salientam que em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto (SILP-PD), ocorre aporte diferenciado de resíduos vegetais em relação aos sistemas unicamente de produção de grãos, tanto na superfície quanto no perfil do solo pelas raízes. Em alta intensidade de pastejo, ocorre maior crescimento radicular (SOUZA et al., 2009) tanto da pastagem quanto das culturas de grãos integrante do sistema e, com isso, o aporte de matéria orgânica em profundidade será influenciado pelo manejo adotado.

Para Conceição et al. (2005), devido a adição diferenciada de resíduos ao solo ocasiona diferentes estoques de carbono orgânico (CO) e de nitrogênio total (NT), principalmente na fração particulada. Para os mesmos autores, o CO e o NT na fração particulada são mais sensíveis às alterações no solo, com isso, são os primeiros a indicar as alterações no balanço desses nutrientes no solo, e sofrem as perdas mais pronunciadas nas áreas com maiores intensidades de pastejo (Souza et al., 2009).

Para Fontaneli et al. (2000), o potássio disponível tem apresentado declínio em solo sob SILP sob condições subtropicais, caracterizando um balanço negativo no solo, que está relacionada a perdas, principalmente como resíduos animais (WILKINSON & LOWREY, 1973). No entanto Ferreira (2009) espera que os valores de potássio (K) em áreas pastejadas sejam elevados, devido à maior biomassa acumulada, e com isso a maior ciclagem. A dinâmica do fósforo (P) no solo em sistemas de ILP-PD, com pastejo pelos animais, tende a ser mais complexa do que em sistemas puros de produção de grãos ou pastagem (ANGHINONI et al., 2011). Altas intensidades de pastejo favorecem a absorção de P lábil pelas raízes nas camadas mais profundas, que é redistribuído no perfil do solo, enquanto que nas áreas sem pastejo, com menor quantidade de raízes e concentração de raízes nas camadas superficiais (SOUZA et al., 2009), a absorção de P fica limitada nessas camadas (ANGHINONI et al., 2011).

### 2.2.3 Interação sistema radicular, parte aérea e solo

A morfogênese das plantas pode ser definida como a dinâmica da geração e expansão de seus órgãos no tempo e no espaço (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993) e pode ser expressa em termos de taxa de expansão e senescência destes novos órgãos. Notadamente, o

aparecimento e a expansão de lâminas foliares, colmos e raízes são processos coordenados pelas atividades meristemáticas da planta (LEMAIRE, 2001), as quais são dependentes de fatores edafoclimáticos como água, luz, temperatura e a fertilidade do solo. O sistema radicular é grande responsável pela velocidade de recuperação das plantas. No entanto, isso está associado à absorção de água e dos nutrientes presentes no solo, o qual está relacionado ao contínuo crescimento do sistema radicular, onde a principal área de absorção dos nutrientes e água está nas áreas recém formadas e/ou raízes jovens. Desse modo, a velocidade de rebrota das plantas forrageiras logo após o pastejo está correlacionada com intensidade de crescimento do sistema radicular.

Quando parte da forrageira é removida, observa-se a aceleração de seu crescimento em relação ao crescimento das raízes, até que o balanço seja novamente alcançado (TAYLOR & ARKIN, 1981). Quando a planta utiliza reservas radiculares em favor do crescimento da parte aérea, existe paralisação do crescimento e mortalidade do sistema radicular em dependência da intensidade de pastejo a que for submetida.

Para Moraes & Lustosa (1997), a mesofauna do solo e o sistema radicular das forrageiras desempenham um importante papel no processo de descompactação do solo, mas esse efeito é expressivo quando a forrageira é submetida a período de descanso, promovendo acúmulo de fitomassa aérea e melhor suporte ao sistema radicular.

A presença de microrganismos no solo é função das condições ambientais. Muitos microrganismos são adaptados às limitações físicas e químicas do solo, o que faz com que os mesmos desempenhem papel fundamental no ambiente. A maior atividade biológica do solo situa-se na camada de 0,0-0,20 m de profundidade, pois é nesta camada ocorre acúmulo de matéria orgânica do solo, pela deposição de material vegetal da parte aérea, dejeções e efeito das raízes.

Souza (2008), salienta que no SILP-PD sob pastejo moderado, além dos resíduos dos animais (esterco e urina), ocorre incremento da produção total de forragem e da biomassa radicular com o pastejo. O resultado disso é que a biomassa microbiana e a respiração basal são estimuladas pelas maiores intensidades de pastejo (MORAES et al., 2002).

Segundo Tisdall & Oades (1982), as plantas forrageiras, sob pastejo, promovem exsudação intensa de compostos orgânicos pelas raízes em sua rizosfera, compostos esses que servem como fonte de energia aos microrganismos do solo.

#### 2.2.4 Integração lavoura pecuária e o sistema plantio direto

O SPD é classificado como um sistema conservacionista, pois integra princípios como a rotação de culturas, mobilização do solo somente na linha de semeadura e cobertura permanente do solo (CASSOL et al., 2007). A premissa básica desse sistema é a manutenção da cobertura do solo por resíduos vegetais na superfície, protegendo o solo dos efeitos erosivos da chuva, e possibilitando a gradativa construção da qualidade do solo pelo aumento dos teores de matéria orgânica e da atividade biológica do solo (GATIBONI et al., 2009).

A degradação do solo provocada pelo manejo inadequado durante as décadas de 70 e 80 despertou a preocupação com o controle da erosão. O SPD foi implantado como uma opção de manejo sustentável. O SPD é a forma de semeadura na qual a semente é colocada no solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem), usando-se semeadoras especiais. Um pequeno sulco ou cova é aberto com profundidade e largura suficientes para garantir a adequada cobertura e contato da semente com o solo. No plantio direto não se usam implementos como arado e grade niveladora, comuns no preparo convencional do solo na agricultura brasileira.

Segundo Moraes et al. (2002), no SPD o animal em pastejo frequentemente é tomado como elemento indesejável, pois ingere forragem acumulada que deveria formar palha. Não bastasse isso, recai sobre o animal em pastejo a desconfiança de acarretar compactação no solo. Não obstante, vários trabalhos são consistentes em demonstrar que sistemas ILP-PD sob pastejo moderado acumulam mais carbono e nitrogênio que sistemas sem pastejo (Lang, 2004; Salton, 2005).

Moraes et al. (2002) salientam que o correto manejo das pastagens de inverno é decisivo não somente para obtenção de bons índices zootécnicos, mas também para definir o potencial produtivo das culturas de verão, especialmente no SPD. Para o sucesso da adoção do sistema, a adição anual de palha para cobertura do solo não deve ser menor que  $8,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de matéria seca (LOVATO et al., 2004; NICOLOSO et al., 2006). No SILP, quando manejado corretamente as forrageiras de inverno e escolha correta da cultura de verão, este objetivo poderá ser alcançado, e se mantêm uma relação linear entre o aporte de resíduos e os teores de matéria orgânica na camada superficial do solo.

## 2.3 As forrageiras na integração lavoura pecuária

A utilização de espécies forrageiras de clima temperado, no Rio Grande do Sul, constitui o suporte para a intensificação da produção pecuária, pois no período de inverno ocorre o declínio da produção das pastagens nativas, o que compromete a disponibilidade de nutrientes para os herbívoros. Segundo estimativas do IBGE (2007), há cerca de cinco milhões de hectares com potencial para serem utilizados com pastagens de inverno.

As condições favoráveis de clima e solo dominantes no sul do Brasil beneficiam a produção de matéria seca (MS) das espécies forrageiras de estação fria, permitindo assim a obtenção de altos rendimentos de produção de forragem, principalmente em áreas com ILP (ASSMANN, 2002). Com bom manejo das forragens, obedecendo ao estágio fenológico das plantas, consegue-se alimento de boa qualidade e alta produção de matéria seca por unidade de área (CORSI & PENATI, 1998). A primeira condição básica que deve ser reconhecida e respeitada é que só existe produção animal em pastagens se estas forem mantidas estáveis e produtivas (SILVA, 2005). Aumento na produção de matéria seca de melhor qualidade por unidade de área reduz o custo do alimento e possibilita a obtenção de produções mais elevadas de leite (NUSSIO, 1993).

Para Pereira (2004), altas taxas de produção de leite são limitadas não apenas pela baixa digestibilidade do material ingerido, como também pela massa de forragem disponível na pastagem. O pasto deve fornecer determinada quantidade de proteínas, energia e minerais para os animais, a restrição no consumo torna-se um fator limitante no sistema de produção.

O SILP possibilita a produção de gramíneas hibernais, como aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), amplamente utilizadas como culturas de cobertura de solo em áreas sob semeadura direta, para a formação de pastagens, tornando a atividade pecuária uma alternativa economicamente viável.

### 2.3.1 Aveia preta

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) é uma gramínea de inverno caracterizada como uma planta rústica, pouco exigente em fertilidade de solo que se adapta bem nos Estados do sul. O desempenho do sistema plantio direto está associado, dentre outros fatores, à

quantidade e à qualidade dos resíduos aportados ao solo. A aveia preta é a principal cultura de cobertura utilizada na entressafra das culturas comerciais de verão. Nos últimos anos, com a difusão desse sistema conservacionista, houve grande incremento na área plantada com esta forrageira no sul do Brasil. Atualmente, está gramínea é a principal cultura de cobertura hiberna (POTKER & ROMAN, 1994), ocupando extensas áreas no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

O cultivo da aveia preta tem como objetivo a redução da erosão e do escoamento superficial, o aumento da infiltração de água e do conteúdo de carbono orgânico no solo, a ciclagem nutrientes, a mobilização de cátions no perfil, o controle de inóculos, além de outros benefícios ao solo e às culturas comerciais cultivadas em sucessão (SPAGNOLLO, 2000; AMADO et al., 2000).

### 2.3.2 Azevém

Dentre os recursos forrageiros usados na estação fria, a maior área cultivada no estado é com azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam), tanto em cultivo exclusivo quanto em consorciação com outras gramíneas ou leguminosas (MORAES et al., 1995).

O azevém anual é largamente utilizado em todas as regiões climáticas há mais de cinco décadas (ARAÚJO, 1965), esta espécie caracteriza-se por apresentar rota metabólica C3 e sistema radicular fasciculado e hábito cespitoso. É bem aceito pelos animais (QUADROS & MARASCHIN, 1987; CANTO, 1999) e produz forragem de alto valor nutritivo, e como consequência, proporcionam também altos ganhos de peso por animal, podendo estar presente em cultivo solteiro ou de forma consorciada com outras espécies, o que está relacionado à sua capacidade produtiva e adaptação às condições ambientais do estado (BREMM, 2007).

O azevém apresenta crescimento lento em baixas temperaturas, principalmente nos meses de junho e julho e, apesar de ser uma planta de clima frio, aumenta sua produção de matéria seca em temperaturas mais elevadas na primavera, com valores próximos a 18 - 20 °C (FLOSS, 1988).

### 2.3.3 Ervilhaca

Nos últimos anos, com a diminuição da área de cultivo de trigo na região sul do Brasil, tem aumentado o interesse por parte dos produtores pelas culturas de outono/inverno para cobertura de solo, destacando-se a aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.), dentre as gramíneas, e a ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), dentre as leguminosas.

Quanto à ervilhaca, a preferência pela espécie deve-se principalmente à sua capacidade de fixar o N<sub>2</sub> atmosférico, fato que contribui para a melhoria do balanço de N no solo. Os trabalhos de pesquisa realizados com esta espécie evidenciam que, além de propiciar a cobertura do solo, protegendo-o da erosão, ela fornece N ao milho em sucessão, podendo substituir parcial (AITA et al., 1994) ou totalmente (DA ROS & AITA, 1996) a adubação mineral nitrogenada da cultura. Apesar destes benefícios, nota-se que os resíduos culturais da ervilhaca, como cultura solteira, desaparecem rapidamente, mesmo quando deixados na superfície do solo, dada a facilidade com que são decompostos pela população microbiana, contrariamente àqueles da aveia que persistem por mais tempo (DA ROS & AITA, 1996).

## 2.4 Cultura do milho (*Zea mays* L.)

O milho é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, em função do seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Como já se sabe de suas utilizações desde a alimentação humana à animal, vem assumindo uma importância grande na utilização como silagem, para suprir as necessidades dos animais no período de escassez de forragens durante a estação fria no Sul do Brasil e períodos de secas em muitas regiões (MITTELMANN et al., 2005). É utilizada como suplementação nestes períodos, como em sistemas de criação intensivos (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; FANCELLI, 2003).

Para Rosa et al. (2004) para a intensificação da produção de carne bovina e leite pode gerar a necessidade da utilização estratégica de forragens conservadas, principalmente na forma de silagem, em complementação ao manejo de pastagens.



### **3 ARTIGO I – ATRIBUTOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS-PASTEJO**

#### **3.1 Resumo**

A qualidade do solo em áreas agrícolas está diretamente relacionada ao sistema de manejo adotado. A integração lavoura-pecuária quando não conduzida de forma correta pode acarretar vários problemas, como compactar a camada superficial do solo, restringir o crescimento de raízes e a produtividade das culturas sucessoras. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos dos animais em pastejo sobre distintas alturas de massa de forragem pós-pastejo sobre os atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho em sistema plantio direto. O estudo foi desenvolvido de abril de 2009 a novembro de 2011, no município de Mata, RS, sobre um Argissolo Vermelho em sistema plantio direto, com a cultura do milho no verão e o consórcio aveia+azevém+ervilhaca no inverno, para o pastejo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, utilizando quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, em que não se tinha o controle de deslocamento dos animais e altura de massa de forragem durante o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20), 0,30 m (M-30) e uma área não pastejada. Avaliaram-se, em duas épocas de cada ano agrícola, a densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total nas profundidades de 0,0-0,025; 0,025-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m, bem como a taxa de infiltração de água no solo, resistência à penetração mecânica do solo e teores de fósforo, potássio e matéria orgânica do solo. Os resultados não indicaram a existência de compactação na camada superficial avaliada. Os resultados de microporosidade, macroporosidade e porosidade total foram influenciados pelas quantidades de massa de forragem pós-pastejo, mas os resultados encontrados não foram limitantes ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas. A taxa de infiltração de água no solo teve influência do manejo adotado nas áreas de pastagem, sendo o pastejo convencional o que apresentou as menores taxas de infiltração inicial, mas se estabilizando com os demais tratamentos no decorrer do tempo de avaliação. Mesmo havendo interferência do pastejo na resistência à penetração mecânica do solo, os valores encontrados não chegaram a afetar o desenvolvimento das culturas. O valor foi expressivo em todos os tratamentos na camada

abaixo de 0,12 m. As diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo influenciaram negativamente os teores de fósforo, potássio e os teores de matéria orgânica, do solo foram influenciados positivamente. Sendo que todos foram maiores na camada de 0,0-0,05 m, decrescendo em profundidade. Os teores de fósforo e potássio diminuíram do primeiro para o segundo ano de avaliação, sendo mais expressiva a redução nas áreas com menor altura de massa de forragem pós-pastejo, podendo ser atribuído à exportação via pastejo, produção do milho e perdas por erosão superficial.

**Termos de indexação:** compactação do solo, manejo de solo, ciclagem de nutrientes, taxa de infiltração de água, sistema de pastejo.

### 3.2 Abstract

#### *SOIL ATTRIBUTES OF AN ULTISOL UNDER DIFFERENT FORRAGE BIOMASS HEIGHTS POST GRAZING*

The soil quality in agricultural areas is directly related to the management systems employed. The crop-livestock integration if not conducted properly can cause several problems, such as compaction of the topsoil, restriction of root growth and productivity of successive crops. This study evaluated the effects of grazing animals on different heights of forage post-grazing on soil physical and chemical properties of an Ultisol under no tillage. The study was conducted from April 2009 to November 2011 in the town of Mata, RS, in an Ultisol under no tillage, with the corn crop in the summer and the intercropping of ryegrass + oat + vetch in winter for grazing. The experimental design was a randomized block design using four heights of residue post-grazing: conventional grazing (PC), with an area of 500 m<sup>2</sup>, in which there was no control of movement of animals and tall forage during the grazing; residue height of 0.10 m (M-10), 0.20 m (M-20), 0.30 m (M-30) and an area not grazed. These factors were evaluated during two periods of each crop year, soil bulk density, microporosity, macroporosity and total porosity at depths of 0.0 to 0.025, 0.025 to 0.05, 0.05-0.10 and 0.10 - 0.15 m, the water infiltration rate, soil resistance to penetration, soil phosphorus, potassium and the soil organic matter. The results did not indicate the existence of compaction in the surface layer. The results of microporosity, macroporosity and total porosity were influenced by the amounts of forage mass post-grazing, but the results were not limiting the development of crop roots. The rate of water infiltration in soil had an influence on the management type in

the pastures, and conventional grazing had the lowest initial infiltration rates, but stabilized with other treatments during the evaluation period. Even though, there is interference from grazing in soil resistance to penetration, the values found did not affect crop development. The value was significant in all the treatments in the layer below 0.12 m. The different heights of post-grazing residue negatively influenced the levels of phosphorus, potassium and soil organic matter content was positively influenced. All of which were higher in the layer of 0.0-0.05 m and decreasing with depth. The phosphorus and potassium decreased from first to second year of evaluation, the reduction was more evident in areas with lower height of post-grazing residue, this can be attributed to export via grazing, corn production and losses due to surface erosion.

***Index terms:** soil compaction, soil management system, nutrient cycling, water infiltration rate, grazing system.*

### **3.3 Introdução**

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), o período de inverno tem se constituído num obstáculo a ser superado pelos produtores. O cultivo de cereais dessa estação, de forma geral, vem perdendo espaço em razão do alto custo de produção, da falta de garantias de comercialização e dos riscos de adversidades climáticas que comprometem a produção (Flores et al., 2008).

Para os mesmos autores, grande parte dos produtores tem preferido o cultivo de espécies como aveia, azevém e ervilhaca, para manter o solo coberto, de modo a viabilizar o sistema plantio direto (SPD), tendo a soja como principal cultura de verão, que, em muitos casos, é a única fonte de renda do produtor. Segundo dados da CONAB (2008) no RS, em torno de 1,0 e 5,5 milhões de hectares são ocupados por culturas de inverno e verão, respectivamente. O restante da área que não produz cereal de inverno fica em pousio, somente com crescimento espontâneo da pastagem de aveia e azevém sem pastejo. Assim, pode-se incorporar nestas áreas a produção animal no inverno, proporcionando aos produtores uma fonte alternativa de renda como aumento de produtividade animal de forma barata, no período da entressafra das culturas de grãos, minimizando riscos ao sistema agropecuário. Nesse sentido, o sistema integração lavoura-pecuária (SILP) contribui para que esses riscos sejam diminuídos, em grandes e pequenas propriedades.

Para Fontaneli et al. (2006), a pecuária é, frequentemente, percebida como fator complicador para a agricultura, principalmente em sistema plantio direto, por causa da compactação gerada pela presença dos animais, pelo consumo da matéria verde que seria transformada na palha demandada para cobertura do solo no sistema e pela necessidade de mão de obra especializada.

A adoção do SILP, pelos produtores, gera, em muitos casos, dúvidas quanto à conveniência desta tecnologia. Isso ocorre, principalmente, quando o solo é cultivado em sistema de plantio direto ou quando, devido ao manejo adotado, o solo fica exposto ao ambiente. Como consequência, frequentemente convive-se com o paradigma quanto ao alegado impacto negativo dos animais no rendimento das culturas em sucessão (Carvalho et al., 2005). O que ocorre, são apenas estimativas visuais de um suposto impacto do pisoteio animal que, não se comprovam com os dados gerados pelas pesquisas em diversas citações bibliográficas (Moraes & Lustosa, 1997).

Mas a adoção incorreta do SILP pode acarretar alguns entraves como a degradação da qualidade física do solo. A maioria dos estudos a respeito da parte física dos solos cultivados com pastagens é baseada em propriedades que afetam direta ou indiretamente o crescimento vegetal. Entre elas estão a densidade do solo (Nie et al., 2001), a resistência a penetração (Imhoff et al., 2000) a condutividade hidráulica, porosidade e a agregação (Francis et al., 1999; Muller et al., 2001).

De acordo com Luz & Herling (2004), as alterações das propriedades físicas podem ocorrer, com maior ou menor intensidade, devido ao pisoteio animal que, por sua vez, depende da intensidade e da frequência do pastejo, pois os animais aplicam pressões no solo que podem ser superiores àquelas aplicadas por máquinas agrícolas.

Segundo Assmann et al. (2003) o pastejo altera as propriedades físicas do solo e conseqüentemente as propriedades químicas e biológicas, devido ao sinergismo existente entre elas, acarretando redução na produtividade por meio da compactação, aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, umidade e disponibilidade de nutrientes via ciclagem.

Este trabalho foi realizado para verificar os efeitos dos animais sobre distintas alturas e massa de forragem pós-pastejo sobre os atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho em sistema plantio direto.

### 3.4 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido de abril de 2009 a novembro de 2011, em área pertencente ao Sítio da Pedra, do Sr. Nelson Pizzani & Família, no município de Mata, na região central do Estado do Rio Grande do Sul (Longitude: 54° 27' 29" Oeste e Latitude: 29° 34' 07" Sul, com altitude média de 103 m do nível do mar). A área utilizada para o experimento estava sendo usada para pastejo nos períodos de inverno e verão sobre preparo convencional e a partir de 2009/2010 foi cultivado no sistema plantio direto (SPD).

Em abril de 2009, uma área de sete hectares foi preparada para o experimento, em um sistema integrando a produção de grãos com a produção animal. O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (SiBCS, 2006), com relevo suavemente ondulado e textura arenosa (557 g kg<sup>-1</sup> de areia total). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical (Nimer, 1989). A temperatura média normal do mês mais quente ocorre em janeiro (24,6 °C) e a do mês mais frio em junho (12,9 °C). As chuvas são distribuídas regularmente em todos os meses do ano, com precipitação pluvial anual oscilando entre 1.500 e 1.750 mm.

Em março de 2009, por ocasião da implantação do experimento, foram amostradas as camadas de solo de 0,0-0,20 m para determinação de atributos químicos, obtendo-se os seguintes resultados: 5,5 pH-H<sub>2</sub>O; 49,4 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich-1); 155,4 mg dm<sup>-3</sup> de K ; 5,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 1,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>.

A pastagem foi implantada em de abril de 2009 e foi formada por um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.), na proporção de 70 kg ha<sup>-1</sup>, 25 kg ha<sup>-1</sup> e 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis respectivamente, sendo estas semeadas a lanço e incorporadas com uma leve gradagem. As pastagens receberam somente adubação de cobertura, 90 kg de N ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia, dividida em três aplicações, ou seja, 30 kg de N ha<sup>-1</sup> no perfilhamento da aveia e o restante dividido para cada pastejo.

Os pastejos foram realizados na média dos três anos, aos 70, 100 e 130 dias após a emergência das pastagens para as diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo. Para iniciar o primeiro pastejo, aguardou-se o momento em que os pastos apresentavam 0,40 m de altura média e os demais pastejos foram realizados com intervalos de 28 dias, utilizando-se vacas lactantes da raça Jersey, com massa aproximada de 360 kg cada.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos. Cada parcela possuía 14 metros de largura e 15 metros de comprimento. Os

tratamentos consistiram de quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo, sendo eles: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, em que não se tinha o controle de deslocamento e do número de animais e nem altura de massa de forragem durante o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20) e 0,30 m (M-30). Cada parcela recebeu três animais. Entre os blocos, três faixas dimensionadas em 7 m de largura por 15 m de comprimento, isoladas do pastejo, constituíram o tratamento testemunha (Sem Pastejo = SP).

Durante o período de diferimento da pastagem, mais precisamente no mês de outubro de cada ano agrícola, foram coletadas amostras de solo, dentro de cada parcela experimental, com auxílio de uma pá de corte, nas profundidades de 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,15 m, para avaliação dos atributos químicos do solo, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Foram determinados nas amostras de cada parcela, em três repetições por tratamento, os teores de matéria orgânica do solo, fósforo extraível (Mehlich-1) e potássio trocável (Mehlich-1). No mesmo período, foram investigados os atributos físicos (densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total) em todos os tratamentos nas seguintes profundidades: 0,0 a 0,025; 0,025 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,15 m, com seis repetições por tratamento. A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico, a porosidade total (Pt), pela percentagem de saturação por água do solo, e a microporosidade (Mip) e macroporosidade do solo (Map), determinadas pela 'mesa de tensão' (EMBRAPA, 1997). Para isso, abriram-se trincheiras de 0,30 x 0,20 x 0,20 m, a fim de que os anéis com volume conhecido (0,02 m de altura e 0,05 m de diâmetro para as duas camadas superiores e 0,03 m de altura e 0,05 m de diâmetro para as duas camadas inferiores) fossem introduzidos no solo.

Na ocasião da coleta de solo, para determinação de suas propriedades químicas e físicas, também foi definida a resistência mecânica do solo à penetração (RP), em intervalos de 0,01 m até a profundidade de 0,30 m, com 10 repetições por parcela, utilizando para isso um penetrômetro digital, com ponta cônica de 30°.

Ainda nesse período, foi realizada a avaliação da taxa de infiltração da água no solo com seis repetições por tratamento, num raio de 4 m dos pontos de coletas dos atributos físicos do solo. Essa avaliação foi realizada pelo método dos duplos anéis concêntricos, seguindo o método de Bouwer (1986) e Embrapa (1997). O infiltrômetro usado é semelhante ao descrito por Siqueira & Denardin (1985) e adaptado por Lanzasova et al. (2007). No cilindro externo, a lâmina de água de 0,05 m foi mantida, manualmente, no mesmo nível do anel interno. As leituras foram tomadas em intervalos de tempo regulares: 0,0; 0,08; 0,17;

0,25; 0,33; 0,50; 1,00; 1,50; 2,0 horas após o início do teste. O ajuste dos dados de infiltração de água no solo foi feito segundo a equação de Kostiakov ( $TI = kt^a$ ), em que TI representa a taxa de infiltração de água no solo, em função do tempo t; e os parâmetros k e a são empíricos e não têm interpretação física (Clemmens, 1983).

A umidade gravimétrica do solo em cada sistema de pastejo, no momento da avaliação da infiltração, na camada de 0,0 a 0,10 m, foi de 0,256; 0,219; 0,201; 0,204 e 0,213  $m^3 m^{-3}$ , para os tratamentos SP, PC, M-10, M-20 e M-30 m, respectivamente.

As avaliações dos atributos físicos foram realizadas em duas épocas durante o ano, a primeira 30 dias após o ciclo dos pastejos (outubro) e a segunda realizada após a colheita do milho (março). As épocas foram estabelecidas em função de uma avaliação complementar à outra.

Os dados foram submetidos à análise da variância e quando significativos, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. Para estas análises, utilizou-se o software estatístico GENES (CRUZ, 2006) para realização das análises.

### 3.5 Resultados e Discussão

Os valores médios de densidade de solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total para os três anos de condução do experimento estão representados nas Tabelas 1, 2 e 3. A compactação do solo decorrente do pisoteio bovino, durante os três pastejos, segundo os valores de densidade do solo (Ds), foi maior nas camadas profundas do solo, de 0,025 a 0,15 m de profundidade, mas com diferenças significativas em ambas as camadas avaliadas. Na camada superficial, houve diferença significativa entre os valores encontrados e, para as quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo, estes variaram entre 1,31 e 1,47  $Mg m^{-3}$  (Tabela 1). O maior valor na área de pastejo convencional nas camadas de 0,0 a 0,05 m é pertinente, considerando que os animais imprimem pressão sobre o solo ao se deslocarem em busca do pasto, promovendo um rearranjo das partículas e aumento da Ds. Para Lanzanova et al. (2007), o grau de compactação provocado pelo pisoteio bovino é influenciado pela textura do solo e sistema de pastejo, Leão et al. (2004) complementa que a altura de manejo da pastagem influencia na Ds.

Os dados deste trabalho demonstram a relação da altura de massa de forragem pós-pastejo e o efeito do pisoteio dos animais sobre a Ds nas camadas superficiais, principalmente

de 0,025 a 0,05 m. No entanto, nesse estudo verificou-se que, para profundidades maiores que 0,10 m, a  $D_s$  não mais se relacionava com a altura de massa de forragem pós-pastejo, indicando que as alterações causadas na relação massa/volume do solo, pela pressão exercida pelo tráfego animal, deixam de existir. Trabalhos de Flores (2007) e Conte et al. (2007) em Latossolo, sob sistema integração lavoura-pecuária em plantio direto (SILP-PD), também demonstram que o efeito de pisoteio animal sobre atributos físicos de solo restringem-se à camada superficial, até o máximo de 0,12 m.

Neste estudo, os elevados valores de  $D_s$  verificados na camada de 0,05 a 0,15 m, em relação à superficial, podem ser atribuídos à presença de camada compactada residual resultante de operações de preparo de solo com aração e gradagem anteriores ao início do experimento, denominada pé-de-grade. Quanto à microporosidade, todas as profundidades avaliadas apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). Silva & Kay (1997) salientaram que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura, teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada do tráfego de máquinas, implementos, pisoteio animal, etc.

No que se refere à macroporosidade, as camadas amostradas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Em todas as camadas avaliadas, os valores de macroporosidade apresentaram-se acima dos estabelecidos como críticos ( $< 0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) por Silva et al. (1994).

A porosidade total foi sensível pelas diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, tanto em profundidade como entre os diferentes tratamentos. Entretanto, verificou-se que a média variou de 0,47 a 0,37  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$  para ambas as camadas avaliadas (Tabela 1).

Os atributos físicos do solo no pós-milho (Tabela 1) apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e as camadas avaliadas. De acordo com Bowen (1981), para solos argilosos, o valor de densidade que pode ser considerado crítico quando em estado de campo é de 1,55  $\text{Mg m}^{-3}$ . Com isso, pode-se observar que a área experimental apresenta solos com densidades acima desse valor nas camadas abaixo de 0,05 m. Mas, Wu et al. (2003) e Reichert et al. (2007, 2009) salientam que a  $D_s$  crítica é variável em função do nível de compactação e da textura do solo, sendo que solos com alta densidade atingem altos níveis de resistência à penetração com menor variação de umidade, reduzindo o crescimento radicular das plantas. De acordo com Albuquerque et al. (2001), em SILP, a presença de raízes de gramíneas melhoram a estrutura do solo, amenizando o impacto do pisoteio.

Dentre as distintas alturas de massa de forragem pós-pastejo, houve diferenças entre as médias para microporosidade do solo no pós-milho, nas duas primeiras camadas avaliadas



(Tabela 1), não se repetindo na terceira camada avaliada. Com relação à macroporosidade, houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre todas as camadas avaliadas, com média variando de 0,22 a 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  da camada 0,0-0,025 a 0,10-0,15, respectivamente. Para Bouma (1991), os macroporos estão relacionados com processos vitais para as plantas, os quais são afetados pelo manejo adotado. Segundo Taylor & Ashcroft (1972), os macroporos devem ser superiores a 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  para permitir as trocas gasosas e o crescimento de raízes da maioria das culturas. Os valores de macroporosidade das duas primeiras camadas avaliadas estão bem além do valor proposto por estes autores, o que ficou igual ou próximo nas duas últimas camadas avaliadas, ficando em média de 0,12 e 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  para 0,05-0,10 a 0,10-0,15 m, respectivamente.

A redução nos macroporos refletiu significativamente na porosidade total, que reduziu na média de 0,44 para 0,35  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  das camadas 0,0-0,05 m a 0,10-0,15 m, respectivamente.

**Tabela 1. Densidade do solo (Ds), microporosidade (Mip), macroporosidade (Map), e porosidade total (Pt), após o primeiro ciclo de pastejo (Outubro/09) e cultivo do milho (Maio/10), em área de integração lavoura-pecuária sob plantio direto com diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo.**

Massa de forragem pós-pastejo	Pós-pastejo (PP)				Pós-milho (PM)			
	----- Camada, m -----							
	0,0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15
	----- Densidade, Mg m <sup>-3</sup> -----							
M-10 <sup>#</sup> cm	1,37c*	1,51b	1,62a	1,63a	1,45a	1,49a	1,53b	1,54b
M-20 cm	1,43b	1,50b	1,62a	1,55b	1,46a	1,42b	1,62a	1,52b
M-30 cm	1,31d	1,50b	1,55b	1,56b	1,35b	1,44b	1,56b	1,54b
SP	1,40bc	1,43c	1,54b	1,43c	1,41a	1,46ab	1,56b	1,62a
PC	1,47a	1,60a	1,54b	1,56b	1,44a	1,46ab	1,54b	1,54b
Média	1,40	1,51	1,57	1,55	1,42	1,45	1,56	1,55
CV%	1,58	1,53	1,49	1,55	2,17	1,61	1,58	1,90
	----- Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----							
M-10 cm	0,25b	0,22c	0,24bc	0,23b	0,22a	0,20b	0,23 <sup>ns</sup>	0,24ab
M-20 cm	0,24bc	0,22c	0,22c	0,25a	0,21ab	0,20b	0,23	0,25a
M-30 cm	0,22cd	0,24b	0,25ab	0,25a	0,20b	0,20b	0,23	0,23b
SP	0,21d	0,21c	0,23bc	0,23ab	0,21ab	0,24a	0,23	0,26a
PC	0,31a	0,30a	0,27a	0,24ab	0,22a	0,23a	0,24	0,24ab
Média	0,24	0,24	0,24	0,24	0,21	0,21	0,23	0,24
CV%	5,74	3,91	6,93	5,11	7,05	5,53	4,97	4,82
	----- Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----							
M-10 cm	0,21c	0,20a	0,13ab	0,14	0,17d	0,17b	0,11bc	0,09b
M-20 cm	0,21c	0,22a	0,15a	0,13	0,20c	0,17b	0,11bc	0,10a
M-30 cm	0,26a	0,20a	0,13ab	0,12	0,24b	0,21a	0,14a	0,11a
SP	0,27a	0,20a	0,13ab	0,12	0,26a	0,16b	0,10c	0,10a
PC	0,22b	0,13b	0,12b	0,12	0,21c	0,16b	0,13ab	0,11a
Média	0,23	0,19	0,13	0,13	0,22	0,17	0,12	0,10
CV%	7,34	8,66	11,09	7,72	8,17	6,68	11,98	7,55
	----- Porosidade Total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----							
M-10 cm	0,45c	0,41ab	0,38b	0,37ab	0,39d	0,37c	0,33c	0,33b
M-20 cm	0,44c	0,43ab	0,37b	0,38a	0,42c	0,37c	0,34bc	0,35a
M-30 cm	0,48b	0,45a	0,38ab	0,37ab	0,45b	0,41a	0,37a	0,34ab
SP	0,48b	0,41b	0,36b	0,35b	0,48a	0,40ab	0,32c	0,36a
PC	0,53a	0,43ab	0,39a	0,36ab	0,44b	0,38bc	0,36ab	0,35a
Média	0,47	0,43	0,37	0,37	0,44	0,39	0,35	0,35
CV%	4,22	3,54	4,00	3,78	4,22	3,46	4,70	3,78

<sup>#</sup>M-10 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 10 cm; M-20 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 20 cm; M-30 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 30 cm; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional.

\*Letras minúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa para cada camada em cada sistema de manejo. <sup>ns</sup> = não significativos. Usou-se o teste de Tukey 5%. CV%: Coeficiente de Variação.

A variação dos atributos físicos do solo decorrente do pisoteio bovino, durante o segundo ano de avaliação, está representada na Tabela 2. O efeito das diferentes massas de forragem pós-pastejo foi mais expressivo nas duas primeiras camadas avaliadas e o M-10 e PC foram os que apresentaram os maiores valores de  $D_s$ , os quais foram de 1,41 e 1,43  $\text{Mg m}^{-3}$  na primeira camada avaliada e 1,50 e 1,56  $\text{Mg m}^{-3}$  na segunda camada avaliada, respectivamente (Tabela 2). Nas camadas subsequentes, houve diferença significativa entre os valores observados e estes variaram de 1,47 a 1,55  $\text{Mg m}^{-3}$ .

A microporosidade e a macroporosidade do solo foi alterada pelos sistemas de manejo das pastagens em três das camadas avaliadas, sendo na 0,0-0,025, 0,025-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente. Nas duas primeiras, o PC obteve a maior microporosidade. Na última camada avaliada não houve diferença significativa entre os manejos adotados para micro, macro e porosidade total (Tabela 2). Pode ser observado que o PC ficou com seus valores muito próximos do limite crítico ( $0,10 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ ), o que aumenta o risco de déficit de oxigênio às raízes e reduz a continuidade de poros e a permeabilidade do solo. Lanzasova et al. (2007), trabalhando com intervalos de pastejo de 28 e 14 dias, encontrou valores de macroporosidade abaixo do valor crítico, no intervalo de 14 dias. Nos valores de porosidade total, os valores apresentaram-se com diferença significativa na primeira camada avaliada. Nas camadas subsequentes, não houve diferença significativa entre os valores observados, e, para as diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, estes variaram entre 0,34 a 0,37  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Tabela 2).

Na Tabela 2 têm-se os valores dos atributos físicos do solo após o segundo cultivo do milho. A  $D_s$  variou de 1,40 a 1,57  $\text{Mg m}^{-3}$ , das camadas superficiais às mais profundas. Segundo Reichert et al. (2009),  $D_s$  elevadas não são necessariamente prejudiciais ao crescimento das culturas, porque até certos limites este aumento pode contribuir com o armazenamento de água no solo, uma vez que em densidades mais elevadas, a água do solo é mantida sob menores potenciais.

A microporosidade manteve um comportamento similar nas áreas que receberam maior pressão de pastejo (Tabela 2). Na terceira camada avaliada, não houve diferença significativa entre os manejos aplicados. Os valores da macroporosidade variaram de 0,14 a 0,19  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$  da última a primeira camada, respectivamente. A porosidade total apresentou diferença significativa entre os tratamentos aplicados (Tabela 2).

**Tabela 2. Densidade do solo (Ds), microporosidade (Mip), macroporosidade (Map), e porosidade total (Pt), após o segundo ciclo de pastejo (Novembro/10) e cultivo do milho (Abril/11), em área de integração lavoura-pecuária sob plantio direto com diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo.**

Massa de forragem pós-pastejo	Pós-pastejo (PP)				Pós-milho (PM)			
	----- Camada, m -----							
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-15	0-2,5	2,5-5	5-10	10-15
	----- Densidade, Mg m <sup>-3</sup> -----							
M-10 <sup>#</sup> cm	1,41a*	1,50b	1,52a	1,55a	1,40b	1,52a	1,57a	1,63a
M-20 cm	1,30c	1,44c	1,52a	1,54ab	1,43ab	1,53a	1,53b	1,62a
M-30 cm	1,40ab	1,41c	1,47b	1,51b	1,44a	1,47bc	1,52b	1,56b
SP	1,35bc	1,43c	1,52a	1,52ab	1,31c	1,44c	1,52b	1,50c
PC	1,43a	1,56a	1,53a	1,52ab	1,43ab	1,48b	1,54b	1,54b
Média	1,38	1,47	1,51	1,53	1,40	1,49	1,54	1,57
CV%	2,49	1,99	1,52	1,52	1,58	1,31	1,27	1,10
	----- Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----							
M-10 cm	0,21b	0,19b	0,21a	0,22 <sup>ns</sup>	0,21a	0,21a	0,21	0,21a
M-20 cm	0,20b	0,17b	0,18b	0,21	0,21a	0,21a	0,21	0,20b
M-30 cm	0,20b	0,19b	0,18b	0,21	0,19b	0,19bc	0,20	0,21a
SP	0,21b	0,18b	0,19ab	0,2	0,20ab	0,18c	0,20	0,21a
PC	0,23a	0,22a	0,20ab	0,21	0,21a	0,21ab	0,19	0,21a
Média	0,21	0,19	0,19	0,21	0,21	0,20	0,20	0,21
CV%	9,93	7,71	6,28	8,77	6,84	5,91	6,16	4,05
	----- Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----							
M-10 cm	0,17c	0,19ab	0,15b	0,12	0,20b	0,13b	0,18b	0,13bc
M-20 cm	0,22b	0,20a	0,16ab	0,14	0,19bc	0,14b	0,18b	0,15b
M-30 cm	0,21b	0,17b	0,18a	0,13	0,19c	0,14b	0,19ab	0,12c
SP	0,23a	0,21a	0,17ab	0,14	0,16d	0,14b	0,16c	0,12c
PC	0,18c	0,13c	0,15b	0,13	0,23a	0,18a	0,20a	0,16a
Média	0,20	0,18	0,16	0,13	0,19	0,15	0,18	0,14
CV%	8,96	9,40	8,84	11,56	3,50	5,98	4,02	4,72
	----- Porosidade Total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----							
M-10 cm	0,38c	0,38	0,35	0,34	0,41b	0,34bc	0,39a	0,34b
M-20 cm	0,42b	0,37	0,34	0,35	0,40b	0,36b	0,39a	0,34b
M-30 cm	0,41b	0,36	0,36	0,34	0,38c	0,33bc	0,39a	0,34b
SP	0,44a	0,39	0,36	0,34	0,36c	0,32c	0,36b	0,34b
PC	0,41b	0,36	0,36	0,34	0,45a	0,39a	0,39a	0,38a
Média	0,41	0,37	0,35	0,34	0,40	0,35	0,39	0,35
CV%	5,92	5,35	4,34	5,19	3,46	4,64	3,37	2,78

<sup>#</sup>M-10 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 10 cm; M-20 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 20 cm; M-30 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 30 cm; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional.

\*Letras minúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa para cada camada em cada sistema de manejo. <sup>ns</sup> = não significativos. Usou-se o teste de Tukey 5%. CV%: Coeficiente de Variação.

Os valores dos atributos físicos do solo após o terceiro ano de pastejo estão presentes na Tabela 3. Os valores de Ds após o terceiro ciclo de pastejo apresentaram diferenças estatísticas, sendo os menores valores médios encontrados de 1,18 e 1,22 Mg m<sup>-3</sup> para SP e M-30, respectivamente. Os dados de Ds encontrados durante os três anos de experimento estão abaixo dos considerados críticos para solo arenoso, que são de 1,70 a 1,80 Mg m<sup>-3</sup>, estabelecido por Reichert et al. (2003). Quanto à microporosidade, houve diferença estatística na primeira e na terceira camada avaliada, o que não foi observada nas demais. A macroporosidade teve valores médios que variaram de 0,19 a 0,31 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e da porosidade total foram de 0,40 a 0,55 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, sendo que ambos não apresentaram diferenças entre os tratamentos da segunda camada avaliada (Tabela 3).

**Tabela 3. Densidade do solo (Ds), microporosidade (Mip), macroporosidade (Map), e porosidade total (Pt), após o terceiro ciclo de pastejo (outubro/11) em área de integração lavoura-pecuária sob plantio direto com diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo.**

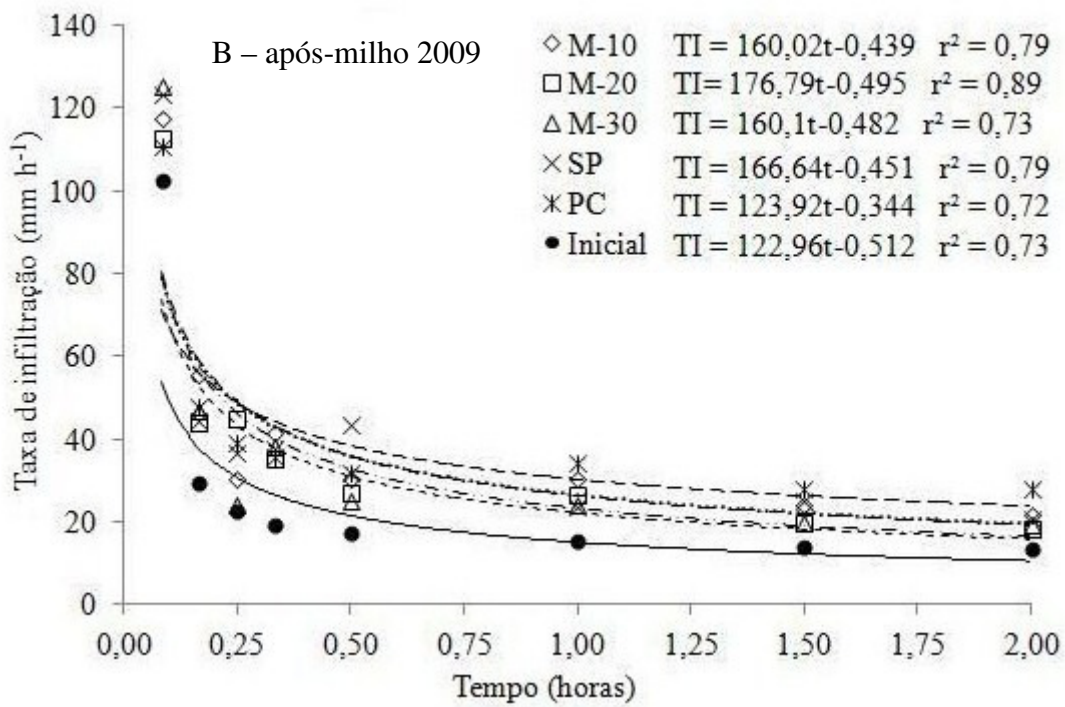
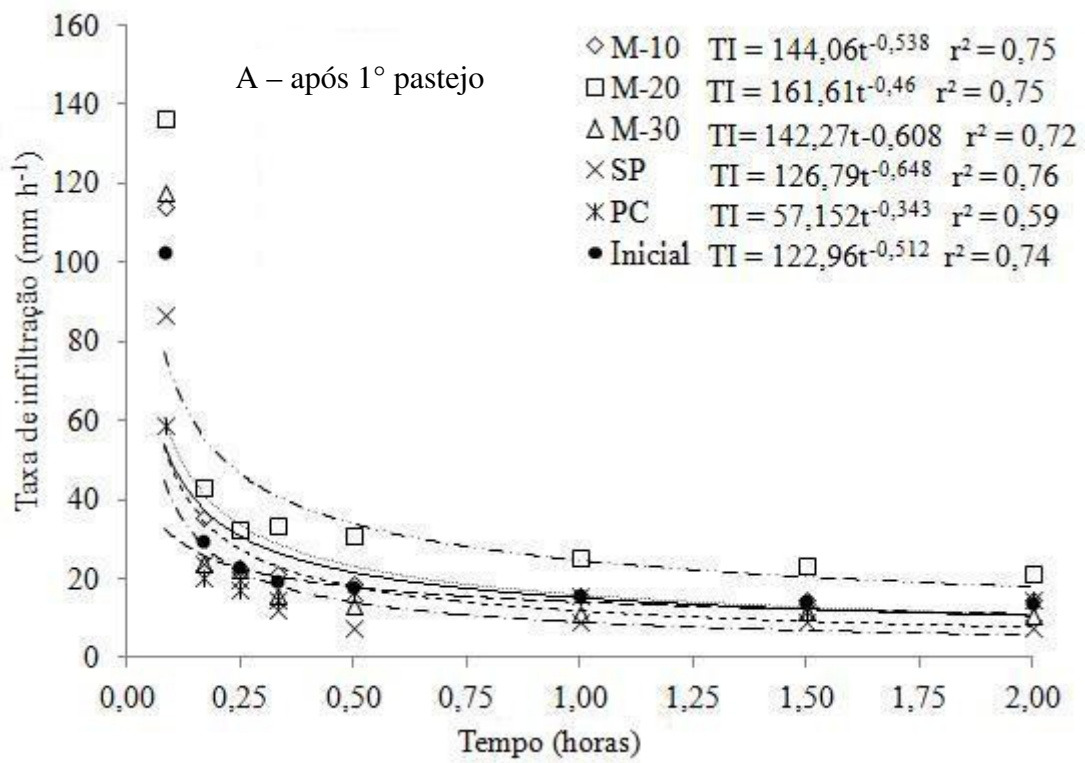
Massa de forragem pós-pastejo	Pós-pastejo – 2011			
	Camada, m			
	0,0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15
----- Densidade, Mg m <sup>-3</sup> -----				
M-10 <sup>#</sup> cm	1,26bc*	1,58a	1,54ab	1,52bc
M-20 cm	1,32ab	1,48b	1,45c	1,47c
M-30 cm	1,22c	1,47b	1,59a	1,57a
SP	1,18c	1,59a	1,58a	1,53bc
PC	1,38a	1,51b	1,50bc	1,58a
Média	1,27	1,53	1,53	1,53
CV%	2,20	1,39	1,63	1,25
----- Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----				
M-10 cm	0,25ab	0,21 <sup>ns</sup>	0,21bc	0,21
M-20 cm	0,22b	0,23	0,20c	0,21
M-30 cm	0,27a	0,22	0,23ab	0,22
SP	0,23ab	0,23	0,22b	0,21
PC	0,23ab	0,24	0,25a	0,22
Média	0,24	0,23	0,22	0,21
CV%	5,94	5,45	3,63	4,71
----- Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----				
M-10 cm	0,38a	0,22	0,23ab	0,21ab
M-20 cm	0,31b	0,22	0,18b	0,16d
M-30 cm	0,22c	0,22	0,18b	0,19bc
SP	0,33ab	0,22	0,23a	0,21a
PC	0,30b	0,22	0,15b	0,18cd
Média	0,31	0,22	0,20	0,19
CV%	6,22	5,11	6,31	3,98
----- Porosidade Total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----				
M-10 cm	0,63a	0,44	0,44a	0,42a
M-20 cm	0,53bc	0,46	0,38b	0,37b
M-30 cm	0,49c	0,44	0,41b	0,41a
SP	0,57ab	0,45	0,45a	0,42a
PC	0,53bc	0,45	0,40b	0,40ab
Média	0,55	0,45	0,42	0,40
CV%	4,38	3,10	3,08	2,64

<sup>#</sup>M-10 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 10 cm; M-20 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 20 cm; M-30 = altura de massa de forragem pós-pastejo de 30 cm; SP = sem pastejo; PC= pastejo convencional.

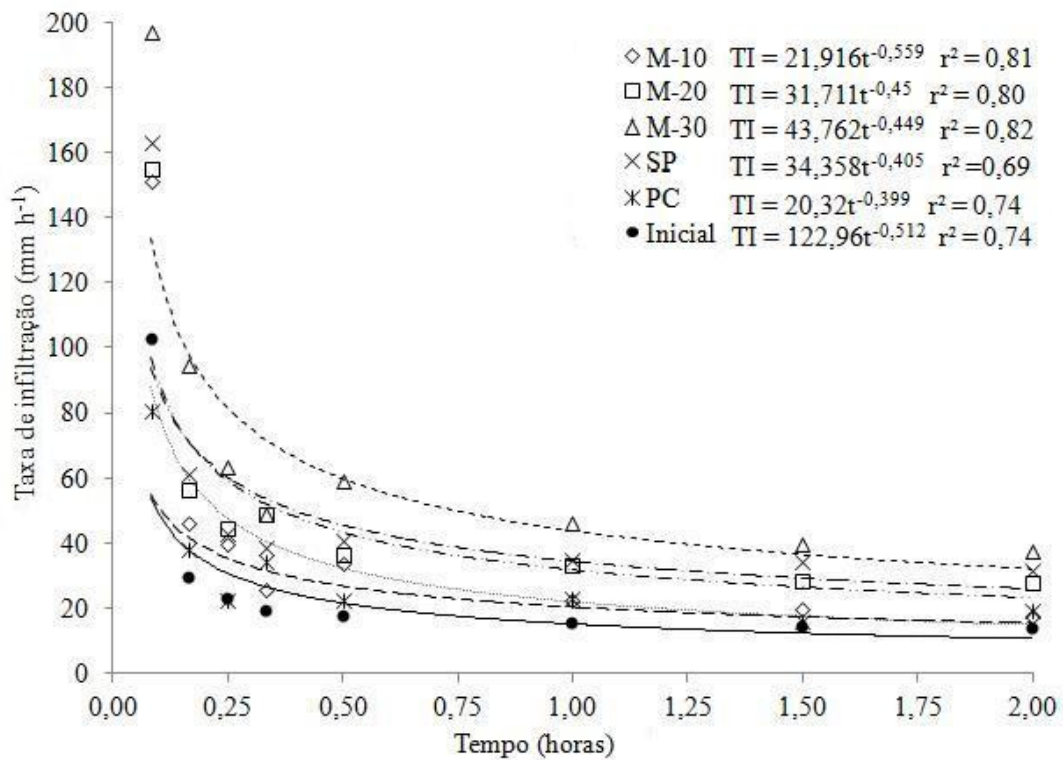
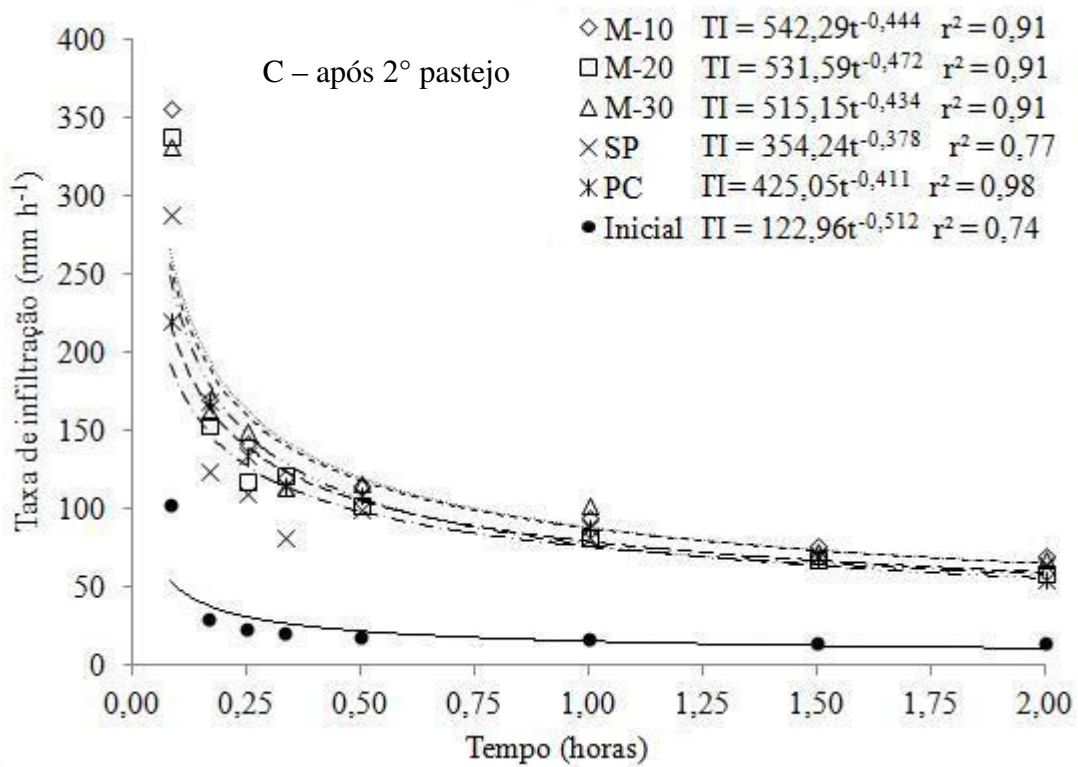
\*Letras minúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa para cada camada em cada sistema de manejo. <sup>ns</sup> = não significativos. Usou-se o teste de Tukey 5%. CV%: Coeficiente de Variação.

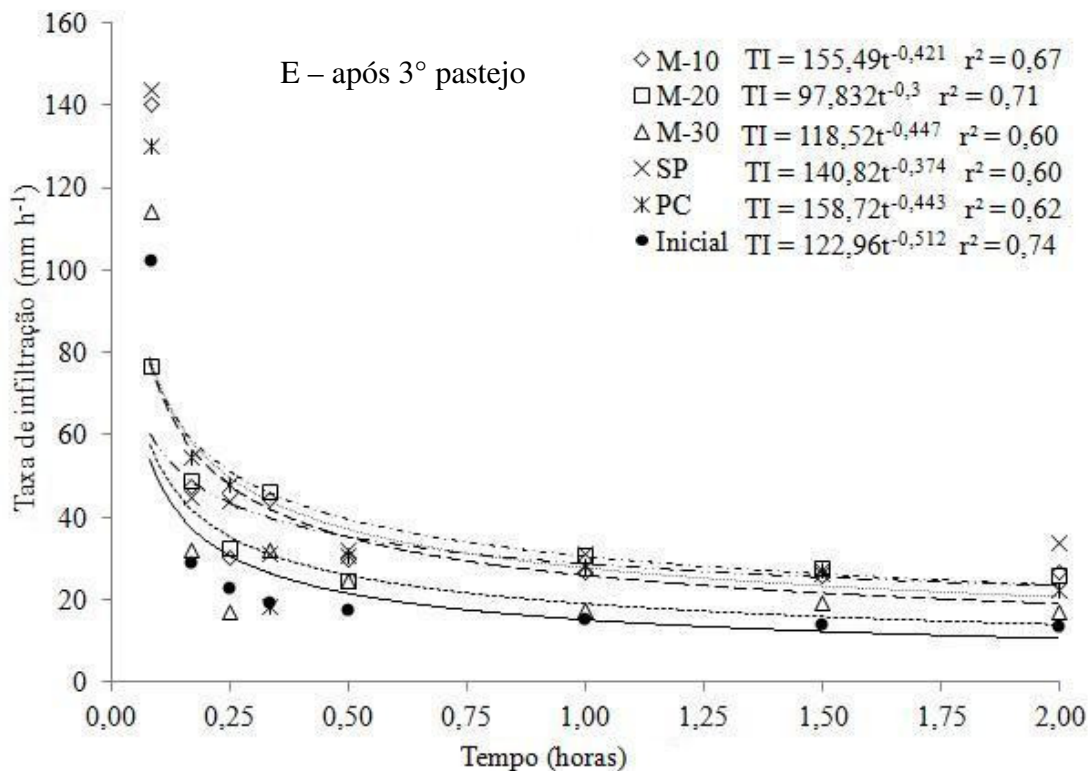
A taxa de infiltração de água inicial no solo foi substancialmente maior na área da M-20, seguida da M-30 e M-10, com taxas mais lentas na área SP e com  $60 \text{ mm h}^{-1}$  no PC (Figura 1b). A taxa inicial de infiltração foi acima de  $120 \text{ mm h}^{-1}$  no M-30 e SP, enquanto nas áreas, M-10, M-20 e PC ficaram abaixo dos  $120 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 1c). Na Figura 1d, a M-10, M-20 e M-30 apresentaram inicialmente a maior taxa de infiltração, seguida do SP e PC. No segundo cultivo do milho, a M-30 apresentou a maior taxa de infiltração, tendo uma sequência SP, M-20, M-10 e PC. Esse comportamento se manteve durante todo tempo de avaliação (Figura 1e). Os valores mais altos da infiltração na área com cobertura vegetal devem-se, provavelmente, à influência que esta exerce sobre as propriedades físicas do solo. O comportamento da infiltração encontrado no trabalho também foi observado por Souza & Alves (2000). De maneira geral, a infiltração foi mais afetada quanto menor as alturas de massa de forragem pós-pastejo, o que pode estar relacionado com a intensidade do pisoteio, e os resultados corroboram com os obtidos por Lanzasova et al. (2007).

No terceiro pastejo, os tratamentos SP, M-10, PC e M-30 apresentaram taxa de infiltração entre  $110$  e  $150 \text{ mm h}^{-1}$  e a M-20 ficou abaixo de  $80 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 1e). Os resultados encontrados na Figura 1 corroboram os salientados por Reichert et al. (2011), os quais indicam que a taxa de entrada da água no solo é variável com o tempo, sendo alta no início, vai progressivamente diminuindo até atingir valores constantes.



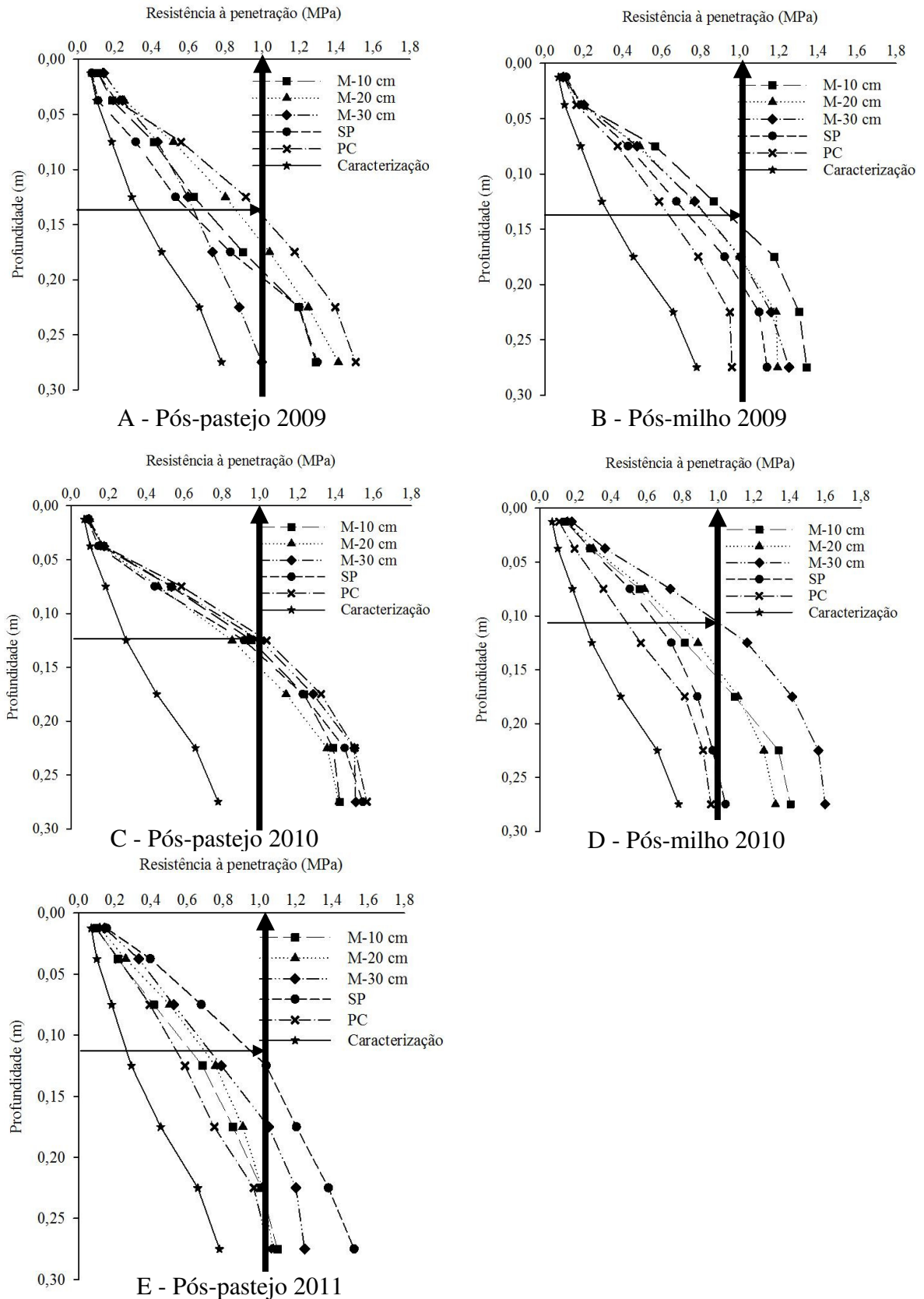






**Figura 1. Taxa de infiltração de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes massas de forragem pós-pastejo, tendo como cultura de verão o milho sob sistema plantio direto (M-10 = massa de forragem a 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem a 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem a 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional).**

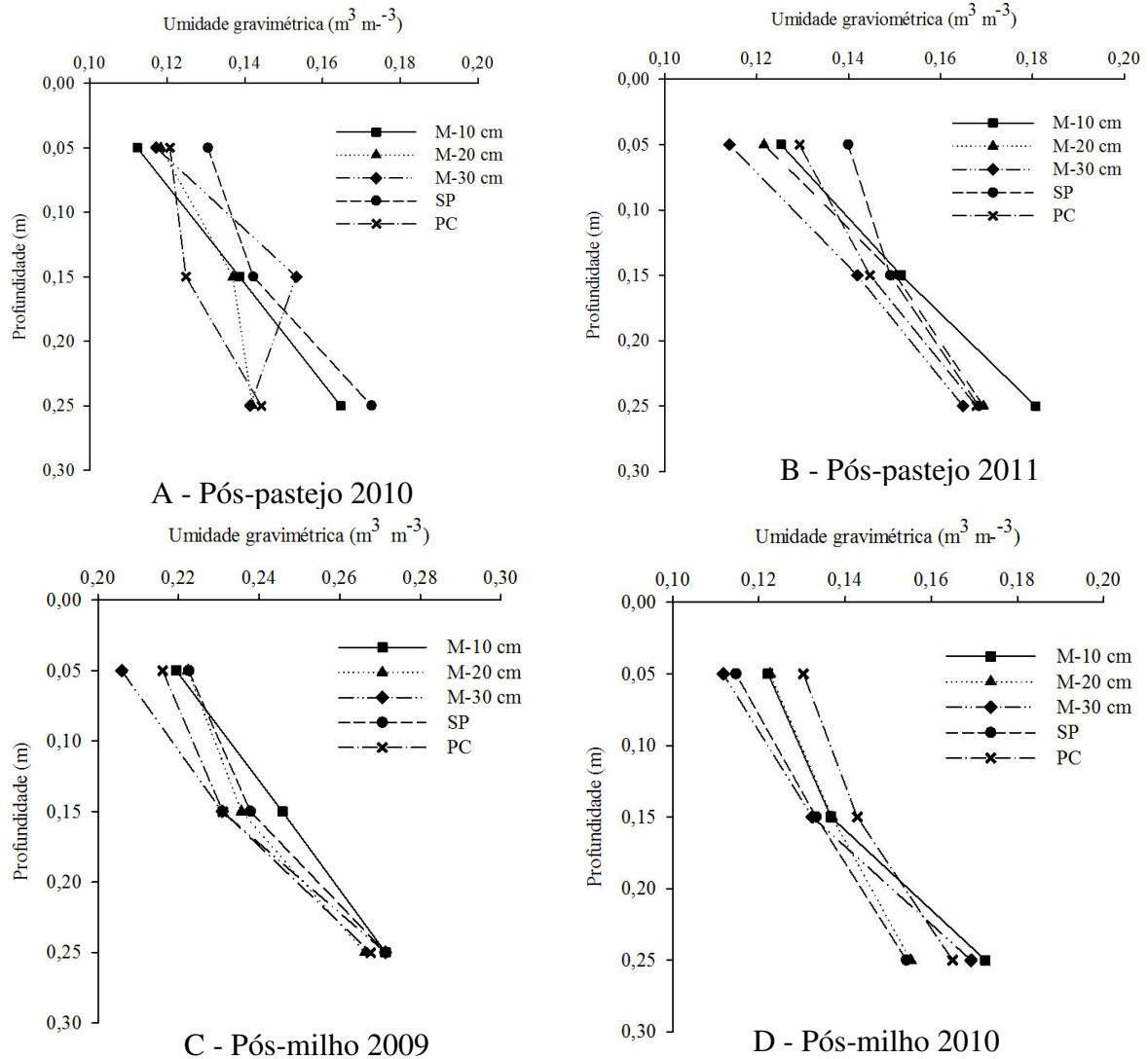
Os sistemas de manejo da pastagem aumentaram os valores de resistência mecânica do solo à penetração, principalmente nas camadas mais profundas, ficando os pontos acima do 0,05 m próximos entre os tratamentos, inclusive da caracterização inicial da área (Figura 2). Constatou-se que os valores de RP no sistema PC foram maiores nas camadas mais profundas e a menor RP em camadas mais profundas foi o M-30 (Figura 2A). Na Figura 3B, após a colheita do milho, pode ser percebido o mesmo comportamento da Figura 2A, nos primeiros 0,05 m e em camadas mais profundas o PC apresentou a menor RP, o que pode ser atribuído ao sistema radicular da pastagem. Segundo Silva et al. (2006), o processo de melhoramento da estrutura do solo é governado pelo volume, pela extensão e pela agressividade do sistema radicular da pastagem, a qual tem o maior potencial para reestruturar o solo do que plantas anuais. A área com M-10 se manteve com maior RP a partir dos 0,07 m. Esse resultado está de acordo com resultados encontrados por Lanzasova et al. (2007), que encontraram compactação nas profundidades de 0,05 e 0,08 m, e Trein et al. (1991), que limitam de 0,0 a 0,075 m a camada afetada pelo pisoteio bovino.



**Figura 2.** Resistência à penetração mecânica, avaliada por penetrômetro digital, de um Argissolo Vermelho sob diferentes massas de forragem pós-pastejo, tendo como cultura de verão o milho sob sistema plantio direto (M-10 = massa de forragem a 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem a 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem a 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional).

Na Figura 2C, o comportamento foi semelhante em todos os tratamentos. Em relação à área de produção de milho 2010 (Figura 2D), o PC manteve o mesmo comportamento no pós-milho 2009 (Figura 2B), em que manteve a menor RP da primeira à última camada avaliada. A área SP comportou-se como o PC (Figura 2D). Os valores de RP encontrados após o terceiro pastejo (Figura 2E) são maiores para a área SP e M-30 desde a segunda até a última camada avaliada. Os valores encontrados nos tratamentos avaliados situam-se abaixo do limite crítico de 2,0 MPa proposto por Taylor et al. (1966). Para Lipiec & Hatano (2003), valores de RP de 1,0 a 1,7 MPa começam a provocar redução do crescimento radicular e valores entre 3,0 e 4,0 MPa causam paralisação do crescimento das raízes. Segundo os valores de redução do crescimento de raiz propostos por estes autores, pode ser observado que ficou entre 0,10 e 0,15 m (Figura 2).

É importante salientar que os valores de RP são fortemente dependentes do teor de água no solo no momento da determinação no campo e aumentam exponencialmente com a redução do teor de água no solo (Klein et al., 1998). Os valores de umidade no momento de avaliação da taxa de infiltração e RP estão representados na Figura 3.

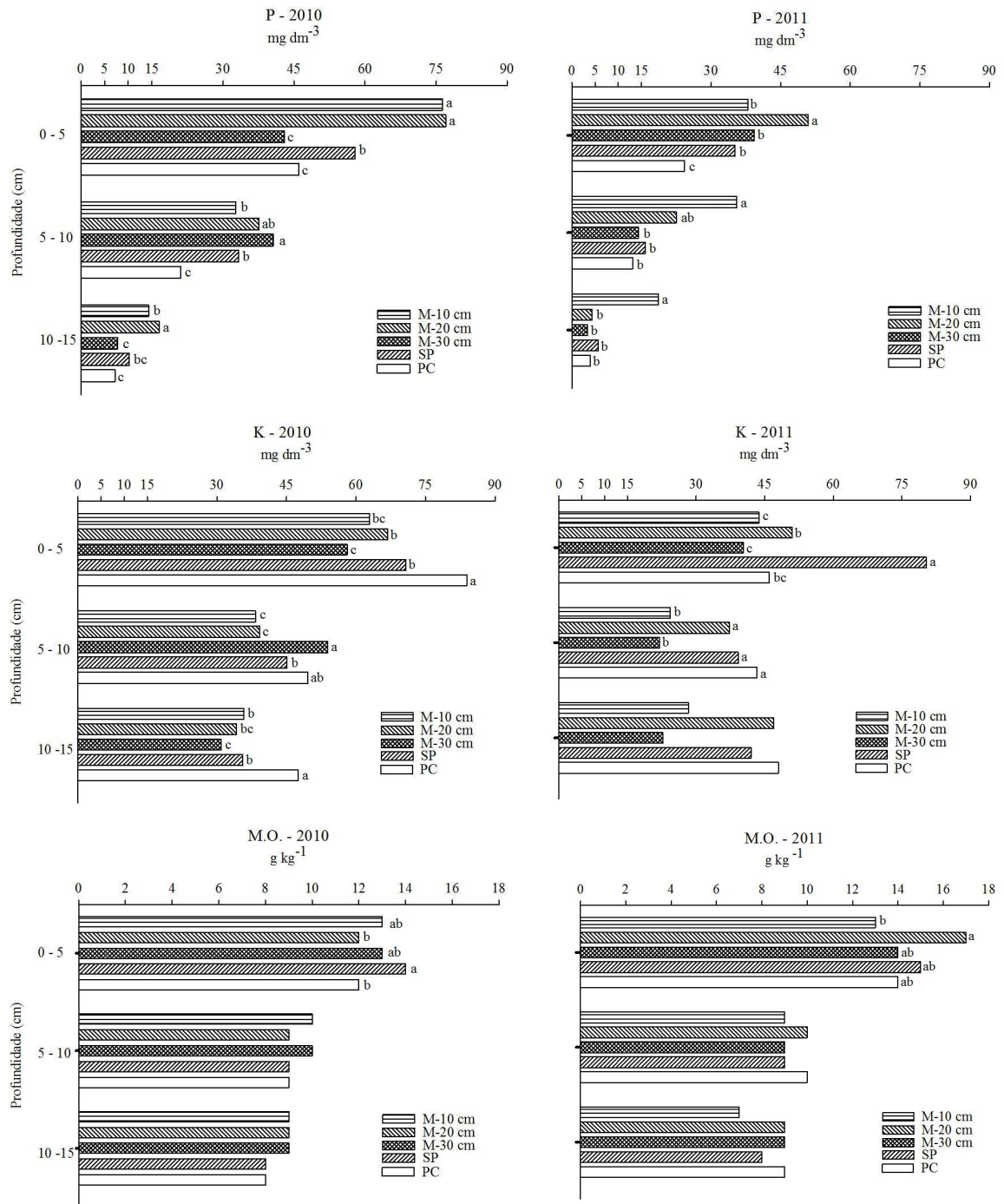


**Figura 3. Umidade gravimétrica de um Argissolo Vermelho sob diferentes massas de forragem pós-pastejo, tendo como cultura de verão o milho sob sistema plantio direto (M-10 = massa de forragem a 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem a 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem a 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional).**

De acordo com os dados apresentados na Figura 4, pode se observar que os valores médios de P para 2010 foram maiores na camada superficial, decrescendo em profundidade (60,04; 33,06; 11,18 mg dm<sup>-3</sup>). Essa concentração maior na superfície do solo está relacionada ao não revolvimento e a baixa mobilidade do elemento no solo. Diversos estudos, como de Klepker & Anghinoni (1995); Bayer & Mielniczuk, (1997); Rheinheimer et al. (1998); Bayer & Bertol (1999) e Falleiro et al. (2003), mostraram que no SPD o acúmulo de P ocorre apenas nos primeiros centímetros superficiais do solo, próximo ao local de deposição do adubo, como os encontrados no trabalho. Os resultados do elemento P no ano de 2011 apresentaram

decrécimo em relação aos encontrados em 2010. Isso pode estar correlacionado com a exportação via pastejo, silagem e milho grão.

A perda média do P do ano de 2010 para 2011 foi de 37,57% na primeira camada avaliada. Essa exportação toda provavelmente está correlacionada à produção de silagem, pois a área SP também manteve essa média de perdas de P (Figura 4). Ressalte-se que as áreas da pastagem não receberam adubação, o que reforça ainda mais a ideia de reposição de adubação nas pastagens. Para a sustentabilidade econômica do sistema, é necessário que haja o retorno dos resíduos dos animais alimentados com essa pastagem ou reposições através de fertilização química.



**Figura 4. Fósforo disponível (P), potássio disponível (K) e matéria orgânica do solo (M.O.) em dois anos de experimento em área de sistema integração lavoura-pecuária sob plantio direto com diferentes massas de forragem pós-pastejo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.**

Na comparação dos teores de K nas diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, em 2010 e 2011, (Figura 4), observa-se que, com exceção do tratamento SP (com aumento médio de 12,0%), os demais apresentaram diminuição nos teores de K, chegando a 45,0% de perdas no PC. Esse incremento nos teores de K na área SP pode estar relacionado à

maior cobertura do solo e, possivelmente, menor erosão, contribuindo assim para menores perdas de K. Para Garcia et al. (2008), a interação entre o pastejo dos animais, em intensidades leves e moderadas, e a inclusão de gramíneas na pastagem, possibilita o melhor aproveitamento do K, reduzindo perdas por lixiviação. As perdas são expressivas na camada superficial, o que pode estar ocorrendo por lixiviação, com a água de escoamento ou por erosão, pois pode ser observada correlação com a quantidade de massa de forragem pós-pastejo (Figura 4). Mielniczuk (2005) salienta que no SPD as perdas de solo são pequenas, mas perdas do K por escoamento superficial podem ser significativas, em razão da sua presença nos resíduos de culturas e na camada superficial do solo. Segundo Monteiro & Werner (1997), a distribuição do K em áreas pastejadas é heterogênea, pois a pastagem não consumida pelos animais serve como fonte de retorno de nutrientes para o sistema.

Analisando os dados referentes à M.O., observa-se que os valores desta variável decrescem em função do aumento da profundidade das camadas amostradas (Figura 4). Apresentando-se maiores na camada 0,0 a 0,05 m (12,0 a 14,0 g kg<sup>-1</sup>) e menores valores nas camadas 0,05 a 0,15 m (8,0 a 10,0 g kg<sup>-1</sup>). De acordo com Lovato et al. (2004); Loss et al. (2008) e Nicoloso et al. (2008), os estoques de carbono orgânico nas camadas superficiais do solo estão diretamente relacionados à adição de carbono via resíduos vegetais. Os resultados encontrados neste trabalho concordam com o que esses autores encontraram (Figura 4). Para Souza et al. (2008) e Corazza et al. (1999), a maior quantidade de matéria orgânica na camada superficial advém da maior concentração de raízes na camada superficial.

A M.O. é um importante indicador de qualidade do solo e do efeito de práticas de manejo sobre a sustentabilidade do sistema agrícola (Bayer & Mielniczuck, 2008). A afirmação destes autores condiz com os resultados encontrados, pois mesmo havendo um pastejo muito intenso ou baixa massa de forragem pós-pastejo na área do PC, houve um período de diferimento da pastagem proporcionando recuperação do sistema como um todo, pois pode ser percebido que ocorreu uma evolução dos teores de M.O. da menor altura de massa de forragem pós-pastejo à área que não foi pastejada (Figura 4), favorecendo o aporte de fitomassa aérea e radical em quantidades suficientes para compensar as perdas de carbono do sistema, mantendo o aporte de palhada para realização do SPD na ILP com eficácia.

O SILP-PD pode ser um grande contribuinte para aumentar as concentrações de M.O. ao longo do tempo, devido ao crescimento contínuo de plantas para exploração econômica, rotação de culturas, incremento da massa produzida por tempo em decorrência do pastejo e maior ciclagem de nutrientes que o sistema proporciona (Tracy & Zhang, 2008).



O SILP-PD, quando manejado corretamente, é uma grande alternativa como agricultura de conservação, podendo hoje entrar nos programas do governo como Agricultura de Baixo Carbono (ABC), pois além do produtor estar ganhando mais dinheiro com maior produtividade por área com agricultura e pecuária, ele pode ganhar mais ainda preservando as condições ambientais. Com adoção do SILP-PD, os teores de C no solo podem até superar os teores dos sistemas naturais. As pastagens possibilitam um incremento nos teores de carbono em função do alto desenvolvimento vegetal, tanto na parte aérea como nas raízes, o que é observado em SILP-PD (Franzluebbers & Stuedemann, 2008; Moraes et al., 2011).

### 3.6 Conclusões

1. Nas condições estudadas, não há evidências de que o pisoteio tenha interferido negativamente nos atributos físicos do solo.
2. No SILP-PD estudado, os maiores valores de resistência à penetração ocorreram especialmente na camada de 12,5 a 30,0cm.
3. A ausência de adubação na pastagem afetou negativamente os teores de P e K nas áreas estudadas, principalmente nas camadas superficiais.
4. Os teores de M.O. aumentaram na primeira camada avaliada (0-5 cm) a partir do segundo ano de condução desse sistema de integração lavoura-pecuária.

### 3.7 Referências

- ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L. & ENDER M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 25:717-723, 2001.
- ASSMANN, T.S. JUNIOR, P. R.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S. & SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, p.675-683, 2003.
- BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. R. Bras. Ci. Solo, v. 23, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C. & MIELNICZUCK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre: Metropole, 2008, p.7-18.

- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, v. 21, p.105-112, 1997.
- BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. Adv. Soil Sci., 46:1-37, 1991.
- BOUWER, H. Intake rate: Cylinder infiltrometer. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis I, physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, ASA/SSSA, 1986. p.825-844.
- BOWEN, H.D. Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F. & TAYLOR, H.M., eds. Modifying the root environment to reduce crop stress. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1981. p.18-57. (ASAE Monograph, 4)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, MA-DPP/AS-DRNR/INCRA-RS, 1973. 431p.
- CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C. R.; FLORES, J. P. C. L.; CEPIK, C. T. C.; LEVIEN, R.; LOPES, M. T.; BAGGIO, C.; LANG, C. R.; SULC, R. M. & PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: PRODUÇÃO ANIMAL: MITOS, PESQUISA E ADOÇÃO DE TECNOLOGIA. Canoas, 2005, Anais. Canoas, ULBRA, 2005. p.7-44.
- CLEMMENS, A.J. Infiltration equation for border irrigation models. In: NATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN INFILTRATION, 1983, Chicago. Proceedings. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1983. p.266-274. (ASAE Publication, 11-83. Advances in Infiltration)
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Sexto levantamento de avaliação da safra 2007/08 – Março de 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 10 março 2008.
- CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; CEPIK, C.T.C. & DEBIASI, H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. Engenharia Agrícola, v.27, p.220-228, 2007.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. R. Bras. Ci. Solo, v.23, p.425-432, 1999.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: Biometria. Viçosa Ed. UFV, 2006. 382p.
- EMBRAPA, C.N.P.S. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção da Informação; 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2a edição. rev. atual. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

- FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A. & FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, p. 1097-1104, 2003.
- FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I. & CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo. v. 32, n. 6, p. 2385-2396, 2008
- FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F. & LEITE, J.G.D.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. R. Bras. Ci. Solo, v.31, p.771-780, 2007.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. & DE MORI, C. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos com pastagens, sob plantio direto. Ciência Rural, v. 36, n. 1, p. 51-57, 2006.
- FRANCIS, G.S.; TABLEY, F.J. & WHITE, K.M. Restorative crops for the amelioration of degraded soil conditions in New Zealand. Australian Journal of Soil Research, Melbourne, v. 37, n. 6, p. 1017-1034, 1999.
- FRANZLUEBBERS, A.J. & STUEDEMANN, J.A. Early Response of Soil Organic Fractions to Tillage and Integrated Crop–Livestock Production. Soil Science Society of America Journal, v.72, p.613-625, 2008.
- GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C. & ROSOLEM, C.A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. Eur. J. Agron., 28:579-585, 2008.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. & TORMENA, C. A. Applications of the resistance curve in the control of the physical quality of soils under grass. Pesq. Agropec. Brasileira, Brasília, v. 35, p. 1493-1500, 2000.
- KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. & SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e conteúdo de água. Engenharia Agrícola, v.18, p.45-54, 1998.
- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. R. Bras. Ci. Solo, v. 19, p. 395 - 401, 1995.
- 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. R. Bras. Ci. Solo, v.31, 1131-1140, 2007.
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. R. Bras. Ci. Solo, v.28, 415-423, 2004.
- LIPIEC, J. & HATANO, R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. Geoderma, 116:107-136, 2003.

- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos & SILVA, E.M.R. da. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. *Ciência Rural*, Santa Maria *online*, 2008.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.28, p.175-187, 2004.
- LUZ, P.H. de C. & HERLING, V.R. Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2004. p. 209 -250.
- MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.165-178.
- MONTEIRO, F.A. & WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1997. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1997. p.55-84.
- MORAES, A. & LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, Maringá. Anais... p.129-149. 1997.
- MORAES, A. de; PIVA, J.T.; SARTOR, L.R. & CARVALHO, P. C. F. Avanços científicos em integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. *Synergismus scyentifica UTFPR*, Pato Branco, 06 (2). 2011.
- MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 25, p. 531-538, 2001.
- NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C. & LANZANOVA, M.E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p.2425-2433, 2008.
- NIE, Z.N.; WARD, G.N. & MICHAEL, A.T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on south – Western Victoria. *Aust. J. Agric. Soil Res.*, 52:37-43, 2001.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1989. 422p.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. & REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação In:

- CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.v.5. p.49-134.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & KANSSON, I.H. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil Tillage Res.*, 102:242-254, 2009.
- REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.M.; GUBIANI, P.G.; KAISERL, D.R.; MINELLA, J.P.G. & REINERT, D.J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água e zoneamento agroclimático. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L. & GATIBONI, L.C. Tópicos em ciência do solo. 7.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p.1-54.
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 22, p. 713 - 721, 1998.
- SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1775-1781, 1994.
- SILVA, A.P. & KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:877-883, 1997.
- SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; ROSA, J.D.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.30, p.329-337, 2006.
- SIQUEIRA, O.J.F. & DENARDIN, J.E. Equipamento para medir a taxa de infiltração de água no solo utilizando anéis concêntricos em um sistema com nível de água constante. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:73-75, 1985.
- SOUZA, E.D. de.; COSTA, S.E.V.G. de A.; LIMA, C.V.S. de.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J. & CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p.1273-1282, 2008.
- TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M. & PARKER, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. *Soil Sci.*, 102:18-22, 1966.
- TAYLOR, S.A. & ASHCROFT, G.L. *Physical edaphology*. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. 532p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S. J. & BOHMEN, H. *Análises de solos, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.
- TRACY, B.F. & ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated croplivestock system in Illinois. *Crop Sci.* v.48, p.1211-1218, 2008.

TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após-pastejo intensivo. R. Bras. Ci. Solo. v.15, p.105-111, 1991.

WU, L.; FENG, G.; LETEY, J.; FERGUSON, L.; MITCHELL, J.; McCULLOUGH-SANDEN, B. & MARKEGARD, G. Soil management effects on the nonlimiting water range. Geoderma, 114:401-414, 2003.

## **4 ARTIGO II - PRODUÇÃO DE MILHO EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO**

### **4.1 Resumo**

O sistema integração lavoura-pecuária (SILP) tem despertado o interesse de produtores que buscam diversificar a atividade e aumentar a rentabilidade, mas quando não manejado corretamente, pode influenciar na produtividade das culturas envolvidas. Este estudo objetivou avaliar o desempenho agrônomico da cultura do milho no sistema integração lavoura-pecuária em semeadura direta sobre diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo. O experimento foi conduzido no município de Mata – RS, na propriedade de um produtor, durante os anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011, em Argissolo Vermelho, no sistema plantio direto com a cultura do milho no verão e o consórcio aveia preta+aveia+ervilhaca no inverno, para o pastejo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, em que não se tinha o controle de deslocamento e do número de animais e nem altura de massa de forragem durante o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20), 0,30 m (M-30) e uma área não pastejada. Foram avaliados atributos referentes à pastagem (altura do pasto, massa de forragem disponível e massa seca final da forragem) e à cultura do milho (avaliações agrônomicas e componentes de produção). As alturas reais do pasto ficaram próximas daquelas pretendidas de entrada dos animais e alturas de massa de forragem pós-pastejo. A massa seca final da forragem ideal para semeadura direta foi encontrada nas alturas de massa de forragem pós-pastejo M-20 e M-30. As alturas de massa de forragem pós-pastejo em 2009/2010 não afetaram negativamente o rendimento de matéria seca do milho, o que não ocorreu em 2010/2011, devido à menor disponibilidade hídrica que ocorreu na região. Os componentes do rendimento da cultura do milho foram influenciados negativamente pelas diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, quando houve a baixa disponibilidade hídrica. Os resultados sugerem que quando a presença dos animais é manejada corretamente, não há prejuízos ao cultivo subsequente. A massa final de forragem pós-pastejo é um dos principais determinantes do sucesso no sistema integração lavoura-pecuária.

**Termos de indexação:** Manejo da pastagem, pastoreio rotativo, massa de forragem.

## 4.2 Abstract

### ***CORN PERFORMANCE IN CROP-LIVESTOCK SYSTEM UNDER NO TILLAGE***

The crop-livestock integration system has attracted the interest of producers seeking to diversify activity and increase profitability. However, if not handled properly, can affect the productivity of succeeding crops. This study aimed to evaluate the agronomic performance of corn in a crop-livestock system for direct sowing, under different heights of post-grazing residue. The experiment was conducted in the city of Mata - RS, on a commercial farm, during the crop years 2009/2010 and 2010/2011, in an Ultisol soil, with a no-tillage corn crop in the summer and intercropping *Avena strigosa*+*Lolium multiflorum*+*Vicia villosa* in winter for grazing. The experimental design was a randomized block design: conventional grazing (PC), with an area of 500 m<sup>2</sup>, in which there was no control of movement of animals, nor height of forage during grazing; residue height of 0.10 m (M-10), 0.20 m (M-20), 0.30 m (M-30) and an area not grazed. Attributes were evaluated regarding pasture (forage height, forage mass and the final dry mass of forage) and regarding the corn crop as agronomic evaluations and yield components. The forage heights were close to those intended for the entry of animals and post grazing stubble. The final dry mass of forage ideal for subsequent no tillage was found in the post-grazing residues M20 and M30. The heights of forage after grazing in 2009/2010 did not affect dry matter yield of corn, but was not repeated in 2010/2011 due to a drought that occurred in the region. The yield components of maize crop were negatively affected by different heights of post-grazing residue, with low water availability. The results suggest that the presence of animals, when handled correctly, caused no damage to the succeeding crop, The final mass of post-grazing residue is the main determinant of success in integrated crop-livestock system.

**Index terms:** Pasture management, rotational grazing, residue after grazing.

## 4.3 Introdução

A produção de alimentos, bioenergia, fibra, madeira e outros bens para a humanidade é um desafio corrente para pesquisadores, técnicos e produtores rurais (Veiga et al., 2011). Para atender essa demanda, adequados sistemas de produção devem ser adotados, com o



mínimo uso possível de insumos externos, contaminação ambiental e emissões de gases causadores do efeito estufa.

O sistema plantio direto e a integração lavoura-pecuária são alternativas de manejo que conciliam a manutenção e até mesmo a elevação da produção, com maior racionalidade dos insumos empregados (Santos et al., 2008). Além disto, promove o aumento da matéria orgânica, melhorando a agregação e a qualidade do solo (Conceição et al., 2005).

O sistema integração lavoura-pecuária (SILP) surge como uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção com menor uso de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis no tempo, pois pressupõe o uso contínuo das áreas agrícolas e a melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo (Entz et al., 2002; Assmann et al., 2003; Rao et al., 2003). Para Veiga et al. (2011), esse sistema é definido como sendo um sistema que integra vários fatores biológicos, econômicos e sociais, que se inter-relacionam, determinando sua sustentabilidade. O consórcio de culturas produtoras de grãos e forrageiras é possível, em virtude do diferencial de tempo e espaço, no acúmulo de biomassa entre as espécies (Kluthcouski & Yokoyama, 2003).

Segundo Carvalho et al. (2005), o sucesso ou insucesso de integração entre os sistemas tem como principal variável a taxa de lotação empregada, por seus efeitos diretos e indiretos sobre a quantidade de forragem e de nutrientes que ciclam no mesmo.

Com relação ao efeito das diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo e/ou métodos de pastejo empregados no RS e sobre o rendimento da cultura do milho em sucessão, no SILP, são escassos os resultados registrados na literatura. Para Lunardi et al. (2008), o método de pastejo escolhido para manejo da pastagem, no ciclo da pecuária, pode ser tão importante quanto a intensidade de pastejo definida.

Dentre as culturas sucessoras ao período de pastejo, o milho é a que se destaca no contexto da integração lavoura-pecuária, principalmente em pequena propriedade, devido aos inúmeros usos que o mesmo proporciona, seja na alimentação animal, seja na forma de grãos, forragem verde ou conservada.

A cultura do milho tem alto potencial produtivo, podendo alcançar 12 a 13 Mg de grãos ha<sup>-1</sup> em lavouras comerciais, no Brasil, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias avançadas, havendo registro de produção aproximada de 15,7 Mg ha<sup>-1</sup> (Mundstock & Silva, 2005). No entanto, o que se observa na prática são produtividades muito baixas e irregulares, em média de 4,39 Mg ha<sup>-1</sup> de grãos (CONAB, 2012). Neste cenário o RS, na safra 2011/2012, possui uma produtividade média estimada de 4,33 Mg ha<sup>-1</sup>. Segundo

Coelho & França (1995), a fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura.

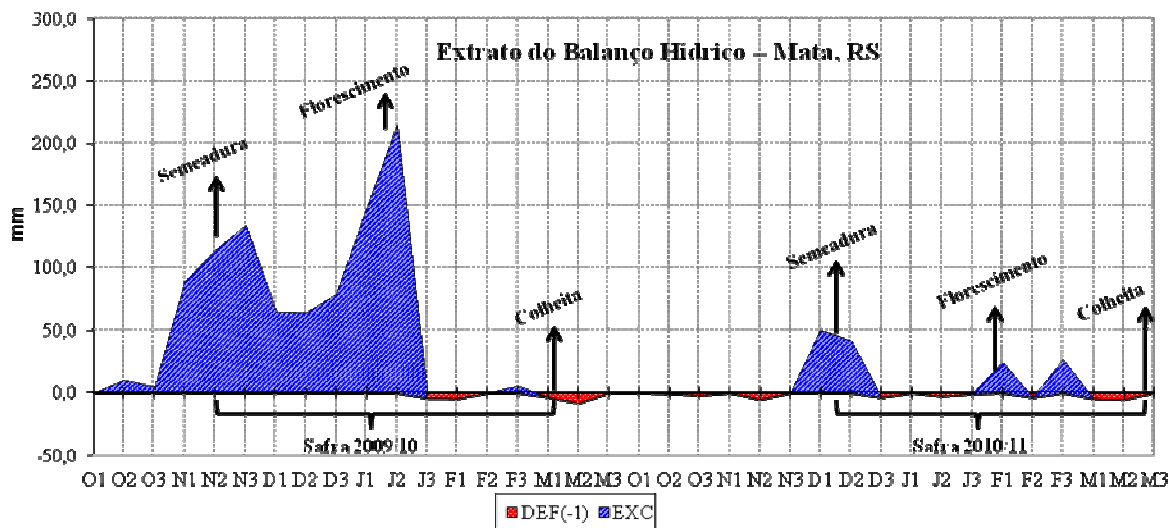
Com a evolução das novas tecnologias no setor agrícola que progrediram desde a introdução do SPD, manejo de rotação/sucessão de culturas e atualmente no SILP, existe a necessidade de maiores estudos nessas áreas que atuam integradas.

Assim sendo, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho no sistema integração lavoura-pecuária em semeadura direta sob diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo.

#### **4.4 Material e Métodos**

O trabalho foi realizado no “Sítio da Pedra”, pertencente à Família de Sr. Nelson Pizzani, localizado no município de Mata, região central do Estado do Rio Grande do Sul (Longitude: 54° 27' 29", Latitude: 29° 34' 07" e altitude média de 103 m). A área utilizada para o experimento era destinada para pastejo de bovinos leiteiros nos períodos de inverno e verão, com preparo convencional do solo e a partir da safra 2009/2010 foi cultivado no sistema plantio direto.

O solo pertence à unidade de mapeamento São Pedro e é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (SiBCS, 2006), com relevo suavemente ondulado e textura arenosa (557 g kg<sup>-1</sup> de areia total). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical (Nimer, 1989). A temperatura média normal do mês mais quente ocorre em janeiro (24,6 °C) e a do mês mais frio em junho (12,9 °C). As chuvas são distribuídas regularmente em todos os meses do ano, com precipitação pluvial anual oscilando entre 1.500 e 1.750 mm. Os dados de precipitação foram obtidos com a ajuda de pluviômetro de campo (Figura 1).



**Figura 1:** Extrato do Balanço Hídrico (deficiência e excedente) para o cultivo do milho na safra 2009/10 e 2010/11. Adaptado de ROLIM et al. (1998).

Em março de 2009, por ocasião da implantação do experimento, foram amostradas as camadas de solo de 0,0-0,20 m para determinação de atributos químicos, obtendo-se os seguintes resultados: 5,5 pH-H<sub>2</sub>O; 49,4 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich-1); 155,4 mg dm<sup>-3</sup> de K; 5,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 1,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>.

A pastagem, implantada em abril de 2009 foi formada por um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.) na proporção de 70 kg ha<sup>-1</sup>, 25 kg ha<sup>-1</sup> e 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis, respectivamente, sendo estas semeadas a lanço e incorporadas com ajuda de chuvas. A pastagem recebeu adubação de cobertura com 90 kg de N ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia, dividida em três aplicações, sendo a primeira de 30 kg de N ha<sup>-1</sup> aos 30 dias após a semeadura e o restante dividido em parcelas iguais para cada pastejo.

Os pastejos foram realizados aos 70, 100 e 130 dias após a emergência das forrageiras, que apresentavam 0,40 m de altura inicial, seguidos de períodos intercalados de 28 dias para os pastejos sucessivos nas diferentes alturas de forragem pós-pastejo, para cada ciclo, utilizando-se vacas lactantes da raça Jersey, com massa corporal aproximada de 360 kg cada.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos. Cada parcela possuía 14 metros de largura e 15 metros de comprimento. As parcelas principais foram divididas em subparcelas, para avaliação de silagem e produtividade de grãos do milho. Os tratamentos consistiram de quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo, sendo eles: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, em que não se tinha o controle de deslocamento e do número de animais e nem altura de massa de forragem durante

o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20) e 0,30 m (M-30). Cada parcela recebeu três animais. Entre os blocos, três faixas dimensionadas em 7 m de largura por 15 m de comprimento, isoladas do pastejo, constituíram o tratamento testemunha (Sem Pastejo = SP).

Para a caracterização da estrutura vertical do pasto, efetuou-se o monitoramento de sua altura pelo uso do método do bastão (*sward stick*), adaptado de Barthram (1985), em que um marcador, no caso uma lâmina de retroprojektor, desloca-se por um bastão graduado até tocar em alguma superfície foliar do dossel. Esse monitoramento foi realizado antes da entrada dos animais, durante os pastejos e após a saída dos animais, a fim de que as alturas pretendidas fossem mantidas constantes. Os pontos de avaliação foram medidos de forma aleatória, totalizando 30 pontos por unidade experimental, de modo a compor o valor médio de altura do pasto (altura, cm) em cada unidade experimental.

As estimativas da massa de forragem remanescente (MFR, Mg ha<sup>-1</sup> de MS) foram realizadas após a saída dos animais. Para tanto, foram realizados três cortes destrutivos da pastagem em locais aleatórios, delimitados por um quadrado de metal de 0,25 m<sup>2</sup>, obtidas por corte com tesoura rente ao solo. Posteriormente, estas foram pré-secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e posteriormente pesadas em balança de precisão. Antes de realizar a semeadura da cultura do milho, procedeu-se um diferimento da pastagem por 28 dias, sendo então dessecada, utilizando herbicida de princípio ativo glyphosate, na dosagem de 3 L ha<sup>-1</sup> de produto comercial, respeitando um intervalo de 15 dias para realizar a semeadura no Sistema Plantio Direto (SPD). O espaçamento utilizado foi de 0,60 m entre fileiras, com densidade final de ±70.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As datas de semeadura foram 17/11/2009 e 14/12/2010, para os respectivos anos agrícolas, usando semeadora adubadora de discos para SPD. A adubação de base consistiu da aplicação, em linha, de 250 kg da fórmula 05-20-20 ha<sup>-1</sup>, conforme CQFS-RS/SC (2004). Em cobertura, 140 kg de N foram aplicados a lanço, utilizando-se como fonte a ureia, divididos em duas aplicações (70 kg de N ha<sup>-1</sup> em cada) nos estádios fenológicos “V4” e “V8” da cultura.

As informações sobre inserção de espiga (IE), estande final de plantas (EFP), matéria verde do milho (MVM), produção de matéria seca do milho (MSM), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) foram obtidas com cultura do milho nos estádios fenológicos apropriados para cada situação estudada, conforme Fancelli & Dourado Neto (2000). Quanto à IE, tomou-se a medida entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga.

As avaliações de IE e EFP e a produção de MVM e MSM foram feitas com a cultura no estádio de grão farináceo. A população de plantas foi avaliada em uma extensão de 2 m na fileira com duas amostragens dentro da subparcela. Para determinação de MVM e MSM, o milho foi cortado manualmente no estádio fenológico R5 a 0,30 m do solo, em uma área útil de 2,8 m<sup>2</sup> com três amostragens em cada parcela. As amostras foram trituradas e pesadas, em que se procedeu à retirada de uma subamostra (MU - massa úmida) que posteriormente foi levada para estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C por 72 horas, sendo novamente pesada (Massa Seca MS Kg ha<sup>-1</sup>). A produção de MSM foi calculada pela equação:  $MSM = MS/MU \times MV$ .

Para avaliação de NFG, NGE, MMG e produtividade de grãos, as coletas foram realizadas no final do ciclo da cultura. O NGE foi calculado multiplicando-se o número de fileiras pelo número de grãos por fileira, em todas as espigas coletadas por parcela. A MMG foi determinada pela pesagem dos grãos de cada tratamento. A colheita de grãos foi realizada manualmente no estádio fenológico R6 (maturação fisiológica) em uma área útil de 2,8 m<sup>2</sup> com três amostragens em cada subparcela. A produção de grãos foi corrigida para a umidade de 13% e convertida em Mg ha<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e quando significativos, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Utilizou-se o software estatístico GENES (CRUZ, 2006) para realização das análises.

#### **4.5 Resultados e Discussão**

O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas (2009/2010 e 2010/2011), sendo que no desenvolvimento da cultura do milho no último ano houve menor disponibilidade hídrica (Figura 1) e um ataque intenso da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), tendo que ser realizado quatro aplicações de produtos para controle da mesma.

Na Tabela 1, encontram-se os parâmetros referentes às alturas médias de entradas e saídas dos animais nas áreas pastejadas, durante os três períodos de avaliação.

**Tabela 1 - Altura média observada na pastagem hiberna ao longo do período experimental.**

Tratamentos	Altura efetiva (cm)					
	2009		2010		2011	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
M-10 cm	37,6c	11,3c	34,8bc	11,9c	35,3a	11,0c
M-20 cm	38,4bc	21,1b	36,8b	20,0b	36,0a	20,0b
M-30 cm	40,3a	28,3a	40,5a	27,8a	37,0a	26,9a
PC	39,6ab	10,3c	34,0c	12,5c	30,4b	7,2d
Média	39,0	17,7	36,5	18,0	34,7	16,3
CV%	3,67	6,35	4,65	8,51	4,72	7,63

M-10 = massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional. \*Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. CV%: Coeficiente de Variação.

As médias de alturas do pasto no estágio vegetativo foram próximas das alturas pré-estabelecidas para a tomada de decisões de entradas e retiradas dos animais das parcelas (Tabela 1).

As alturas de massa de forragem estabelecidas proporcionaram amplitude de pastagem considerada adequada para avaliação da dinâmica de produção de forragem, uma vez que as médias das alturas da pastagem observadas no ano agrícola de 2009, nos três pastejos, foram 16,4; 17,9 e 19,0 cm para os tratamentos que receberam pastejo. Esta altura crescente observada na pastagem está relacionada com o ciclo das pastagens, as quais vão alongando o colmo e emitindo inflorescência, proporcionando uma crescente altura. Para o ano agrícola de 2010, a altura média variou de 17,5 a 18,7 cm para os tratamentos que receberam pastejo. No ano agrícola 2011, essa variação foi de 15,6 a 16,6 cm (Tabela 2).

Na Tabela 2, são apresentados os valores obtidos na avaliação da massa de forragem disponível após cada pastejo realizado. No tocante à variável massa de forragem remanescente (MFR) das forrageiras hibernais, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Para o ano de 2009, a variação média da MFR em superfície do solo variou de 1,2 a 1,7 Mg ha<sup>-1</sup> e finalizando o ciclo de pastejo no mesmo ano a massa final da forragem (MFR) para semeadura da cultura subsequente foi de 3,1 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). A MFR média no ano de 2010 variou de 0,7 a 1,7 Mg ha<sup>-1</sup> para todos os tratamentos que sofreram pastejo. Com relação ao MFR para semeadura subsequente, a média foi de 4,8 Mg ha<sup>-1</sup>. Para o ano de 2011, a MFR média variou de 1,0 a 1,4 Mg ha<sup>-1</sup> e a MFR média foi de 3,6 Mg ha<sup>-1</sup> de palhada em superfície para realizar a semeadura da cultura do milho (Tabela 2).

A MFR continua dentro das temáticas de pesquisa de interesse relevante, pois neste sistema ainda não se sabe qual o nível ótimo de biomassa que garanta cobertura de solo e não comprometa a cultura em sequência. Segundo Nicoloso et al. (2006), o impacto do aumento da frequência de pastoreios sobre as pastagens de inverno não limita seus efeitos apenas na redução da produção final de palha para cobertura de solo pelas pastagens, mas também o rendimento de grãos de soja e de milho, os quais foram afetados significativamente pelo aumento da frequência de pastoreio sob as pastagens de inverno.

Segundo Lopes et al. (1987), quando se quer controlar a erosão do solo são suficientes 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> de palhada, o que corresponde uma cobertura de 65% dele, podendo chegar a uma redução de 95% nas perdas de solo. Em um Argissolo de ambiente subtropical, quando submetido ao plantio direto, essa adição foi de somente 9,3 Mg ha<sup>-1</sup> para manter os estoques originais de matéria orgânica do solo (Lovato et al., 2004). No entanto, os resultados encontrados no trabalho, principalmente os que sofrem pastejo não alcançam a palhada recomendada por estes autores, ficando aquém do aconselhado. Levando em consideração apenas a produtividade obtida pela cultura em sucessão à pastagem, Assmann et al. (2003) consideraram que quantidades acima de 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> são suficientes para o plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária, o que pode ser encontrado na maioria dos tratamentos que receberam as menores intensidades de pastejo como M-20 cm e M-30 cm.

As diferentes alturas usadas pós-pastejo nos anos agrícola testados apresentaram influência na produção de MVM e MSM da cultura do milho (Tabela 3). No ano agrícola 2009/2010, porém, os efeitos das diferentes massas de forragem pós-pastejo não foram tão pronunciados negativamente para a cultura do milho, o que pode ser atribuído à ausência de períodos prolongados de déficit hídrico (Figura 1).

**Tabela 2 - Massa de forragem disponível (Mg ha<sup>-1</sup> de MS) no pós-pastejo em pastagens hibernais manejadas em diferentes massa de forragem durante os períodos de pastejo e massa de forragem remanescente (MFR).**

Tratamentos	Altura observada (cm)/Massa de forragem disponível (Mg ha <sup>-1</sup> )						
	1° Pastejo	2° Pastejo	3° Pastejo	MFR			
<b>2009</b>							
M-10 cm	11,4c	1,2ab	11,5c	1,3c	11,0c	1,6b	1,1c
M-20 cm	20,1b	1,3ab	21,1b	2,1b	22,3b	1,9ab	2,4b
M-30 cm	25,0a	1,6a	28,8a	2,5a	31,1a	2,3a	2,2b
PC	9,1c	0,9b	10,3c	0,9c	11,6c	0,8c	0,55c
SP	-	-	-	-	-	-	9,2a
Média	16,4	1,2	17,9	1,7	19,0	1,6	3,1
CV%	12,33	16,54	9,04	8,07	13,21	11,91	8,13
<b>2010</b>							
M-10 cm	12,7c	0,6b	10,4c	0,7b	12,7c	1,5	2,2cd
M-20 cm	20,5b	0,8b	19,9b	1,5a	19,7b	1,9	2,9bc
M-30 cm	28,1a	1,1a	27,6a	1,8a	27,7a	1,9	3,6b
PC	13,5c	0,6b	12,1c	0,8b	12,1c	1,4	2,0d
SP	-	-	-	-	-	-	8,1a
Média	18,7	0,7	17,5	1,2	18,1	1,7	4,8
CV%	13,79	8,25	16,38	16,16	10,66	17,81	7,52
<b>2011</b>							
M-10 cm	11,1c	0,9c	11,0c	1,0c	11,1c	1,2c	1,9b
M-20 cm	19,9b	1,2b	20,1b	1,8b	19,5b	1,6b	2,1b
M-30 cm	23,7a	1,4a	29,1a	2,2a	27,9a	2,3a	2,0b
PC	7,8c	0,5d	6,1d	0,6d	7,7d	0,5d	2,1b
SP	-	-	-	-	-	-	10,1a
Média	15,6	1,0	16,6	1,4	16,5	1,4	3,6
CV%	11,73	2,71	16,96	6,71	12,82	6,42	3,92

M-10 = massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional. \*Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. CV%: Coeficiente de Variação. \*Letras distintas na mesma coluna diferem (p<0,05) entre si pelo teste Tukey. CV%: Coeficiente de Variação.

Os resultados médios de MV para os anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011 foram de 44,5 e 41,1 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Corroboram com as indicações de Aguiar et al. (1993), que encontraram produtividade média de matéria verde de milho para ensilagem de 25 a 30 Mg ha<sup>-1</sup>, e Carvalho et al. (1996), que relataram produção de 31,25 a 47,26 Mg ha<sup>-1</sup>. Na produção de matéria seca (MSM) da cultura do milho para o ano agrícola 2009/2010, houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo a menor produção, 13,8 Mg ha<sup>-1</sup> no PC, mas não diferindo das massa de forragem pós-pastejo M-30, M-20 e M-10 cm, com 15,6 Mg



ha<sup>-1</sup>, 16,3 Mg ha<sup>-1</sup> e 16,3 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Porém, para o SP obteve-se uma maior produção de MS (16,9 Mg ha<sup>-1</sup>) do que do PC, mas não diferiu das alturas de M-10, M-20 e M-30 cm.

Na Tabela 3, pode ser observada a importância da palhada remanescente das forrageiras hibernais após o período de pastejo, pois a mesma protege o solo de perder água para atmosfera, estando relacionado com o que Leite et al. (2010) mencionam. Os resultados encontrados estão de acordo com Tisdale et al. (1985), que sugerem que a carência de água no solo restringe a solubilização dos compostos e elementos químicos, exige maior consumo de energia, altera a atividade fisiológica e reduz a absorção de água e nutrientes, resultando na redução do crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas.

**Tabela 3. Produtividade de matéria verde do milho (MVM, Mg ha<sup>-1</sup>) e matéria seca do milho (MSM, Mg ha<sup>-1</sup>) da cultura do milho sob sistema Integração Lavoura-Pecuária nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 em diferentes alturas de massas de forragem pós-pastejo.**

Tratamentos	----- 2009/2010 -----		----- 2010/2011 -----	
	MVM	MSM	MVM	MSM
M-10 cm	44,7ab*	16,3 ab	38,1b	24,9 b
M-20 cm	46,0a	16,3 ab	38,9b	29,1 a
M-30 cm	44,4ab	15,6 ab	47,7a	31,6 a
<b>SP</b>	49,8a	16,9 a	45,3a	32,0 a
<b>PC</b>	37,8b	13,8 b	35,5b	23,8 b
<b>Média</b>	44,5	15,8	41,1	28,3
<b>CV%</b>	10,05	10,27	4,81	8,23

M-10 = massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional.\*Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. CV%: Coeficiente de Variação.\*Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV%: Coeficiente de Variação.

As diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo afetaram significativamente o rendimento da MS do milho no ano agrícola 2010/2011. Nos tratamentos PC e M-10, o rendimento foi inferior aos obtidos nos tratamentos SP, M-20 e M-30 (Tabela 3). As diferenças encontradas possivelmente têm origem na maior massa de forragem superficial que ficou no final do ciclo de pastejo dos tratamentos de intensidade moderada e/ou da área sem pastejo, o que pode ter levado a um maior armazenamento de água no solo (Tabela 2).

Em relação aos resultados de massas residuais diferentes, o efeito provavelmente não seja atribuído à taxa de lotação empregada, como Pontes et al. (2004) encontraram, mas sim

ao tempo de pastejo requerido em cada área para poder atingir a massa de forragem desejada pós-pastejo, que variou de 66 a 120 minutos na média dos três anos de avaliação.

Os resultados de MSM do ano agrícola 2010/2011, podem ser explicados pelas observações de Burke et al. (1985), que constataram que quando o estresse se torna mais severo, verifica-se ainda uma aceleração da senescência das folhas a partir da base das plantas, o que pode explicar a produção de MSM do ano agrícola 2010/2011 ser maior que 2009/2010, pois a presença de colmos nas amostras era significativamente maior que de folhas, mas podendo ser atribuído ao intenso ataque da lagarta do cartucho durante seu desenvolvimento.

Os fatos mencionados anteriormente também foram observados por Fancelli (1988) e Coelho et al. (1990), com a mesma cultura, sendo que eles observaram um intenso carregamento de fotoassimilados para as espigas, que já se encontravam em fase de enchimento de grãos. Segundo alguns autores (Marschener, 1995; Malavolta et al., 1997), o estresse hídrico reduz a produção de MSM e a produtividade da cultura do milho e esta redução depende das proporções com que o estresse afeta as áreas de atividade fotossintética.

Em relação às avaliações agrônômicas e aos componentes de produção da cultura do milho para o ano agrícola 2009/2010, pode ser observado que houve diferença significativa na inserção de espigas (IE), massa de mil grãos (MMG), não sendo significativo para número de fileiras de grãos (NFG) e para número de grãos por espigas (NGE) (Tabela 4). Para o ano agrícola 2009/2010, a IE foi menor na área de PC, com 0,62 m de altura, seguido das áreas que receberam as menores intensidades de pastejo, em que o SP ficou em 0,78 m e 0,82 m para M-30 cm, não diferiu estatisticamente da massa de forragem de M-10 cm em 0,89 m, que ficou estatisticamente igual à intensidade de M-20 cm com 0,90 m (Tabela 4). Também pode ser observado para os parâmetros NFG e NGE que não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Em relação à MMG, foram verificadas diferenças significativas nas intensidades de pastejo para o ano agrícola 2009/2010 (Tabela 4), variando de 272 a 311 g no tratamento PC e M-30 cm, respectivamente. O rendimento de grãos de milho também foi influenciado pelo manejo da massa de forragem, variando de 9,6 a 11,6 Mg ha<sup>-1</sup> nos tratamentos PC e M-30 cm, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4. Altura de inserção da espiga (IE, m), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade do milho (PROD, Mg ha<sup>-1</sup>) cultivado em sistema plantio direto sob sistema integração lavoura-pecuária, nos anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011, em diferentes alturas de massas de forragem pós-pastejo.**

Tratamento	IE	NFG	NGE	MMG	PROD
----- 2009/2010 -----					
M-10 cm	0,89ab*	15 <sup>ns</sup>	508	288b	9,9b
M-20 cm	0,90a	15	541	289b	10,9a
M-30 cm	0,82bc	15	496	311a	11,6 a
SP	0,78c	15	515	273b	11,2a
PC	0,62d	14	506	272b	9,6b
Média	0,80	14,8	513,2	287	10,6
CV%	7,59	6,74	9,43	2,34	2,53
----- 2010/2011 -----					
M-10 cm	0,98c	13b	292b	384b	5,6c
M-20 cm	1,07a	14ab	372a	380b	6,7ab
M-30 cm	1,10a	14ab	326b	354c	6,5 b
SP	1,13a	15a	352a	402a	7,2a
PC	1,03c	13b	292b	382b	5,3c
Média	1,06	13,8	327	380	6,3
CV%	4,20	6,07	8,32	1,85	3,56

M-10 = massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional.\*Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. CV%: Coeficiente de Variação.\*Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV%: Coeficiente de Variação.\*Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV%: Coeficiente de Variação.

Com relação aos componentes de rendimento, IE, NFG, NGE e MMG, houve diferenças significativas entre as intensidades de pastejo para o ano agrícola 2010/2011 (Tabela 4). Em relação ao NFG, verificou-se diferença estatística entre as massas de forragem pós-pastejo, em que a variação foi de 13 a 15 fileiras para PC, M-10 cm e SP, respectivamente. O NFG sofreu influência da massa de forragem pós-pastejo no ano agrícola 2010/2011, em que houve variação de 292 a 372 grãos/espiga para as áreas de PC, M-10 e M-20 cm, respectivamente. A MMG é um importante componente da produtividade de grãos, podendo ser afetada por qualquer tipo de estresse que a planta sofra após o florescimento. Para a MMG, o SP foi o que apresentou maior massa de grãos (402g), seguido das massas de forragem M-10 cm, PC e M-20 cm, com 384, 382 e 380 g, respectivamente, e M-30 cm apresentou a menor massa de grãos, com 354g (Tabela 4). De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), o potencial produtivo do milho é definido precocemente, ou seja, por

ocasião da emissão da 4<sup>a</sup> folha, podendo estender-se até a 6<sup>a</sup> folha, principalmente em função da diferenciação da inflorescência masculina antes da inflorescência feminina.

No ano agrícola 2010/2011, a produtividade de grãos de milho foi afetada negativamente com menores massas de forragem pós-pastejo (Tabela 2 e Tabela 4), juntamente com o déficit hídrico. Em função disso, podem ser observadas diferenças significativas na produtividade, com valores variando de 5,3 Mg ha<sup>-1</sup> para PC e 7,2 Mg ha<sup>-1</sup> para o tratamento SP.

#### 4.6 Conclusões

1. Entre os componentes de rendimento da cultura do milho, a MMG e o NGE foram afetados negativamente pelas diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, no ano de baixa disponibilidade hídrica.
2. As menores massas de forragem pós-pastejo (M-10 e PC) limitam a produtividade do milho em sucessão.
3. As menores massas de forragem pós-pastejo (M-10 e PC) não fornecem o aporte ideal de palhada para o SILP-PD.
4. Para o SILP-PD, as alturas de massa de forragem pós-pastejo M-20 e M-30 fornecem palhada suficiente para o sistema sem afetar os rendimentos do milho comparado com areão tratamento SP.

#### 4.7 Referências

- AGUIAR, C.G.A.; SOUZA, A.G.; VICENTE, D. et al. OC 202 – Variedade de milho. Informe Técnico OCEPAR, 14:1-11, 1993.
- ASSMANN, T. S.; RONZELLI JUNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S. & SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. R. Bras. Ci. Solo, 27:675-683, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S010-06832003000400012&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010-06832003000400012&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 07 jan. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832003000400012.

- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. Hill Farming Research Organization/Biennial Report, 1985, 29-30 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, MA-DPP/AS-DRNR/INCRA-RS, 1973, 431 p.
- BURKE, L. L.; GAMBLE, P. E.; HATFIELD, L. L. & QUISENBERRY, L. E. Plant morphological and biochemical responses to field water deficits. *Plant Physiology*, 79:415-419, 1985.
- CARVALHO, M.L.M.; MELO, W.C.M. & PAIVA, L.R. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem na região de Lavras-sul de Minas gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., Londrina, 1996, Anais... Londrina, 1996, 51 p.
- CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C. R.; FLORES, J. P. C.I.; CEPIK, C. T.C.; LEVIEN, R.; LOPES, M. T.; BAGGIO, C.; LANG, C. R.; SULC, R. M. & PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: GOTTSCHALL, C. S.; SILVA, J. L. S. & RODRIGUES, N. C. (Org.). *Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia*. Canoas-RS, 2005, 7-44 p.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. & MAGALHÃES, P. C. Acumulação e distribuição de matéria seca em duas cultivares de milho durante a fase reprodutiva. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 18, 1990, EMCAPA, 1990. 39 p. Documento n.65
- COELHO, A.M. & FRANÇA, G.E. de. Seja doutor do milho: nutrição e adubação. *Informacoes Agronomicas*, Piracicaba, n.71, set. 1995. Arquivo do Agronomo, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 394 p., 2004.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília. Conab, 2012. Disponível em: <

<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2012.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. R. Bras. Ci. Solo, 29:777-788, 2005.

CRUZ, C.D. Programa GENES: análise e processamento de dados baseado em modelos biométricos e em estatística experimental. Viçosa: UFV, 2006. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ENTZ, M.H. et al. Potential of forages to diversify cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal, 94:204-213, 2002.

FANCELLI, A. L. Fenologia do milho. Piracicaba: ESALQ/USP. 1988.

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

KLUTHCOUSKI, J. & YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. & AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 131-141 p.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. de C. A.; SAGRILO, E. & GALVÃO, S.R. da S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. R. Ci. Agronômica, 41:29-35, 2010.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhadas uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. R. Bras. Ci. Solo, 11:71-75, 1987.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. Carbono e nitrogênio adicionados e sua relação com o rendimento do milho e estoques destes elementos no solo em sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 28:175-187, 2004.

- LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. *Ci. Rural*, 38:795-801, 2008. ISSN 0103-8478.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A.de. Avaliação do estado nutricional de plantas, princípio e aplicações. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press Limited, 1995. 889 p.
- MUNDSTOCK, C. M. & SILVA, P.R.F. da. Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos. Porto Alegre : Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul : Evangraf, 2005. 51 p.
- NICOLOSO, R. da S.; LANZANOVA, M. E. & LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. *Ci. Rural*, 36:1799-1805, 2006. ISSN 0103-8478.
- PONTES, L. S.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. & SOARES, A.B. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. *R. Bras. Zootec.*, 33:529-537, 2004.
- RAO, S.C.; PHILLIPS, W.A.; MAYEUX, H.S. & PHATAK, S.C. Potential grain and forage production early maturing pigeonpea in the southern Great Plains. *Crop Science*, 43:2212-2217, 2003.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C. & BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL<sup>TM</sup> para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *R. Bras. Zootec.*, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133-137, 1998.
- SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T. & BALBINO, L.C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 43:115-122, 2008.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. & BEATON, J. D. Soil fertility and fertilizers. 4th ed. New York: Macmillan, 1985. 754 p.
- VEIGA, M.; BALBINOT JUNIOR, A. A. & PANDOLFO, C. M. . Solos manejados em sistema de integração lavoura-pecuária: Aspectos econômicos e ecológicos, com ênfase

para a compactação do solo. In: Osmar Klauber Filho; Alvaro Luiz Mafra; Luciano Colpo Gatiboni. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. 1 ed. Viçosa: SBCS, 2011, v. VII, p. 279-306.



## **5 ARTIGO III – PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS EM DIFERENTES ALTURAS DE MASSA DE FORRAGEM PÓS-PASTEJO E MINERALIZAÇÃO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

### **5.1 Resumo**

Avaliou-se a dinâmica de produção de forragem em pastagem de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), azevém (*Lolium multiflorum* Lam) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.) manejada em diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo, com objetivo de identificar qual a altura de pastejo mais eficiente para produção de fitomassa aérea e qual o efeito do pastejo na massa radicular e a taxa de decomposição das forrageiras hibernais após diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo em SILP-PD. O experimento foi conduzido no município de Mata – RS, em uma propriedade rural, durante os anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011, em Argissolo Vermelho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, utilizando quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, onde não se tinha o controle de deslocamento dos animais e altura de massa de forragem durante o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20), 0,30 m (M-30) e uma área não pastejada. O pastejo adotado foi intermitente, com intervalo médio de 28 dias. Utilizaram-se três vacas da raça Jersey, por tratamento. As determinações efetuadas na pastagem foram: altura do pasto (ALT), massa de forragem disponível (MFD); massa radical (MR); massa seca remanescente (MSR); taxas de decomposição da pastagem (TDP). As alturas observadas de massa de forragem pós-pastejo ficaram próximas da pretendida, havendo uma relação da produção de forragem com a altura de massa de forragem pós-pastejo. A massa seca remanescente teve uma rápida decomposição inicial e estabilizando, ficando ambos com tempo de meia vida entre 11 e 25 dias. A massa radical predominantemente foi maior nos tratamentos com menor altura de massa de forragem pós-pastejo, não havendo uma relação massa de forragem final e massa radical.

**Palavras-chave:** altura do pasto, plantio direto, biomassa radicular, manejo do solo, forragem disponível

## 5.2 Abstract

### PERFORMANCE OF WINTER FORAGE UNDER DIFFERENT FORAGE HEIGHT POST GRAZING AND MINERALIZATION IN CROP-LIVESTOCK SYSTEMS

Forage production was evaluated from pastures with oat (*Avena strigosa* Schreb.), rye grass (*Lolium multiflorum* Lam.) and vetch (*Vicia villosa* L.) managed at different heights of post-grazing residue, in order to identify the best treatment to increase aboveground biomass, grazing effect on root mass and the rate of decomposition of winter forage residues after different post-grazing under SILP-PD. The experiment was conducted in the city of Mata - RS, on a commercial farm during the agricultural years 2009/2010 and 2010/2011, under an Ultisol. The experimental design was a randomized block design using four heights of post-grazing residue: conventional grazing (PC), with an area of 500 m<sup>2</sup>, where there was no control of movement of animals and tall forage during grazing, forage height of 0.10 m (M-10), 0.20 m (M-20), 0.30 m (M-30) and an area not grazed. Rotational stocking was used, with an average interval of 28 days. With three Jersey cows per treatment used. The pasture characteristics studied were: forage height (ALT), available forage biomass (MFD), root biomass (MR), remaining dry mass (RDM) and decomposition rates of forage (TDP). The heights of the observed post-grazing residue were close to the desired, and a relationship between forage production and stubble height was found. The residual straw had a rapid initial decomposition, stabilizing later, with a half-life of between 11 and 25 days. The root biomass was predominantly higher in areas with lower post-grazing residue and no relationship was found between final forage mass and root dry mass.

**Keywords:** height of the grass, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, root biomass, forage mass, forage

## 5.3 Introdução

A produção de leite no Rio Grande do Sul vem crescendo em escala e produtividade, principalmente em regiões tradicionalmente produtoras de grãos. Esse cenário tem provocado mudanças entre produtores, que têm apresentado tendências de utilização de sistemas mais produtivos, muitas vezes substituindo os cereais de inverno por pastagens de outono-inverno.

A disponibilidade das pastagens para alimentação animal na região Sul do Brasil oscila durante o ano em razão da sua produção estacional, que são formadas por espécies forrageiras estivais, perenes e campo nativo, cujo crescimento se concentra nas estações mais quentes do ano. Na primavera e no verão ocorre elevação na disponibilidade forrageira, se não ocorrer déficit hídrico, mas na estação fria há redução na produção de alimentos nestas áreas, ocasionada pelas baixas temperaturas na região Sul do Brasil. Nos meses de abril a setembro, os animais não conseguem consumir pastagens em quantidade e qualidade suficientes para atender suas necessidades nutricionais, o que leva a perdas em massa e produção de leite.

Para suprir essa deficiência, é possível utilizar pastagens de estação fria, como aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia-preta (*Avena strigosa*, Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum*, Lam). Podem compor as pastagens leguminosas de custo baixo de implantação, como a ervilhaca (*Vicia* sp), que é uma forrageira que apresenta alto valor nutritivo e elevado potencial produtivo. Essas pastagens são geralmente manejadas pelo método de pastejo contínuo, com lotação animal variável de acordo com a oferta de forragem e cultivadas preponderantemente sob sistema plantio direto (Cassol, 2003). Considerando a relevância dessas pastagens no contexto agropecuário do Sul do Brasil, é necessário quantificar e avaliar suas características produtivas e a sustentabilidade de seu uso ao longo do tempo, o que é válido tanto em regiões especializadas apenas em pecuária como em áreas de integração lavoura-pecuária (Aguinaga et al., 2008).

Para Carvalho et al. (2010), a sustentabilidade dos sistemas integrados de produção agropecuária tem como fundamento o manejo do solo, das plantas e dos animais de forma que, ao mesmo tempo, não cause restrições ao ambiente radicular e produza quantidades de resíduos suficientes para a consolidação do sistema. Segundo Salton et al. (2002), no sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto (SILP-PD), ocorre aporte diferenciado de resíduos vegetais em relação aos sistemas puros de produção de grãos, tanto na superfície quanto no perfil do solo pelas raízes. Em alta intensidade de pastejo, ocorre maior crescimento radicular (Souza et al., 2008), tanto da pastagem quanto da cultura de grãos integrante do sistema e, com isso, o aporte de matéria orgânica em profundidade será influenciado. Entretanto, a condução desse sistema, com intensidades de pastejo, resultará em adições diferenciadas de resíduos vegetais ao solo além dos resíduos de origem animal.

Segundo Lopes et al. (2009), o SIL-PD proporciona aumento na diversidade de atividades, permitindo maior giro de capital e gerando maior renda por unidade de área, além de possibilitar menor risco econômico às propriedades rurais. Nesse sistema, mais importante que a busca pela maximização da produção em cada um dos segmentos, é a manutenção do

equilíbrio em condições ótimas para que o sistema responda de forma eficiente e se torne sustentável a longo prazo.

O grande desafio nesse sistema é encontrar um nível de biomassa de forragem que concilie elevado desempenho animal, e ao final um ambiente favorável ao alto rendimento da cultura subsequente. Para Lopes et al. (2009), uma das questões centrais no sistema é o nível crítico de biomassa que deve permanecer sobre o solo após a saída dos animais, de maneira a permitir um bom estabelecimento da cultura de verão implantada via semeadura direta. A eficácia do SIL-PD está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, a persistência desses resíduos sobre o solo, a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes (Torres, 2003).

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais é controlada pelas características qualitativas do material vegetal, principalmente pela relação C/N e o teor de lignina, pelo manejo que definirá o tamanho dos fragmentos (Bortoluzzi & Eltz, 2000) que, em conjunto com a ação do clima, principalmente a temperatura do ar e a precipitação pluvial (Espíndola et al., 2006; Torres et al., 2007), influenciam a atividade dos organismos decompositores podendo acelerar ou reduzir o processo de decomposição.

O acúmulo desse material no solo implicará no aumento da matéria orgânica e conseqüentemente na disponibilidade de nutrientes ao sistema (Rezende et al., 2004). Segundo Tisdall & Oades (1982), com a inclusão de gramíneas em sistemas para pastejo, ocorre maior presença de raízes, as quais promovem aumento na proporção de solo rizosférico. Quanto maior a quantidade de raízes, aliado ao corte da parte aérea, provoca-se alta exsudação de compostos orgânicos. Os resíduos vegetais são provenientes da cultura de interesse comercial e da pastagem, cujo maior ou menor aporte será em função da intensidade de pastejo adotada. Gonçalves (2007) salienta que a excessiva utilização da pastagem, por meio de intensidades de pastejo elevadas, tem causado perda de cobertura vegetal, invasão de espécies indesejáveis, erosão do solo e impacto ambiental negativo.

Pelo exposto, acredita-se que a presença de animais em pastejo em áreas de lavoura, aumente a complexidade do sistema. Sendo assim, esse assunto deve ser mais estudado para que possam ser desenvolvidas práticas de manejo do solo, das forrageiras e do animal, que podem colaborar no caso de adoção por parte dos produtores.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de fitomassa aérea, radicular e a taxa de decomposição das forrageiras hibernais após diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo em SILP-PD.

## 5.4 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido de abril de 2009 a novembro de 2011, em área pertencente ao Sítio da Pedra, do Sr. Nelson Pizzani & Família, no município de Mata, na região central do Estado do Rio Grande do Sul (Longitude: 54° 27' 29", Latitude: 29° 34' 07" e altitude média de 103 m). A área utilizada para o experimento estava sendo usada para pastejo nos períodos de inverno e verão, sobre preparo convencional, e a partir de 2009/2010 foi cultivado no sistema plantio direto (SPD). Em abril de 2009, uma área de 0,7 ha foi utilizada para o experimento, em um sistema integrando à produção de grãos com a produção animal na mesma área.

O solo da área experimental é classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico arênico (SiBCS, 2006), com relevo suavemente ondulado e textura arenosa (557 g kg<sup>-1</sup> de areia total). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical (Nimer, 1989). A temperatura média normal do mês mais quente ocorre em janeiro (24,6 °C), e a do mês mais frio, em junho (12,9 °C). As chuvas são distribuídas regularmente em todos os meses do ano, com precipitação pluvial anual oscilando entre 1.500 e 1.750 mm.

Em março de 2009, por ocasião da implantação do experimento, foram amostradas as camadas de solo de 0,0-0,20 m para determinação de atributos químicos, obtendo-se os seguintes resultados: 5,5 pH-H<sub>2</sub>O; 49,4 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich-1); 155,4 mg dm<sup>-3</sup> de K ; 0,5% de matéria orgânica; 1,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup> e 280 g kg<sup>-1</sup> de argila.

A pastagem foi semeada em abril de 2009, sendo constituída por um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.), na proporção de 70 kg ha<sup>-1</sup>, 25 kg ha<sup>-1</sup> e 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis respectivamente, sendo estas semeadas a lanço e incorporadas com ajuda de chuvas. As pastagens receberam somente adubação de cobertura, num total de 90 kg de N ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia, dividida em três aplicações, ou seja, 30 kg de N ha<sup>-1</sup> no perfilhamento da aveia e restante dividido após cada pastejo.

Os pastejos foram realizados em torno dos 70, 100 e 130 dias após a emergência das plantas para as diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo durante os três ciclos de pastejo. O primeiro pastejo foi iniciado no momento em que as plantas apresentavam 0,40 m de altura média e os demais pastejos foram realizados em intervalos de 28 dias, utilizando-se vacas lactantes da raça Jersey, com massa corporal aproximada de 360 kg cada.

A área foi subdividida em quinze unidades experimentais, com auxílio de cercas elétricas, de forma a manter as diferentes alturas de manejo do pasto. O delineamento

experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições, cujas áreas foram dimensionadas em 14 m de largura por 15 m de comprimento. Os tratamentos consistiram de quatro alturas de massa de forragem pós-pastejo, sendo eles: pastejo convencional (PC), com área de 500 m<sup>2</sup>, em que não se tinha o controle de deslocamento e do número de animais e nem altura de massa de forragem durante o pastejo; altura de massa de forragem de 0,10 m (M-10); 0,20 m (M-20) e 0,30 m (M-30). Cada parcela recebeu três animais. Entre os blocos, três faixas dimensionadas em 7 m de largura por 15 m de comprimento, isoladas do pastejo, constituíram o tratamento testemunha (Sem Pastejo = SP).

Para a caracterização da estrutura vertical do pasto, efetuou-se o monitoramento de sua altura pelo uso do método do bastão (*sward stick*), adaptado de Barthram (1985), em que um marcador (lâmina de retroprojeter), desloca-se por um bastão graduado até tocar em alguma superfície foliar do dossel. Esse monitoramento foi realizado antes da entrada dos animais, durante os pastejos e após a saída dos animais, a fim de que as alturas pretendidas fossem mantidas constantes. Os pontos de avaliação foram medidos de forma aleatória, totalizando 30 pontos por unidade experimental, de modo a compor o valor médio de altura do pasto (ALT, cm) em cada unidade experimental.

As estimativas de massa de forragem disponíveis (MFD, Mg de MS ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em intervalos de aproximadamente 28 dias. Após a saída dos animais das parcelas, coletou-se as massas de forragem remanescente (MFR, Mg de MS ha<sup>-1</sup>), para estimar o consumo animal. Para tanto, foram realizados três cortes destrutivos da pastagem em locais aleatórios, delimitados por um quadrado de metal (0,25 m<sup>2</sup>), obtidas por corte com tesoura, rente ao solo. Posteriormente, estas foram pré-secadas em estufa de ar de circulação forçada a 65°C por 72 horas, até que atingissem massas constantes e pesadas em balança de precisão. Após cada saída dos animais das parcelas, foram realizadas medições para identificar a altura da massa remanescente e cronometrado o tempo médio de permanência em cada parcela, sendo média dos três anos de desenvolvimento do trabalho: PC = 120 min.; M-10 = 120 min.; M-20 = 102 min. e M-30 = 66 min.

Para a obtenção dos dados referentes à massa de forragem remanescente (MFR, Mg de MS ha<sup>-1</sup>), foi coletado todo o material existente sobre o solo, delimitados por um quadrado de metal (0,25 m<sup>2</sup>). A coleta foi feita manualmente, com auxílio de uma tesoura, retirando-se toda palhada superficial contida na referida área, totalizando três repetições por tratamento. A primeira coleta do material vegetal presente na superfície do solo foi realizada no dia da dessecação das pastagens = 0 dias após o manejo – DAM; a segunda coleta em 30 DAM; a terceira coleta em 60 DAM; a quarta coleta em 90 DAM e a quinta coleta aos 120 DAM. No

campo, os resíduos foram submetidos à pré-limpeza, por meio de peneiras, para a redução da quantidade de solo aderido e logo acondicionados em sacos de papel e secados em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas até atingir massa constante.

As taxas de decomposição da pastagem (TDP) foram estimadas, ajustando-se ao modelo de regressão não linear aos valores observados, conforme proposto por Wieder & Lang (1982). O modelo ajustado tem a seguinte equação matemática:  $MSR = A e^{-kat} + (100-A)$ , em que MSR = percentagem de matéria seca remanescentes no tempo  $t$  (dias);  $ka$  = taxas constantes de decomposição da matéria seca do compartimento mais facilmente decomponível (100-A) e do compartimento mais recalcitrante (A), respectivamente.

A partir dos valores da constante de decomposição da MS, calculou-se o tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ), ou seja, o tempo necessário para que 50% da MS daquele compartimento seja decomposta. Para este cálculo, utilizou-se a fórmula a seguir, cuja dedução é apresentada em Paul & Clark (1996):  $t_{1/2} = 0,693 / k_a$ .

Para avaliação da biomassa radicular das forrageiras, foram coletados blocos de solo (monólitos) juntamente com as raízes nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm. As dimensões dos monólitos foram de trinta centímetros de largura, por trinta centímetros de comprimento, por cinco centímetros de profundidade. Os monólitos foram armazenados em baldes com água, tendo como objetivo dispersar o solo, em que as raízes foram lavadas em água corrente e separadas do solo, utilizando-se um conjunto de duas peneiras sobrepostas; a superior com malha de oito milímetros e a inferior de dois milímetros. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas e posteriormente pesadas para a determinação da biomassa radicular.

Os dados foram submetidos à análise da variância e, quando significativos, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Utilizou-se o software estatístico GENES (Cruz, 2006) para realização das análises.

## 5.5 Resultados e Discussão

Os ciclos de avaliação ocorreram em três fases do experimento. A primeira fase iniciou-se com a entrada dos animais na pastagem no período de inverno de 2009, a segunda fase no inverno de 2010 e a terceira no inverno de 2011. A entrada dos animais ocorria quando a pastagem apresentava altura média geral de 0,40 m. As médias de alturas do pasto no estágio vegetativo foram próximas das alturas preestabelecidas para a tomada de decisões de entradas e retiradas dos animais das parcelas (Tabela 1).

A relação entre altura de manejo pretendida e a altura observada (medida no pasto) se evidenciou nos três anos de avaliação (Tabela 1). Nas alturas pretendidas de 10 e 30 cm (extremos), é mais difícil de atingir exatamente o pretendido, pois pode ocorrer um consumo excessivo da forragem no caso de 10 cm e no de 30 cm pode haver uma sobra muito grande de massa de forragem (Figura 1).

**Tabela 1 - Altura média observada na pastagem hiberna ao longo do período experimental.**

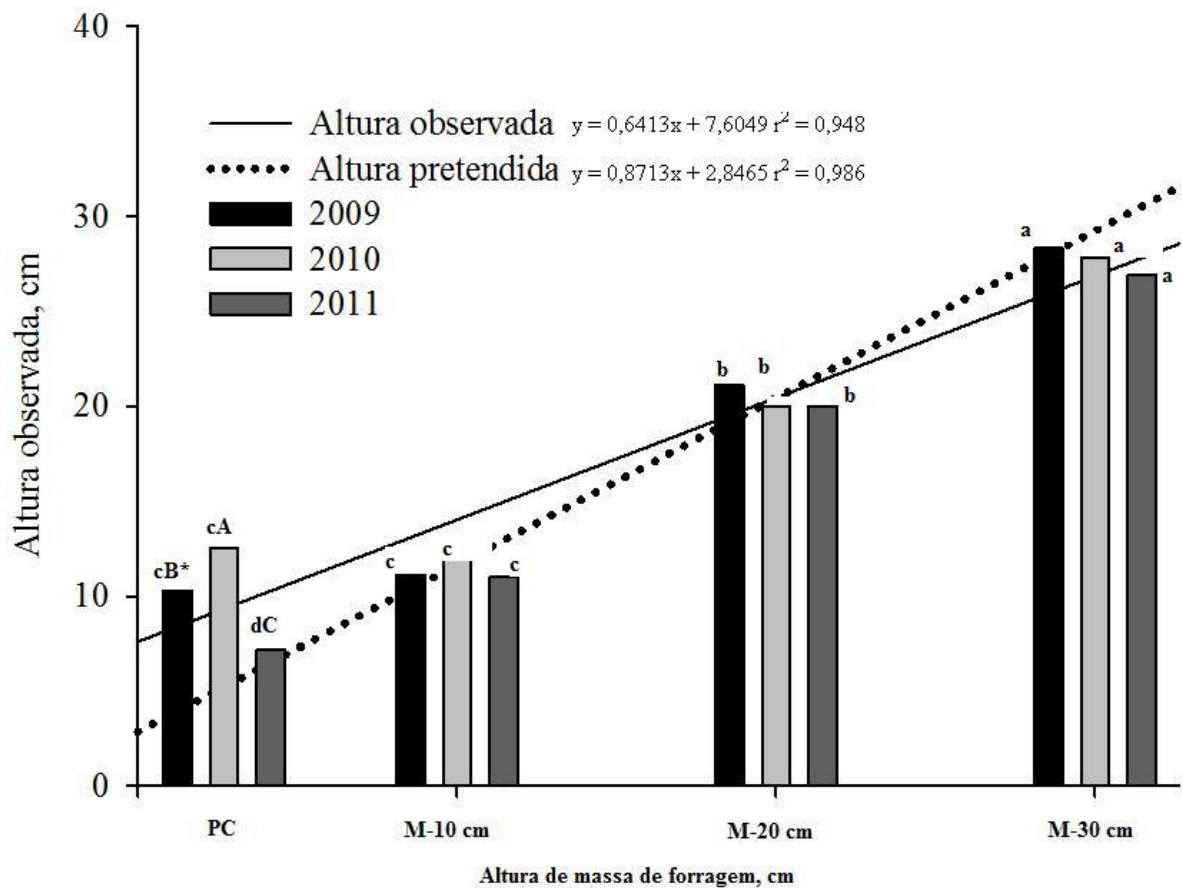
Altura pretendida de massa de forragem pós-pastejo (cm)	Altura efetiva (cm)					
	2009		2010		2011	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
M-10	37,6c*	11,3c	34,8bc	11,9c	35,3a	11,0c
M-20	38,4bc	21,1b	36,8b	20,0b	36,0a	20,0b
M-30	40,3a	28,3a	40,5a	27,8a	37,0a	26,9a
PC	39,6ab	10,3c	34,0c	12,5c	30,4b	7,2d
Média	38,8	17,7	36,5	18,1	34,7	16,3
CV%	3,67	6,35	4,65	8,51	4,72	7,63

\*Letras distintas na mesma coluna diferem ( $p < 0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. CV%: Coeficiente de Variação percentual.

As alturas pretendidas e observadas juntamente com as alturas médias dos três anos de pastejo em forrageiras hibernais sobre diferentes massas de forragem pós-pastejo estão apresentadas na Figura 1. A partir disso, o que pode ser observado é uma relação entre a altura da pastagem e da massa de forragem, sendo esta linear positiva.

Nas alturas observadas, em todas as avaliações, os valores obtidos foram superiores às alturas pretendidas para os tratamentos PC e M-10, havendo uma correlação na altura pretendida e observada no M-20 e ficando abaixo da altura pretendida o tratamento M-30 (Figura 1). Ao longo do período experimental, a altura média da massa de forragem pós-pastejo M-10, M-20 e M-30 não se diferiu, o que não ocorreu no PC, havendo uma diferença entre as alturas médias ao longo do período experimental (Figura 1). Bortolo (1999), estudando a cultivar *Coastcross*, também constatou uma relação linear positiva entre altura das plantas e aumento da massa de forragem.





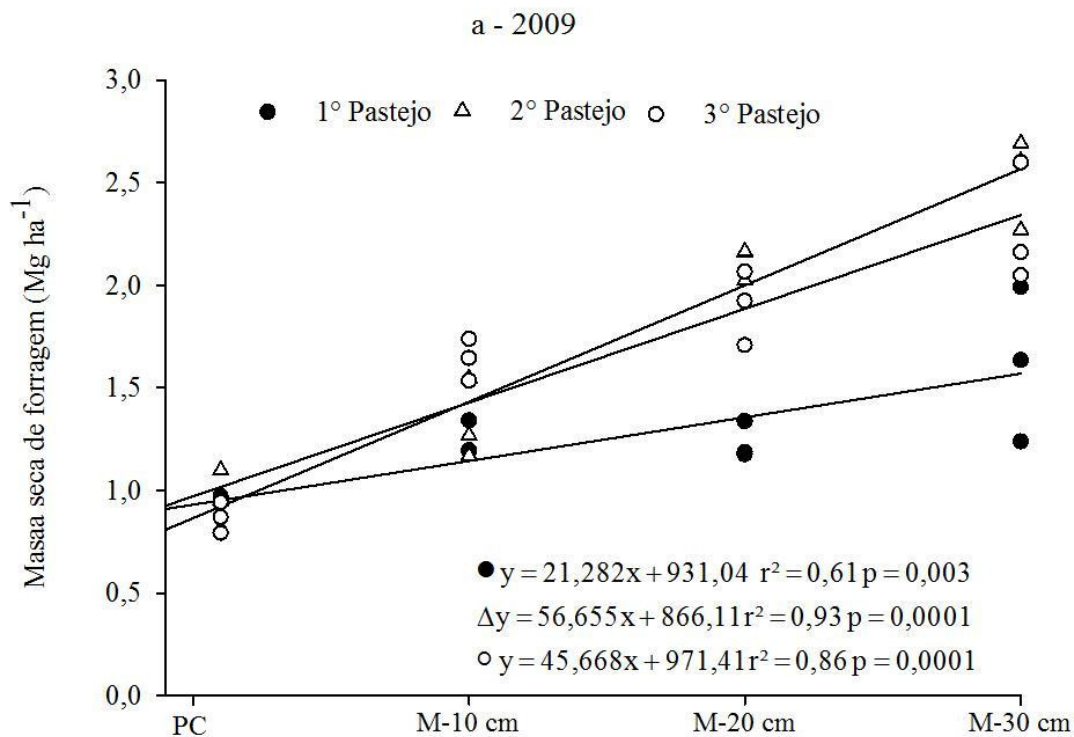
**Figura 1. Relação entre altura do pasto pretendida (.....) e observada (—) (cm) e barras são alturas médias observadas nos três anos de pastagens hibernais sob Integração Lavoura-Pecuária. \*Médias não ligadas pela mesma letra em minúsculo (comparação entre anos) e maiúsculas (comparação entre tratamentos) diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).**

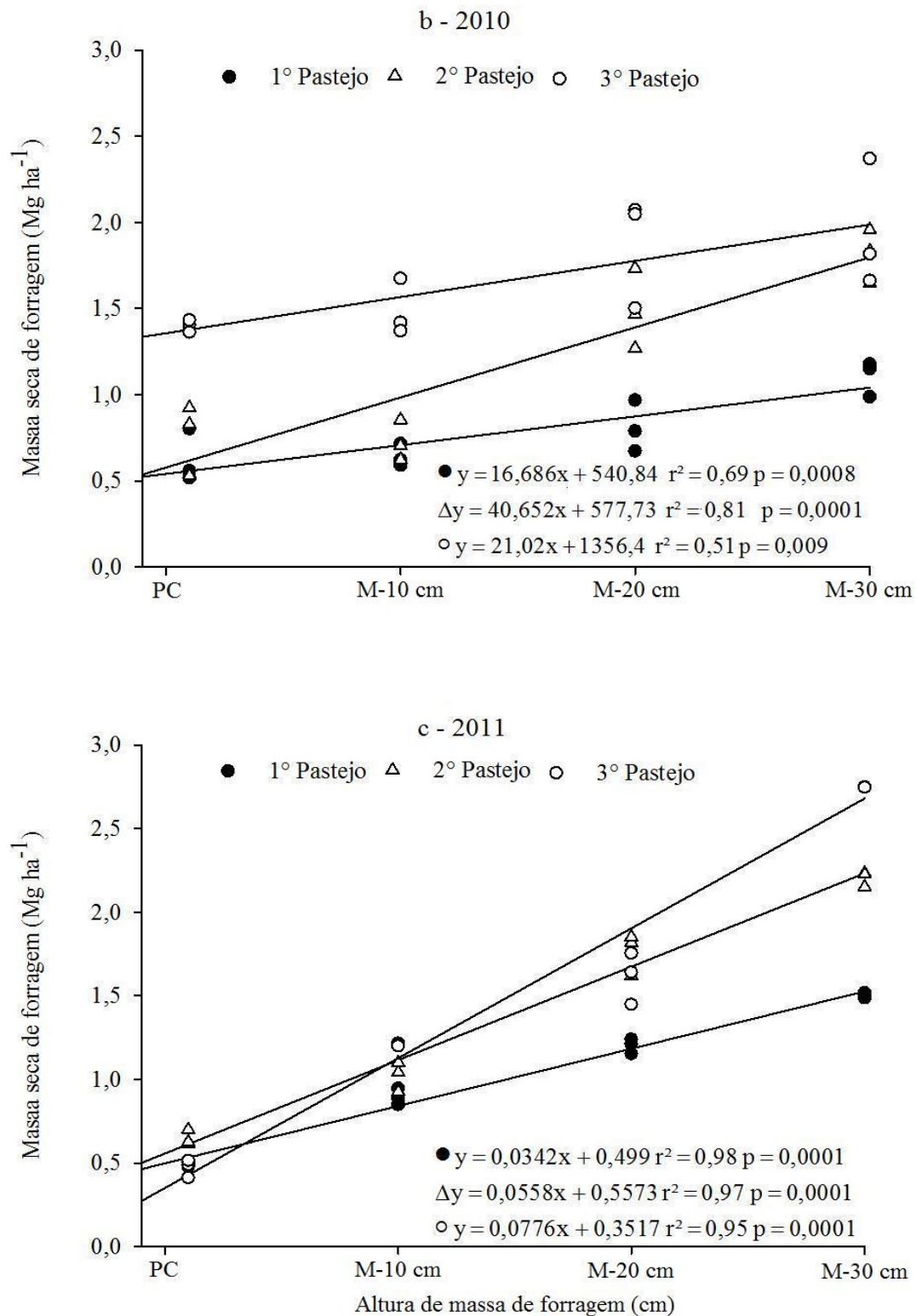
No trabalho desenvolvido por Pontes et al. (2003), em que se avaliaram alturas da forragem de azevém entre 5 e 20 cm, perceberam-se o melhor desempenho de borregos inteiros em pastos mantidos com 13,7 cm e melhor produção por área em altura de 11,7 cm. A massa de forragem pós-pastejo nos três anos de experimento apresentou diferença significativa para ambos os pastejos (Figura 2). Durante o período experimental, o PC foi o que menos se destoou na massa de forragem pós-pastejo, exceto no terceiro pastejo do ano 2010 (Figura 2b), o que pode ser observado na Figura 2, pois com o aumento da altura da massa de forragem, existe uma relação com a massa de forragem remanescente, principalmente no M-20 e M-30. Resultados estes foram semelhantes aos encontrados por Aguinaga et al. (2008), que trabalharam com morfologia e produção de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas, e os resultados obtidos por Cano et al. (2004), os

quais avaliando capim Tanzânia sob pastejo contínuo demonstraram a relação linear entre a altura da pastagem e a massa de forragem.

As áreas pastejadas intensamente pelos animais não terão aproveitamento máximo de sua forragem, pois ocorreram perdas pelos deslocamentos, pisoteio, dificuldades na apreensão da forragem e senescência das folhas mais velhas. Isso pode explicar o comportamento da produção de forragem (proximidade dos pontos) dos tratamentos PC e M-10 nos três anos de experimento (Figura 2a, b e c). Essa massa final de forragem pode estar relacionada às perdas causadas primeiramente pelo deslocamento na procura por alimento, depois pela baixa disponibilidade de forragem e ainda no PC por não haver limitação de área e carga animal e, no caso M-10, pelo tempo de permanência dos mesmos na área para atingir objetivo proposto.

Para Marcelino et al. (2006), a intensidade pós-pastejo consiste em uma característica de grande relevância, pois ocasiona alterações nas características morfofisiológicas da planta. Isso pode estar relacionado à alta massa de forragem nos tratamentos M-20 e M-30.





**Figura 2.** Massa de forragem remanescente em cada ciclo de pastejo após a saída dos animais nas diferentes alturas de massa de forragem pós-manejo de pastagens hibernais sob Integração Lavoura-Pecuária para os anos 2009 (a), 2010 (b) e 2011 (c).

A Tabela 2 apresenta os valores de alturas observadas (AO), massa de forragem disponível (MFD) e massa seca remanescente (MSR). Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para AO no primeiro pastejo, nos tratamentos que receberam pastejo no ano de 2009, tendo uma altura média de 31,4 cm. Não houve diferença ( $p < 0,05$ ) para AO no segundo pastejo e com diferença significativa na AO para o terceiro pastejo, com média de 46,2 cm, fase essa de estágio reprodutivo, ficando à média das alturas das pastagens, pouco superiores às alturas pretendidas, o que está atrelado à maior dificuldade de manejo (Tabela 2). Os resultados deste experimento corroboram os obtidos por Baggio et al. (2009), que afirmaram que no estágio reprodutivo, as médias das alturas do pasto foram pouco superiores às alturas pretendidas.

Em relação à MFD houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, isso se confirma em todos os pasteios realizados no ano de 2009. Mas, como se demonstra na Tabela 2, não houve diferença significativa entre os tratamentos que receberam pastejo. A área SP se destaca em maior produção de MS, devido ao acúmulo que ocorre durante o ciclo das forrageiras, já que a mesma não recebe pastejo.

Nas maiores alturas, maior proporção de forragem produzida foi destinada à manutenção de maior massa de forragem pós-pastejo, conseqüentemente foi observado, mas não quantificado, perdas pelos processos de senescência nas áreas que mantiveram esse maior aporte de massa. Observações estas condizem com que Fagundes et al. (1999) mencionam, que as pastagens submetidas a alta intensidade de pastejo apresentam baixo crescimento, mas em contrapartida pequena senescência. Os valores das alturas observadas nos pastos nos anos de 2010 e 2011 para o primeiro pastejo ficaram próximos dos valores pretendidos, não apresentando diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) para ambos os anos, o que não se repetiu nos demais períodos de pastejo para os anos de 2010 e 2011. Houve aumento linear ( $p < 0,05$ ) da MFD quando foi observada diminuição da altura de manejo das pastagens para o primeiro pastejo de 2010 (Tabela 2), isso pode estar atribuído à forma de implantação das forrageiras, sendo que menor MSR (Tabela 2), maior área de solo descoberta, facilita a germinação e desenvolvimento das plantas forrageiras. No segundo pastejo, houve novamente uma diminuição linear, mas não significativa na MFD da menor para maior altura de massa de forragem pós-pastejo, ficando abaixo dos demais o PC (Tabela 2).

A MSR teve resposta linear e positiva ( $p < 0,05$ ) ao aumento das alturas de massa de forragem pós-pastejo. Os valores encontrados variaram de 0,55 a 10,1 Mg de MS ha<sup>-1</sup>, da menor para a maior altura, respectivamente, o que pode ser explicado pelo estágio reprodutivo das forrageiras. A MSR neste sistema é muito importante, pois sua presença na superfície do solo funcionará como uma barreira amortecedora ao pisoteio dos animais. Os resultados de

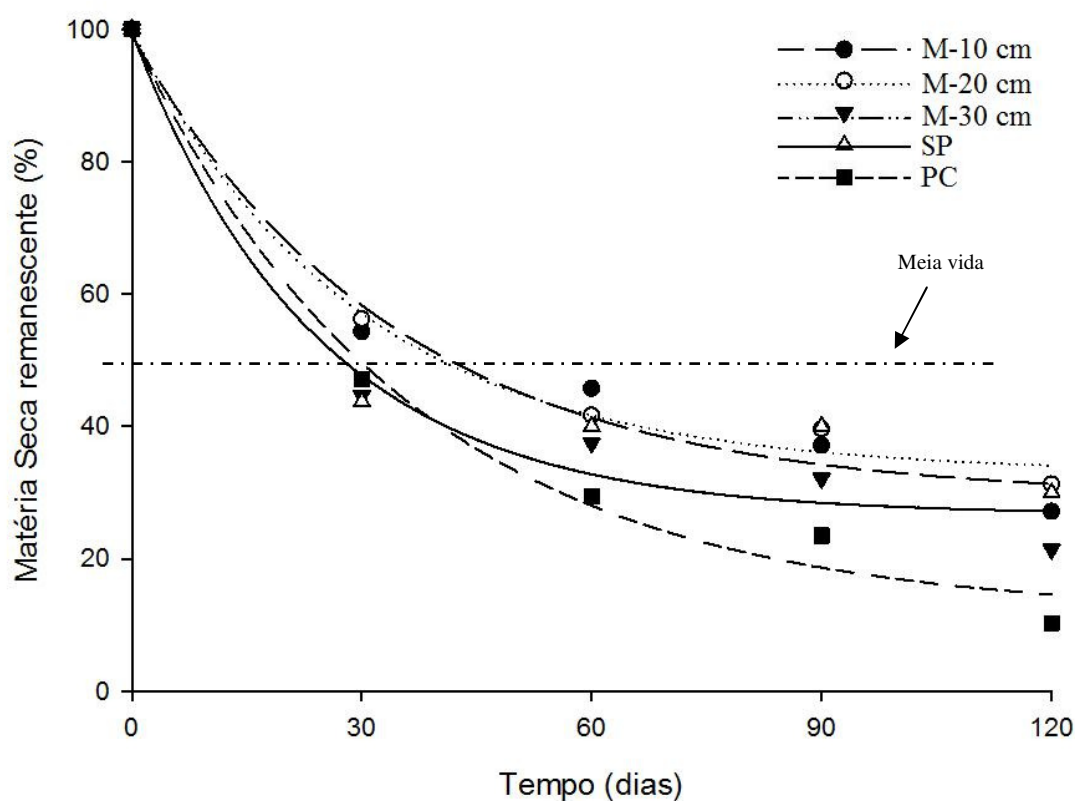
MSR encontrados do decorrer do experimento corroboram com os Flores et al. (2007), pois os mesmos obtiveram quantidades de palhada na superfície do solo após término dos pastejos, variando de 1,8 a 5,4 Mg de MS ha<sup>-1</sup>, da maior para a menor intensidade de pastejo, respectivamente, e 6,0 Mg de MS ha<sup>-1</sup> na área sem pastejo. Levando em consideração apenas a produtividade obtida pela cultura em sucessão à pastagem, Assmann et al. (2003) consideraram que quantidades acima de 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> são suficientes para o plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária, o que pode ser encontrado com maior significância nos tratamentos que receberam as menores intensidades de pastejo.

**Tabela 2 – Altura observada (AO, cm) e produção de MS (MFD, Mg ha<sup>-1</sup>) e massa seca remanescente (MSR, Mg ha<sup>-1</sup>) durante os períodos de pastejo nos diferentes anos agrícolas.**

Altura pretendida de massa de forragem pós- pastejo (cm)	Parâmetros avaliados						
	1° Pastejo		2° Pastejo		3° Pastejo		MSR
	AO	MFD	AO	MFD	AO	MFD	
<b>2009</b>							
M-10	31,8ab*	2,5a	38,7 <sup>ns</sup>	1,7b	42,4b	1,2b	1,1c
M-20	30,3b	2,3ab	39,5	1,7b	45,6ab	0,61b	2,4b
M-30	32,3a	2,4a	39,2	1,8b	49,3a	0,62b	2,2b
PC	31,4ab	2,0b	39,8	1,3b	47,7a	1,0b	0,55c
SP		2,0b		3,3a		4,7a	9,2a
Média	31,4	2,2	38,7	1,9	46,2	1,6	3,1
CV%	5,09	5,02	4,83	16,69	6,61	17,14	8,13
<b>2010</b>							
M-10	38,3	1,8ab	28,1b	1,4b	38,0d	1,9b	2,2cd
M-20	36,9	1,6ab	27,8bc	1,1b	45,7b	1,5b	2,9bc
M-30	38,3	1,6ab	32,2a	1,0b	51,1a	1,7b	3,6b
PC	35,9	2,2a	24,2c	0,53c	42,1c	1,4b	2,0d
SP		1,4b		3,4a		4,6a	8,1a
Média	38,3	1,7	28,1	1,5	44,2	2,2	3,8
CV%	9,80	16,96	10,79	12,60	6,00	15,93	7,52
<b>2011</b>							
M-10	35,4	2,1a	38,2a	1,2c	31,1b	1,3b	1,9b
M-20	31,6	1,9ab	38,2a	1,3c	38,2a	0,71d	2,1b
M-30	32,8	2,0a	41,7a	1,1c	36,8a	0,87cd	2,0b
PC	31,9	1,8b	33,4b	1,8b	25,9c	1,0c	2,1b
SP		2,0a		3,8a		4,8a	10,1a
Média	35,4	2,0	37,9	1,8	33,0	1,7	3,6
CV%	9,72	5,28	9,42	8,75	8,94	5,32	3,92

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). CV%: Coeficiente de Variação percentual.

A manutenção de massa de forragem resultante do diferimento pós-pastejo em SILP atua como barreira física na diminuição do impacto animal direto sobre o solo, no controle da erosão, aumenta a infiltração de água e reduz as perdas de água por evaporação direta (Garcia-Prézac et al., 2004). Por isso, é relevante conhecer sua persistência na superfície do solo. Na Figura 3 pode ser observado que a cinética do processo de decomposição da massa seca remanescente apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta, com maior expressão nas áreas que não receberam pastejo, e sucessivamente das que ficaram com maior massa de forragem pós-pastejo.



**Figura 3 - Matéria seca remanescente das plantas forrageiras hibernais, em avaliações realizadas no campo até 120 dias após a semeadura da cultura do milho no ano de 2010.**

Para Pegado et al. (2008), esse comportamento de decomposição intensa na fase inicial é justificada pela ação dos microrganismos em degradar os constituintes menos resistentes da matéria seca, como a celulose, favorecendo oxidações química e bioquímica, conseqüentemente havendo uma redução significativa da palhada em superfície. Essa fase é uma das etapas mais importantes na ciclagem de nutrientes, sendo dependente da composição dos tecidos, das condições ambientais e dos microrganismos do solo (Swift et al., 1979). A

Figura 3 confirma o que estes autores relatam, pois aos 30 dias, 56,3% da massa de forragem remanescente do SP já tinha sido decomposta, seguido o tratamento M-30 em 55,4%, PC 52,9%, M-20 43,8% e com menor decomposição na área M-10, com 45,7%. De forma similar, 30 dias após a deposição da massa seca sobre o solo, Bortolini et al. (2000) verificaram 52,5% de resíduo remanescente de aveia preta sobre o solo, o que está próximo dos resultados encontrados no trabalho. Aita & Giacomini (2003) também observaram maior velocidade de decomposição dos resíduos nos primeiros 15 dias de avaliação.

A presença dos animais por maior tempo reduziu a velocidade de decomposição da massa forragem pós-pastejo em relação à área SP e M-30. Desta forma, a curva de decomposição do M-10 e M-20 situou-se em um patamar acima do observado na SP e M-30 (Figura 3), assim como o tempo de meia vida destes tratamentos foi maior quando comparado com o SP e M-30 (Tabela 3). Esse resultado pode estar evidenciado pela maior produção de MS que da área SP e com maior massa de forragem pós-pastejo do M-30, o que possivelmente influenciou na temperatura, na umidade do solo e na maior ciclagem de nutrientes, proporcionando condições favoráveis aos microorganismos decompositores, levando a uma velocidade maior de decomposição dos resíduos em superfície do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Medrado et al. (2011), que trabalharam com decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho.

**Tabela 3 - Parâmetros do modelo ajustado aos valores medidos de matéria seca remanescente (MSR) e tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) de cada compartimento em cada tratamento.**

Altura de massa de forragem pós-pastejo (cm) <sup>(1)</sup>	100-A	A	$k_a$	$t_{1/2}$	$r^2$
	----- % -----		dia <sup>-1</sup>	dias	
M-10	28,08a <sup>(2)</sup>	71,15b	0,0288b	25,23 <sup>ns</sup>	0,98
M-20	31,78a	67,97b	0,0323b	22,73	0,99
M-30	26,15a	73,39b	0,048ab	16,98	0,98
SP	35,23a	64,65b	0,064a	11,28	0,98
PC	12,60b	86,76a	0,0297b	23,66	0,99

<sup>(1)</sup>M-10 = massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional. <sup>ns</sup> = não significativo.

<sup>(2)</sup>Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

No PC, o compartimento mais facilmente decomponível (A) representou 86,76% da MS da forragem pós-pastejo, cuja taxa constante de decomposição ( $k_a$ ) foi de 0,0297 dia<sup>-1</sup>, o que resultou num tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) da MS deste compartimento de 23,66 dias (Tabela

3). O compartimento mais facilmente decomponível (A) dos demais tratamentos não apresentou diferença estatística entre os mesmos. Mas, em relação à taxa constante de decomposição ( $k_d$ ) foram semelhantes no SP e na M-30, o qual não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 3). O  $t_{1/2}$  entre os tratamentos não apresentou diferença estatística, mesmo havendo uma variação de 11,28 a 25,23 dias, o que pode estar atribuído ao coeficiente de variação que foi de 26,37%.

Aos 120 dias, quando finalizaram as coletas por motivo do estabelecimento das forrageiras de inverno do próximo cultivo, pôde ser observado que o PC apresentou a maior decomposição com 89,7% (Figura 3), isso pode ser atribuído ao maior contato dos resíduos vegetais com o solo, devido ao baixo aporte de massa de forragem. Segundo Brady & Weil (2002), as taxas típicas de decomposição anuais dos vegetais são da ordem de 85%, valores estes semelhantes aos encontrados neste trabalho (Figura 3). Mas, segundo Vanlauwe et al. (1997), ainda não existe um consenso em relação ao melhor indicador de decomposição.

A massa radical (MR) apresentou-se em menor quantidade na camada de 0,05 a 0,10 m, quando comparada à observada na camada 0,0 a 0,05 m (Figura 4). Isso indica que o sistema radicular das espécies que compõem as pastagens hibernais do local, predominantemente gramíneas, concentra-se superficialmente. Os resultados encontrados (Figura 4) concordam com os que Gomar et al. (2002) encontraram trabalhando com pastagem nativa e pastagens de inverno no Uruguai, os quais observaram que 82% da biomassa radicular encontrava-se na profundidade de 0,0-0,10m, com 70 e 12% encontrado nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente. Segundo Da Silva & Nascimento Junior (2006), com submissão frequente e intensos pastejos, as forrageiras possuem uma maior porção de seu sistema radicular concentrada próximo da superfície do solo comparativamente àquelas submetidas a desfolhações menos frequentes e menos intensas ou sob condições de crescimento livre. Isso pode ser confirmado na Figura 4, em que a produção de MSR tem um comportamento de crescimento aleatório das áreas SP, M-30, M-20, M-10 e PC, respectivamente.

A concentração das raízes na camada superficial pode ser explicada devido às plantas que compõem o dossel vegetativo apresentarem raiz do tipo fasciculada, não atingindo grandes profundidades. Outro fator relevante do agrupamento de raízes na camada superficial pode ser a concentração superficial de nutrientes, pois as adubações foram realizadas em cobertura e, como se sabe, o próprio SPD concentra seus nutrientes na camada superior do solo. Segundo Carvalho (1999) e Bono et al. (2000), a camada de 0-20 cm de solo seria a

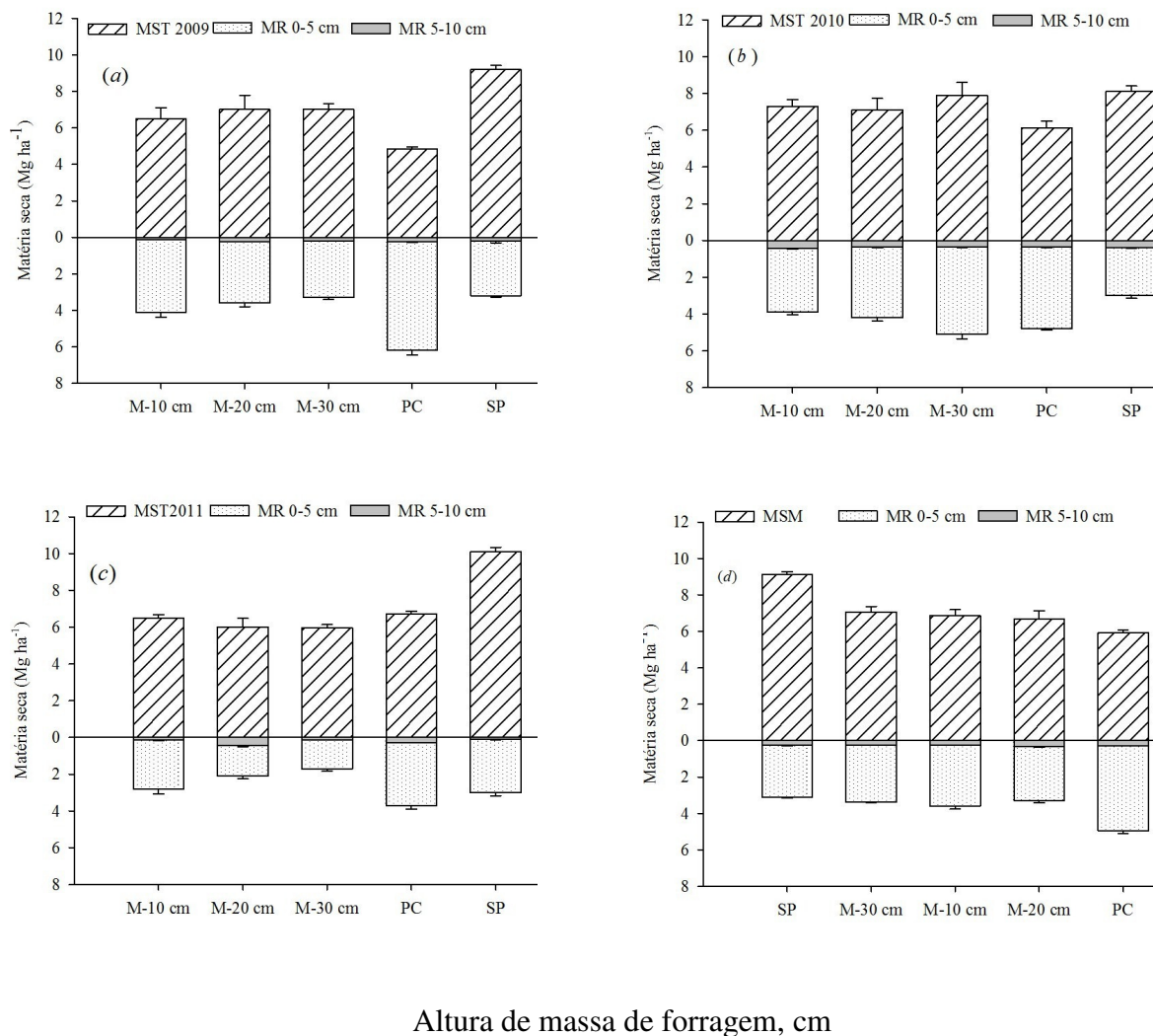


responsável pela maior proporção do volume de massa radicular de gramíneas, talvez devido à concentração de nutrientes nesta camada do solo.

Verifica-se que as quantidades de raiz na área com menor massa de forragem pós-pastejo (PC) supera as demais áreas de pastejo, inclusive a área SP na profundidade 0,0 a 0,05 m, exceto na figura 4b que o M-30 se destacou na MR (Figura 4). Os valores para MR encontrados neste estudo para as duas profundidades de avaliação estão de acordo com Conte et al. (2011), que trabalharam com oferta de forragem por longo tempo em pastagem natural e acharam as maiores MR nas menores ofertas de forragem. No mesmo trabalho, os autores relatam que na área testemunha a quantidade de raízes superficiais é menor, mas o diâmetro das mesmas foi maior, o que elevou a massa de raiz da área que fazia 22 anos que estava isolada. Dovrat et al. (1980) observaram que a redução de massa seca de raízes é proporcional à desfolha, sendo o efeito mais significativo sobre o sistema radicular durante a primeira e segunda semana após a desfolha ou pastejo. Depois do estresse sofrido pela planta ocorre um incremento da massa radicular, que é relativamente constante e proporcional ao crescimento aéreo. As afirmações destes autores podem ser observadas na Figura 4.

Segundo Richards (1993), quando gramíneas que sofrem um período de descanso são depois pastejadas, uma grande proporção de raízes morrem dentro de poucas horas da remoção das folhas, a fim de equalizar a biomassa. O mesmo autor ainda salienta que o efeito poda de raízes é regenerativo e não degenerativo. Estas "raízes podadas" têm a função de fornecer valiosa matéria orgânica que melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Entretanto, o sistema radicular das espécies forrageiras é o compartimento menos estudado do ecossistema pastoril. Dentro desse contexto, pouco se conhece dos efeitos de práticas de manejo da parte aérea das pastagens sobre a dinâmica do sistema radicular.



Altura de massa de forragem, cm

**Figura 4. Produção de biomassa aérea (MST) e massa radical (MR) de espécies hibernais durante os períodos de pastejo nos anos agrícolas (a = 2009; b = 2010; c = 2011 e d = média dos três anos). Barras coincidentes não apresentam diferença estatística significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.**

## 5.6 Conclusões

1. A massa de forragem remanescente está relacionada com altura de massa de forragem pós-pastejo.
2. A massa de forragem remanescente dos tratamentos M-20 e M-30 durante o experimento permite atingir a quantidade de palhada preconizada para a realização do SILP-PD.
3. As taxas de decomposição foram afetadas pelas altas intensidades de pastejo.
4. Os tratamentos sem pastejo apresentaram maiores taxas de decomposição, possivelmente pelas condições ideais para os microorganismos do solo.

## 5.7 Referências

- AGUINAGA, A.A.Q; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1523-1530, 2008.
- AITA, C., GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.601-612, 2003.
- ASSMANN, T. S.; RONZELLI JUNIOR, P.; MORAES, A. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.675-683, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S010-06832003000400012&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010-06832003000400012&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 07 jul. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832003000400012.
- BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C. de F.; SILVA, J.L.S. da; et al. Padrões de deslocamento e captura de forragem por novilhos em pastagem de azevém-anual e aveia-preta manejada sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.215-222, 2009.
- BARTHAM, G.T. **Experimental techniques: the HFRO sward stick**. Hill Farming Research Organization/Biennial Report, 1985. p.29-30.
- BONO, J.A.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. CD-ROM. Forragicultura.
- BORTOLO, M. **Avaliação de pasto de coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) em níveis de matéria seca sob pastejo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1999. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 1999.
- BORTOLUZZI, E.C.; ELTZ, F.L. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia-preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.449-457, 2000.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soil. **13 ed. Prentice-Hall**, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, MA-DPP/AS-DRNR/INCRA-RS, 1973. 431p.

- CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W. et al. Valor nutritivo do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1959-1968, 2004 (Suplemento 2).
- CARVALHO, M.C.S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
- CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. et al. Managing grazing systems: Reaching nutrient cycling and soil improvement with pasture management. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 88, p. 259-273, 2010.
- CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário em superfície**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 143p. (Tese de Doutorado)
- CONTE, Osmar et al. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. vol.35, p.579-587, 2011,. ISSN 0100-0683.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES: análise e processamento de dados baseado em modelos biométricos e em estatística experimental**. Viçosa: UFV, 2006. 1 CD-ROM.
- DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JR., D. do. Ecofisiologia de Plantas Forrageiras. In: PEREIRA, O.G., OBEID, J.A., NASCIMENTO Jr., D. FONSECA, D.M., (Eds.). Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, III, Viçosa, 2006. **Anais...** Viçosa : UFV, 2006, p.1-42, 430p.
- DOVRAT, A., DAYAN, E., VAN KEULEN, H. Regrowth potential of shoot and of roots of Rodes grass (*Chloris gayana*) after defoliation. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v.28, p.185-199, 1980.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.321-328, 2006.
- FAGUNDES, J.L., SIVA, S.C., PEDREIRA, C.G.S. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, v.56, p. 897-908, 1999.
- FLORES, J.P.C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-

06832007000400017&script=sci\_arttext&tlng=e>. Doi: 10.1590/ S0100-06832007000400017.

- GARCÍA-PRECHAC, F. et al. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. **Soil and tillage research**, v. 77, p.1-13, 2004
- GOMAR, E. P.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. et al. Atributos do solo e biomassa radicular após quatro anos de semeadura direta de forrageiras de estação fria em campo natural dessecado com herbicidas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 211-223, 2002.
- GONÇALVES, E.N. **Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da Depressão Central do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 138p. (Tese de Doutorado)
- LOPES, M.L.T; CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I. 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**, v.39, p. 1499-1506, 2009.
- MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.
- MEDRADO, R.D.; CARVALHO, P. C. de F.; MORAES, A. de. et al. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.12, p.097-107, 2011.
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2.ed. Califórnia, Academic Press, 1996. 340p.
- PEGADO, C. M. A.; BARBOSA, L. J. N.; MENDES, J. E. M. F.; SOUTO, P. C; SOUTO, J. S. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 21, p. 218-223, 2008.
- PONTES, L. S.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. de F. et al. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.529-537, 2003.
- REZENDE, L.A.; ASSIS, L.C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Biores. Technol.**, v. 94, p.159-167, 2004.
- RICHARDS, J.H. **Physiology of plants recovering from defoliation**. In: Grassland for Our World (ed. BAKER, M.J.), SIR Publishing, Wellington NZ, p.46-54, 1993.
- SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z. et al. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, v. 69, p.32-34, 2002.
- SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; LIMA, C.V.S.; et al. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a diferentes

intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1273-1282, 2008.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley, University of California Press, p.66-117. 1979.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. **J. Soil Sci.**, v. 33, p.141-163, 1982.

TORRES, J.L.R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no Cerrado, na região de Uberaba – MG**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2003. 108p. (Tese de Doutorado)

VANLAUWE, B.; DIELS, J.; SANGINGA, N. et al. Residue quality and decomposition: An unsteady relationship? In: CADISCH, G.; GILLER, K.E., eds. **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. Wallingford, CAB International, p.157-166. 1997.

WIEDER, R.K. ; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63, p.1636-1642, 1982.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Integração entre os sistemas podem ser muito complexo, dependendo da natureza dos componentes escolhidos, dos objetivos envolvidos e da cultura agrônômica predominante em cada região (Keulen & Schiere, 2004). No entanto, a adoção do SILP é muito pequena, provavelmente pela sua complexidade e por falta de trabalhos mais detalhados a nível de instituições e em especial a nível de propriedade, onde deve-se procurar o envolvimento de órgãos de assistência técnica, para haver uma difusão das técnicas entre as propriedades rurais para que o sistema não seja comprometido.

A adoção do SILP-PD em pequena propriedade, que tem a atividade leiteira como principal fonte de renda, se torna mais complexa ainda. Pois a produção de leite é baseada em pastagens, e essa desde que manejada corretamente, há grande deposição de resíduos vegetais sobre o solo. Com isso, o solo fica protegido da erosão havendo um aumento nos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, etc. Mas para que haja sucesso na adoção do SILP, mais estudos ainda tem que ser realizados, por que se conhecem valores isolados de cada atividade.

Em SILP-PD, é fundamental saber e/ou determinar a quantidade de massa seca residual ideal para cobertura do solo na semeadura da cultura sucessora; conhecer a influência que a pastagem pode exercer na cultura sucessora; conhecer melhor a ciclagem de nutrientes no sistema; conhecer a necessidade de cada nutriente no sistema, principalmente o nitrogênio. Além disso, quando o sistema for adotado em pequenas propriedades, principalmente com atividade leiteira, deve-se estudar forragens e/ou culturas para sucessão, pela dificuldade de uma rotação de cultura como pode ser realizada em grandes áreas comerciais, para que o sistema se mantenha produtivo ao longo dos anos, melhorando a qualidade do solo. Para que a adoção do sistema resulte em melhorias significativas na sustentabilidade sócio-econômica e ambiental, devem-se concentrar esforços nos fatores que limitam a adoção do mesmo.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. L. et al. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.519-531, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832004000300013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000300013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 12 jan. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832004000300013.
- AITA, C. et. al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio em plantio direto para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 135-140, 1996.
- AMADO, T. J. C. et al. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, p. 179-189, 2000.
- ANGHINONI, I. et al. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: Da Fonseca, A.F.; Caires, E.F.; Barth, G. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. AEACG/Inpag: Ponta Grossa, 2011.
- ARAÚJO, A. A. **Melhoramento de campo nativo**. Porto Alegre: Sulina, 1965. 157 p.
- ASSMAN, A. L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção de pastagem e animal em área de integração lavoura-pecuária**. 2002. --- f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná, 2002.
- ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S. **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49 p. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/integracao\\_lavpecuaria.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/integracao_lavpecuaria.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- BAYER, C; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p. 105-112, 1997.
- BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 2, p. 47-50,1989.
- BRAIDA, J.A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do**

Solo, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-6832006000400001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-6832006000400001&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 19 jan.2012. doi: 10.1590/S0100-06832006000400001.

BREMM, C. **Relação planta-animal em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) com ovinos sob níveis de suplemento.** 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

CANTO, M. W. et al. Produção de cordeiros em pastagem de azevém e trevo-branco sob diferentes níveis de resíduos de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 309-316, 1999.

CARVALHO, P. C. F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. Amsterdã, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/0315261455v540m1/>>. Acesso em: 03 fev. 2012. doi: 10.1007/s10705-010-9360-x.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: Evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: Ceretta, C. A.; Silva, L. S.; Reichert, J. M. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5, p.333-370, 2007.

CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície.** 2003. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003.

CHAPMAN, D; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Palmerston North. **Proceedings...** p. 95-104. 1993.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

CORSI, M.; PENATI, M. A. Condições técnicas para localização e instalação da exploração leiteira. In PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. **Planejamento da exploração leiteira.** Piracicaba, Fealq, p. 7-55, 1998.

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.3-42. Está faltando nome do evento e deve está em letra maiúscula

DOUGLAS, J. T.; CRAWFORD, C. E. Soil compaction effects on utilization of nitrogen from livestock slurry applied to grassland. **Grass and Forage Science**, v. 53, p. 31-40, 1998.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 259-267, 1989.

ENCYCLOPEDIA. Agriculture. Microsoft® Encarta® Online Encyclopedia. [http://encarta.msn.com/text\\_761572257\\_3/Agriculture.html](http://encarta.msn.com/text_761572257_3/Agriculture.html) 2005.

ENTZ, M. H. et. al. Evolution of integrated crop-livestock production systems. In: McGilloway, D. A. (Org.). **Grassland: a global resource**. Wageningen, p.137-148. 2005.

FANCELLI, A. L. Silagem de milho de alta qualidade. In: **CAD-Tecnologia da Produção de Milho**, Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2003, 38p. (módulo 9).

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

FERREIRA, E. V. O. **Dinâmica de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de pastejo**. 2009. – f. Dissertação (Mestrado em ) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FLOSS, E. L. Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp) e azevém (*Lolium* sp). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988, p. 231-268.

FONTANELI, R.S. et al. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto**. Embrapa Trigo, Passo Fundo. 2000.

GARCIA, R. et al. Forrageira utilizadas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A. da; AGNES, E. L. (eds.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa-MG: UFV, p. 331- 352, 2004.

GATIBONI, L. C. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, v. 22, p. 45-53, 2009.

KEULEN, H., SCHIERE, H. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: . INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 4., 2004, Australia. **Proceedings ...** 2004.

LANG, C. R. **Pastejo e nitrogênio afetando os atributos químicos do solo e rendimento de milho no sistema de integração lavoura-pecuária.** 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: Dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, **Proceedings**, 2001. P. 29-37.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 28, p. 175-187, 2004.

MACHADO, M. L. . et al. A integração lavourapecuária na agricultura familiar do Sudoeste do Paraná. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, p.253-283, 2002.

MARCHÃO, R. L.et. al.. Qualidade física de um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 873-882, 2007.

MIELNICZUK J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al (eds) **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: UFV, 2003. v. 3. P. 209-248

MITTELMANN, A. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 684-690, 2005.

MOARES, A. de; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, p. 129-149. Falta local e número do evento, editora

MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 55-84.

MORAES A. et al. Integrated crop-livestock systems in the subtropics. In: MORAES A. et al. (eds) INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, **Proceedings ....** Curitiba, 2007.

MORAES, A. et al. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: **I ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL**, 1., 2002, onde? Anais... Cidade, 2002. p.3-42.

MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do Pisoteio Animal sobre as Características do Solo e a Produção de Pastagem. In: **SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS**, 1997, Maringá **Anais...** Maringá, 1997.

MORAES, A.; MARASCHIN, G. E.; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: **SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS**, 1., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 147-200.

NICOLOSO, R. S. et al. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo do sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1799-1805, 2006.

NUSSIO, L. G. Milho e sorgo para produção de silagem. IN: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (ed.). **Volumosos para bovinos**. Piracicaba: Fealq, p. 75-177, 1993.

PEREIRA, J. C. As pastagens no contexto dos sistemas de produção de bovinos. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A. da; AGNES, E. L. (eds.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: UFV, 2004. p. 287-330.

POTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 763-770, 1994.

QUADROS, F. L. F.; MARASCHIN, G. E. Desempenho animal em misturas de espécies forrageiras de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 5, p. 535-541, 1987.

REIS, J. C. L.; SAIBRO, J. C. Integração do arroz com pastagens cultivadas e pecuária. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. Jr. (eds) **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2004. p 831-859.

ROSA, J. R. P.; RESTLE, J.; SILVA, J. H. S. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.) por meio do desempenho de bezerros confinados em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v. 33, n.4, p. 1016-1028, 2004.

RUSSELLE, M. P., ENTZ, M., FRANZLUEBBERS, A. J. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. **Agronomy Journal**, v. 99, p. 323-324, 2007.

SALTON, J. C. et al. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. Embrapa: Dourados, 2005. 58 p.

SILVA, S. C. Da. Manejo do pastejo para obtenção de forragem de qualidade. In: 5º SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 5., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 129-139.

SOUZA, E. D. de. et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

SOUZA, E. D. et al., Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1273-1282, 2008.

SPAGNOLLO, E. **Plantas de cobertura intercalares ao milho em sistemas de cultivo mínimo e convencional**. 2000. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do estado de Santa Catarina. Lages, 2000.

TABOADA, M. A. Efectos del pastoreo y pisoteo animal sobre las propiedades físicas de suelos. In: I. Jorajuria, Daniel (ed.). **Reología del suelo agrícola bajo tráfico**: modificaciones físicas del suelo vinculadas a la compactación debida de tráfico agrario. Local: Editora: 2004, p. 131-143.

TAYLOR, H. M.; ARKIN, G. F. Root zone modification fundamental and alternatives. In: \_\_\_\_\_. **Modifying the roots environment to reduce crop stress**. St. Joseph, , ASAE, 1981. p.3-16.

THOMAS, D. Editorial. **Agricultural Systems**, v. 71, p. 1-4, 2001.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

VILELA, L. et al. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (eds.). **Integração Lavoura Pecuária**. Santo Antonio de Goiás-GO: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. p. 143-181.

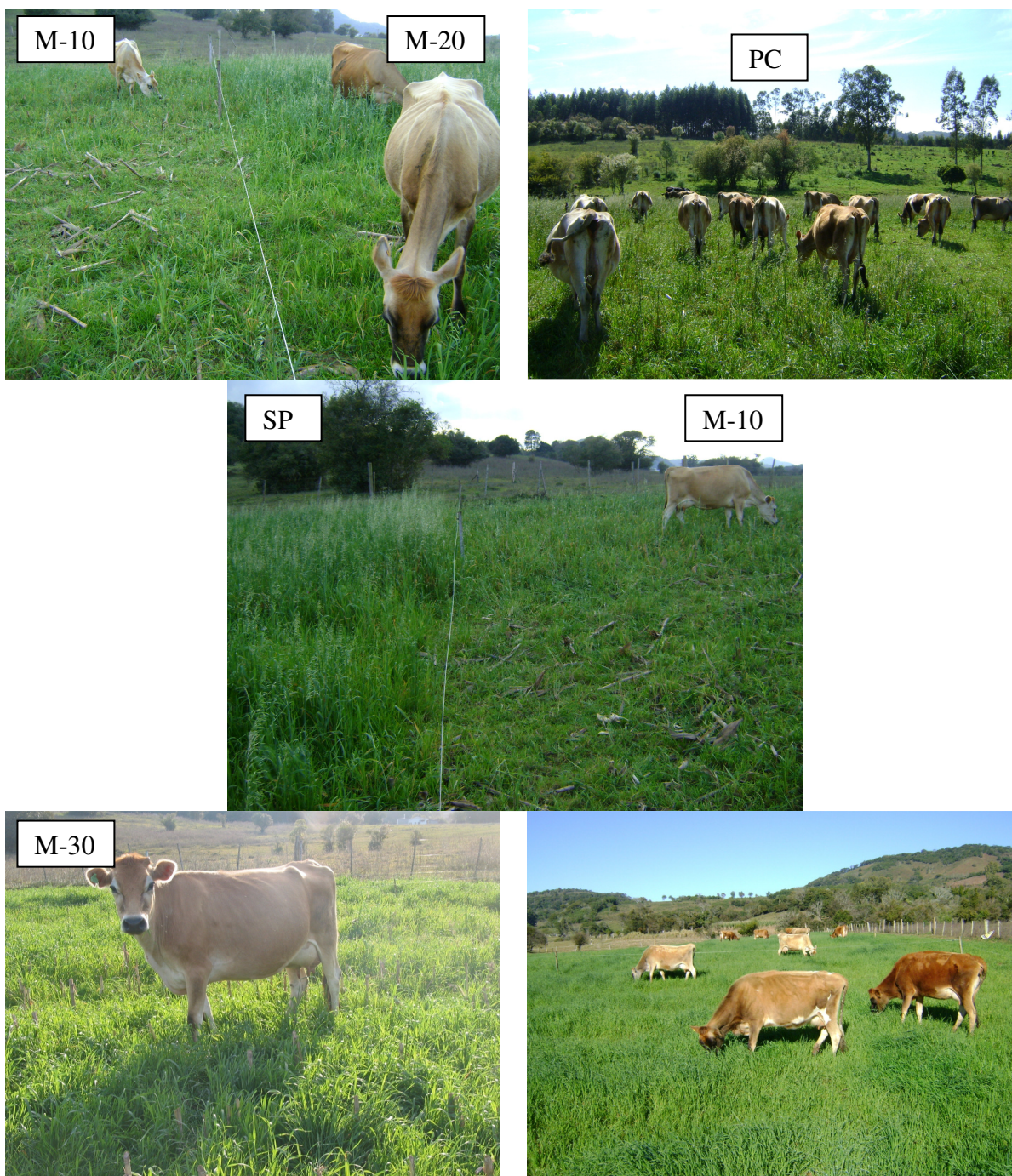
WILKINSON, S. R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (eds) **Chemistry and biochemistry of herbage**. New York: Academic Press, 1973. p. 247-325.

## **APÊNDICES**





Apêndice 01 – Alturas de massa de forragem (PC, 10, 20, 30 cm e SP)\* submetido a pastejo de bovinos.



\*M-10 = Altura de massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = Altura de massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = Altura de massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional.



Apêndice 02 – Massa residual de forragem manejada em diferentes alturas (PC, 10, 20, 30 cm e sem pastejo) após diferimento de 28 para semeadura da cultura do milho.



\*M-10 = Altura de massa de forragem de 10 cm pós-pastejo; M-20 = Altura de massa de forragem de 20 cm pós-pastejo; M-30 = Altura de massa de forragem de 30 cm pós-pastejo; SP = sem pastejo; PC = pastejo convencional.