

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DEISE DALAZEN CASTAGNARA

**PRODUÇÃO DE GRÃOS, FORRAGEM, PALHADA E PROPRIEDADES  
FÍSICAS EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS EM  
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DEISE DALAZEN CASTAGNARA

**PRODUÇÃO DE GRÃOS, FORRAGEM, PALHADA E PROPRIEDADES  
FÍSICAS EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS EM  
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Professor Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Marechal Cândido Rondon

2012

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)**

|       |  |
|-------|--|
| C346e | <p>Castagnara, Deise Dalazen<br/>Produção de grãos, forragem, palhada e propriedades físicas em Latossolo vermelho sob diferentes usos em sistemas de integração lavoura pecuária / Deise Dalazen Castagnara. - Marechal Cândido Rondon, 2012.<br/>95 p.</p> <p style="text-align: center;">Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira</p> <p style="text-align: center;">Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2012.</p> <p>1. Aveia branca - Adubação nitrogenada. 2. Milho - Adubação nitrogenada. 3. Aveia branca - Produção de palhada. 4. Milho - Produção de palhada. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 22.ed. 633.13<br/>CIP-NBR 12899</p> |
|-------|--|

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



Estado do Paraná

Ata da reunião da Comissão Julgadora da defesa de Tese da Zootecnista **Deise Dalazen Castagnara**. Aos oito dias do mês de março de 2012, às 13:30 horas, sob a presidência do Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira em sessão pública reuniu-se a Comissão Julgadora da defesa da Tese da Zootecnista Deise Dalazen Castagnara, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia – Nível Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"DOUTOR EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Conte e Castro (UENP), Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Abgado Neres, Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi e Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (Orientador).

Iniciados os trabalhos, a candidata apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"PRODUÇÃO DE GRÃOS, FORRAGEM, PALHADA E PROPRIEDADES FÍSICAS EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Conte e Castro.....Aprovada  
Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa.....Aprovada  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Abgado Neres.....Aprovada  
Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi.....Aprovada  
Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (Orientador).....Aprovada

Apurados os resultados, verificou-se que a candidata foi habilitada, fazendo jus, portanto, ao título de **"DOUTOR EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

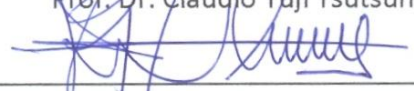
Marechal Cândido Rondon, 08 de março de 2012.

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Conte e Castro

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Abgado Neres

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (Orientador)

*À Rodrigo Bamberg pelo amor, compreensão e  
dedicação incondicional depreendidos para o alcance de  
mais esse objetivo.*

***DEDICO***

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela graça da vida.

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA), pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira pela orientação, paciência, confiança e credibilidade em mim depositada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Profa. Dra. Marcela Abbado Neres pela amizade, companheirismo e co-orientação.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições.

Aos professores do PPGA, pelos ensinamentos transmitidos e pela colaboração para a minha formação profissional.

À Celei Pletsch Martins, secretária do PPGA, pela paciência e dedicação na resolução de assuntos burocráticos.

À Lucas Guilherme Bulegon, Fernando Henrique de Souza e Tiago Zoz pelo auxílio na condução e avaliações do experimento.

À coordenação e funcionários do Núcleo de Estações Experimentais pela viabilização da realização do experimento.

À Marcia Elisa Sbaraini Leitzke, pela revisão das normas e elaboração da ficha catalográfica.

Aos amigos e colegas pela convivência, amizade e toda ajuda que recebi durante o decorrer desta pós-graduação.

E a todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

**Muito Obrigada!**

# PRODUÇÃO DE GRÃOS, FORRAGEM, PALHADA E PROPRIEDADES FÍSICAS EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

## Resumo

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a produção e características da palhada de aveia branca e o desempenho da cultura do milho em sucessão submetida à diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada. Estudou-se também, a produção de forragem e palhada, características estruturais e nutritivas da aveia branca e as características físicas do solo na sucessão aveia/milho/aveia/soja/aveia nos anos de 2009; 2010 e 2011. Foram adotados seis usos do solo distribuídos em faixas (pastejo com altura do resíduo de 10 e 20 cm; corte para fenação com altura do resíduo de 10 e 20 cm; sem pastejos ou cortes para semeadura direta e sem pastejos ou cortes para preparo convencional) com três repetições sob o delineamento de blocos ao acaso. Nos anos de 2009; 2010 e 2011 foram realizados respectivamente 3; 1 e 2 cortes ou pastejos na aveia. Na safra 2009/2010 foi semeada a cultura do milho e na safra 2010/2011 a cultura da soja. Na aveia avaliou-se a produção, características estruturais e nutritivas da forragem antes de cada pastejo ou corte, e a produção e composição da palhada residual após cada pastejo ou corte e antes da semeadura das culturas de verão. Na cultura do milho foram avaliadas as características biométricas, os componentes de produção e produtividade. No solo estudou-se as características físicas de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo por meio de amostragens realizadas nas camadas de 0 – 0,10 e 0,10-0,20 m ao final de cada ciclo de cultivo da aveia ou das culturas de verão. A realização de cortes ou pastejos reduziu a deposição de palhada residual pela aveia. Grandes quantidades de palhada residual de aveia reduziram a produtividade da cultura do milho. Diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada não interferiram na produtividade do milho em sucessão à aveia. Forragem de melhor qualidade e melhor distribuída ao longo do período do outono-inverno foi obtida com a realização de cortes ou pastejos. Em Latossolo Vermelho, o preparo convencional reduziu a densidade e a microporosidade e aumentou a macroporosidade e a porosidade total, enquanto o cultivo de aveia no outono inverno e colheita da forragem por corte ou pastejo com altura residual de 10 ou 20 cm não alterou as propriedades físicas do solo.

**Palavras-chave** – *Avena sativa*, porosidade do solo, nitrogênio, proteína bruta, *Zea mays*

## **PRODUCTION OF GRAIN, FORAGE, TRASH AND PHYSICAL PROPERTIES IN OXISOL UNDER DIFFERENT USES IN INTEGRATED CROPS**

### **Abstract**

The study was conducted to evaluate the production and characteristics of oat straw in 2009 and the performance of corn in succession submitted to the different splitting of nitrogen. Also, the production of fodder and straw, structural and nutritional characteristics of oat and soil physical properties in the succession black oat / corn / oats / soybean / oats in the years 2009, 2010 and 2011. We adopted six land uses distributed in bands (P10 and P20: grazing height of the residue of 10 and 20 cm, C10 and C20: Cutting hay with height of the residue of 10 and 20 cm, SC w / SD - no grazing or cuts for tillage; SC w / PC - without grazing or cutting for conventional tillage) and three times in the design of randomized blocks. In the years 2009, 2010 and 2011 were performed respectively 3, 1 and 2 cuts or grazing oats. In 2009/2010 crop was sown corn crop and the harvest 2010/2011 soybean crop. Evaluations to determine production of straw were taken after grazing or cutting and drying prior to deployment to areas of summer crops. In maize were evaluated biometric characteristics, yield components and productivity. Sampling for determination of dry matter production, structural and nutritional characteristics of forage were taken at each cutting or grazing. The samples for the determination of physical characteristics of soil macroporosity, microporosity, total porosity and bulk density were made in layers 0 to 0.10 and 0.10-0.20 m at the end of each cycle of cultivation of oats or of summer crops. The completion of cutting or grazing reduces the deposition of straw by oats. Large quantities of straw oats reduce the productivity of corn. Different splitting of nitrogen do not affect the grain yield in oats. Better quality forage and better distributed throughout the autumn-winter period is achieved with the completion of cutting or grazing. In Oxisol, conventional tillage reduces density and increases microporosity and macroporosity and total porosity, while the cultivation of oats in the fall and winter harvest forage by cutting or grazing residual height of 10 cm or 20 does not alter the physical properties of soil.

**Key-words:** *Avena sativa*, porosity of soil, nitrogen, crude protein, *Zea mays*



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

#### USOS DO SOLO NO INVERNO E MANEJOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO

Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. SA: semeadura da aveia; 1º, 2º, 3º: primeiro, segundo e terceiro pastejos ou cortes na aveia, respectivamente; DA: dessecação da aveia; SM: semeadura do milho; CM: colheita do milho. .... 36

### CAPÍTULO 3

#### PRODUÇÃO DE FORRAGEM, PALHADA, CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E VALOR NUTRITIVO DA AVEIA BRANCA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental em cada ano. S: semeadura da aveia, 1; 2 e 3: cortes ou pastejos realizados em cada ano. .... 54

### CAPÍTULO 4

#### ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES USOS EM SISTEMA INTEGRADO LAVOURA PECUÁRIA

Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante período experimental. SA: semeadura da aveia, 1; 2 e 3: cortes ou pastejos realizados na aveia em cada ano, SM: semeadura do milho, SS: semeadura da soja. .... 79

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

#### **USOS DO SOLO NO INVERNO E MANEJOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental .....  | 35 |
| Tabela 2. Parcelamentos do nitrogênio aplicado na cultura do milho.....  | 36 |
| Tabela 3. Valores de F calculado para a quantidade, concentração ([ ]), estoque (E), adição (A) e relação C/N da palhada residual depositada pela cultura da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo..... | 39 |
| Tabela 4. Quantidade, concentração ([ ]), estoque (E), adição (A) e relação C/N da palhada residual depositada pela cultura da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo.....                               | 41 |
| Tabela 5. Valores de F calculado para as características das plantas de milho cultivado sob diferentes usos do solo (Uso Solo) e formas de parcelamento da adubação nitrogenada (Nitrogênio).....                      | 42 |
| Tabela 6. Valores de F calculado para os componentes de produção e produtividade do milho cultivado sob diferentes usos do solo (Uso Solo) e formas de parcelamento da adubação nitrogenada (Nitrogênio) .....         | 43 |
| Tabela 7. Teores de N foliar e produtividade da cultura do milho implantado em sucessão à aveia branca sob diferentes usos do solo no outono-inverno .....   | 44 |

### CAPÍTULO 3

#### **PRODUÇÃO DE FORRAGEM, PALHADA, CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E VALOR NUTRITIVO DA AVEIA BRANCA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Características químicas na camada do solo da área experimental .....  | 53 |
| Tabela 2. Valores de F calculado para a produção de matéria seca (MS) de forragem e de palhada residual, e as características estruturais na forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2009..... | 57 |
| Tabela 3. Produção de matéria seca e de palhada residual pela aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em três períodos de crescimento no outono-inverno de 2009.....  | 58 |
| Tabela 4. Características estruturais da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em três períodos de crescimento no outono-inverno de 2009 .....  | 60 |
| Tabela 5. Valores de F calculado para as características estudadas no valor nutritivo da forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2009 .....  | 62 |
| Tabela 6. Valor nutritivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em três períodos de crescimento no outono-inverno de 2009.....   | 63 |
| Tabela 7. Valores de F calculado para a produção de matéria seca de forragem e de palhada residual da aveia branca cv. URS Guapa cultivada sob diferentes usos do solo (Uso Solo) no outono-inverno de 2010.....   | 64 |
| Tabela 8. Produção de matéria seca de forragem e de palhada residual, e relação folha/colmo da aveia branca cv. URS Guapa cultivada sob diferentes usos do solo no outono-inverno de 2010 .....  | 64 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 9. Valores de F calculado para as características estudadas no valor nutritivo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da forragem obtida com a aveia branca cv. URS Guapa linhagem UFRGS 998011-2 cultivada sob diferentes usos do solo no outono-inverno de 2010.....  | 65 |
| Tabela 10. Valores de F calculado para a produção de matéria seca de forragem e de palhada residual, e as características estruturais na forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 cultivada sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2011..... | 66 |
| Tabela 11. Produção de matéria seca e de palhada residual pela aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em dois períodos de crescimento no outono-inverno de 2011.....   | 67 |
| Tabela 12. Características estruturais da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em dois períodos de crescimento no outono-inverno de 2011.....  | 68 |
| Tabela 13. Valores de F calculado para as características estudadas no valor nutritivo da forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2011.....  | 70 |
| Tabela 14. Valor nutritivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em dois períodos de crescimento no outono-inverno de 2011.....  | 71 |

#### **CAPÍTULO 4**

##### **ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES USOS EM SISTEMA INTEGRADO LAVOURA PECUÁRIA**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.....  | 78 |
| Tabela 2. Valores de F calculado para a palhada residual depositada pela aveia branca nos anos de 2009, 2010 e 2011 (Período) sob diferentes usos do solo (Uso Solo).....                           | 82 |
| Tabela 3. Produção de palhada residual ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) pela aveia branca cvs. IPR 126 (2009 e 2011) e URS Guapa (2010) sob diferentes usos do solo outono-inverno de 2009, 2010 e 2011..... | 82 |
| Tabela 4. Valores de F calculado para as características físicas do solo na camada de 0-0,10 m em diferentes períodos de avaliação (Período) e usos do solo (Uso Solo).....                         | 83 |
| Tabela 5. Características físicas na camada superficial (0-0,10 m) de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos em sistema de integração lavoura pecuária.....                                      | 85 |
| Tabela 6. Valores de F calculado para as características físicas do solo em diferentes períodos de avaliação (Período) e usos do solo (Uso Solo) na camada de 0,10-0,20 m.....                      | 87 |
| Tabela 7. Características físicas na camada subsuperficial (0,10-0,20 m) de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos em sistema de integração lavoura pecuária.....                                | 88 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>1.1 Introdução</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>1.2 Revisão de Literatura</b> .....   | <b>13</b> |
| 1.2.1 Produção integrada lavoura pecuária .....  | 13        |
| 1.2.2 A cultura da aveia .....   | 14        |
| 1.2.3 Inserção do cultivo da aveia em sistemas integrados .....  | 15        |
| 1.2.4 Manejo de pastagens hibernais em sistemas integrados .....   | 16        |
| 1.2.5 Dinâmica da imobilização e mineralização do nitrogênio na palhada da aveia ..  | 18        |
| 1.2.6 Cultura do milho .....   | 19        |
| 1.2.7 Exigências nutricionais da cultura do milho com enfoque no nitrogênio .....  | 20        |
| 1.2.8 Manejo da adubação nitrogenada no milho em sucessão à gramíneas .....  | 21        |
| 1.2.9 Propriedades físicas dos solos .....   | 22        |
| 1.2.10 Alterações nas propriedades físicas do solo em sistemas integrados .....  | 23        |
| <b>1.3 Objetivos</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>1.4 Referências Bibliográficas</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>32</b> |
| <b>USOS DO SOLO NO INVERNO E MANEJOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO</b> .....  | <b>32</b> |
| <b>2.1 Introdução</b> .....  | <b>34</b> |
| <b>2.2 Material e Métodos</b> .....  | <b>35</b> |
| <b>2.3 Resultados e Discussão</b> .....  | <b>39</b> |
| 2.3.1 Características da palhada depositada .....  | 39        |
| 2.3.2 Características do milho .....   | 42        |
| <b>2.4 Conclusões</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>2.5 Referências Bibliográficas</b> .....  | <b>46</b> |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>50</b> |
| <b>PRODUÇÃO DE FORRAGEM, PALHADA, CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E VALOR NUTRITIVO DA AVEIA BRANCA EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA</b> ..... | <b>50</b> |
| <b>3.1 Introdução</b> .....  | <b>52</b> |
| <b>3.2 Material e Métodos</b> .....  | <b>53</b> |
| <b>3.3 Resultados e Discussão</b> .....  | <b>57</b> |
| 3.3.1 Características produtivas, estruturais e nutricionais da aveia em 2009 .....  | 57        |
| 3.3.2 Características produtivas, estruturais e nutricionais da aveia em 2010 .....  | 63        |
| 3.3.3 Características produtivas, estruturais e nutricionais da aveia em 2011 .....  | 65        |
| <b>3.4 Conclusões</b> .....  | <b>72</b> |
| <b>3.5 Referências Bibliográficas</b> .....  | <b>72</b> |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>75</b> |
| <b>ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES USOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA</b> .....  | <b>75</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>4.1</b> | <b>Introdução.....</b>   | <b>77</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Material e Métodos.....</b>                                     | <b>78</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Resultados e Discussão .....</b>                                | <b>81</b> |
| 4.3.1      | Produção de palhada residual pela aveia.....                       | 81        |
| 4.3.2      | Macro e microporosidade, porosidade total e densidade do solo..... | 83        |
| <b>4.4</b> | <b>Conclusões.....</b>   | <b>90</b> |
| <b>4.5</b> | <b>Referências Bibliográficas .....</b>                            | <b>90</b> |

# CAPÍTULO 1

## 1.1 Introdução

A região oeste do Paraná é caracterizada predominantemente por pequenas propriedades, nas quais os produtores têm suas atividades baseadas na produção de grãos e na produção animal. Enquanto na produção de grãos se tem a predominância do sistema de semeadura direta, na produção animal a região apresenta um expressivo plantel de bovinos de leite, que associado à escassez de forragem no período hibernar, torna indispensável o cultivo de forrageiras de inverno para assegurar a alimentação dos animais.

Dentre as forrageiras cultivadas está a aveia branca, que além de possuir valor nutritivo superior à aveia preta comumente utilizada; por possuir ciclo mais longo pode proporcionar mais de um corte ou pastejo. Essa característica proporciona à aveia branca maior potencial para produção de forragem para ser fornecida aos animais e palhada para a cobertura do solo no sistema de semeadura direta.

Entretanto, a utilização de pastejos sucessivos em áreas cultivadas com aveia branca intercalada com culturas de verão requer um manejo mais complexo por parte dos produtores. A adoção de técnicas de manejo inadequadas pode trazer prejuízos à rebrota subsequente das plantas, deposição insuficiente de palhada para o sistema de semeadura direta e compactação do solo prejudicando o valor nutritivo da forragem produzida e a produtividade das culturas de verão implantadas em sucessão.

O rebaixamento excessivo da pastagem de aveia, ou mesmo o atraso na colheita da forragem podem ocasionar a remoção dos meristemas apicais responsáveis pela renovação da área foliar. Como consequência, além da colheita de forragem de valor nutritivo inferior, esse manejo provoca atrasos na rebrota ou mesmo a morte de plantas, protelando a nova colheita de forragem ou prejudicando a deposição de palhada residual.

A presença dos animais constantemente nas áreas torna-se um agravante, pois o pisoteio excessivo em solos com baixo aporte de biomassa na superfície pode ocasionar a compactação do solo, com redução da macroporosidade e capacidade de infiltração e aumento da resistência do solo à penetração. Essas características ocasionam prejuízos para as culturas subsequentes, com consequente redução na produtividade de grãos.

O cultivo da aveia branca apenas para a cobertura do solo proporciona a deposição de grande quantidade de palhada residual, e esta, por apresentar elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), apesar de todos os benefícios proporcionados pela matéria orgânica ao solo, num primeiro momento, grandes quantidades de palhada podem ser desfavoráveis para a cultura subsequente. A ocorrência de imobilização microbiana do N durante a decomposição de resíduos culturais de elevada relação C/N reduz a disponibilidade desse nutriente para as plantas, ocasionando prejuízos para a produtividade das culturas, especialmente quando a área é destinada ao cultivo de gramíneas como o milho.

## **1.2 Objetivos**

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar diferentes usos do solo cultivado com aveia branca no período do inverno e seus efeitos sobre a produtividade do milho em sucessão, a produção, características estruturais e valor nutritivo da forragem produzida, e as propriedades físicas do solo.

## **1.3 Revisão de Literatura**

### **1.3.1 Produção integrada lavoura pecuária**

As pesquisas com sistemas de produção integrados tiveram incrementos desde 1990, porém, a maioria dos experimentos são pontuais ou de curta duração (MACEDO, 2009). Porém, com o consenso da necessidade de adoção de sistemas de produção mais sustentáveis, os conceitos de agricultura sustentável e princípios do sistema de produção integrada lavoura pecuária tornaram-se mais difundidos, e se encontram num mesmo objetivo, a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Enquanto a agricultura sustentável é aquela definida como economicamente viável, ecologicamente sã, socialmente justa e que visa satisfazer as necessidades humanas sem destruir os recursos naturais, a produção integrada lavoura pecuária tem como princípios básicos a valorização dos recursos naturais e a redução da entrada de insumos externos na propriedade (ASSMANN et al., 2008).

Pastagens integradas a lavouras de grãos contribuem conservando e melhorando o solo e atenuando problemas como a ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas (AGUINAGA et al., 2008). Assim, a adoção de sistemas de integração lavoura pecuária permite vislumbrar a sustentabilidade dos sistemas produtivos, a qual não seria alcançada se as atividades fossem conduzidas separadamente (PINet al., 2011).

Dentre os objetivos da adoção de sistemas integrados de produção, tem-se a otimização do uso da terra, da infra-estrutura e da mão-de-obra, a diversificação e verticalização da produção com melhorias no volume e distribuição de receita durante o ano (MELLO, 2004). Esses objetivos tornam-se alcançáveis através do suporte que as áreas de lavoura dão à pecuária e vice-versa.

As áreas agrícolas dão suporte à pecuária com a produção de alimento para os animais, seja na forma de grãos, silagem e feno ou de pastejo direto (MELLO, 2004), enquanto a pecuária dá suporte à atividade agrícola por meio da utilização das áreas normalmente mantidas em pousio, possibilitando o aumento da renda da propriedade e a deposição de palhada para implementação do sistema de semeadura direta (BALBINOT JR. et al. 2011). Porém, o sucesso do sistema de integração lavoura pecuária depende de diversos fatores, que são dinâmicos e interagem entre si, e entre os componentes do sistema, destacam-se o solo, a planta e o animal (AGUINAGA et al., 2008).

### 1.3.2 A cultura da aveia

No sul do Brasil, a aveia (*Avena* sp.) constitui uma das principais espécies para cultivo na estação fria (HARTWIG et al., 2006), representando uma alternativa técnica e economicamente viável de cultivo no período de outono/inverno/primavera. Além das aplicações como forrageira, é utilizada como cobertura verde/morta para proteção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, dando sustentabilidade ao sistema de semeadura direta (FLOSS et al., 2007) e integração lavoura pecuária.

Seu cultivo em sistema de semeadura direta é bastante difundido devido ao alto rendimento de palhada, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura, decomposição lenta e ciclo adequado (SILVA et al., 2006). Como forrageira, por possuir menos restrições quanto à temperatura no inverno em relação ao azevém (amplamente utilizado no Rio Grande de Sul, Santa Catarina e Centro-sul do Paraná)



passou a ser considerada uma importante alternativa, sendo utilizada como forragem verde para pastejo, corte ou na sua forma conservada, como feno ou silagem (MOREIRA et al., 2005).

Dentre as aveias, a mais cultivada é a aveia preta comum (*Avena strigosa*) (FEROLLA et al., 2007), porém, a aveia branca (*Avena sativa*) também apresenta grande potencial de utilização na alimentação animal e produção de palhada (PRIMAVESI et al., 2004). O desenvolvimento de cultivares com ciclos vegetativos mais longos tem estimulado seu plantio (BORTOLINI et al., 2005), tornando a aveia branca um importante componente em sistemas de produção agrícola, por possibilitar alta produção de forragem e palhada em sistema de integração lavoura pecuária com semeadura direta (PRIMAVESI et al., 2004).

A aveia branca (*Avena sativa*) cv. IPR 126 foi lançada pelo IAPAR em 2005, sendo indicada para forragem, rotação de culturas e cobertura de solo para semeadura direta. A cultivar tem como características o ciclo longo, com plantas de hábito de crescimento semi prostrado, proporcionando rápida cobertura do solo, e um sistema radicular vigoroso, que garante bom suporte ao pisoteio animal e à falta de água, além de apresentar elevada produção de massa seca (IAPAR, 2011). Já a aveia branca URS Guapa, linhagem UFRGS 998011-2 foi lançada pelo Programa de Melhoramento de Aveia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2004 (FREDERIZZI, 2007) e possui ciclo curto (CBPA, 2006).

Quando destinada à alimentação animal, tanto a aveia branca quanto a aveia preta apresentam alto valor nutritivo da forragem sob sistema de pastejos ou cortes (MEINERZ et al., 2011), porém, quando destinadas somente à cobertura do solo, a palhada depositada apresenta elevada relação C/N (GIACOMINI et al., 2003).

### 1.3.3 Inserção do cultivo da aveia em sistemas integrados

Na região Sul do Brasil, há várias opções economicamente viáveis para utilização dos solos agricultáveis durante o período de outubro a abril (BALBINOT JR. et al., 2008). As culturas econômicas que se destacam nesse período são a soja, milho, arroz e feijão (BALBINOT JR. et al., 2011). Além dessas culturas graníferas, outras espécies, como o fumo, a batata e o tomate, também são cultivadas nesse período, ocupando expressivas áreas (BALBINOT JR. et al., 2009).

No entanto, de maio a setembro, há uma falta de cultivos comerciais com potencial técnico e econômico bom, principalmente em pequenas propriedades. Esta condição foi

agravada nos últimos anos por causa da queda no rendimento líquido de cereais de inverno, devido à maior importação desses produtos, principalmente trigo (BRUM et al., 2005).

Esta situação estimula o crescimento de pousio de inverno, o que pode se refletir em menor incorporação de carbono orgânico no sistema, gerando erosão e degradação física, química e biológica do solo ao longo dos anos, especialmente em situações de baixa cobertura do solo pela vegetação espontânea (BALBINOT JR. et al., 2009), além de promover a infestação de ervas daninhas, principalmente quando o surgimento de plantas espontâneas é baixa no inverno, e além disso nenhum rendimento é gerado na propriedade durante este período (BALBINOT JR. et al., 2011).

Associado à essa problemática, tem-se ainda a problemática da escassez de forragem. A região Sul do Brasil, apesar de possuir condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de muitas espécies forrageiras (MEINERZ et al., 2011), ainda enfrenta problemas de escassez de forragem no período do outono-inverno, coincidindo com o período de entressafra das culturas de verão.

Nesse contexto está inserida a cultura da aveia, a qual pode ser cultivada em sistema de integração lavoura pecuária (NICOLOSO et al., 2006) suprimindo a escassez de alimentos para os animais com forragem de elevado valor nutritivo (AGUINAGA et al., 2008; CARVALHO et al., 2010; MONDARDO et al., 2010) e ainda proporcionando cobertura vegetal para a implantação das culturas de verão em sucessão (CASSOL et al., 2011).

#### 1.3.4 Manejo de pastagens hibernais em sistemas integrados

Em sistema de integração lavoura pecuária, além da busca pela maximização da produção em cada um dos segmentos (agricultura e pecuária), deve-se almejar a manutenção do equilíbrio em condições ótimas para que o sistema responda de forma eficiente e torne-se sustentável a longo prazo (LOPES et al., 2009).

No caso da pastagem, para a obtenção do máximo potencial produtivo, com a maximização e estabilização da produção de forragem, o conhecimento à cerca das características de crescimento é essencial, bem como a adoção de práticas de manejo adequadas (CONFORTIN et al., 2010). Da mesma forma, além da produção de forragem, uma das questões centrais aos sistemas de integração lavoura pecuária 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 (LOPES et al., 2009).

Sistemas de integração lavoura pecuária têm efeito do animal que possui importante papel regulador no equilíbrio do sistema (BAGGIO et al., 2009), pois por meio da intensidade de pastejo, é capaz de determinar a produção animal, das condições de solo e da quantidade de palhada que se transferem à fase agrícola (CARVALHO et al., 2005). Nesse sistema, o desafio é encontrar um nível de biomassa de forragem que promova elevado desempenho animal, ao mesmo tempo em que se permita criar um ambiente para alcançar alto rendimento de grãos na cultura subsequente (LOPES et al., 2009).

Durante o pastejo ou colheita da forragem, o sistema de desfolha provoca estresse na planta pela remoção de área foliar e, segundo o momento e intensidade de desfolha, afetará em maior ou menor grau o rendimento de forragem (BORTOLINI et al., 2004). A resposta das plantas à desfolha é dependente da proporção de tecido removido, do grau de desfolhação da planta e das plantas vizinhas e da capacidade fotossintética das folhas remanescentes na planta (CONFORTIN et al., 2010), uma vez que a intensidade de desfolha e o tempo para a recomposição foliar estão diretamente relacionados.

Assim as alturas de manejo da pastagem determinam a quantidade total de matéria seca (MS) produzida (aérea e radicular), a magnitude do impacto do pisoteio animal e a quantidade de MS reciclada no sistema (AGUINAGA et al., 2008). O manejo dessas alturas, à princípio parece conflitante, uma vez que grande parte da biomassa produzida que seria destinada à cobertura do solo é destinada à alimentação dos animais (ASSMANN; PIN, 2008).

Outro fator relacionado à intensidade de pastejo diz respeito não somente à palhada residual depositada, mas também a possibilidade de compactação do solo provocada pelo pisoteio dos animais em pastejo (MORAES et al. 2002). De fato, Conte et al. (2007) demonstraram que o aumento da intensidade de pastejo em pastagens de inverno aumenta a resistência do solo à penetração, no entanto, a presença do animal não significa, necessariamente, comprometimento do sistema. Flores et al., (2007), trabalhando em Latossolo Vermelho não verificaram efeitos do pisoteio animal sobre a densidade, a porosidade e a compressibilidade do solo em área de pastagem de aveia preta e azevém anual, sob lotação contínua em alturas de pasto variando entre 10 e 40 cm.

Assmann e Pin (2008) recomendam alturas de resíduo pós pastejo de 15 a 20 cm, ou que propiciem a deposição de matéria seca de palhada residual próxima a  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Da mesma forma, Carvalho et al. (2005) reportam que a condução de pastagens de inverno em

intensidades moderadas de pastejo, entre 15-20 até 30 cm de altura residual, possibilitam aumentar o desempenho animal, a eficiência do processo de pastejo, a cobertura do solo e o acúmulo de carbono sem reduzir a quantidade de grãos da lavoura subsequente.

### 1.3.5 Dinâmica da mineralização e imobilização do nitrogênio na palhada da aveia

O processo de decomposição dos resíduos da aveia é responsável pela liberação da maior parte dos nutrientes acumulados na sua fitomassa (AMADO et al., 2003). Porém, durante a decomposição dos resíduos culturais, a atividade dos microorganismos do solo favorável à mineralização ou imobilização é influenciada por diversos fatores, como: temperatura, umidade, presença de O<sub>2</sub>, biomassa de solo e os conteúdos de carbono (C) e nitrogênio (N) do material orgânico adicionado ao solo (LOPES et al., 2004).

Em relação à qualidade dos resíduos culturais, um aspecto importante a ser observado e que assume papel fundamental na decomposição e imobilização/mineralização do N diz respeito à relação C/N (AMADO et al., 2003). A imobilização ocorre quando a relação C:N excede valores de 20:1 a 25:1 (LOPES et al., 2004).

No caso da palhada de aveia, a relação C/N é considerada alta (STRIEDER et al., 2006), e proporciona aos micro-organismos quimiorganotróficos, que atuam na decomposição da matéria orgânica, uma multiplicação gradativa, produzindo CO<sub>2</sub> em grandes quantidades. Nessas condições, o nitrato e o amônio praticamente desaparece do solo se presentes (TEIXEIRA; CARVALHO, 2003), devido à imobilização do N do solo pela biomassa microbiana (STRIEDER et al., 2006).

Essa imobilização do N mineral do solo fará com que durante um certo período, a cultura implantada em sucessão à aveia tenha pouca ou nenhuma disponibilidade de nitrogênio mineral para o seu desenvolvimento. Entretanto, a continuidade do processo de decomposição diminui a relação C/N da palhada, uma vez que o carbono está sendo perdido na forma de CO<sub>2</sub> e o N sendo conservado pela formação de massa celular microbiana (TEIXEIRA; CARVALHO, 2003).

Essa situação continua até que os resíduos vegetais atinjam uma relação C/N em torno de 20 (TEIXEIRA; CARVALHO, 2003). Nesse ponto, a atividade dos microorganismos decompositores e a formação de CO<sub>2</sub> diminuem gradualmente pela falta de C facilmente oxidável e o N deixa de ser limitante para os processos microbianos, passando a ocorrer a

mineralização do N-orgânico do solo e a liberação de N - mineral (BUSTAMANTE et al., 2004). Assim, a nitrificação volta a ser ativa, produzindo nitrato em níveis superiores às condições originais (TEIXEIRA; CARVALHO, 2003).

Porém, dependendo das condições de cultivo, o processo descrito acima pode ser positivo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Também devido à alta relação C/N da palhada da aveia, a velocidade de liberação do N de seus resíduos é lenta (SILVA et al., 2007), tanto que apenas 40% do N contido na planta são disponibilizados nas primeiras quatro semanas após seu manejo (AITA; GIACOMINI, 2003). Essa característica faz com que o N esteja menos suscetível a perdas por lixiviação, aumentando os estoques desse nutriente no solo.

### 1.3.6 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) está entre os cereais mais cultivados do mundo (SEAB, 2012), em função de sua produtividade, composição química e valor nutritivo, fornecendo produtos largamente utilizados para alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria assumindo relevante papel socioeconômico (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Nos últimos cinco anos a produção média mundial de milho foi de 778,8 milhões de toneladas, enquanto a produção de trigo foi de 658,8 milhões e do arroz foi de 659,4 milhões, com uma expressiva evolução na produção nas últimas décadas, passando de 452,8 milhões de toneladas obtidas no final da década de 80, para as atuais 819,6 milhões estimadas na safra 2010/2011 (SEAB, 2012).

O Brasil divide o terceiro lugar com a União Européia no ranking dos maiores produtores mundiais de milho, responsável por 7% da produção mundial (SEAB, 2012). Para a safra 2011/2012 foram destinados 8,63 milhões de hectares ao cultivo de milho primeira safra, e a produtividade média esperada é de 4392 kg ha<sup>-1</sup>. Somadas as áreas da primeira e segunda safra estima-se o cultivo de 14,5 milhões de hectares com a cultura do milho e é esperada uma produção de 59,21 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

O milho também destaca-se nos sistemas de cultivo agrícola no Sul do Brasil, juntamente com as culturas da soja e do feijão (BALBINOT JR. et al., 2011). O estado do Paraná é o maior produtor de milho, responsável por 25% da produção nacional, com produtividade média estimada em 4346 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012).

No cenário estadual, o milho corresponde a 46% da produção paranaense de grãos, correspondendo a 29,8 milhões de toneladas do grão. Na região oeste, para a safra 2011/2012 estima-se a implantação de 80 mil hectares, com produção de 777,6 mil toneladas (SEAB, 2012).

### 1.3.7 Exigências de nitrogênio na cultura do milho com enfoque no nitrogênio

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo, a qual dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Para a cultura do milho, a extração de N, P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio) e (Mg) magnésio aumentam linearmente com o aumento na produção, e a maior exigência do milho refere-se a N e K, seguindo-se de Ca, Mg e P (COELHO; FRANÇA, 1995).

A absorção de nitrogênio (N) pelo milho é mais intensa no período de 40 a 60 dias após a emergência, mas a planta absorve pequena quantidade na germinação e após o florescimento caracterizando, desta forma, três fases para absorção: uma fase no crescimento inicial lento (germinação) uma fase no crescimento rápido em que 70 a 80% de toda matéria seca são acumulados, e uma última fase de absorção cujo crescimento é novamente lento, acumulando cerca de 10% de massa de matéria seca total da planta (VASCONCELOS et al., 1998).

O N está entre os nutrientes mais requeridos pela cultura do milho (CRUZ et al., 2008), sendo o exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade e onera o custo de produção (SILVA et al., 2005; AMADO et al., 2002). Assim, o manejo da adubação nitrogenada a fim de aumentar sua eficiência, é fator importante na busca de melhores produtividades, e tem sido a parte mais desafiante e limitante na produção de milho (SILVA et al., 2005).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados para se obter rendimentos elevados de milho, é necessário porque em geral os solos não suprem a demanda da cultura em termos de N nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004). As recomendações atuais para adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho variam entre 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> (SOUZA et al., 2003).

Entretanto ainda não está totalmente definido qual o melhor manejo da adubação nitrogenada para a cultura do milho para as diversas condições de cultivo. A aplicação de N

mineral em pré-semeadura na cultura do milho têm sido uma das alternativas estudadas, pois promove acréscimos no teor de N no solo e na absorção pelas plantas após o manejo da cultura de cobertura, podendo também influenciar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (BASSO; CERETTA, 2000).

### 1.3.8 Manejo da adubação nitrogenada no milho em sucessão à gramíneas

O sucesso dos sistemas de sucessão com aveia e milho está condicionado ao manejo imposto à cultura de inverno que afeta diretamente a quantidade e a qualidade dos resíduos culturais depositados na superfície do solo. Manejos que reduzem a capacidade de deposição de resíduos culturais na superfície do solo pela cultura da aveia como cortes ou pastejos intensos e a ausência de adubação podem acarretar a redução nos teores de matéria orgânica e nutrientes do solo em relação à manejos que proporcionem adequada cobertura do solo (BALBINOT et al., 2007). Já a deposição de quantidades excessivas de palhada de aveia pode dificultar os processos de semeadura e emergência do milho, além de propiciar uma condição favorável à ocorrência de imobilização do N devido à alta relação C/N da palhada de aveia (AMADO et al., 2003).

No sul do Brasil, nos sistemas de sucessão aveia/milho, a disponibilidade de N é freqüentemente comprometida durante a decomposição da palhada da aveia, ocasionando prejuízos à cultura do milho (SILVA et al. 2006). A ocorrência de imobilização do N acarreta a deficiência de N, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho cultivado em sucessão, podendo ocasionar redução de cerca de 25 % no rendimento de grãos do milho (STRIEDER et al., 2006).

Nesse contexto, várias alternativas têm sido estudadas visando suprir a deficiência inicial de N para a cultura do milho. Dentre elas, têm-se o aumento da dose de N na semeadura do milho (TEIXEIRA; CARVALHO, 2003); o atraso da época de semeadura do milho, após a dessecação da aveia; a aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento e na floração da aveia (ARGENTA; SILVA, 1999); e a antecipação e otimização do momento correto da aplicação da adubação nitrogenada em cobertura (CABEZAS et al., 2005).

A adubação nitrogenada em pré-semeadura no milho estaria contornando a imobilização, em relação à aplicação em cobertura, e facilitando a operacionalidade de uso de maquinário (CABEZAS; COUTO, 2007). O N aplicado em pré-semeadura do milho seria

imobilizado de forma temporária pela biomassa microbiana, e, posteriormente, disponibilizado, em parte, nos estádios de maior demanda de N pelo milho (CABEZAS et al., 2005). Já a aplicação de N unicamente em cobertura, ou somente em semeadura e em cobertura, poderia gerar concorrência do N entre a planta e a biomassa de solo (CABEZAS; COUTO, 2007).

### 1.3.9 Propriedades físicas do solo

O solo é o principal suporte da produção agrícola, sendo seu comportamento regido por um complexo conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, os quais estão submetidos à ação do clima, que interagem e tendem ao equilíbrio (RICHART et al., 2005). Nos ecossistemas naturais esse equilíbrio é atingido porque os mesmos apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes e acumulação e decomposição da matéria orgânica (CARDOSO et al., 2011).

Entretanto esse equilíbrio deixa de existir quando do início das alterações oriundas da exploração humana. Com a retirada da cobertura vegetal original e implantação de culturas, aliadas às práticas de manejo inadequadas, ocorre o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à degradação e erosão (CARVALHO FILHO et al., 2009).

Como a exploração agrícola é inevitável para assegurar a produção de alimentos, sua realização deve ser realizada de forma a preservar qualidades mínimas dos solos para que se mantenham produtivos ao longo do tempo. Dentre as características observadas para o monitoramento da qualidade dos solos, destacam-se os atributos físicos.

Karlen e Stott (1994) destacaram dentre os atributos físicos para avaliar a qualidade do solo a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Esses atributos permitem estimar a degradação do solo ocasionada pela compactação (PACHECO; CANTALICE, 2011).

A densidade do solo representa a relação entre a massa do solo seco em estufa e o seu respectivo volume total, ou seja, o volume incluindo os espaços ocupados pela água e pelo ar, podendo ser utilizada como um indicativo da capacidade de armazenamento de água no solo.



Esse atributo reflete primariamente o arranjo das partículas do solo, e qualquer alteração que possa influenciar a disposição das partículas do solo refletirá diretamente sobre os valores de densidade. Na classe dos Latossolos brasileiros são encontrados nos horizontes subsuperficiais densidades de 0,90 a 1,55 Mg m<sup>-3</sup> (FERREIRA, 2010).

Macro e microporosidade, além da compactação do solo, têm sido usados em estudos importantes sobre a aeração do solo e dinâmica da água (PRIMAVESI et al., 1984), e são considerados excelentes indicadores de degradação do solo (STOLF et al., 2011). Os microporos são responsáveis pela retenção de água, e os macroporos pela drenagem e aeração do solo. No solo, o CO<sub>2</sub> é produzido e o O<sub>2</sub> consumido no processo respiratório das raízes das plantas e pela atividade dos microorganismos aeróbicos (FERREIRA, 2010). Assim, recomenda-se que a porosidade de aeração mínima do solo seja de 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para que ocorram as trocas gasosas (FERREIRA, 2010), pois do contrário, mesmo ocorrendo no ambiente em quantidade desejada, o O<sub>2</sub> pode não estar suprindo as plantas em decorrência de problemas de ordem física do solo, limitando seu crescimento e desenvolvimento (MAZURANA et al., 2011).

A porosidade total permite estimar as propriedades ecológicas do solo (REICHERT et al., 2009), e em conjunto com a densidade, apresenta bom desempenho como indicador da qualidade por distinguir os efeitos dos sistemas de manejo adotados (BEUTLER et al., 2001). Ainda, por serem de fácil determinação e pouco influenciadas pelo teor de água no processo de coleta das amostras de solo, são frequentemente empregadas como indicadores de degradação do solo (DRESCHER et al., 2011).

### 1.3.10 Alterações nas propriedades físicas do solo em sistemas integrados

O estudo das transformações resultantes do uso e do manejo dos solos é de grande importância para a adoção de sistemas de manejos mais compatíveis com as características de cada área (ROZANE et al., 2010), e que ocasionem menor impacto sobre as características originais dos solos.

Nesse contexto, tem se observado crescente interesse pela integração entre a agricultura e a pecuária, com a utilização de culturas conduzidas em sistemas de sucessão, rotação ou em consórcios com espécies forrageiras (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Porém, muitos produtores relutam em adotar o sistema de integração lavoura pecuária (FLORES et al., 2007)

pelo receio de que a presença do fator animal possa resultar em compactação do solo, uma vez que a presença do animal pode acarretar mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento radicular (SILVA et al., 2003) e a produção das culturas implantadas na seqüência do pastejo (SILVA et al. 2003).

De fato, a compressão do solo em condições de umidade do solo acima do ponto de friabilidade acaba por ultrapassar a capacidade de suporte de carga do solo, ocorrendo deformações plásticas (MAZURANA et al., 2011) e conseqüentemente a compactação do solo. Em se tratando do pisoteio animal, o grau de compactação além da umidade do solo (LANZANOVA et al., 2008), pode ser influenciado pela textura (LANZANOVA et al., 2007), sistema de pastejo (LEÃO et al., 2004), altura de manejo da pastagem (CASSOL, 2003), quantidade de resíduo vegetal sobre o solo (BRAIDA et al., 2006), pela espécie forrageira, a intensidade e tempo de pastejo e a espécie e categoria animal (SALTON et al., 2002).

A compactação é resultante da compressão do solo, que resulta na alteração da estrutura, com redução do volume de ar do solo e aumento da densidade aparente (SILVA et al., 2010) devido ao fracionamento dos agregados e aproximação entre as partículas e na redução do tamanho dos poros do solo (DRESCHER et al., 2011). Assim, o volume de macroporos, responsáveis pela aeração e pela drenagem interna do solo, é reduzido, podendo ocorrer incremento no volume de meso e microporos, responsáveis pela retenção de água em médias e altas tensões (REICHERT et al., 2007).

Essas alterações interferem na partição de água pelo solo, resultando em redução da capacidade de infiltração e com incrementos no escoamento superficial (GIRARDELLO et al., 2011), estabelecendo-se um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de perda da produtividade das culturas (CARDOSO et al., 2011). Da mesma forma que o preparo convencional do solo acentua os prejuízos ocasionados pela compactação por reduzir o aporte de matéria orgânica no solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008), nos sistemas de semeadura direta ou de cultivo mínimo os prejuízos podem tornar-se ainda mais evidentes, pois a camada compactada ocorre superficialmente (0,05 a 0,20 m) reduzindo o volume de solo explorado pelas raízes (SUZUKI et al., 2008), e limitando a maximização do rendimento das plantas cultivadas (DRESCHER et al., 2011).

Entretanto, quando é adotado um manejo adequado do solo o sistema de integração lavoura pecuária pode ser benéfico para a manutenção ou melhoria das características físicas do solo. Diferentes sistemas de manejo aplicados às plantas forrageiras resultarão,

consequentemente, em diferentes condições de preservação do equilíbrio físico do solo, que poderão ser favoráveis ou não, à sua conservação e às culturas sucessoras (ROZANE et al., 2010). As plantas forrageiras utilizadas no sistema integrado, além de contribuírem com a rotação de culturas, podem melhorar as propriedades físicas do solo, através da deposição de palhada e a sua incorporação no solo através do sistema radicular (SILVA; MIELNICZUK, 1997).

#### 1.4 Referências Bibliográficas

AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A.J.Q.; GIANLUPPI, G.D.F. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 37, n. 9, p. 1523-1530, 2008.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.27, n.3, p.601-612, 2003.

AMADO T.J.C., SANTI A.; ACOSTA J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 27, p.1085-1096, 2003.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.26, n.1, p.241-248, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após a aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 745-754, 1999.

ASSMANN, A.L.; PIN, E.A. Manejo de biomassa. In: SOARES, A.B.; ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L. **Integração lavoura-lecuária para a agricultura familiar**. Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR. Londrina, 2008. p. 11-14.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L.; SOARES, A.B. Desenvolvimento sustentável e integração lavoura-pecuária. In: SOARES, A.B.; ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L. **Integração lavoura-lecuária para a agricultura familiar**. Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR. Londrina, 2008. p. 7-11.

BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; LOPES, M.L.T.; THUROW, J.M. 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**, Viçosa - MG, v. 38, n.2, p. 215-222, 2009.

BALBINOT JR., A.A.; MORAES, A. e BACKES, R.L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta daninha**, Viçosa - MG, v.25, n.3, p. 473-480 2007.

BALBINOT JR., A.A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta daninha**, Viçosa - MG, v.26, n.3, p. 569-576, 2008.

BALBINOT JR., A.A.; VEIGA, m.; MORAES, A. PELISSARI, A.; MAFRA, A.; DELA PICCOLLA, C. Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n.10, p. 1357-1363, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; CARVALHO, P.C.F. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.8, p. 2340-2346, 2009.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 24, p.905-915, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. ; CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.25, n.1, p.167-177, 2001.

BORTOLINI, P.C.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F. Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.34, n.6, p.2192-2199, 2005.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 33, n.1, p. 45-50, 2004.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. 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 - MG, v.30, n.4, p. 605-614, 2006.

BRUM, A.L.; LEMES, C.L.; SILVA, C.V.K.; MULLER, P.K. A competitividade do trigo brasileiro diante da concorrência argentina. O comércio internacional e a competitividade pelo custo de produção. **Revista Galega de Economia**, Santiago de Compostela, v.14, p.1-15, 2005.

BUSTAMANTE, M.M.C.; MARTINELLI, L.A.; SILVA, D.A.; CAMARGO, P.B.; KLINK, C.A.; DOMINGUES, T.F.; SANTOS, R.V. <sup>15</sup>N natural abundance in woody plants and soils

of central Brazilian Savannas (Cerrado). **Ecological Applications**, Washington, v.14, p.200-213, 2004.

CABEZAS, W.A.R.L.; COUTO, P.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.31, n.4, p. 739-752, 2007.

CABEZAS, W.A.R.L.; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H. PAULETTI, V. TRIVELIN, P.C.O. BENDASSOLLI, J.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.29, n.2, p. 215-226, 2005.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.2, p. 613-622, 2011

CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. et al. O estado da arte em integração lavoura-pecuária.. In: GOTTSCHALL C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. (Eds.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas: Editora da ULBRA, 2005. p.7-44.

CARVALHO FILHO, A.; CARVALHO, L.C.C.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N.; CORTEZ, J.W.; RIBON, A.A. Qualidade física de um Latossolo Vermelho férreo sob sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 43-51, 2009

CARVALHO, P.C.F.; ROCHA, L.M.; BAGGIO, C.; MACARI, S.; KUNRATH, T.R.; MORAES, A. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 39, n.9, p. 1857-1865, 2010.

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CASSOL, L.C.; PIVA, J.T.; SOARES, A.B.; ASSMANN, A.L. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, v. 58, n.4, p. 438-443, 2011.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p 1-9. Arquivo do Agrônomo, n.2, 2.ed. ampliada e totalmente modificada. Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 71, 1995.

CBPA -COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Guarapuava, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 82p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, Quinto levantamento, fevereiro 2012. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2012, 39 p.

CONFORTIN, A.C.C.; ROCHA, M.G.; QUADROS, F.L.F.; GLIENKE, C.L.; ROSSI, G.E.; MORAES, A.B. Structural and morphogenical characteristics of black oats and Italian ryegrass on pasture submitted to two grazing intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 39, n.11, p.2357-2365, 2010.

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 a sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.222-228, 2007.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; SILVA, E.T. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p. 370-375, 2008.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E. e FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.5, p. 1713-1722, 2011.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FEROLLA, F. S.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C. et al. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.36, n.5, p.1512-1517, 2007.

FERREIRA, M.M. Caracterização Física do Solo. In: VAN LIER, Q.J. (Ed.) **Física do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, 2010. p. 1-28.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D. B.; FRAGA, T. I. 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**, Viçosa - MG, v.31, n.4, p.771-780, 2007.

FLOSS, E.L.; PALHANO, A.L.; SOARES FILHO, C.V.; PREMAZZI, L. M. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

FREDERIZZI, L. C. Melhoramento genético de aveia branca no Rio Grande do Sul. **Jornal da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas**, Lavras, n.14, p. 4-5, 2007.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S.; HÖRBE, T.A.N.; FERREIRA, A.O.; TABALDI, F.M.; LANZANOVA, M.E. Alterações nos atributos físicos de um latossolo vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.6, p.2115-2126, 2011.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; BERTAN, I.; SILVA, G.O.; VALÉRIO, I.P.; SCHMIDT, D.A.M.

Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamentos dialélicos de aveia branca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.273-278, 2006.

IAPAR -INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Aveia Branca IPR 126**. Disponível em <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/aveia-branca.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/aveia-branca.pdf)>. Acesso em 09/02/2011.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. p. 53-72. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America, 244 pág., 1994.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa-CNPAF, Embrapa, 2003. 569 p.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 31, n. 5, p. 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. **Revista LOPES**, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA, 2004. 115p.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MULLER, J.; CONTE, O. Soil tillage systems: changes in soil structure and crop response. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.35, n.4, p.1197-1206, 2011.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; FONTANELI, R.S.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; SCHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Valor nutritivo da forragem de genótipos de cereais de inverno de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.6, p.1173-1180, 2011.

MELLO, L.M.M. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de Forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.121-129, 2004.

MONDARDO, D.; CASTAGNARA, D.D.; OLIVEIRA, P.S.R.; ZOZ, T.; MESQUITA, E.E. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquidos suíno. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.509-517, 2011.

MORAES, A.; PELISSARI, A., ALVES, S.J. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds.). **ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL**, 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: Imprepel, 2002. p.3-42.

MOREIRA, A. L.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A.; SEIXAS, P. F.; PEDREIRA, M. S.; GODOY, R. Avaliação da aveia preta e de genótipos de aveia amarela para produção de forragem. **ARS Veterinaria**, Jaboticabal, v.21, Suplemento, p.175-182, 2005.

NICOLOSO, R.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. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1799-1805, 2006.

PACHECO, E.P.; CANTALICE, J.R.B. Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e matéria orgânica sobre a compressibilidade e resistência à penetração de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.35, n.2, p.417-428, 2011.

PIN, E.A.; SOARES, A.B.; POSSENTI, J.C.; FERRAZZA, J.M. Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.3, p. 509-517, 2011.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CANTARELLA, H.; GODOY, R. Resposta da aveia branca à adubação em Latossolo Vermelho-amarelo em dois sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.33, n.1, p.79-86, 2004.

PRIMAVESI, O.; MELO, F.A.F. ; LIBARDI, P.L. Seleção preliminar de parâmetros físicos mais adequados para estudar o efeito de compactação de amostras de solo sobre a produção de matéria seca vegetal de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais ESALQ**, Piracicaba, v. 41, n.1, p. 449-483, 1984.

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: **Tópicos de Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.49-134, 2007.

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 Research**, Amsterdam, v.102, n.2, p.242-254, 2009.

ROZANE, D.E.; CENTURION, J.F.; ROMUALDO, L.M.; TANIGUCHI, C.A.K.; TRABUCO, M.; ALVES, A.U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 69, n. 1, p. 32-34, 2002.

SEAB - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Análise Da Conjuntura Agropecuária Safra 2011/12: Milho**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná: Curitiba, SEAB, 2012, 18 p.



SILVA, A.A.; SILVA, P.R.F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G. STRIEDER, M.L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p. 928-935, 2007.

SILVA, A.P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.70, n. 1, p. 83-90, 2003.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; DIAS JUNIOR, M.; IMHOFF, S.; KLEIN, V.A. Indicadores da qualidade física do solo. In: JONG van LIER, Q. **Física do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 208p.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L.; GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.29, n.5, p.725-733, 2005.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.20, n. 1, p.113-117, 1997.

SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.1011-1020, 2006.

SOUZA, L.C.F.; FEDATTO, E.; GONÇALVES, M.C.; ALVES SOBRINHO, T.; HOOGERHEIDE, H.C.; VIEIRA, V.V. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.2, p.44-51, 2003.

STOLF, R.; THURLER, Á. M.; BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.2, p. 447-459, 2011.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P.R.F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P.C. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.30, n.5, p. 879-890, 2006.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; LIMA, C.L.R. Estimativa da suscetibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa - MG, v.32, n.3, p.963-973, 2008.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J. Componentes de produção do milho em diferentes épocas de adubação nitrogenada em cobertura nos sistemas de plantio convencional e direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p. 228-231, 2003

VASCONCELOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período de inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.11, p.1835-1845, 1998.

## CAPÍTULO 2

### USOS DO SOLO NO INVERNO E MANEJOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO À AVEIA

#### Resumo

O ensaio foi realizado tendo como objetivo estudar a combinação de diferentes usos do solo cultivado com aveia branca cv. IPR 126 no período do inverno (pastejo com altura do resíduo de 10 cm; pastejo com altura do resíduo de 20 cm; corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; sem cortes ou pastejos para semeadura direta; sem cortes ou pastejos para preparo convencional) com diferentes manejos da adubação nitrogenada no milho cultivado em sucessão [100:0:0; 0:25:75; 0:50:50; 0:75:25; 0:100:0; 50:50:0 (pré-semeadura e cobertura estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, respectivamente)]. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho sob o delineamento de blocos ao acaso em esquema de faixas (usos do solo) com parcelas subdivididas [manejos do nitrogênio (N)], com três repetições. Estudou-se a quantidade e as características [concentrações de carbono (C) e N] da palhada depositada pela aveia, bem como os componentes de produção e produtividade do milho. Os usos do solo SC p/ SD e SC p/ PC proporcionaram maior deposição de palhada residual, com menor concentração de N e maior concentração de C, com conseqüente maior relação C:N. A adição de C ao solo foi maior nos usos do solo onde a aveia não foi pastejada ou cortada. Os manejos do N não afetaram as características da cultura do milho, e o teor de N foliar e a produtividade foram inferiores nos usos do solo SC p/ SD e SC p/ PC. O milho teve sua produtividade limitada quando implantado em sucessão à aveia branca com palhada superior à 4000 kg ha<sup>-1</sup> e relação C:N superior a 34. A utilização da pastagem de aveia branca para pastejo ou corte nas alturas de resíduo de 10 e 20 cm não comprometeu negativamente a produtividade da cultura do milho implantado em sucessão. Os parcelamentos do N não alteraram o teor de N foliar, as características das plantas, os componentes de produção e a produtividade do milho, independente da quantidade e relação C:N dos resíduos culturais em cobertura.

**Palavras-chave** – *Avena sativa*, imobilização, mineralização, relação C/N, *Zea mays*.

## SOIL USES IN WINTER AND NITROGEN IN MANAGERMENTS OF CORN IN SUCCESSION TO OATS

### Abstract

The test was conducted in order to study the combination of different soil uses cultivated with oat cv. IPR 126 at the winter period (the residue grazing height of 10 cm; residue grazing height of 20 cm, cut for hay with residue height of 10 cm, cut for hay with residue height of 20 cm, or uncut grazing for tillage; uncut grazing for conventional tillage) with different managements of nitrogen fertilization in maize grown in succession [100:0:0, 0:25:75, 0:50:50, 0:75:25, 0 : 100:0; 50:50:0 (pre-seeding and coverage V<sub>4</sub> and V<sub>8</sub>, respectively)]. The experiment was conducted in an Oxisol under the block design in randomized tracks (soil uses) with split plot [managements of nitrogen (N)], with three replications. We studied the number and characteristics [concentrations of carbon (C) and N] deposited by oat straw, and the production components and corn yield. The soil uses UC p/ST and UC/CT showed greater deposition of straw, with lower N and higher C concentration, with consequent higher C:N. The addition of C to the soil was higher in soil uses where the oatmeal was not grazed or cut. The management of N did not affect the characteristics of the corn crop, and leaf N content and yield were lower in soil uses UC to ST and UC to CT. Maize has limited their productivity when deployed in oats straw with white above the 4000 kg ha<sup>-1</sup> and C: N ratio greater than 34. The use of oat pasture for grazing or crop residue on the heights of 10 and 20 cm did not affect negatively the productivity of maize implanted in succession. The parceling of nitrogen did not affect the leaf N content, plant characteristics, yield components and yield of maize, regardless of quantity and C: N ratio of crop residues in coverage.

**Key-words**-*Avena sativa*, immobilization, mineralization, nitrogen, *Zeamays*.

## 1.4 Introdução

A integração lavoura pecuária é uma técnica de cultivo que permite a produção alternada de forragem e grãos na mesma área ao longo do ano. A produção de forragem em períodos de escassez, a obtenção de renda pelos produtores e a deposição de palhada residual são obtidas simultaneamente por meio do cultivo de espécies forrageiras em áreas normalmente mantidas em pousio nas entressafras das culturas de grãos. Nessa modalidade de integração lavoura pecuária, os benefícios aportados ao solo pelo sistema de semeadura direta são potencializados pela introdução de espécies forrageiras (LOSS et al., 2011), que geralmente acumulam mais carbono do que as culturas agrícolas, assegurando a cobertura do solo (ESPECIAL EMBRAPA, 2009).

Dentre as forrageiras utilizadas, destaca-se a aveia, pois além das aplicações como forrageira, é utilizada como cobertura verde/morta (FLOSS et al., 2007). Entretanto, a quantidade de palhada residual depositada na superfície do solo deve ser condizente com a cultura sucessora. Quantidades excessivas de palhada de aveia não são desejadas para anteceder a semeadura do milho, pois durante sua decomposição podem comprometer a disponibilidade de N (AITA et al., 2001), devido à sua alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (SILVA et al. 2006) e à ocorrência da imobilização microbiana do N (AMADO et al., 2003).

A cultura do milho é uma das mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados (CANCELLIER et al., 2011). O nitrogênio (N) está entre os nutrientes mais requeridos (CRUZ et al., 2008), sendo o exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade e onera o custo de produção (MELO et al., 2011).

Épocas e métodos de aplicação dos fertilizantes nitrogenados na cultura do milho são amplamente estudados em sistemas exclusivamente agrícolas, sobretudo em sistema de semeadura direta, porém, em sistemas de ILP os estudos ainda são escassos (SANDINI et al., 2011). O seu manejo é dos mais complexos devido à grande dependência das condições edafoclimáticas (CANTARELLA; DUARTE, 2004), e técnicas que maximizem a absorção do N pelas plantas e minimizem suas perdas no ambiente podem contribuir para o aumento da sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Diante do exposto o trabalho foi elaborado partindo da hipótese de que a manutenção de quantidades adequadas de resíduos culturais na superfície do solo associada ao parcelamento da aplicação da adubação nitrogenada pode reduzir as perdas de N no sistema através da imobilização e sincronizar sua disponibilização às plantas por meio da

mineralização. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estudar a combinação de diferentes usos do solo cultivado com aveia branca no período do inverno com diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho em sistema de integração lavoura pecuária.

### 1.5 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de maio de 2009 a março de 2010, na fazenda experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em Latossolo Vermelho eutrófico (LVe). A área estava sendo manejada sob o sistema de semeadura direta, obedecendo à sucessão de culturas soja/milho/aveia nas três últimas safras agrícolas e por ocasião da implantação do experimento apresentava as características físico-químicas descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental

| Prof. | P                   | MO                 | pH                | Al+H   | Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | SB  | CTC  | V                             | Areia | Silte | Argila |
|-------|---------------------|--------------------|-------------------|--|------------------|----------------|------------------|------------------|-----|------|-------------------------------|-------|-------|--------|
| cm    | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> | CaCl <sub>2</sub> | -----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                |                  |                  |     | %    | -----g kg <sup>-1</sup> ----- |       |       |        |
| 0-10  | 19,6                | 21,1               | 4,9               | 5,0  | 0,0              | 0,9            | 5,1              | 2,2              | 8,2 | 13,3 | 62,1                          | 54,2  | 117,6 | 828,2  |
| 10-20 | 19,5                | 19,9               | 4,9               | 5,0  | 0,0              | 0,9            | 5,1              | 2,2              | 8,2 | 13,2 | 61,9                          | 54,2  | 117,6 | 828,2  |

Prof.: profundidade

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (IAPAR, 2006). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos na estação climatológica automática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 100 m da área experimental e são apresentados na Figura 1.

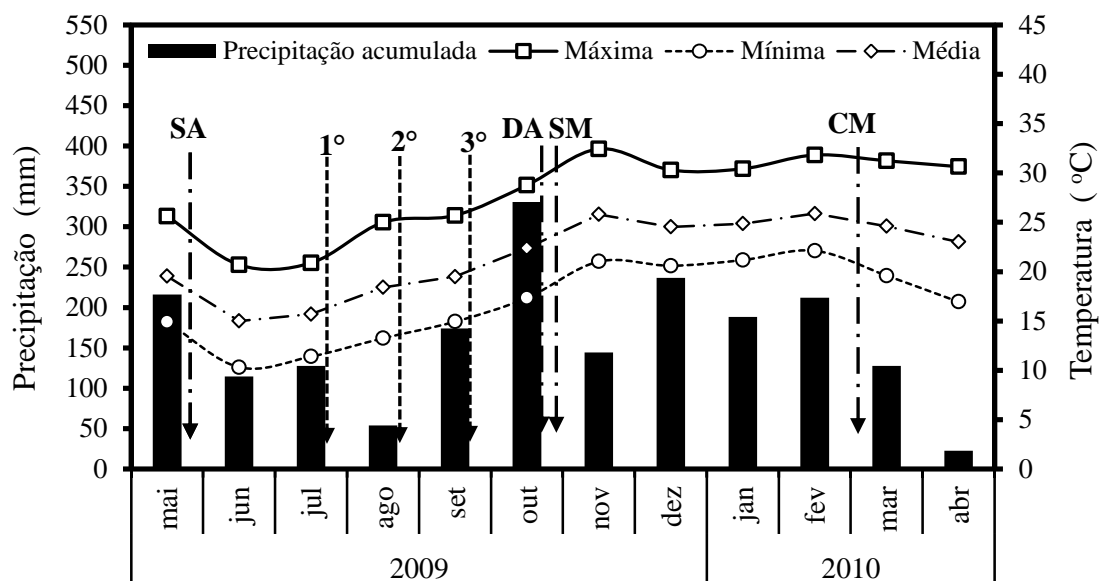


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. SA: sementeira da aveia; 1º, 2º, 3º: primeiro, segundo e terceiro pastejos ou cortes na aveia, respectivamente; DA: dessecação da aveia; SM: sementeira do milho; CM: colheita do milho.

Fonte: Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste, Marechal Cândido Rondon- PR, 2009-2010.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema de faixas com parcelas subdivididas, com três repetições. Nas faixas (parcelas) foram alocados os seis usos do solo: P10 – pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20 – pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10 – corte para fenação com resíduo de 10 cm; C20 – corte para fenação com resíduo de 20 cm; SC p/ SD – sem pastejos ou cortes com sementeira direta da cultura de verão e SC p/ PC – sem pastejos ou cortes com preparo convencional do solo para a sementeira da cultura de verão, e nas subparcelas os manejos da adubação nitrogenada (Tabela 2). As parcelas possuíram dimensões de 15 x 30 m, e cada parcela foi subdividida em seis sub-parcelas com dimensões de 5 x 15 m.

Tabela 2. Parcelamentos do nitrogênio aplicado na cultura do milho

| Parcelamentos<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Pré-Sementeira* | Sementeira** | Cobertura      |                |
|---|-----------------|--------------|----------------|----------------|
|   |                 |              | V <sub>4</sub> | V <sub>8</sub> |
| 100:0:0                                 | 100             | 20           | 0              | 0              |
| 0:25:75                                 | 0               | 20           | 25             | 75             |
| 0:50:50                                 | 0               | 20           | 50             | 50             |
| 0:75:25                                 | 0               | 20           | 75             | 25             |
| 0:100:0                                 | 0               | 20           | 100            | 0              |
| 50:50:0                                 | 50              | 20           | 50             | 0              |

\*Aplicação com sete dias de antecedência à sementeira; \*\*Fornecido pelo formulado 8:20:15 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O). V<sub>4</sub>; V<sub>8</sub>: estádios de desenvolvimento vegetativo da cultura do milho.

A semeadura da aveia branca (*Avena sativa* cv. IPR 126) foi realizada no dia 24 de maio utilizando uma semeadora de precisão acoplada ao trator, com uma densidade de sementes de 70 kg ha<sup>-1</sup> distribuídas em linhas espaçadas de 0,17 m, sem a utilização de adubação de semeadura. Foram realizados três cortes ou pastejos, sendo o primeiro aos 55 dias após a emergência da aveia, e os demais com intervalo aproximado de 30 dias.

Nos três pastejos realizados foram utilizadas vacas da raça Holandesa, em lactação, com peso vivo aproximado de 550 kg ± 28,5 kg, que foram distribuídas nos piquetes e pastejaram por aproximadamente dois dias até a obtenção das alturas de resíduo desejadas (10 e 20 cm). Para a obtenção das alturas de resíduo desejadas foram utilizadas lotações variáveis segundo a técnica *put-and-take* (MOTT; LUCAS, 1952). Para os tratamentos com corte, foi utilizada uma ceifadeira mecânica acoplada ao trator regulada para as alturas de corte desejadas (10 e 20 cm), sempre no dia do encerramento dos pastejos.

Em sucessão à aveia foi semeada a cultura do milho, e por ocasião desta, as faixas destinadas aos usos do solo P10, P20, C10, C20 e SC p/ SD foram dessecadas utilizando-se o herbicida glifosato (1800 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) com volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>, enquanto a faixa destinada ao uso do solo SC p/ PC foi preparada mecanicamente com auxílio de grade leve.

A amostragem para a determinação da quantidade de palhada residual foi realizada sete dias antes da semeadura do milho, com auxílio de quadrado metálico com área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>), que foi lançado aleatoriamente duas vezes em cada subparcela e toda a palhada da superfície do solo contida no seu interior foi coletada. Após a coleta o material foi peneirado em peneira com malha de 3 mm para a retirada do excesso de solo e submetido à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas com posterior pesagem para a determinação da massa seca. Após a pesagem foram estimadas as quantidades de palhada residual depositadas por hectare e o material foi moído em moinho tipo Willey para a determinação das concentrações de N e C. O N foi determinado por digestão sulfúrica e destilação em sistema semi-micro Kjeldal (EMBRAPA, 2009), enquanto o C foi obtido a partir da determinação da matéria orgânica em mufla conforme descrito por Silva e Queiroz (2006). Para a estimativa da concentração de C nas amostras a concentração de matéria orgânica foi dividida por 1,72 conforme recomendado por Peixoto et al. (2007). Os estoques de N e C foram calculados a partir da palhada residual e das concentrações dos elementos.

As adições de C e de N ao solo pelos sistemas estudados foram estimadas a partir da quantidade de matéria seca da palhada residual depositada pela cultura a aveia e sua concentração de N. Considerou-se a contribuição média do sistema radicular em 30 % do total

de C e N contidos na parte aérea. Nos cálculos da adição de C considerou-se um teor médio de 40 % desse elemento na matéria seca das plantas de aveia (LOVATO et al., 2004; COSTA et al., 2008).

A semeadura da cultura do milho foi realizada em 29 de outubro de 2009, utilizando-se o híbrido triplo CD 384, com espaçamento entre linhas de 0,70 m, e 4,2 sementes por metro linear, objetivando-se uma densidade populacional de de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Como adubação de semeadura foi utilizado 250 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 8-20-15. A adubação foi realizada atendendo as recomendações para a cultura do milho da Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004). Na semeadura foi fixada a dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N para todos os manejos adotados, e as aplicações de cobertura foram realizadas nos estádios fenológicos V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub> conforme recomendado por (RITCHIE et al., 2003) (Tabela 2). A aplicação correspondente à pré-semeadura foi realizada com sete dias de antecedência à semeadura do milho, e em todas as aplicações a fonte de N foi a uréia (45%N).

Por ocasião do surgimento da inflorescência feminina foi realizada amostragem segundo Malavolta (1997) para diagnose do teor de N foliar. As folhas amostradas foram lavadas com água deionizada, tiveram a nervura central descartada e foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 55°C durante 72 horas, para moagem e determinação dos teores de N segundo a metodologia proposta por Embrapa (2009).

Por ocasião da colheita realizada em 05 de março de 2010, determinou-se as características biométricas em 10 plantas escolhidas ao acaso dentro da área útil de cada parcela. Foi determinado o diâmetro do colmo (com auxílio de paquímetro digital mensurado no primeiro entre nó visível a partir da superfície do solo), a altura de plantas (sendo considerada a distância entre a superfície do solo e a inserção da última folha completamente expandida) e altura de inserção da espiga (sendo considerada a distância entre a superfície do solo e a base da inserção da primeira espiga).

Após as avaliações biométricas foi realizada a colheita manual (março de 2010) com a coleta de todas as espigas da área útil de cada parcela. Destas, foram tomadas 10 espigas ao acaso para a determinação do número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira (através de contagem manual), diâmetro das espigas (com auxílio de paquímetro digital) e comprimento de espigas (com auxílio de régua graduada em centímetros). Todas as espigas colhidas foram submetidas à trilha mecanizada. A produtividade foi estimada por meio da pesagem dos grãos obtidos com a trilha e correção para kg ha<sup>-1</sup>. A massa de 1000



grãos foi estimada a partir da contagem manual e pesagem de oito amostras de 100 grãos. A umidade das amostras foi corrigida para 13% com determinador de umidade digital.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 1.6 Resultados e Discussão

### 1.6.1 Características da palhada depositada

Houve efeito significativo dos usos do solo na quantidade e relação C/N da palhada da aveia, bem como nas concentrações e estoque de N e C na palhada e nas quantidades de N e C adicionadas ao solo pela palhada (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de F calculado para a quantidade, concentração ([ ]), estoque (E), adição (A) e relação C/N da palhada residual depositada pela cultura da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo

| Fonte de Variação | GL | Palhada Residual     | [ ] de N              | [ ] de C             | E de N              | E de C               | A de N              | A de C               | Relação C:N           |
|-------------------|----|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Bloco             | 2  | 3,839 <sup>ns</sup>  | 0,726 <sup>ns</sup>   | 0,154 <sup>ns</sup>  | 3,003 <sup>ns</sup> | 4,584 <sup>ns</sup>  | 3,003 <sup>ns</sup> | 3,839 <sup>ns</sup>  | 0,066 <sup>ns</sup>   |
| Nitrogênio (N)    | 5  | 0,459 <sup>ns</sup>  | 0,768 <sup>ns</sup>   | 2,102 <sup>ns</sup>  | 0,604 <sup>ns</sup> | 0,467 <sup>ns</sup>  | 0,604 <sup>ns</sup> | 0,459 <sup>ns</sup>  | 0,327 <sup>ns</sup>   |
| erro 1            | 10 |                      |                       |                      |                     |                      |                     |                      |                       |
| Uso solo (US)     | 5  | 68,023 <sup>**</sup> | 436,251 <sup>**</sup> | 27,025 <sup>**</sup> | 6,186 <sup>**</sup> | 69,223 <sup>**</sup> | 6,186 <sup>**</sup> | 68,023 <sup>**</sup> | 408,807 <sup>**</sup> |
| erro 2            | 10 |                      |                       |                      |                     |                      |                     |                      |                       |
| NxUS              | 25 | 1,014 <sup>ns</sup>  | 1,409 <sup>ns</sup>   | 2,041 <sup>ns</sup>  | 1,263 <sup>ns</sup> | 1,240 <sup>ns</sup>  | 1,263 <sup>ns</sup> | 1,014 <sup>ns</sup>  | 1,397 <sup>ns</sup>   |
| erro 3            | 50 |                      |                       |                      |                     |                      |                     |                      |                       |
| CV1 (%)           |    | 13,96                | 9,38                  | 1,92                 | 14,78               | 13,40                | 14,78               | 13,96                | 10,96                 |
| CV2 (%)           |    | 20,18                | 6,55                  | 3,03                 | 15,05               | 22,03                | 15,05               | 20,18                | 9,49                  |
| CV3 (%)           |    | 14,34                | 7,63                  | 2,39                 | 14,99               | 14,56                | 14,99               | 14,34                | 12,31                 |

ns; \*, \*\*: Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator nitrogênio, fator uso do solo e à interação nitrogênio x uso do solo, respectivamente.

Quando a aveia foi submetida à cortes ou pastejos a produção de palhada residual foi inferior aos usos do solo sem cortes ou pastejos (Tabela 4). O resultado era esperado, devido às colheitas da massa seca de forragem, pois a capacidade de rebrota das plantas vai sendo reduzida à medida que são realizadas colheitas sucessivas prejudicando a recomposição de área foliar e o novo acúmulo de massa seca. Resultados semelhantes foram obtidos por Flores et al. (2007) e Lopes et al. (2009), que trabalhando com pastagem de aveia e azevém consorciados sob as alturas de resíduo pós pastejo de 10; 20; 30 e 40 cm obtiveram valores entre 1850 e 1860 à 5170 e 5400 kg ha<sup>-1</sup> de MS, da menor para a maior altura, respectivamente. No mesmo estudo, Flores et al. (2007) obtiveram palhada residual de 6050 kg ha<sup>-1</sup> de MS em área não submetida aos pastejos. A presença de massa seca na superfície do

solo atua como uma barreira amortecedora ao pisoteio animal (LOPES et al., 2009), e mesmo níveis de palhada residual próximos a 2000 kg ha<sup>-1</sup> de MS podem não comprometer a produção de grãos no cultivo subsequente (FLORES et al., 2007).

O uso do solo sem pastejos ou cortes propiciou deposição de palhada com maior concentração de C e menor concentração de N em relação à palhada depositada pela aveia nos demais usos (Tabela 4). Os resultados obtidos para a concentração de N na palhada eram esperados, pois o corte ou pastejo das plantas elimina a possibilidade de lignificação das estruturas das plantas e estimula o rebrote e surgimento de novos afillhos e novas folhas, que por sua vez possuem teor de N superior ao contido na biomassa de plantas com idade mais avançada. Quando as plantas de aveia foram mantidas sob crescimento livre (SC p/ SD e SC p/ PC) ocorreu a lignificação da parede celular (CAMPOS et al., 2002) e a redução nos teores de proteína bruta (VASCONCELOS et al., 2009), com conseqüente redução na concentração de N (GONÇALVES et al., 2003; HENRIQUES et al., 2007). Quando a aveia foi submetida à cortes ou pastejos, o perfilhamento e a renovação da área foliar foram estimuladas e as plantas se mantiveram no estágio vegetativo com maior concentração de N na massa seca.

Quanto aos estoques de N na palhada e adição estimada de N ao solo, valores superiores foram obtidos quando a aveia foi colhida por meio de corte com altura de resíduo de 20 cm em relação à colheita por corte ou pastejo com altura residual de 10 cm. O resultado deve-se às quantidades de palhada residual depositada e às diferenças na concentração desse nutriente na palhada depositada. Quando a aveia não foi submetida à cortes ou pastejos, a concentração de N foi reduzida em mais de 50%, porém a maior deposição de palhada compensou essa redução. Já nas áreas onde a aveia foi submetida à cortes ou pastejos, mesmo as concentrações de N sendo semelhantes na palhada obtida com a altura residual de 10 ou 20 cm, ao proporcionar a deposição de maior quantidade de palhada, o corte com altura residual de 20 cm conseqüentemente propiciou maior estoque de N (Tabela 4). Já para o C, o maior estoque e também maior adição de C foram obtidos nos usos do solo sem pastejo ou corte da aveia em relação aos demais usos (Tabela 4). Os resultados observados para o C são coerentes com a concentração do mesmo na massa seca e com a quantidade de palhada depositada.

Tabela 4. Quantidade, concentração ([ ]), estoque (E), adição (A) e relação C/N da palhada residual depositada pela cultura da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo

| Usos do Solo | Palhada Residual (kg ha <sup>-1</sup> ) | [ ] de N (g kg <sup>-1</sup> ) | [ ] de C (g kg <sup>-1</sup> ) | E de N (kg ha <sup>-1</sup> ) | E de C (kg ha <sup>-1</sup> ) | A de N (kg ha <sup>-1</sup> ) | A de C (kg ha <sup>-1</sup> ) | Relação C:N |
|--------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
| P10          | 1886b*                                  | 31,58a                         | 490,17b                        | 58,77bc                       | 924,48b                       | 76,40bc                       | 980,61b                       | 15,58b      |
| P20          | 2162b                                   | 32,02a                         | 500,81b                        | 69,24ab                       | 1084,60b                      | 90,01ab                       | 1124,27b                      | 15,74b      |
| C10          | 1790b                                   | 32,04a                         | 489,84b                        | 57,19c                        | 875,83b                       | 74,34c                        | 930,57b                       | 15,34b      |
| C20          | 2269b                                   | 31,31a                         | 496,13b                        | 70,97a                        | 1126,61b                      | 92,27a                        | 1179,73b                      | 15,93b      |
| SC p/ SD     | 4050a                                   | 15,49b                         | 527,39a                        | 62,18abc                      | 2136,68a                      | 80,83abc                      | 2106,21a                      | 34,58a      |
| SC p/ PC     | 4051a                                   | 15,21b                         | 531,90a                        | 61,62abc                      | 2156,47a                      | 80,11abc                      | 2106,71a                      | 35,40a      |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10 – pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20 – pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10 – corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20 – corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD – sem pastejos ou cortes para semeadura direta; SC p/ PC – sem pastejos ou cortes para preparo convencional.

O estudo dos estoques na palhada residual tem recebido maior atenção com a adoção de novos conceitos de sustentabilidade, uma vez que a adição de resíduos vegetais ao solo em semeadura direta é de extrema importância para a manutenção e o aumento dos teores de matéria orgânica do solo (MOS), a qual tem um papel fundamental na manutenção da sustentabilidade da produção ao longo do tempo (LOPES et al., 2009). Quanto à adição de C, gramíneas forrageiras possuem grande potencial para adição do mesmo ao solo, e no estudo de Rossi et al. (2012), os autores também observaram adição de C ao solo ao intercalarem gramíneas forrageiras com culturas produtoras de grãos. O estudo da adição de C ao solo é relevante, uma vez que este apresenta relação direta com as propriedades do solo habilitando-o solo a exercer suas funções e garantindo sua qualidade (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Em se tratando da relação C:N, a palhada obtida na área onde a aveia não foi manejada apresentou relação C:N superior à palhada depositada nas áreas onde a aveia foi submetida à cortes ou pastejos (Tabela 4). Os valores observados para a relação C:N apresentaram relação direta a idade de desenvolvimento das plantas, pois com o avanço da idade de desenvolvimento ocorre a elevação na concentração dos componentes estruturais na massa seca, os quais são ricos em C, (ao mesmo tempo que ocorre a diminuição do conteúdo celular (ZANINE; MACEDO, 2006), reduzindo também as quantidades de N na massa seca. Com base na classificação proposta por Moreira e Siqueira (2006), os resíduos culturais depositados pela aveia que não foi submetida à cortes ou pastejos apresentaram relação C/N alta (> 30), enquanto os depositados pelos restos culturais da aveia cortada ou pastejada apresentaram relação considerada baixa (< 20). A adição de resíduos culturais com alta relação C/N no solo pode ocasionar um esgotamento do N, em função da grande demanda de

N pela microbiota causando a imobilização do N do solo, já quando a relação C/N é baixa, ocorre à liberação do elemento mineralizado (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

### 1.6.2 Características do milho

Houve efeito significativo dos usos do solo apenas sobre o teor de N foliar e produtividade do milho (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Valores de F calculado para as características das plantas de milho cultivado sob diferentes usos do solo (Uso Solo) e formas de parcelamento da adubação nitrogenada (Nitrogênio)

| Fonte de Variação | G  | Nitrogênio Foliar   | Estande de Plantas  | Índice de espigas   | Altura de plantas   | Altura de inserção da espiga | Diâmetro de colmo   |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 6,012 <sup>ns</sup> | 1,260 <sup>ns</sup> | 0,428 <sup>ns</sup> | 2,476 <sup>ns</sup> | 5,110 <sup>ns</sup>          | 1,084 <sup>ns</sup> |
| Nitrogênio (N)    | 5  | 1,791 <sup>ns</sup> | 1,583 <sup>ns</sup> | 0,200 <sup>ns</sup> | 1,253 <sup>ns</sup> | 0,430 <sup>ns</sup>          | 1,031 <sup>ns</sup> |
| erro 1            | 10 |                     |                     |                     |                     |                              |                     |
| Uso solo (US)     | 5  | 12,882**            | 1,091 <sup>ns</sup> | 1,668 <sup>ns</sup> | 1,680 <sup>ns</sup> | 0,566 <sup>ns</sup>          | 1,096 <sup>ns</sup> |
| erro 2            | 10 |                     |                     |                     |                     |                              |                     |
| N*US              | 25 | 1,724 <sup>ns</sup> | 1,551 <sup>ns</sup> | 1,662 <sup>ns</sup> | 0,989 <sup>ns</sup> | 1,002 <sup>ns</sup>          | 1,016 <sup>ns</sup> |
| erro 3            | 50 |                     |                     |                     |                     |                              |                     |
| CV1 (%)           |    | 3,60                | 8,65                | 16,15               | 4,62                | 8,33                         | 6,52                |
| CV2 (%)           |    | 7,23                | 7,12                | 12,2                | 5,11                | 7,27                         | 5,45                |
| CV3 (%)           |    | 3,22                | 6,84                | 11,57               | 5,03                | 7,5                          | 7,54                |

ns; \*, \*\*: Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator nitrogênio, fator uso do solo e à interação nitrogênio\*uso do solo, respectivamente.

Nenhuma das características das plantas de milho estudadas, bem como os componentes de produção foram afetados pelas formas de parcelamento da adubação nitrogenada ou por sua interação com usos do solo (Tabelas 5 e 6). Esse resultado pode estar relacionado com as condições climáticas do período experimental (Figura 1), especialmente o período que abrangeu as aplicações nitrogenadas.

Tabela 6. Valores de F calculado para os componentes de produção e produtividade do milho cultivado sob diferentes usos do solo (Uso Solo) e formas de parcelamento da adubação nitrogenada (Nitrogênio)

| Fonte de Variação | GL | Diâmetro de espiga  | Comprimento de espiga | Fileiras de grãos por espiga | Grãos por fileira   | Massa de mil grãos  | Produtividade       |
|-------------------|----|---------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 0,497 <sup>ns</sup> | 1,400 <sup>ns</sup>   | 1,985 <sup>ns</sup>          | 0,752 <sup>ns</sup> | 0,031 <sup>ns</sup> | 1,361 <sup>ns</sup> |
| Nitrogênio (N)    | 5  | 1,129 <sup>ns</sup> | 1,218 <sup>ns</sup>   | 0,652 <sup>ns</sup>          | 0,567 <sup>ns</sup> | 1,205 <sup>ns</sup> | 2,471 <sup>ns</sup> |
| erro 1            | 10 |                     |                       |                              |                     |                     |                     |
| Uso solo (US)     | 5  | 2,687 <sup>ns</sup> | 0,227 <sup>ns</sup>   | 0,938 <sup>ns</sup>          | 0,771 <sup>ns</sup> | 1,676 <sup>ns</sup> | 56,882**            |
| erro 2            | 10 |                     |                       |                              |                     |                     |                     |
| N*US              | 25 | 1,275 <sup>ns</sup> | 1,788 <sup>ns</sup>   | 1,173 <sup>ns</sup>          | 1,728 <sup>ns</sup> | 1,663 <sup>ns</sup> | 1,494 <sup>ns</sup> |
| erro 3            | 50 |                     |                       |                              |                     |                     |                     |
| CV1 (%)           |    | 2,51                | 9,75                  | 4,51                         | 7,51                | 12,06               | 3,36                |
| CV2 (%)           |    | 2,23                | 10,47                 | 6,57                         | 6,39                | 9,98                | 3,74                |
| CV3 (%)           |    | 2,69                | 8,36                  | 5,25                         | 5,04                | 9,26                | 5,17                |

ns; \*, \*\*: Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator nitrogênio, fator uso do solo e à interação nitrogênio\*uso do solo, respectivamente.

O teor de N foliar do milho cultivado nas áreas submetidas aos cortes ou pastejos foi superior em relação ao milho cultivado nas áreas em que a aveia não foi manejada (Tabela 7). Esse resultado revela a ocorrência de equilíbrio entre a decomposição da palhada e os processos de imobilização e mineralização desse nutriente e as exigências nutricionais da cultura do milho e são coerentes com os observados por outros autores (LARA CABEZAS, 2008; HURTADO et al., 2010). Cabe ressaltar ainda, que o pastejo ou mesmo o corte contribuem para a ciclagem do N (ASSMANN et al., 2003) por estimular a renovação foliar das plantas mantendo-o N retido por mais tempo no sistema e retardando as perdas devido principalmente à lixiviação.

O menor teor de N foliar nos usos do solo onde houve maior deposição de resíduos pode ser atribuído à imobilização de N, decorrente da alta relação C:N presente nesses resíduos (SILVA et al., 2007). Associado à alta relação C:N, o nível mais elevado de C adicionado ao solo pelos resíduos da aveia e disponível para a microbiota do solo possibilita uma maior imobilização do N, ocasionando redução nos níveis de N mineral no solo, podendo acarretar menor concentração desse nutriente na massa seca das plantas (VARGAS et al., 2005; SILVA et al., 2007).

A produtividade seguiu padrão semelhante ao observado para o N foliar, sendo superior nos usos do solo com pastejo ou corte e inferior nos usos em que houve maior deposição de palhada (Tabela 7). A menor produtividade da cultura do milho quando não foram realizados cortes ou pastejos na aveia foi ocasionada pela menor disponibilidade de N às plantas, pois o suprimento inadequado de N é considerado um dos principais fatores

limitantes ao rendimento de grãos do milho (CANCELLIER et al., 2011). A deposição de grande quantidade de palhada residual com alta relação C:N (Tabela 4) e sua decomposição contribuíram para a ocorrência de imobilização microbiana do N disponível no solo e do adicionado via adubação nitrogenada (HUTCHISON; WALWORTH, 2007), reduzindo a disponibilidade desse nutriente para as plantas. Sandini et al. (2011) observaram redução na produtividade da cultura do milho quando cultivado em sucessão à forrageiras de inverno que não receberam adubação nitrogenada, e também atribuíram o resultado à ocorrência de imobilização microbiana devido ao alto aporte de resíduos culturais de alta relação C:N. Outro fator que deve ser ressaltado é que com o preparo do solo houve condições mais favoráveis para que ocorresse a lixiviação do N presente no solo.

Tabela 7. Teores de N foliar e produtividade da cultura do milho implantado em sucessão à aveia branca sob diferentes usos do solo no outono-inverno

| Usos do solo | N Foliar<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Produtividade<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------|-----------------------------------|---|
| P10          | 34,39a                            | 8025a                                   |
| P20          | 34,21a                            | 8070a                                   |
| C10          | 33,80a                            | 8339a                                   |
| C20          | 33,07a                            | 8271a                                   |
| SC p/ SD     | 30,04b                            | 7364b                                   |
| SC p/ PC     | 30,18b                            | 7057b                                   |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10 – pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20 – pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10 – corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20 – corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD – sem pastejos ou cortes para semeadura direta; SC p/ PC – sem pastejos ou cortes para preparo convencional.

Já a maior produtividade obtida nos usos do solo com pastejo ou corte, revela que não houve competição entre as plantas de milho e os micro-organismos do solo pelo N disponível no solo e aplicado via adubações. A ausência de diferença estatística entre os usos do solo com corte ou pastejo revela ainda que possíveis prejuízos à produtividade que poderiam ter sido ocasionados pelo pisoteio animal foram compensados pela deposição dos dejetos dos mesmos, equilibrando a produtividade mesmo nas áreas com a presença dos animais. Estudando manejos de solo no milho, Balbinot Jr. (2011) também não encontraram diferenças na produtividade da cultura quando cultivada em sucessão à forrageiras de inverno.

Entretanto, o processo de imobilização do N devido à manutenção de grandes quantidades de palha na superfície do solo não é totalmente negativo dentro de sistemas produtivos que visam a sustentabilidade. A manutenção do N em formas orgânicas impede, ou ao menos minimiza, a ocorrência de perdas de nitrogênio por lixiviação, e seu acúmulo

gradual em formas orgânicas, aumenta a capacidade de suprimento deste nutriente ao longo do tempo (VARGAS et al., 2005), enquanto os benefícios da palhada podem amenizar efeitos de estiagens, reduzindo a evaporação da água e mantendo o solo úmido por um período mais prolongado (CRUZ et al., 2007) contribuindo para o desenvolvimento das plantas de milho (FERREIRA et al., 2009).

A ausência de significância para os manejos da adubação nitrogenada sobre a produtividade do milho pode ser explicada pelas épocas de aplicação do N adotadas, pois com exceção do manejo 100:0:0, todos os demais receberam a aplicação de N no estágio V<sub>4</sub>, época em que é definido o potencial produtivo da cultura (RITCHIE et al., 2003). Esse resultado confirma que mesmo no manejo 0:25:75, a aplicação da menor parcela (25 kg ha<sup>-1</sup> de N) foi suficiente para determinar o máximo potencial produtivo da cultura nas condições edafoclimáticas e de manejo estudadas.

No manejo 100:0:0, em que todo o N normalmente aplicado em cobertura foi aplicado de forma antecipada, a presença dos resíduos culturais na superfície pode ter contribuído para a retenção do N aplicado, que foi inicialmente imobilizado, mas mineralizado de forma a atender a demanda do milho, mesmo nos usos do solo com maior quantidade de resíduos culturais e com menor relação C/N. Esse manejo visa aumentar a disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura e reduzir o efeito da imobilização de N pelos microrganismos do solo ao decomporem resíduos culturais de alta relação C/N (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004).

Os resultados revelam que todos os manejos da adubação nitrogenada estudados são aplicáveis à cultura do milho nos usos do solo testados. Entretanto, segundo Kluthcouski et al. (2006), somente em solos com aporte contínuo de palhada e teor adequado de matéria orgânica, a adubação nitrogenada pode ser antecipada, em anos com chuvas regulares. Do contrário, além da elevação dos custos com o aumento das aplicações, existe ainda o risco de perdas do N mineral aplicado por lixiviação devido ao excesso de chuvas.

## 1.7 Conclusões

O milho tem sua produtividade limitada quando implantado em sucessão à aveia branca com palhada superior à 4000 kg ha<sup>-1</sup> e relação C:N superior a 34, independente da antecipação ou do parcelamento da adubação nitrogenada.

A utilização da pastagem de aveia branca para pastejo ou corte nas alturas de resíduo de 10 e 20 cm não compromete a produtividade da cultura do milho implantado em sucessão.

Ao se implantar o milho em sucessão à aveia branca, com dose fixa de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, os parcelamentos do N em pré-semeadura e em cobertura nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, não alteram o teor de N foliar, as características das plantas, os componentes de produção e a produtividade da cultura, independente da quantidade e relação C:N dos resíduos culturais em cobertura.

### 1.8 Referências Bibliográficas

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. ; DA ROS, C.O.C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.25, n.1, p.157-1165, 2001.

AMADO, T.J.C.; SANTI, A. ; ACOSTA J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.27, n.6, p.1085-1069, 2003.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; VEIGA, M.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; MAFRA, A.L.; PICCOLLA, C.D. Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p. 1357-1363, 2011.

CAMPOS, F.P.; LANNA, D.P.D.; BOSE, M.L.V.; BOIN, C.; SARMENTO, P. Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método in vitro/gás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 217-225, 2002.

CANCELLIER, L.L.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; LEÃO, F.F. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p. 139-148, 2011.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho**. In: GALVÃO, J.C.C. ; MIRANDA, G.V., eds. Tecnologia de produção de milho. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. ; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no



sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.32, n.1, p323-332, 2008.

CRUZ, C.C.; ALVARENGA, R.C.; NOVOTNY, E.H.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANTANA, D.P.; PEREIRA, F.T.F. ; HERNANI, L.C. **Sistema plantio direto**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção. Versão Eletrônica - 3.ed. Disponível em:< 25/jan/2007: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/mandireto.htm>>

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; SILVA, E.T. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4 p.370-375, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. Ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, 2009. 627p.

ESPECIAL Embrapa: integração lavoura, pecuária e floresta. 2009. Disponível em: <[www.cnpq.org.br/arquivos/integlavpecflo.pdf](http://www.cnpq.org.br/arquivos/integlavpecflo.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2012.

FERREIRA, A.O.; SÁ, J.C.M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A.G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.173-179, 2009.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D. B.; FRAGA, T. I. 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**, Viçosa - MG, v.31, n.4, p.771-780, 2007.

FLOSS, E.L.; PALHANO, A.L.; SOARES FILHO, C.V.; PREMAZZI, L. M. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; DAMASCENO, J. C.; CECATO, U.; BRANCO, A. F. Determinação do consumo, digestibilidade e frações protéicas e de carboidratos do feno de Tifton 85 em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.32, n.4, p.804-813, 2003.

HENRIQUES, L.T.; COELHO DA SILVA, J.F.; DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H.M.; PEREIRA, O.G. Frações dos compostos nitrogenados de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 740-748, 2007.

HURTADO, S.M.C.; SILVA, C.A.; RESENDE, A.V.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S.; HIGASHIKAWA, F.S. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p. 688-697, 2010.

HUTCHISON, C. M. W.; WALWORTH, J. L. Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil

experimentally contaminated with diesel. **Biodegradation**, Tucson, v.18, n.2 p.133-144, 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas Climáticas do Paraná. 2006. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Classificação\\_Climaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificação_Climaticas.htm)>. Acesso em: 03 set. 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F.R.A. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Piracicaba: Potafos, 2006. (Informações Agronômicas, 113)

LARA CABEZAS, W.A.R. Atividade microbiana do solo e produtividade do milho em função da aplicação antecipada de nitrogênio e adensamento de palha. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.899-910, 2008.

LOPES, M.L.T.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T. dos; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. de. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1499-1506, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. ; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

MALAVOLTA E.; VITTI G.C.; OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, p.319, 1997.

MELO, F.B.; CORA, J.E.; CARDOSO, M.J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.27-31, 2011.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2006, 729 p.

MOTT, G.E.; LUCAS, H.L. The design, conduct en interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pensilvania, **Proceedings ...** Pensilvania: State College, 1952. p.1380-1395.

PEIXOTO, A. M.; SOUZA, J. S. I. ; TOLEDO, F. F.; REICHARDT, K. ; MOLINA FILHO, J. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**, v. 6., 1 ed. 2007, p.631.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações Agronômicas**, n.103, p.1-11, 2003.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p. 38-46, 2012.

SANDINI, I.E.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M.K.; NOVAKOWISKI, J.H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011.

SILVA, A.A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.928-935, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. Ed UFV, 235 p.2006.

SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.1011-1020, 2006.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SA, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

VASCONCELOS, W.A.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; PINTO, T.F.; LIMA, W.C.; EDVAN, R.L.; PEREIRA, O.G. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Belo Horizonte, v.10, n.4, p.874-884, 2009.

VEZZANI, F.M. ; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.33, n.4, p.743-755, 2009.

ZANINE, A.M.; MACEDO, J.G.L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Málaga, v.7, n.4, p.1-12, 2006.

### **CAPÍTULO 3**

## **PRODUÇÃO DE FORRAGEM, PALHADA, CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E VALOR NUTRITIVO DA AVEIA BRANCA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

### **Resumo**

O estudo objetivou avaliar a produção de forragem e palhada residual, as características estruturais e o valor nutricional da aveia branca sob diferentes usos do solo em sistema de integração lavoura pecuária. O experimento foi implantado e conduzido no outono-inverno de 2009; 2010 e 2011 sob o delineamento de blocos casualizados em esquema de faixas. Nas faixas foram distribuídas as seis formas de uso do solo cultivado com aveia: pastejo com altura do resíduo de 10 cm ou 20 cm (P10 e P20); corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm ou 20 cm (C10 e C20); sem pastejos ou cortes das plantas de aveia com posterior semeadura direta da cultura de verão (SC p/ SD) e sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para semeadura da cultura de verão (SC p/ PC). Em 2009, 2010 e 2011 foram realizadas respectivamente, três, uma e duas avaliações em cada ano. Estudou-se a produção de forragem e palhada residual e as características estruturais e nutricionais da forragem produzida. A produção total de forragem em 2009 e 2011 não diferiu entre os usos do solo, porém, foi superior nos usos com altura de resíduo de 10 cm no ano de 2010. Altas produções de matéria seca, próximas a  $5000 \text{ kg ha}^{-1}$ , foram obtidas quando a aveia branca foi manejada com cortes ou pastejos com altura residual de 10 ou 20 cm, ou quando colhida com altura residual de 15 cm ao final do ciclo. O uso de pastejos ou cortes sucessivos na aveia proporciona produção de forragem com valor nutritivo superior em relação à única colheita ao final do ciclo. A produção de palhada residual foi drasticamente reduzida com a utilização cortes ou pastejos. Para a obtenção de forragem de elevado valor nutritivo e com produção melhor distribuída ao longo do outono-inverno a aveia branca deve ser manejada com pastejos ou cortes.

**Palavras-chave:** *Avena sativa*, matéria seca, proteína bruta, valor nutricional

# FORAGE PRODUCTION, STRAW, STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL VALUE OF OATS IN WHITE SYSTEM INTEGRATION CROP LIVESTOCK

## Abstract

The study aimed to evaluate the forage and straw residual, structural characteristics and nutritional value of oats under different land uses in integrated crop livestock. The experiment was conducted and implemented in the fall-winter of 2009, 2010 and 2011 in a randomized block design in a track. Bands were distributed in the six forms of soil use cultivated with oats grazing height of 10 cm residue or 20 cm (G10 and G20) and cutting for hay with residue height 10 cm or 20 cm (C10 and C20); no grazing or cutting plant oats were sown direct summer crop (UC to ST) and without grazing or cutting back with conventional tillage for sowing of the summer crop (UC to CT). In 2009, 2010 and 2011 were held respectively three, one and two evaluations each year. We studied the production of forage and straw and residual structural characteristics and nutritional forage produced. The total forage production in 2009 and 2011 did not differ between land uses, however, was higher in the uses of waste height of 10 cm in 2010. High dry matter production, close to 5000 kg ha<sup>-1</sup> were obtained when the oats were managed with cutting or grazing residual height of 10 or 20 cm, or when taken with residual height of 15 cm at the end of the cycle. The use of successive cuts or grazing oats provides forage production with higher nutritional value compared to the one at the end of the harvest cycle. The production of straw was drastically reduced with the use or grazing cuts. To obtain high forage production and nutritive value better distributed throughout the autumn-winter oat should be managed with grazing or cropping.

**Key-words:** *Avena sativa*, dry matter, crude protein, nutritional value

### 3.1 Introdução

Pastagens são o principal componente das dietas de ruminantes e a fonte de alimentação mais econômica nos sistemas pecuários (SKONIESKI et al., 2011). Porém, a região Sul do Brasil, apesar de possuir condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de muitas espécies forrageiras (MEINERZ et al., 2011), ainda enfrenta problemas de escassez de forragem no período do outono-inverno.

Para suprir essa deficiência com forragem de elevado valor nutritivo (AGUINAGA et al., 2008; CARVALHO et al., 2010; MONDARDO et al., 2010) e ainda proporcionar cobertura vegetal (CASSOL et al., 2011) e contribuir para a sustentabilidade ao longo do tempo (PIN et al., 2011), forrageiras hibernais podem ser cultivadas sob o sistema integrado lavoura pecuária em áreas de semeadura direta mantidas em pousio no período do inverno (BALBINOT Jr. et al. 2011). Dentre as opções de forrageiras hibernais tem-se a aveia branca.

Entretanto, a máxima produção de forragem (CONFORTIN et al., 2010) e o sucesso do sistema de integração lavoura pecuária (AGUINAGA et al., 2008) dependem da interação de diversos componentes que interferem no crescimento das plantas (AGUINAGA et al., 2008; CARVALHO et al., 2010). Apesar de seu elevado potencial produtivo, as pastagens hibernais se caracterizam por um ciclo curto de utilização com rápidas e bruscas alterações na estrutura das plantas (CARVALHO et al., 2010) e no valor nutritivo da forragem produzida (AGUINAGA et al., 2006).

Dentre os componentes que alteram o desenvolvimento das plantas, o manejo pode definir potencialmente o crescimento e a produtividade das pastagens (SKONIESKI et al., 2011), alterando também o seu valor nutritivo. As alturas de manejo, por exemplo, determinam a matéria seca produzida e o nível de palhada residual por meio da desfolhação (AGUINAGA et al., 2008).

A aveia preta e o azevém, e/ou seus consórcios já foram estudados para produção de forragem e palhada sob diferentes manejos (AGUINAGA et al., 2008; CARVALHO et al., 2010; CASSOL et al., 2011; SKONIESKI et al., 2011; BALBINOT Jr. et al. 2011), porém resultados para a aveia branca (*Avena sativa*) ainda são escassos no meio científico.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estudar a produção de forragem e palhada residual, as características estruturais e o valor nutricional da aveia branca sob diferentes usos do solo em sistema de integração lavoura pecuária.

### 3.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de maio de 2009 a setembro de 2011, na fazenda experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em Latossolo Vermelho eutrófico (LVe). A área estava sendo manejada sob o sistema de semeadura direta, obedecendo à sucessão de culturas soja/milho/aveia nas três últimas safras agrícolas. No início do experimento, a camada superficial do solo (0 – 20 cm) apresentou as seguintes características físico-químicas apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental

| Prof. | P                   | MO                 | pH                | Al+H   | Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | SB  | CTC  | V                             | Areia | Silte | Argila |
|-------|---------------------|--------------------|-------------------|--|------------------|----------------|------------------|------------------|-----|------|-------------------------------|-------|-------|--------|
| cm    | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> | CaCl <sub>2</sub> | -----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                |                  |                  |     | %    | -----g kg <sup>-1</sup> ----- |       |       |        |
| 0-10  | 19,6                | 21,1               | 4,9               | 5,0  | 0,0              | 0,9            | 5,1              | 2,2              | 8,2 | 13,3 | 62,1                          | 54,2  | 117,6 | 828,2  |
| 10-20 | 19,5                | 19,9               | 4,9               | 5,0  | 0,0              | 0,9            | 5,1              | 2,2              | 8,2 | 13,2 | 61,9                          | 54,2  | 117,6 | 828,2  |

Prof.: profundidades

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C (IAPAR, 2007). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos na estação climatológica automática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 100 m da área experimental e estão apresentados na Figura 1.

O experimento foi implantado e conduzido no outono-inverno de 2009; 2010 e 2011 sob o delineamento de blocos casualizados em esquema de faixas, sendo composto por três blocos e seis faixas totalizando 18 unidades experimentais com 15 x 30 m cada. Nas faixas foram distribuídas seis formas de uso do solo cultivado com aveia: pastejo com altura do resíduo de 10 cm (P10); pastejo com altura do resíduo de 20 cm (P20); corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm (C10); corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm (C20); sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão (SC p/ SD) e sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para semeadura da cultura de verão (SC p/ PC).

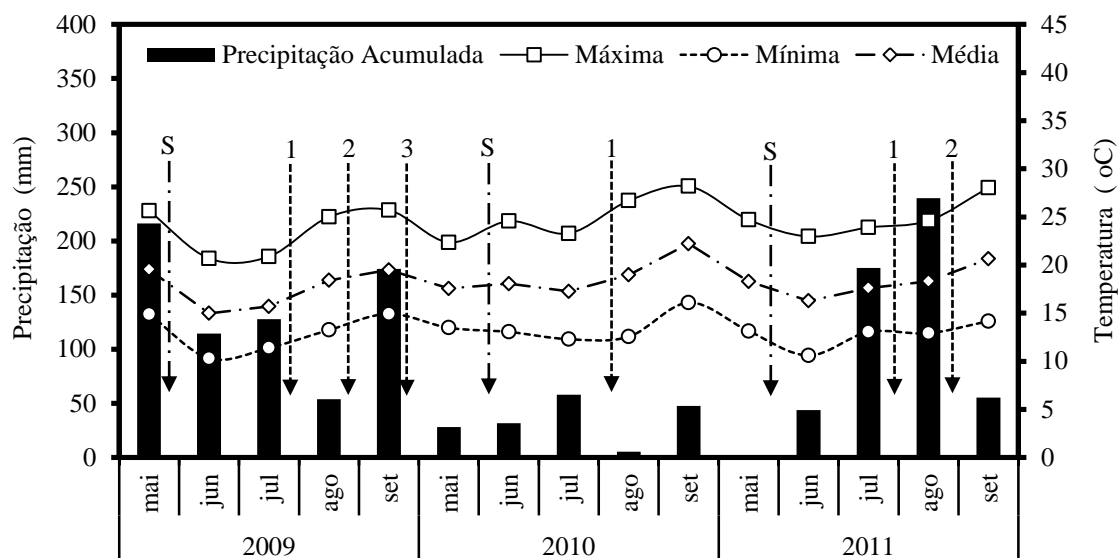


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental em cada ano. S: semeadura da aveia, 1; 2 e 3: cortes ou pastejos realizados em cada ano.

Fonte: Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste, Marechal Cândido Rondon- PR, 2009-2011.

Os dados foram estudados separadamente para cada ano, e devido ao número de cortes ou pastejos ter sido diferente em cada ano, os delineamentos experimentais adotados para a análise dos dados também o foram. Para a análise dos dados coletados em 2009 adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de faixas com parcelas subdivididas no tempo. Nas faixas (parcelas) foram alocadas as seis formas de uso do solo cultivado com a aveia branca, e nas subparcelas os períodos de amostragem (1<sup>o</sup>; 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup>). Em 2010, devido à ocorrência de estiagem (Figura 1), foi realizado apenas um corte ou pastejo, assim o delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema de faixas. Os dados amostrados em 2011 foram analisados novamente sob o delineamento de blocos ao acaso em esquema de faixas com parcelas subdivididas no tempo, com as seis formas de uso do solo cultivado com a aveia nas parcelas (P10; P20; C10; C20; CL p/ SD; CL p/ PC) e os dois períodos de avaliação nas subparcelas (1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup>).

As datas de semeadura corresponderam aos dias 24 de maio, 10 de junho e 29 de maio para os anos de 2009, 2010 e 2011, respectivamente. Em 2009 e 2011 semeou-se a cultivar IPR 126, enquanto em 2010, a cultivar utilizada foi a URS Guapa linhagem UFRGS 998011-2. Nos três anos a aveia foi semeada com semeadora de precisão acoplada ao trator em linhas espaçadas de 0,17 m utilizando-se 70 kg ha<sup>-1</sup> de sementes sem a utilização de adubação de semeadura.



Em 2009 o 1º pastejo ou corte foi realizado no dia 20 de julho, aos 55 dias após a semeadura da aveia, enquanto o 2º e 3º pastejo ou corte foram realizados nas datas de 19 de agosto e 15 de setembro de 2009. No ano de 2010, objetivando-se manter intervalos semelhantes ao ano de 2009, o 1º pastejo ou corte foi realizado no dia 08 de agosto. Devido à ocorrência de estiagem (Figura 1) e ao ciclo da aveia URS Guapa ser mais curto que o ciclo da aveia IPR 126 (CBPA, 2006), após o 1º pastejo ou corte a aveia não apresentou rebrote e não foi possível realizar um 2º pastejo ou corte na área. Em 2011 as precipitações foram mais regulares e abundantes que em 2010, e aos 32 dias após o 1º pastejo ou corte realizado em 24 de julho, com intervalo de 56 dias da semeadura da aveia, foi realizado o 2º pastejo ou corte.

Nos pastejos foram utilizadas vacas da raça Holandesa, em lactação, com peso vivo aproximado de  $550 \text{ kg} \pm 28,5 \text{ kg}$  e produção média diária de  $18 \pm 2,5 \text{ kg/dia}$ , que foram distribuídas nos piquetes e pastejaram por aproximadamente dois dias até a obtenção das alturas de resíduo desejadas (10 e 20 cm). Para a obtenção das alturas de resíduo desejadas, nos piquetes foram utilizadas lotações variáveis segundo a técnica *put-and-take* (MOTT; LUCAS, 1952). Para os usos do solo com corte, foi utilizada uma ceifadeira mecânica acoplada ao trator regulada para as alturas de corte desejadas (10 e 20 cm), sempre no dia do encerramento dos pastejos. Nas faixas destinadas aos usos do solo sem pastejo ou corte, a aveia não foi manejada.

Nos anos de 2009 e 2010, em sucessão à aveia foram semeadas as culturas do milho e da soja, respectivamente. Por ocasião destas, as faixas submetidas aos usos do solo com pastejos ou cortes e a faixa destinada ao uso sem pastejo ou corte para semeadura direta da cultura de verão foram dessecadas utilizando-se o herbicida glifosato ( $1800 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a.) com volume de calda de  $250 \text{ L ha}^{-1}$ . A faixa destinada ao uso do solo sem pastejo ou corte com e posterior preparo convencional do solo para semeadura da cultura de verão foi preparada mecanicamente com auxílio de grade leve. Após a colheita das culturas de grãos em cada ano, a área experimental permaneceu em pousio até a nova semeadura da aveia.

As mensurações das características estruturais (altura de plantas, densidade de perfilhos, número de folhas por perfilho, comprimento final de folhas, diâmetro do colmo e relação folha/colmo) e as amostragens para a determinação da produção de matéria seca da aveia foram realizadas imediatamente antes de cada corte ou pastejo, enquanto as amostragens para a determinação da palhada residual foram realizadas após o corte ou pastejo dos animais.

A altura das plantas foi mensurada em cinco pontos aleatórios em cada parcela com auxílio de régua graduada em centímetros. A densidade de perfilhos foi obtida através da

contagem manual de todos os perfilhos contidos em uma área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>) delimitada com auxílio de quadrado metálico lançado aleatoriamente duas vezes em cada parcela. O número de folhas por perfilho, comprimento final de folhas e diâmetro de colmo foi mensurado em 10 perfilhos escolhidos ao acaso em cada parcela. O número de folhas foi obtido por meio de contagem manual apenas das folhas inteiras e completamente expandidas em cada perfilho. O comprimento de folhas foi obtido com auxílio de régua graduada em centímetros e o diâmetro do colmo com auxílio de paquímetro digital. A relação folha/colmo foi determinada em amostras de aproximadamente 50 gramas coletadas em cada parcela e submetidas à separação manual em lâminas foliares e colmos + bainhas e secagem em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas.

A produção de matéria seca foi estimada por meio de amostragem realizada com quadrado metálico com área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>) lançado aleatoriamente duas vezes em cada parcela. Em cada lançamento todas as plantas contidas no seu interior foram cortadas e acondicionadas em sacos plásticos identificados para pesagem em laboratório, de forma a compor uma amostra composta por duas sub-amostras para cada parcela. Após a pesagem uma sub-amostra representativa da forragem produzida em cada parcela foi submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho com facas e câmara de inox tipo Willey com peneira de um mm para posterior determinação do valor nutritivo da forragem produzida.

Nos usos do solo com cortes ou pastejos as plantas foram amostradas nas alturas pré determinadas, enquanto nas parcelas destinadas aos usos do solo sem pastejo ou corte da aveia, as amostras foram coletadas com altura de 15 cm em relação ao nível do solo, caracterizando a forragem que estaria à disposição para ser colhida, quer seja na forma de corte ou pastejo.

Na determinação da palhada residual, novamente foi utilizado um quadrado metálico com área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>), o qual foi lançado aleatoriamente duas vezes em cada parcela e todo o material vegetal contido no seu interior foi coletado no nível da superfície do solo e pesado em laboratório. A produção de matéria seca de palhada residual foi estimada após a secagem de uma sub-amostra do material coletado em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas.

O valor nutritivo da forragem foi obtido por meio de análises bromatológicas contemplando a determinação das concentrações de proteína bruta (PB) segundo a AOAC

(1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, lignina e celulose (SILVA; QUEIROZ, 2006).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Características produtivas, estruturais e nutricionais da aveia em 2009

No ano de 2009 houve efeito significativo da interação dos fatores para a produção de matéria seca e de palhada residual (Tabela 2). No 1º período de crescimento a produção de matéria seca foi semelhante em todos os usos do solo. No 2º e 3º períodos de crescimento, a maior produção de matéria seca foi obtida quando a aveia foi submetida aos usos do solo sem pastejos ou cortes, devido à ausência da colheita da forragem (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de F calculado para a produção de matéria seca (MS) de forragem e de palhada residual, e as características estruturais na forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2009

| Fonte de Variação | GL | MS Forragem         | MS Palhada Residual | Altura de plantas   | Densidade de perfilhos | Número de folhas por perfilho | Comprimento final de folhas | Diâmetro de colmo   | Relação folha/colmo |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 0,455 <sup>ns</sup> | 2,560 <sup>ns</sup> | 0,157 <sup>ns</sup> | 0,725 <sup>ns</sup>    | 4,373 <sup>ns</sup>           | 0,005 <sup>ns</sup>         | 0,832 <sup>ns</sup> | 0,725 <sup>ns</sup> |
| Período (P)       | 2  | 54,057**            | 63,091**            | 570,745**           | 139,480**              | 29,140**                      | 12,451*                     | 73,067**            | 139,480**           |
| erro 1            | 4  |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                     |                     |
| Uso solo (US)     | 5  | 464,335**           | 686,461**           | 496,469**           | 54,470**               | 135,622**                     | 10,125**                    | 36,361**            | 54,470**            |
| erro 2            | 10 |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                     |                     |
| PxUS              | 10 | 144,790**           | 125,367**           | 466,650**           | 18,521**               | 18,352**                      | 10,638**                    | 8,091**             | 18,521**            |
| erro 3            | 20 |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                     |                     |
| CV1 (%)           |    | 13,02               | 12,12               | 5,78                | 9,91                   | 10,11                         | 11,06                       | 5,99                | 9,72                |
| CV2 (%)           |    | 6,29                | 6,63                | 4,32                | 4,18                   | 7,44                          | 7,91                        | 5,81                | 7,01                |
| CV3 (%)           |    | 8,02                | 9,23                | 2,54                | 4,72                   | 12,41                         | 5,88                        | 6,36                | 11,42               |

<sup>ns</sup>; \*,\*\*): Não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator período, fator uso do solo e à interação PxUS, respectivamente.

A produção de matéria seca nos usos do solo com altura de resíduo de 10 cm, independente da utilização de corte ou pastejo, foi inferior no 2º período de crescimento. Esse comportamento deve-se à velocidade de recomposição da área foliar das plantas, que após o pastejo ou corte depende principalmente da área foliar remanescente (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Pontes et al. (2003), Rocha et al. (2004) e Cauduro et al. (2006), também observaram relação direta entre a altura de colheita da forragem e a velocidade de

recomposição da área foliar. No 3º período de crescimento, a produção nos usos do solo com pastejo ou corte com altura residual de 10 ou 20 cm foram semelhantes (Tabela 3). Em função das diferenças nas alturas de amostragens, eram esperadas diferenças na produção de matéria seca, porém devido ao desenvolvimento desuniforme das plantas em função da estiagem (Figura 1), essas diferenças não foram detectadas.

No uso do solo em que a aveia foi manejada com altura de resíduo de 10 cm, a produção de matéria seca foi superior no 1º período de crescimento, decrescendo no 2º e 3º. Essa redução também está relacionada com a velocidade de recomposição da área foliar das plantas após a colheita. Na altura residual de 20 cm, no pastejo a produção de matéria seca decresceu apenas no 3º período, enquanto no corte, houve um aumento no 2º período com posterior decréscimo. As reduções observadas na produção de matéria seca devem-se à a idade fisiológica das plantas, que neste período saíram do estágio vegetativo e entraram no estágio reprodutivo. Comportamento semelhante foi observado por Primavesi et al. (2002) ao trabalharem com a aveia branca de ciclo longo linhagem UPF 87111. Na produção de matéria seca total do período, não houve diferença significativa entre os usos do solo estudados (Tabela 3). As produtividades observadas por período ou totais são consideradas satisfatórias, pois se assemelham com resultados de outros estudos (PRIMAVESI et al., 2002; BORTOLINI et al., 2004; MOREIRA et al., 2007; CASSOL et al., 2011).

A produção de palhada residual foi alterada pela interação dos fatores, mostrando-se superior no 2º e 3º períodos de crescimento nos usos do solo sem pastejos ou cortes, com aumento no decorrer do período experimental (Tabela 3) devido ao acúmulo de matéria seca pelas plantas.

Tabela 3. Produção de matéria seca e de palhada residual pela aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em três períodos de crescimento no outono-inverno de 2009

| Usos do solo | Produção de Matéria Seca (kg ha <sup>-1</sup> ) |        |        |       |                    | Palhada Residual (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |        |       |
|--------------|---|--------|--------|-------|--------------------|---|---------|--------|-------|
|              | Períodos de Crescimento                         |        |        | Média | Total              | Períodos de Crescimento                 |         |        | Média |
|              | 1º  | 2º     | 3º     |       |                    | 1º                                      | 2º      | 3º     |       |
| P10          | 1374aA  | 1017cB | 891bB  | 1094  | 3282 <sup>ns</sup> | 1183aA                                  | 891bAB  | 646bB  | 907   |
| P20          | 1451aA  | 1511bA | 988bB  | 1317  | 3950               | 1242aA                                  | 1222bA  | 714bB  | 1059  |
| C10          | 1412aA  | 1042cB | 902bB  | 1119  | 3356               | 1176aA                                  | 959bAB  | 679bB  | 938   |
| C20          | 1289aB  | 1580bA | 1049bB | 1306  | 3918               | 1180aA                                  | 1007bAB | 809bB  | 999   |
| CL p/ SD     | 1380aC  | 2349aB | 4467aA | 2732  | 4467               | 1480aC                                  | 2482aB  | 4415aA | 2792  |
| CL p/ PC     | 1290aC  | 2208aB | 4425aA | 2641  | 4425               | 1290aC                                  | 2208aB  | 4409aA | 2636  |
| Média        | 1366  | 1618   | 2120   |       | 3900               | 1259                                    | 1462    | 1946   |       |

<sup>ns</sup>Não significativo. \*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

Nos usos do solo com pastejos ou cortes foi observado um decréscimo na palhada residual com o avanço dos períodos de crescimento devido ao avanço do ciclo da aveia e alongamento do colmo. Quando as plantas atingem o período reprodutivo e alongam o colmo, as folhas vivas passam a fazer parte do extrato superior do dossel na pastagem. Assim, permanecem no extrato inferior (0-10 ou 0-20 cm) apenas os colmos e as primeiras folhas emitidas pelos perfilhos. Pelo próprio estágio da planta em que foram emitidas, essas folhas apresentam peso seco inferior às demais com pequena participação na matéria seca da palhada residual.

Nas características estruturais da aveia cultivada em 2009 houve efeito significativo da interação dos fatores (Tabela 2). A altura de plantas foi superior nos usos do solo sem pastejos ou cortes, e inferior nos usos com altura residual de 10 cm no 2º e 3º período de crescimento (Tabela 4). No 2º período de crescimento, o uso do solo com corte da aveia com altura de resíduo de 20 cm, proporcionou altura de plantas superior ao pastejo, devido à ausência do efeito do pisoteio dos animais, que pode danificar plantas e/ou perfilhos, prejudicando a rebrota. Com o avanço dos períodos de crescimento, foi observado aumento na altura das plantas em todos os usos do solo estudados. Esse comportamento também foi observado em outros estudos (ROCHA et al., 2007; CONFORTIN et al., 2010), e deve-se ao alongamento dos entre nós das plantas que atingiram o início da fase reprodutiva (LANGER, 1979).

O perfilhamento da aveia foi inibido com os usos do solo adotados, com exceção do uso do solo com corte da aveia com altura do resíduo de 10 cm, no qual foi observada densidade de perfilhos superior no 2º e 3º períodos de crescimento (Tabela 4). As diferenças devem-se ao estímulo ao perfilhamento promovido pela remoção da parte aérea das plantas (corte). No entanto, esse estímulo não foi suficiente para manter a densidade de perfilhos nos manejos com pastejo, devido à morte de perfilhos e plantas ocasionada pelo pisoteio animal, não esteve presente nos usos do solo sem pastejos ou cortes.

Do 1º para o 3º período de crescimento, observou-se uma redução na densidade de perfilhos. Esse comportamento, assim como a menor densidade de perfilhos nas plantas que não foram pastejadas ou cortadas no 3º período de crescimento, deve-se à entrada das plantas na fase reprodutiva (LANGER, 1979) e à realocação dos fotoassimilados. Ao atingir a fase reprodutiva, a competição por recursos do ambiente entre plantas é maior, assim, os perfilhos mais jovens senescem e os fotoassimilados e nutrientes são translocados para os perfilhos mais velhos, para assegurar seu desenvolvimento e a produção de sementes (CASTAGNARA et al., 2010).

Tabela 4. Características estruturais da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em três períodos de crescimento no outono-inverno de 2009

| Usos do solo | Altura de plantas (cm)  |         |         |        | Densidade de perfilhos (perfilhos m <sup>-1</sup> ) |          |          |         |
|--------------|---|---------|---------|--------|---|----------|----------|---------|
|              | Períodos de Crescimento   |         |         | Média  | Períodos de Crescimento                             |          |          | Média   |
|              | 1º  | 2º      | 3º      |        | 1º  | 2º       | 3º       |         |
| P10          | 29,17aB   | 37,27dA | 36,44cA | 34,29  | 664,00aA  | 416,67dB | 372,00cB | 484,22  |
| P20          | 29,67aB   | 42,27cA | 41,45bA | 37,79  | 662,67aA  | 417,33dB | 358,00cC | 479,33  |
| C10          | 27,83aB   | 35,70dA | 37,44cA | 33,66  | 653,33aA  | 642,67aA | 508,00aB | 601,33  |
| C20          | 29,67aB   | 45,40bA | 43,55bA | 39,54  | 645,33aA  | 557,33bB | 444,00bC | 548,89  |
| SC p/ SD     | 29,42aC   | 66,87aB | 96,22aA | 64,17  | 672,67aA  | 486,00cB | 286,00dC | 481,56  |
| SC p/ PC     | 30,58aC   | 66,87aB | 96,22aA | 64,56  | 643,00aA  | 484,00cB | 285,33dC | 470,78  |
| Média        | 29,39   | 49,06   | 58,56   |        | 656,83  | 500,67   | 375,56   |         |
|              | Número de folhas por perfilho (folhas perfilhos m <sup>-1</sup> ) |         |         |        | Comprimento final de folhas (cm)                    |          |          |         |
|              | 1º  | 2º      | 3º      | Média  | 1º  | 2º       | 3º       | Média   |
|              | P10   | 2,33aA  | 2,33bA  | 2,20bA | 2,29  | 37,23aA  | 30,57cB  | 29,22bB |
| P20          | 2,52aA  | 2,35bA  | 1,93bA  | 2,27   | 38,16aAB  | 40,82bA  | 33,99abB | 37,66   |
| C10          | 2,30aA  | 2,58bA  | 2,13bA  | 2,34   | 39,66aA   | 31,52cB  | 30,36bB  | 33,85   |
| C20          | 2,51aA  | 2,35bA  | 1,85bA  | 2,24   | 35,36aAB  | 40,03bA  | 36,56aB  | 37,32   |
| SC p/ SD     | 2,44aC  | 4,03aB  | 5,25aA  | 3,91   | 38,46aB   | 47,67aA  | 34,11abB | 40,08   |
| SC p/ PC     | 2,35aC  | 3,68aB  | 5,33aA  | 3,79   | 38,18aB   | 46,51aA  | 33,78abB | 39,49   |
| Média        | 2,41  | 2,89    | 3,12    |        | 37,84   | 39,52    | 33,00    |         |
|              | Diâmetro de colmo (mm)  |         |         |        | Relação folha/colmo                                 |          |          |         |
|              | 1º  | 2º      | 3º      | Média  | 1º  | 2º       | 3º       | Média   |
|              | P10   | 2,86aA  | 2,86bA  | 2,97bA | 2,90  | 3,93aA   | 3,59bA   | 2,17aB  |
| P20          | 2,73aC  | 3,83aA  | 3,36bB  | 3,31   | 4,25aA  | 4,66aA   | 2,37aB   | 3,76    |
| C10          | 2,79aA  | 2,84bA  | 2,99bA  | 2,87   | 3,98aA  | 3,53bA   | 2,10aB   | 3,20    |
| C20          | 2,97aB  | 3,84aA  | 3,38bB  | 3,40   | 4,06aA  | 4,74aA   | 2,29aB   | 3,70    |
| SC p/ SD     | 3,01aB  | 4,03aA  | 4,38aA  | 3,80   | 3,93aA  | 2,17cB   | 0,76bC   | 2,29    |
| SC p/ PC     | 2,84aB  | 4,05aA  | 4,21aA  | 3,70   | 3,94aA  | 2,32cB   | 0,77bC   | 2,34    |
| Média        | 2,87  | 3,57    | 3,55    |        | 4,01  | 3,50     | 1,74     |         |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

O número de folhas por perfilho foi superior nos usos do solo sem pastejo ou corte no 2º e 3º período de avaliação, sem diferenças no 1º período. Nos usos do solo sem pastejo ou corte foi constatado aumento no número de folhas com o decorrer dos períodos de crescimento. Cabe ressaltar, que foram contabilizadas apenas as folhas inteiras e completamente expandidas. Assim os resultados eram esperados, pois nas plantas pastejadas ou cortadas, o próprio manejo limitou a manutenção de folhas inteiras e completamente expandidas nos perfilhos.

No 2º período de crescimento, o maior comprimento de folhas foi observado nos usos do solo sem pastejo ou corte, e menor no uso do solo com altura de resíduo da aveia de 10 cm. No 3º período, o maior e menor comprimento de folhas foi observado nos usos do solo com corte com altura do resíduo de 20 cm e 10 cm, respectivamente. Os resultados devem-se ao

nível de inserção das folhas no perfilhos vegetativos, que é crescente à medida que se sucedem no perfilho da base para a extremidade, e ao percurso que a nova folha deve percorrer dentro da bainha do perfilho para se tornar totalmente expandida.

Dessa forma, com altura do resíduo de 10 cm, o feixe de bainhas remanescente nos perfilhos é mais curto em relação às plantas manejadas com altura de resíduo de 20 cm. Assim, as novas folhas formadas no meristema apical localizado na base do perfilho tornam-se menores, pois percorrem um caminho mais curto até emergirem e se tornarem completamente expandidas. Já o maior comprimento de folhas no uso do solo em que as plantas foram cortadas com altura residual de 20 cm do solo deve-se ao comprimento da bainha remanescente e à ausência de pisoteio animal e uniformidade do corte das plantas. As alterações no comprimento final das folhas com o decorrer dos períodos de crescimento nos usos do solo com pastejo devem-se ao pisoteio animal e à desuniformidade da altura de colheita da forragem, que torna-se mais acentuada com o passar dos pastejos (CARVALHO et al., 2010).

O diâmetro do colmo foi inferior no 2º período de crescimento nos usos do solo com altura do resíduo de 10 cm, enquanto no 3º período, os usos do solo sem pastejos ou cortes proporcionaram plantas com diâmetro de colmo superior às demais. Essas alterações devem-se ao desenvolvimento da parte aérea das plantas, pois o diâmetro das estruturas de suporte (colmo) altera-se em proporção direta à força requerida para suportar seus órgãos (folhas) (MCMAHOM, 1973).

Na relação folha/colmo houve diferença significativa a partir do 2º período de crescimento, no qual a maior relação folha/colmo foi obtida na forragem produzida nos usos do solo com altura de resíduo de 20 cm, seguida pelos usos do solo com altura do resíduo de 10 cm. Entretanto, estes manejos não diferiram entre si no 3º período de crescimento. Nos usos do solo sem pastejos ou cortes, a relação folha/colmo foi inferior tanto no 2º quanto no 3º período de crescimento (Tabela 4). As alterações na relação folha/colmo devem-se ao alongamento do colmo das plantas devido ao alongamento dos entre nós com a chegada da fase reprodutiva (LANGER, 1979).

O valor nutritivo da forragem produzida em 2009 foi alterado pela interação dos fatores (Tabela 5). A concentração de PB na forragem diferiu entre os usos do solo no 2º e 3º períodos de crescimento da aveia, sendo inferior e decrescendo com o passar dos períodos de crescimento nos usos do solo sem pastejos ou cortes (Tabela 6).

Tabela 5. Valores de F calculado para as características estudadas no valor nutritivo da forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2009

| Fonte de Variação | GL | PB                  | FDN                 | FDA                 | Hemicelulose        | Lignina             | Celulose            |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 1,603 <sup>ns</sup> | 1,158 <sup>ns</sup> | 0,208 <sup>ns</sup> | 0,460 <sup>ns</sup> | 0,410 <sup>ns</sup> | 0,192 <sup>ns</sup> |
| Período (P)       | 2  | 155,777**           | 474,380**           | 284,167**           | 73,766**            | 5217,239**          | 65,469**            |
| erro 1            | 4  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Uso solo (US)     | 5  | 52,740**            | 14,594**            | 7,905**             | 12,491**            | 36,185**            | 6,878**             |
| erro 2            | 10 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| PxUS              | 10 | 9,222**             | 9,080**             | 7,226**             | 7,568**             | 18,978**            | 5,533**             |
| erro 3            | 20 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| CV1 (%)           |    | 6,46                | 2,14                | 3,38                | 3,61                | 1,70                | 3,75                |
| CV2 (%)           |    | 6,78                | 4,06                | 5,35                | 4,43                | 2,32                | 7,48                |
| CV3 (%)           |    | 9,32                | 2,91                | 3,37                | 3,39                | 2,61                | 4,11                |

<sup>ns</sup>; \*\*: Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator período, fator uso do solo e à interação PxUS, respectivamente.

No conteúdo de fibras na forragem (FDN; FDA; hemicelulose, lignina e celulose), houve diferença significativa apenas no 2º e 3º períodos de crescimento, e a forragem produzida nos usos do solo sem pastejos ou cortes apresentou conteúdo de fibras superior aos demais usos. Ao serem comparados os períodos de crescimento, quando a aveia foi submetida à cortes ou pastejos, os valores de FDN e FDA foram semelhantes no 1º e 2º período e se elevaram no 3º período, enquanto nos demais usos do solo (sem pastejos ou cortes) foi observado um aumento progressivo (Tabela 6).

A hemicelulose manteve-se constante quando as plantas de aveia foram manejadas com altura do resíduo de 10 cm, porém se elevaram com o passar das avaliações nos demais usos do solo. Nas concentrações de lignina foi observado aumento com os períodos de crescimento para todos os usos do solo estudados, enquanto a celulose manteve-se constante no decorrer dos períodos quando a aveia foi cortada ou pastejada e elevou-se somente na ausência de pastejos ou cortes.

As alterações na concentração de PB e nos componentes fibrosos da forragem devem-se às alterações estruturais das plantas como o alongamento dos entre nós, decorrentes do avanço da idade e entrada da fase reprodutiva (LANGER, 1979). À medida que crescem, as plantas forrageiras diminuem a densidade e a proporção de folhas e aumentam a proporção de caule/colmos, ou seja, ocorre elevação dos teores de compostos estruturais (parede celular), tais como celulose, hemicelulose e lignina e, paralelamente, a diminuição do conteúdo celular (ZANINE; MACEDO JR., 2006), com conseqüente redução do valor nutritivo.



Tabela 6. Valor nutritivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em três períodos de crescimento no outono-inverno de 2009

| Usos do solo | PB (gkg <sup>-1</sup> )      |          |         |         | FDN (gkg <sup>-1</sup> )          |          |          |         |       |
|--------------|------------------------------|----------|---------|---------|-----------------------------------|----------|----------|---------|-------|
|              | Períodos de Crescimento      |          |         | Média   | Períodos de Crescimento           |          |          | Média   |       |
|              | 1º                           | 2º       | 3º      |         | 1º                                | 2º       | 3º       |         |       |
| P10          | 234,0aA                      | 219,2aA  | 205,2aA | 219,5   | 494,5aB                           | 510,1bB  | 574,6bA  | 526,4   |       |
| P20          | 233,5aA                      | 238,3aA  | 201,5aA | 224,4   | 498,9aB                           | 510,1bB  | 581,0bA  | 530,0   |       |
| C10          | 233,0aA                      | 210,5aA  | 197,0aA | 213,5   | 498,3aB                           | 519,4bB  | 575,7bA  | 531,1   |       |
| C20          | 241,0aA                      | 235,9aAB | 200,9aB | 225,9   | 497,7aB                           | 511,4bB  | 582,5bA  | 530,5   |       |
| SC p/ SD     | 239,5aA                      | 157,5bB  | 75,7bC  | 157,6   | 501,2aC                           | 562,3aB  | 691,5aA  | 585,0   |       |
| SC p/ PC     | 233,3aA                      | 160,9bB  | 80,4bC  | 158,2   | 498,5aC                           | 568,2aB  | 683,5aA  | 583,4   |       |
| Média        | 235,7                        | 203,7    | 160,1   |         | 498,2                             | 530,2    | 614,8    |         |       |
|              | FDA (gkg <sup>-1</sup> )     |          |         |         | Hemicelulose (gkg <sup>-1</sup> ) |          |          |         |       |
|              | P10                          | 288,2aB  | 298,1bB | 353,9bA | 313,4                             | 206,2aA  | 212,0bA  | 220,7bA | 213,0 |
|              | P20                          | 301,6aB  | 307,5bB | 357,9bA | 322,3                             | 203,3aB  | 209,9bAB | 223,1bA | 212,1 |
| C10          | 292,1aB                      | 302,1bB  | 359,0bA | 317,8   | 206,1aA                           | 217,3bA  | 216,7bA  | 213,4   |       |
| C20          | 296,7aB                      | 295,4bB  | 354,1bA | 315,4   | 201,0aB                           | 216,1bAB | 228,4bA  | 215,1   |       |
| SC p/ SD     | 291,1aC                      | 334,3aB  | 422,7aA | 349,3   | 210,1aC                           | 228,0aB  | 268,8aA  | 235,6   |       |
| SC p/ PC     | 294,9aC                      | 331,1aB  | 417,1aA | 347,7   | 203,6aC                           | 237,1aB  | 266,4aA  | 235,7   |       |
| Média        | 294,1                        | 311,4    | 377,5   |         | 205,0                             | 220,1    | 237,3    |         |       |
|              | Lignina (gkg <sup>-1</sup> ) |          |         |         | Celulose (gkg <sup>-1</sup> )     |          |          |         |       |
|              | P10                          | 31,8aC   | 41,4bB  | 52,6bA  | 41,9                              | 233,6aA  | 255,9bA  | 258,7bA | 249,4 |
|              | P20                          | 31,0aC   | 42,1bB  | 52,4bA  | 41,8                              | 240,9aA  | 250,3bA  | 256,8bA | 249,3 |
| C10          | 32,5aC                       | 41,7bB   | 54,2bA  | 42,8    | 241,8aA                           | 253,3bA  | 257,7bA  | 250,9   |       |
| C20          | 31,1aC                       | 41,5bB   | 53,7bA  | 42,1    | 242,4aA                           | 252,5bA  | 258,9bA  | 251,3   |       |
| SC p/ SD     | 29,9aC                       | 43,9aB   | 63,5aA  | 45,8    | 243,3aB                           | 290,6aA  | 315,2aA  | 283,0   |       |
| SC p/ PC     | 31,4aC                       | 45,1aB   | 62,1aA  | 46,2    | 240,4aB                           | 299,0aA  | 311,0aA  | 283,5   |       |
| Média        | 31,3                         | 42,6     | 56,4    |         | 240,4                             | 266,9    | 276,4    |         |       |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

### 3.3.2 Características produtivas, estruturais e nutricionais da aveia em 2010

No ano de 2010, maior produção de forragem foi obtida nos usos do solo em que a aveia foi colhida com altura de resíduo de 10 cm, e menor nos usos com altura de resíduo de 20 cm (Tabela 8). As produções obtidas são semelhantes às observadas em outros estudos (PRIMAVESI et al., 2002; BORTOLINI et al., 2004; CASSOL et al., 2011) e podem ser consideradas adequadas apesar das condições climáticas desfavoráveis durante o período de crescimento das plantas (Figura 1).

Tabela 7. Valores de F calculado para a produção de matéria seca de forragem e de palhada residual da aveia branca cv. URS Guapa cultivada sob diferentes usos do solo (Uso Solo) no outono-inverno de 2010

| Fonte de Variação | GL | Forragem            | Palhada Residual    | Altura de plantas   | Densidade de perfilhos | Número de folhas por perfilho | Comprimento final de folhas | Diâmetro de colmo   | Relação folha/colmo |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 1,322 <sup>ns</sup> | 3,470 <sup>ns</sup> | 0,188 <sup>ns</sup> | 0,046 <sup>ns</sup>    | 0,605 <sup>ns</sup>           | 0,086 <sup>ns</sup>         | 1,296 <sup>ns</sup> | 1,537 <sup>ns</sup> |
| Uso solo          | 5  | 111,517**           | 4650,290**          | 0,072 <sup>ns</sup> | 0,045 <sup>ns</sup>    | 14,789**                      | 1,780 <sup>ns</sup>         | 0,280 <sup>ns</sup> | 11,992**            |
| erro              | 10 |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                     |                     |
| CV (%)            |    | 1,38                | 2,00                | 7,85                | 11,96                  | 4,08                          | 7,42                        | 9,39                | 8,14                |

<sup>ns</sup>; \*\*: Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Maior quantidade de palhada residual foi depositada com os usos do solo sem cortes ou pastejos, e menor nos usos com altura de resíduo de 10 cm (Tabela 8). Os resultados eram esperados, uma vez que a quantidade de palhada residual está diretamente relacionada com altura de colheita da forragem e com o material remanescente.

Tabela 8. Produção de matéria seca de forragem e de palhada residual, e relação folha/colmo da aveia branca cv. URS Guapa cultivada sob diferentes usos do solo no outono-inverno de 2010

| Usos do Solo | Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> ) | Palhada Residual (kg ha <sup>-1</sup> ) | Relação folha/colmo |
|--------------|-------------------------------------|---|---------------------|
| P10          | 5620 <sup>a</sup>                   | 1364 <sup>c</sup>                       | 0,73 <sup>b</sup>   |
| P20          | 4708 <sup>c</sup>                   | 1833 <sup>b</sup>                       | 1,04 <sup>a</sup>   |
| C10          | 5649 <sup>a</sup>                   | 1389 <sup>c</sup>                       | 0,74 <sup>b</sup>   |
| C20          | 4633 <sup>c</sup>                   | 1861 <sup>b</sup>                       | 1,02 <sup>a</sup>   |
| SC p/ SD     | 5289 <sup>b</sup>                   | 6535 <sup>a</sup>                       | 0,81 <sup>b</sup>   |
| SC p/ PC     | 5278 <sup>b</sup>                   | 6635 <sup>a</sup>                       | 0,80 <sup>b</sup>   |
| Média        | 5196                                | 3270                                    | 0,86                |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

As características estruturais estudadas não foram alteradas pelos usos do solo, com exceção para a relação folha/colmo, que foi superior nos usos do solo com altura do resíduo de 20 cm (Tabelas 6 e 7). Esse resultado deve-se aos componentes da forragem colhida, pois com o aumento da altura de colheita da forragem, a quantidade de folhas colhidas foi superior à quantidade de colmos em relação aos demais usos do solo, proporcionando relação folha/colmo superior.

O valor nutritivo da forragem produzida pela aveia URS Guapa em 2010 foi semelhante em todos os usos do solo estudados (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de F calculado para as características estudadas no valor nutritivo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da forragem obtida com a aveia branca cv. URS Guapa linhagem UFRGS 998011-2 cultivada sob diferentes usos do solo no outono-inverno de 2010

| Fonte de Variação | GL | PB                  | FDN                 | FDA                 | Hemicelulose        | Lignina             | Celulose            |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 0,988 <sup>ns</sup> | 0,569 <sup>ns</sup> | 0,414 <sup>ns</sup> | 0,219 <sup>ns</sup> | 0,379 <sup>ns</sup> | 0,524 <sup>ns</sup> |
| Uso solo          | 5  | 0,658 <sup>ns</sup> | 0,470 <sup>ns</sup> | 0,515 <sup>ns</sup> | 0,078 <sup>ns</sup> | 1,718 <sup>ns</sup> | 3,041 <sup>ns</sup> |
| erro              | 10 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| CV (%)            |    | 6,90                | 5,36                | 6,78                | 16,84               | 10,41               | 4,52                |
| Médias            |    | 140                 | 644                 | 339                 | 305                 | 37                  | 295                 |

<sup>ns</sup>, \*\*: Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A ausência de diferença entre os usos do solo deve-se à realização de apenas uma avaliação em função das condições climáticas durante o período de crescimento da aveia em 2010 (Figura 1). As baixas precipitações limitaram o crescimento das plantas, e fizeram com que a aveia acelerasse o seu ciclo, passando mais rapidamente do estágio vegetativo para a fase reprodutiva. Assim, as plantas ganharam altura rapidamente devido ao alongamento dos entre-nós, ocasionando redução na relação folha/colmo e queda no valor nutritivo da forragem produzida.

### 3.3.3 Características produtivas, estruturais e nutricionais da aveia em 2011

No ano de 2011, houve efeito da interação dos fatores na produção de forragem e palhada residual e nas características estruturais da aveia, exceto na densidade de perfilhos (Tabela 10). No 1º período de crescimento a produção de matéria seca de forragem foi superior nos usos do solo em que a aveia foi manejada com altura do resíduo de 10 cm. No 2º período, a produção foi superior nos usos do solo sem pastejos ou cortes e inferior quando a altura de resíduo adotada foi de 20 cm (Tabela 11). As produções observadas devem-se às alturas de colheita da forragem adotadas.

Tabela 10. Valores de F calculado para a produção de matéria seca de forragem e de palhada residual, e as características estruturais na forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 cultivada sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2011

| Fonte de Variação | GL | Forragem            | Palhada Residual    | Altura de plantas   | Densidade de perfilhos | Número de folhas por perfilho | Comprimento final de folhas | Diâmetro de colmo    | Relação folha/colmo |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 0,411 <sup>ns</sup> | 4,605 <sup>ns</sup> | 5,916 <sup>ns</sup> | 1,917 <sup>ns</sup>    | 0,723 <sup>ns</sup>           | 0,504 <sup>ns</sup>         | 0,182 <sup>ns</sup>  | 518,834**           |
| Período (P)       | 2  | 198,318**           | 813,931**           | 49,881*             | 68,278*                | 13,198 <sup>ns</sup>          | 67,847*                     | 16,268 <sup>ns</sup> | 746,762**           |
| erro 1            | 4  |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                      |                     |
| Uso solo (US)     | 5  | 531,938**           | 6744,097**          | 67,954**            | 1,715 <sup>ns</sup>    | 38,972**                      | 49,746**                    | 20,245**             | 10,615**            |
| erro 2            | 10 |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                      |                     |
| PxUS              | 10 | 536,856**           | 217,538**           | 35,305**            | 0,890 <sup>ns</sup>    | 69,748**                      | 19,413**                    | 11,417**             | 188,125**           |
| erro 3            | 20 |                     |                     |                     |                        |                               |                             |                      |                     |
| CV1 (%)           |    | 4,10                | 2,32                | 2,42                | 4,41                   | 3,62                          | 1,47                        | 5,86                 | 0,65                |
| CV2 (%)           |    | 3,59                | 2,56                | 4,92                | 9,00                   | 10,79                         | 3,36                        | 4,60                 | 21,00               |
| CV3 (%)           |    | 3,50                | 3,18                | 6,65                | 8,99                   | 2,97                          | 2,52                        | 5,42                 | 2,10                |

<sup>ns</sup>, \*\*, \*, Não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator período, fator uso do solo e à interação PxUS, respectivamente.

Em 2011, nos usos do solo com cortes ou pastejos a produção de matéria seca foi superior no 1º período de crescimento, entretanto, nos usos sem pastejos ou cortes, a maior produção de forragem foi observada no 2º período (Tabela 11). A redução na produção de matéria seca com o decorrer do período experimental nos usos com pastejo ou corte deve-se ao avanço no ciclo fenológico da aveia, com início do direcionamento dos fotoassimilados para a formação das estruturas reprodutivas (LANGER, 1979). Aguinaga et al. (2008) também observaram redução na produção de matéria seca de forragem com o avanço dos períodos de crescimento ao trabalharem com pastagens de aveia e azevém. Já o aumento na produção de forragem da aveia nos usos sem pastejos ou cortes deve-se ao acúmulo de matéria seca ocorrido porque a forragem não foi colhida.

A produção de forragem total dos dois períodos de crescimento não diferiu entre os usos do solo estudados. As produções observadas nos períodos de crescimento individualmente ou o total acumulado pelos dois períodos são próximas as observadas em outros estudos (PRIMAVESI et al., 2002; BORTOLINI et al., 2004; CASSOL et al., 2011) conduzidos com espécies e sob condições semelhantes.

A produção de palhada residual foi superior nos usos do solo sem pastejos ou cortes nos dois períodos de avaliação, porém, no 1º período, os usos do solo com altura de resíduo de 10 cm proporcionaram produção de palhada inferior aos demais (Tabela 11). Em se tratando dos períodos de crescimento, maior produção de palhada foi observada no 2º período. Esse resultado era esperado, pois toda a biomassa acumulada pelas plantas foi depositada na superfície do solo. Resultados semelhantes foram observados em outros estudos que também

contemplaram diferentes usos do solo no inverno e avaliaram a deposição de palhada para a implantação das culturas de verão em sucessão (BALBINOT JR. et al., 2009; LOPES et al., 2009; BALBINOT JR. et al., 2011).

Tabela 11. Produção de matéria seca e de palhada residual pela aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em dois períodos de crescimento no outono-inverno de 2011

| Usos do Solo | Produção de Matéria Seca (kg ha <sup>-1</sup> ) |        |       |                    | Palhada Residual (kg ha <sup>-1</sup> ) |        |       |
|--------------|---|--------|-------|--------------------|---|--------|-------|
|              | Períodos de crescimento                         |        | Média | Total              | Períodos de crescimento                 |        | Média |
|              | 1º  | 2º     |       |                    | 1º                                      | 2º     |       |
| P10          | 4135aA  | 1853bB | 2994  | 5989 <sup>ns</sup> | 1005cA                                  | 973bA  | 989   |
| P20          | 3368cA  | 1467cB | 2417  | 4835               | 1239bA                                  | 1115bA | 1177  |
| C10          | 4162aA  | 1856bB | 3009  | 5892               | 982cA                                   | 981bA  | 982   |
| C20          | 3392cA  | 1383cB | 2388  | 4775               | 1229bA                                  | 1131bA | 1180  |
| SC p/ SD     | 3757bB  | 5998aA | 4878  | 5998               | 4285aB                                  | 5998aA | 5142  |
| SC p/ PC     | 3751bB  | 6046aA | 4899  | 6046               | 4218aB                                  | 5980aA | 5099  |
| Média        | 3761  | 3101   |       | 3423               | 2160                                    | 2696   |       |

<sup>ns</sup>Não significativo. \*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

A produção de palhada residual foi superior nos usos do solo sem pastejos ou cortes nos dois períodos de avaliação, porém, no 1º período, os usos do solo com altura de resíduo de 10 cm proporcionaram produção de palhada inferior aos demais (Tabela 11). Em se tratando dos períodos de crescimento, maior produção de palhada foi observada no 2º período. Esse resultado era esperado, pois toda a biomassa acumulada pelas plantas foi depositada na superfície do solo. Resultados semelhantes foram observados em outros estudos que também contemplaram diferentes usos do solo no inverno e avaliaram a deposição de palhada para a implantação das culturas de verão em sucessão (BALBINOT JR. et al., 2009; LOPES et al., 2009; BALBINOT JR. et al., 2011).

As características estruturais estudadas nas plantas de aveia foram afetadas pela interação dos fatores, exceto a densidade de perfilhos que se alterou somente em função dos períodos de crescimento (Tabela 12). No 1º período de crescimento as alturas de plantas foram semelhantes em todos os usos do solo, entretanto, no 2º período a ausência de pastejos ou cortes proporcionou plantas com altura superior às demais. Esse resultado era esperado, pois quando não são pastejadas ou cortadas, as pastagens de aveia aceleram seu ciclo de desenvolvimento, alongando os entrenós e apresentando florescimento precoce (ROCHA et al., 2004), com incrementos na altura das plantas.

A densidade de perfilhos foi reduzida do 1º para o 2º período de crescimento devido à morte de perfilhos. Esse processo ocorre naturalmente nas plantas de gramíneas que atingem o estágio reprodutivo devido à realocação dos fotoassimilados para a formação das estruturas reprodutivas (CASTAGNARA et al., 2010).

Nos dois períodos de crescimento o número de folhas por perfilho foi inferior nos usos do solo com altura do resíduo de 20 cm. Esse resultado está relacionado com as alturas de amostragem e com a metodologia adotada na avaliação, pois foram contabilizadas somente as folhas inteiras e completamente expandidas, que nas duas amostragens constavam em número inferior nas porções das plantas amostradas na maior altura (P20 e C20).

Tabela 12. Características estruturais da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em dois períodos de crescimento no outono-inverno de 2011

| Usos do Solo | Altura de plantas (cm)        |         |       | Densidade de Perfilhos (perfilhos m <sup>2</sup> ) |         |         |
|--------------|-------------------------------|---------|-------|--|---------|---------|
|              | Períodos de crescimento       |         | Média | Períodos de crescimento                            |         | Média   |
|              | 1º                            | 2º      |       | 1º   | 2º      |         |
| P10          | 48,29aA                       | 41,43bB | 44,86 | 366,25   | 347,93  | 357,09a |
| P20          | 47,73aA                       | 40,46bB | 44,10 | 353,46   | 308,29  | 330,87a |
| C10          | 48,97aA                       | 40,76bB | 44,86 | 360,39   | 354,04  | 357,22a |
| C20          | 48,50aA                       | 40,64bB | 44,57 | 358,56   | 305,13  | 331,85a |
| SC p/ SD     | 48,80aB                       | 71,87aA | 60,33 | 356,58   | 292,58  | 324,58a |
| SC p/ PC     | 48,73aB                       | 72,95aA | 60,84 | 349,39   | 290,92  | 320,15a |
| Média        | 48,50                         | 51,35   |       | 357,44A  | 316,48B |         |
|              | Número de folhas por perfilho |         |       | Comprimento final de folhas (cm)                   |         |         |
|              | Períodos de crescimento       |         | Média | Períodos de crescimento                            |         | Média   |
|              | 1º                            | 2º      |       | 1º   | 2º      |         |
| P10          | 3,61aA                        | 3,18bB  | 3,39  | 39,31cA  | 41,48bA | 40,40   |
| P20          | 2,16bA                        | 2,03cA  | 2,10  | 45,61aB  | 51,08aA | 48,34   |
| C10          | 3,37aA                        | 3,06bB  | 3,21  | 39,71cA  | 40,50bA | 40,10   |
| C20          | 2,11bA                        | 1,92cA  | 2,02  | 45,86aB  | 52,86aA | 49,36   |
| SC p/ SD     | 3,53aB                        | 4,46aA  | 3,99  | 42,55bA  | 39,79bA | 41,17   |
| SC p/ PC     | 3,37aB                        | 4,31aA  | 3,84  | 42,58bA  | 40,45bA | 41,52   |
| Média        | 3,02                          | 3,16    |       | 42,60  | 44,36   |         |
|              | Diâmetro de colmo (mm)        |         |       | Relação folha/colmo                                |         |         |
|              | Períodos de crescimento       |         | Média | Períodos de crescimento                            |         | Média   |
|              | 1º                            | 2º      |       | 1º   | 2º      |         |
| P10          | 3,58aA                        | 3,31bA  | 3,44  | 1,56cB   | 2,12bA  | 1,94    |
| P20          | 3,46aA                        | 3,66bA  | 3,56  | 2,33aB   | 2,80aA  | 2,56    |
| C10          | 3,47aA                        | 3,24bA  | 3,35  | 1,55cB   | 2,05bA  | 1,88    |
| C20          | 3,51aA                        | 3,62bA  | 3,57  | 2,24aB   | 2,69aA  | 2,46    |
| SC p/ SD     | 3,58aB                        | 4,55aA  | 4,06  | 1,76bA   | 1,09cB  | 1,33    |
| SC p/ PC     | 3,59aB                        | 4,54aA  | 4,06  | 1,71bA   | 1,08cB  | 1,32    |
| Média        | 3,53                          | 3,82    |       | 1,86   | 1,97    |         |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

No 1º período de crescimento, maior comprimento final de folhas foi obtido nos usos do solo com altura residual de 20 cm, e menor, com altura de resíduo de 10 cm. No 2º período os

usos do solo com altura de resíduo de 20 cm apresentaram comprimento de folha superior, e também, um aumento em relação ao 1º período de crescimento (Tabela 12). As variações no comprimento final de folhas devem-se à relação existente entre a altura de amostragem e o comprimento das folhas nos diferentes níveis de inserção nos perfilhos. Da base para o ápice o comprimento do limbo foliar aumenta à medida que as folhas se sucedem no perfilho (LEMAIRE; CHAMPMAN, 1996), assim, ao serem adotadas maiores alturas de colheita da forragem, conseqüentemente serão colhidas folhas com maior comprimento.

O diâmetro do colmo foi influenciado pelos usos do solo apenas no 2º período de crescimento, sendo maior nos usos sem pastejo ou corte, e ainda apresentando aumento do 1º para o 2º período de crescimento (Tabela 12). O resultado deve-se ao desenvolvimento e acúmulo de matéria seca das plantas, pois segundo McMahan (1973), o diâmetro dos colmos aumenta em proporção direta à força requerida para suportar os demais órgãos das plantas (folhas).

Para a relação folha/colmo foi observado um comportamento característico com as alturas de colheita da forragem e com a estrutura das plantas nas duas avaliações estudadas. Tanto no 1º quanto no 2º período de crescimento, a relação folha/colmo foi superior nos usos do solo com altura residual de 20 cm. Observou-se para os usos do solo com pastejo ou corte uma elevação na relação folha/colmo da forragem obtida do 1º para o 2º período de crescimento, enquanto nos usos do solo sem pastejos ou cortes foi observada redução (Tabela 11). As diferenças devem-se à distribuição das folhas nos extratos do dossel e às alturas de colheita da forragem, que alteram as quantidades de colmos na forragem. Nos usos do solo sem pastejos ou cortes, as plantas aceleraram o seu ciclo, e, ao alongarem seus entrenós precocemente (ROCHA et al., 2004) devido à entrada na fase reprodutiva (LANGER, 1979), reduziram a relação folha/colmo na forragem.

O valor nutritivo da forragem produzida pela aveia IPR 126 em 2011 apresentou variações coerentes com as alterações estruturais observadas, e todos os componentes estudados foram alterados pela interação dos fatores (Tabela 13). A concentração de PB alterou-se somente no 2º período de crescimento sendo superior na forragem produzida nos usos do solo com altura de resíduo de 20 cm e inferior na ausência de pastejos ou cortes. Apenas a forragem produzida pelas plantas de aveia no uso do solo com altura do resíduo de 20 cm não apresentou redução na concentração de PB do 1º para o 2º período de crescimento (Tabela 13) devido à participação das folhas na forragem (Tabela 12).

Tabela 13. Valores de F calculado para as características estudadas no valor nutritivo da forragem obtida com o cultivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo (Uso Solo) em três períodos de crescimento (Período) no outono-inverno de 2011

| Fonte de Variação | GL | PB                  | FDN                 | FDA                 | Hemicelulose         | Lignina             | Celulose             |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Bloco             | 2  | 4,437 <sup>ns</sup> | 0,179 <sup>ns</sup> | 2,095 <sup>ns</sup> | 0,392 <sup>ns</sup>  | 7,039 <sup>ns</sup> | 15,073 <sup>ns</sup> |
| Período (P)       | 2  | 330,538**           | 86,153*             | 344,342             | 11,487 <sup>ns</sup> | 68,252*             | 17,061 <sup>ns</sup> |
| erro 1            | 4  |                     |                     |                     |                      |                     |                      |
| Uso solo (US)     | 5  | 20,850**            | 29,288**            | 9,171**             | 1,775 <sup>ns</sup>  | 3,568*              | 1,211 <sup>ns</sup>  |
| erro 2            | 10 |                     |                     |                     |                      |                     |                      |
| PxUS              | 10 | 57,642**            | 45,587**            | 69,210**            | 3,984**              | 7,502**             | 4,390**              |
| erro 3            | 20 |                     |                     |                     |                      |                     |                      |
| CV1 (%)           |    | 3,63                | 4,86                | 2,20                | 15,15                | 3,83                | 5,02                 |
| CV2 (%)           |    | 5,33                | 3,27                | 6,36                | 11,85                | 9,38                | 8,84                 |
| CV3 (%)           |    | 3,16                | 2,59                | 2,31                | 7,63                 | 5,57                | 4,59                 |

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: Não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao fator período, fator uso do solo e à interação PxUS, respectivamente.

As concentrações de FDN, FDA, hemicelulose, lignina e celulose foram superiores nos usos do solo sem pastejo ou corte em relação aos demais apenas no 2º período de crescimento. Porém, nessa avaliação, todos os usos do solo favoreceram a produção de forragem com concentração de FDN superior (Tabela 14).

Os demais componentes fibrosos da forragem estudados (FDA, lignina, hemicelulose e celulose) se elevaram no 2º período de crescimento apenas na forragem produzida com os usos do solo sem pastejos ou cortes (Tabela 14). As diferenças observadas nos componentes do valor nutritivo da forragem devem-se aos tipos e alturas de manejo impostos às aveia nos diferentes usos do solo, e ao avanço na idade das plantas, que alteraram as proporções dos componentes da forragem (folhas e colmos), alterando também o valor nutritivo.

A determinação dos componentes fibrosos e da PB de forragens é indispensável para o estudo do seu valor nutritivo. Na análise de FDN é estimada a concentração total de celulose, hemicelulose e lignina da parede celular, e a concentração desses componentes na forragem é inversamente relacionado com a capacidade de consumo de MS pelos animais (VAN SOEST, 1994). Além da limitação no consumo de matéria seca imposta pelo efeito do enchimento em dietas com alta concentração de FDN, a depressão do consumo em ruminantes pode ser atribuída à deficiência de nitrogênio fornecido via PB para o animal (VAN SOEST, 1994).



Tabela 14. Valor nutritivo da aveia branca cv. IPR 126 sob diferentes usos do solo em dois períodos de crescimento no outono-inverno de 2011

| Usos do Solo | PB (g kg <sup>-1</sup> )      |         |       | FDN (g kg <sup>-1</sup> )          |         |       |
|--------------|-------------------------------|---------|-------|------------------------------------|---------|-------|
|              | Períodos de crescimento       |         | Média | Períodos de crescimento            |         | Média |
|              | 1º                            | 2º      |       | 1º                                 | 2º      |       |
| P10          | 177,3aA                       | 148,4bB | 162,9 | 509,0aB                            | 538,8bA | 523,9 |
| P20          | 176,0aA                       | 170,6aA | 173,3 | 505,9aB                            | 541,7bA | 523,8 |
| C10          | 172,6aA                       | 145,0bB | 158,8 | 506,9aB                            | 539,8bA | 523,3 |
| C20          | 175,3aA                       | 172,9aA | 174,1 | 510,5aB                            | 539,9bA | 525,2 |
| SC p/ SD     | 176,7aA                       | 106,0cB | 141,3 | 509,1aB                            | 689,7aA | 599,4 |
| SC p/ PC     | 173,9aA                       | 100,4cB | 137,2 | 508,7aB                            | 696,2aA | 602,4 |
| Média        | 175,3                         | 140,5   |       | 508,3                              | 591,0   |       |
|              | FDA (g kg <sup>-1</sup> )     |         |       | Hemicelulose (g kg <sup>-1</sup> ) |         |       |
|              | Períodos de crescimento       |         | Média | Períodos de crescimento            |         | Média |
|              | 1º                            | 2º      |       | 1º                                 | 2º      |       |
| P10          | 307,7aA                       | 317,6bA | 312,7 | 201,3aA                            | 221,2bA | 211,2 |
| P20          | 308,3aA                       | 318,2bA | 313,2 | 197,6aA                            | 223,5bA | 210,5 |
| C10          | 301,9aA                       | 312,4bA | 307,1 | 205,0aA                            | 227,4bA | 216,2 |
| C20          | 305,7aA                       | 322,0bA | 313,9 | 204,8aA                            | 217,9bA | 211,3 |
| SC p/ SD     | 308,0aB                       | 417,2aA | 362,6 | 201,1aB                            | 272,4aA | 236,8 |
| SC p/ PC     | 303,8aB                       | 416,7aA | 360,2 | 204,9aB                            | 279,5aA | 242,2 |
| Média        | 305,9                         | 350,7   |       | 202,4                              | 240,3   |       |
|              | Lignina (g kg <sup>-1</sup> ) |         |       | Celulose (g kg <sup>-1</sup> )     |         |       |
|              | Períodos de crescimento       |         | Média | Períodos de crescimento            |         | Média |
|              | 1º                            | 2º      |       | 1º                                 | 2º      |       |
| P10          | 44,0aA                        | 45,2bA  | 44,6  | 289,7aA                            | 295,5bA | 292,6 |
| P20          | 41,5aA                        | 43,6bA  | 42,6  | 282,9aA                            | 295,3bA | 289,1 |
| C10          | 41,0aA                        | 43,7bA  | 42,4  | 290,9aA                            | 289,9bA | 290,4 |
| C20          | 45,4aA                        | 44,4bA  | 44,9  | 282,9aA                            | 288,5bA | 285,7 |
| SC p/ SD     | 42,8aB                        | 55,3aA  | 49,0  | 289,6aB                            | 338,8aA | 314,2 |
| SC p/ PC     | 44,5aB                        | 55,9aA  | 50,2  | 283,6aB                            | 334,6aA | 309,1 |
| Média        | 43,2                          | 48,0    |       | 286,6                              | 307,1   |       |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

Nos três anos de condução do estudo (2009; 2010 e 2011) e em todas as avaliações realizadas, a forragem obtida apresentou concentrações de PB superiores a 70 g kg<sup>-1</sup>, valor considerado como limite inferior para ruminantes (VAN SOEST, 1994). As concentrações de FDN observadas nas avaliações ao longo do estudo mantiveram-se abaixo do limite máximo recomendado para a alimentação de ruminantes (550 a 600 g kg<sup>-1</sup>) (MERTENS, 1994), exceto na forragem produzida no ano de 2010 (Tabela 9), e na produzida pela aveia nos usos do solo sem pastejos ou cortes na última avaliação nos anos de 2009 (Tabela 6) e 2011 (Tabela 14). Nas condições pontuais citadas anteriormente, a forragem produzida não seria recomendada para o fornecimento à ruminantes como alimento exclusivo de uma dieta.

### 3.4 Conclusões

Altas produções de matéria seca, próximas a 5000 kg ha<sup>-1</sup>, são obtidas com o manejo da aveia branca com cortes ou pastejos com altura residual de 10 ou 20 cm, ou quando colhida com altura residual de 15 cm ao final do ciclo.

A produção de palhada residual foi drasticamente reduzida com a utilização cortes ou pastejos, não sendo recomendada a realização de um 2º ou 3º pastejo ou corte em sistemas de integração lavoura pecuária em que se realize o cultivo de grãos em sucessão.

Para a obtenção de forragem de qualidade superior e com produção melhor distribuída ao longo do outono-inverno a aveia branca deve ser manejada com pastejos ou cortes.

O uso de pastejos ou cortes sucessivos na aveia proporciona produção de forragem com valor nutritivo superior em relação à única colheita ao final do ciclo.

### 3.5 Referências Bibliográficas

AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A.J.Q.; GIANLUPPI, G.D.F. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.37, n.9, p. 1523-1530, 2008.

AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; FREITAS, F.K.; LOPES, M.T. Produção de novilhos super precoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 35, n.4, suppl., p. 1765-1773, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Virginia: Arlington. 1117p, 1990.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; CARVALHO, P.C.F. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.8, p. 2340-2346, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; VEIGA, m.; MORAES, A. PELISSARI, A.; MAFRA, A.; DELA PICOLLA, C. Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p. 1357-1363, 2011.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

CARVALHO, P.C.F.; ROCHA, L.M.; BAGGIO, C.; MACARI, S.; KUNRATH, T.R.; MORAES, A. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.39, n.9, p.1857-1865, 2010.

CASSOL, L.C.; PIVA, J.T.; SOARES, A.B.; ASSMANN, A.L. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, v.58, n.4, p.438-443, 2011.

CASTAGNARA, D.D.; RADIS, A.C.; SOUZA, L.C.; et al. Características estruturais e produtivas da aveia preta comum em cinco idades de rebrota na região Oeste do Paraná. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.3, n.2, p.116-129, 2010.

CAUDURO, G.; CARVALHO, P.C.F.; BARBOSA, C.M.P.; LUNARDI, R.; NABINGER, C.; GONÇALVES, E.N.; DEVINCENZI, T. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado sob diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.35, n.4, p.1298-1307, 2006.

CONFORTIN, A.C.C.; ROCHA, M.G.; QUADROS, F.L.F.; GLIENKE, C.L.; ROSSI, G.E.; MORAES, A.B. Structural and morphogenical characteristics of black oats and Italian ryegrass on pasture submitted to two grazing intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 39, n.11, p. 2357-2365, 2010.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas Climáticas do Paraná. 2006. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Classificação\\_Climaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificação_Climaticas.htm)>. Acesso em: 03 set. 2008.

LANGER, R.H.M. **How grasses grow**. 2.ed. London: Edward Arnold, 1979. 66p.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

LOPES, M.L.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; AGUINAGA, A.A.Q.; FLORES, J.P.C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p. 1499-1506, 2009.

McMAHOM, C. Size and shape in biology. **Science**, Washington, n. 1, v.179, p.1201-1204, 1973.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; FONTANELI, R.S.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; SCHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Valor nutritivo da forragem de genótipos de cereais de inverno de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.6, p.1173-1180, 2011.

MELLO, L.M.M. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de Forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.121-129, 2004.

MONDARDO, D.; CASTAGNARA, D.D.; OLIVEIRA, P.S.R.; ZOZ, T.; MESQUITA, E.E. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquidos suíno. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.509-517, 2011.

MOREIRA, A.L.; REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; SARAN JUNIOR, A.J. Avaliação de forrageiras de inverno irrigadas sob pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1838-1844, 2007.

MOTT, G.E.; LUCAS, H.L. The design, conduct en interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pensilvania, **Proceedings ...** Pensilvania: State College, 1952. p.1380-1395.

PIN, E.A.; SOARES, A.B.; POSSENTI, J.C.; FERRAZZA, J.M. Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.3, p. 509-517, 2011.

PONTES, L.S.; NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; MONTARDO, D.P.; SANTOS, R.J. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.32, n.4, p.814-820, 2003.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CANTARELLA, H.; GODOY, R.; VIVALDI, L.J. Adubação de aveia em dois sistemas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p. 1773-1778, 2002.

ROCHA, M.G.; MONTAGNER, D.B.; SANTOS, D.T.; FREITAS, F.K.; PILAU, A.; FRIZZO, A. Parâmetros produtivos de uma pastagem temperada submetida a alternativas de utilização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 33, n.6, p. 1386-1395, 2004.

ROCHA, M.G.; QUADROS, F.L.F.; GLIENKE, C.L.; CONFORTIN, A.C.C.; COSTA, W.G.; ROSSI, G.E. Avaliação de espécies forrageiras de inverno na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 36, n.6, suppl., p. 1990-1999, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Ed UFV, 235 p. 2006.

SKONIESKI, F.R.; VIÉGAS, J.; BERMUDES, R.F.; NÖRNBERG, J.L.; ZIECH, M.F.; COSTA, O.A.D.; MEINERZ, G.R. Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.3, p. 550-556, 2011.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca. Constock Publishing Associates. 476 p. 1994.

ZANINE, A.M.; MACEDO, J.G.L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Málaga, v.7, n.4, p.1-12, 2006.

## **CAPÍTULO 4**

### **ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES USOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

#### **Resumo**

O presente trabalho teve por objetivo estudar a deposição de palhada residual e os atributos físicos em um Latossolo Vermelho cultivado com a aveia branca no período do inverno sob sistema de integração lavoura pecuária no período de 2009 à 2011. O experimento foi implantado à campo sob o delineamento de blocos casualizados em esquema de faixas, sendo composto por três blocos e seis faixas totalizando 18 unidades experimentais. Nas faixas foram distribuídas as seis formas de uso do solo cultivado com aveia: pastejo com altura do resíduo de 10 cm ou 20 cm (P10 e P20); corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm ou 20 cm (C10 e C20); sem pastejos ou cortes das plantas de aveia com posterior semeadura direta da cultura de verão (SC p/ SD) e sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para semeadura da cultura de verão (SC p/ PC). Intercaladas com a aveia, no verão dos anos de 2009 e 2010 foram semeadas as culturas do milho e da soja, respectivamente. Estudou-se a deposição de palhada residual pela cultura da aveia por ocasião da dessecação da mesma para a semeadura das culturas de verão. A macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo foram obtidas nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m ao final de cada ciclo de cultivo da aveia ou das culturas de verão. A deposição de palhada foi superior nos usos do solo em que não foi realizada a colheita da forragem. A macroporosidade foi superior, e a microporosidade e a densidade inferior no uso do solo com preparo convencional, sem diferenças para a porosidade total. Com o avanço do período experimental foi observado incremento nos valores de macroporosidade e porosidade total nos usos do solo com semeadura direta. O sistema de integração lavoura pecuária com cultivo de aveia no outono inverno e colheita da forragem por corte ou pastejo com altura residual de 10 ou 20 cm não alterou as propriedades físicas do Latossolo Vermelho.

**Palavras-chave:** *Avena sativa*, densidade, porosidade do solo, pastejo.

## **PHYSICAL ATTRIBUTES UNDER DIFFERENT LAND USES IN LIVESTOCK SYSTEMS INTEGRATION CROP**

### **Abstract**

This work aimed to study the deposition of straw and physical attributes in an Oxisol cultivated with oats during the winter period under integrated crop farming in the period 2009 to 2011. O experiment was deployed to the field under randomized block design in a track, comprising three blocks and six tracks totaling 18 experimental units. Bands were distributed in the six forms of land use cultivated with oats grazing height of 10 cm residue or 20 cm (G10 and G20) and cutting for hay with residue height 10 cm or 20 cm (C10 and C20); no grazing or cutting plant oats were sown direct summer crop (UC to ST) and without grazing or cutting back with conventional tillage for sowing of the summer crop (UC to CT). Interspersed with oats in the summer of 2009 and 2010 were sown crops of corn and soybeans, respectively. We studied the deposition of straw by oat during the desiccation of the same for the sowing of summer crops. The macroporosity, microporosity, total porosity and bulk density were obtained in the layers 0-0.10 and 0.10-0.20 m at the end of each crop cycle oats or summer crops. The deposition of trash was higher in land use that was not performed to harvest the forage. The macroporosity was higher, and microporosity and lower density land use with conventional tillage, no differences for total porosity. With the advancement of the experimental period was observed increase in the values of total porosity and macroporosity in land uses with direct seeding. The integrated crop farming with cultivation of oats in the fall and winter harvest by cutting or grazing with residual height of 10 cm or 20 did not alter the physical properties of Oxisol.

**Key-words:** *Avena sativa*, density, macroporosity, grazing.

## 4.1 Introdução

Grande enfoque do meio científico tem sido direcionado ao uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, pois a manutenção da qualidade desses recursos é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (ARAÚJO et al., 2010). Nesse contexto os atributos físicos do solo tem recebido atenção das pesquisas por interagirem diretamente com os demais atributos (químicos e biológicos) (ARAÚJO et al., 2007) além de serem afetados pelo sistema de cultivo adotado (CUNHA et al., 2012).

A densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total são considerados excelentes indicadores de degradação do solo (STOLF et al., 2011). Esses atributos permitem estimar a degradação do solo ocasionada pela compactação devido à práticas de manejo inadequadas (PACHECO; CANTALICE, 2011).

A substituição dos sistemas de preparo convencional do solo pelo sistema de semeadura direta proporcionou um grande avanço na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, porém, esses sistemas podem se tornar ainda mais sustentáveis quando integrados com a produção pecuária. Além de melhorar os atributos físicos por meio da presença da planta forrageira e contribuir com a conservação do solo (AGUINAGA et al., 2008), o manejo de pastagens e lavouras de grãos de forma integrada permite vislumbrar a sustentabilidade dos sistemas produtivos que não seria alcançada se as atividades fossem conduzidas separadamente (PIN et al., 2011).

Entretanto, nesse sistema têm-se o efeito do animal (BAGGIO et al., 2009), que por meio da intensidade de pastejo, é capaz de determinar a produção animal, as condições de solo e da quantidade de palhada que se transfere à fase agrícola (CARVALHO et al., 2005). As alturas de resíduo pós pastejo adotadas para o manejo da pastagem determinam a quantidade total de matéria seca produzida e a magnitude do impacto do pisoteio animal (AGUINAGA et al., 2008).

Uma das alternativas para se isolar o efeito animal em áreas de integração lavoura pecuária, seria realizar a colheita mecanizada da forragem para fornecimento aos animais na forma natural ou conservada como feno ou silagem. Entretanto, assim como a presença do animal, o trânsito de maquinários e a altura de corte da forragem adotados também podem promover modificações nos atributos físicos em relação ao sistema de semeadura direta em

que não é realizada a colheita de forragem. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estudar a deposição de palhada residual e os atributos físicos em um Latossolo Vermelho cultivado com a aveia branca no período do inverno sob sistema de integração lavoura pecuária no período de 2009 à 2011.

## 4.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de maio de 2009 a outubro de 2011, na fazenda experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em Latossolo Vermelho eutrofófico (LVe). A área estava sendo manejada sob o sistema de semeadura direta, obedecendo à sucessão de culturas soja/milho/aveia nas três últimas safras agrícolas. No início do experimento, o solo da área experimental apresentou as características descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental

| Prof. | P                   | MO                 | pH                | Al+H   | Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | SB  | CTC  | V                             | Areia | Silte | Argila |
|-------|---------------------|--------------------|-------------------|--|------------------|----------------|------------------|------------------|-----|------|-------------------------------|-------|-------|--------|
| cm    | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> | CaCl <sub>2</sub> | -----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                |                  |                  |     | %    | -----g kg <sup>-1</sup> ----- |       |       |        |
| 0-10  | 19,6                | 21,1               | 4,9               | 5,0  | 0,0              | 0,9            | 5,1              | 2,2              | 8,2 | 13,3 | 62,1                          | 54,2  | 117,6 | 828,2  |
| 10-20 | 19,5                | 19,9               | 4,9               | 5,0  | 0,0              | 0,9            | 5,1              | 2,2              | 8,2 | 13,2 | 61,9                          | 54,2  | 117,6 | 828,2  |

Prof.: profundidade

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (IAPAR, 2007). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos na estação climatológica automática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 100 m da área experimental e são apresentados na Figura 1.

O experimento foi implantado à campo sob o delineamento de blocos casualizados em esquema de faixas, sendo composto por três blocos e seis faixas totalizando 18 unidades experimentais com 15 x 30 m cada. Nas faixas (parcelas) foram alocados os seis usos do solo: P10 – pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20 – pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10 – corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20 – corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD – sem pastejos ou cortes com semeadura direta da



cultura de verão e SC p/ PC – sem pastejos ou cortes com preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão. Na condução do experimento e análise dos dados, o delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de faixas com parcelas subdivididas no tempo, de forma que nas sub-parcelas foram alocadas as avaliações realizadas sucessivamente ao longo do tempo.

Na produção de palhada residual foram realizadas três avaliações sendo uma ao final de cada ciclo de cultivo da aveia, por ocasião da dessecação das áreas para implantação da cultura de verão. Nas propriedades físicas do solo, a macro e microporosidade, porosidade total e densidade foram estudadas nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m com cinco avaliações, realizadas após cada ciclo de cultivo da aveia e após o cada ciclo das culturas de verão.

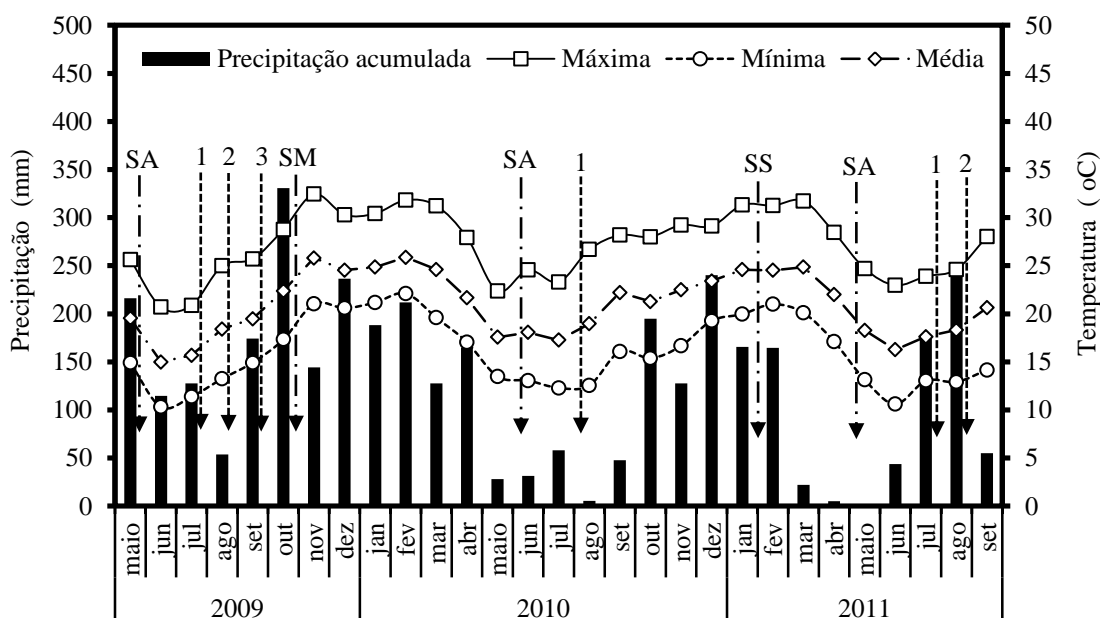


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante período experimental. SA: semeadura da aveia, 1; 2 e 3: cortes ou pastejos realizados na aveia em cada ano, SM: semeadura do milho, SS: semeadura da soja.

Fonte: Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste, Marechal Cândido Rondon- PR, 2009-2011.

A cultura da aveia foi semeada nas datas de 24 de maio, 10 de junho e 29 de maio para os anos de 2009, 2010 e 2011, respectivamente. Em 2009 e 2011 foi semeada a cultivar IPR 126, enquanto em 2010, a cultivar utilizada foi a URS Guapa linhagem UFRGS 998011-2. Nos três anos a aveia foi semeada com semeadora de precisão acoplada ao trator em linhas espaçadas de 0,17 m utilizando-se 70 kg ha<sup>-1</sup> de sementes sem a utilização de adubação de semeadura.

Nas áreas destinadas aos usos do solo com pastejos e cortes, foram realizados em 2009; 2010 e 2011 respectivamente três, um e dois cortes ou pastejos em cada ano. Nos três anos de cultivo da aveia o primeiro corte ou pastejo foi realizado com intervalo aproximado de 55 dias em relação à emergência das plantas, e quando realizados o segundo e terceiro pastejos foram realizados com intervalos aproximados de 30 dias. No ano de 2010 foi realizado apenas um corte ou pastejo devido à ocorrência de estiagem (Figura 1) que prejudicou a rebrota da aveia URS Guapa, e devido à esta cultivar de aveia apresentar ciclo mais curto (CBPA, 2006).

Os animais utilizados nos pastejos eram vacas da raça Holandesa, lactantes, com peso vivo aproximado de  $550 \text{ kg} \pm 28,5 \text{ kg}$  e produção média diária de  $18 \pm 2,5 \text{ kg dia}^{-1}$ , que foram distribuídas aleatoriamente nos piquetes e realizaram o pastejo por aproximadamente dois dias até a obtenção das alturas de resíduo desejadas (10 e 20 cm). As alturas foram obtidas por meio de taxas de lotação variáveis segundo a técnica *put-and-take* (MOTT; LUCAS, 1952). Nos usos do solo em que a aveia foi manejada com corte, foi utilizada uma ceifadeira mecânica acoplada ao trator regulada para as alturas de corte desejadas (10 e 20 cm). Os cortes foram realizados no dia equivalente ao último dia de pastejo dos animais. Nas faixas destinadas aos usos do solo sem pastejo ou corte, a aveia não foi manejada.

Em sucessão à aveia, nos anos de 2009 e 2010 foram semeadas as culturas do milho e da soja, respectivamente. Para tal, as faixas destinadas aos usos do solo P10, P20, C10, C20 e SC p/ SD foram dessecadas utilizando-se o herbicida glifosato ( $1800 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a.) com volume de calda de  $250 \text{ L ha}^{-1}$ , enquanto a faixa destinada ao manejo SC p/ PC foi preparada mecanicamente com auxílio de grade leve acoplada ao trator.

A cultura do milho foi semeada em 29 de outubro de 2009, utilizando-se o híbrido triplo CD 384, com espaçamento entre linhas de 0,70 m, e 4,2 sementes por metro linear, objetivando-se uma densidade populacional de  $60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ . Como adubação de semeadura foi utilizado  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  do fertilizante formulado 8:20:15 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) e como adubação de cobertura foi utilizado  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na forma de uréia. A colheita da cultura do milho foi realizada em 05 de março de 2010 com colhedora automotriz.

A cultura da soja foi semeada em 25 de outubro de 2010, utilizando-se o cultivar precoce V-Max, em espaçamento entre linhas de 0,45 m e com uma densidade de 16 sementes  $\text{m}^{-1}$  linear, objetivando um estande de 355 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Antes da semeadura as sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando o inoculante turfoso Nitral® na proporção de 200 g para 50 kg de sementes. Como adubação de semeadura para a

soja utilizou-se 250 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 2:20:20 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O). A colheita da cultura da soja foi realizada em 03 de março de 2011 com colhedora automotriz.

As amostragens para a determinação do acúmulo de palhada residual foram realizadas em 22/10; 19/10 e 17/10 nos anos de 2009; 2010 e 2011, respectivamente. Para tal foi utilizado um quadrado metálico com área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>), lançado aleatoriamente duas vezes em cada parcela. Em cada lançamento todo o material vegetal contido no seu interior foi coletado ao nível do solo e embalado em sacos plásticos identificados. Em laboratório, as amostras foram pesadas para a determinação da produção de matéria verde. Para a determinação da produção de matéria seca de palhada uma sub-amostra foi submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas para a determinação dos teores de matéria seca.

Para a determinação das características físicas foram realizadas amostragens em 22/10/2009 (após aveia 2009); 05/03/2010 (após o milho); 19/10/2010 (após aveia 2010); 05/03/2011 (após soja) e 17/10/2011 (após aveia 2011). Nas amostragens foram coletadas duas amostras indeformadas de solo por parcela, nas profundidades de 0,00- 0,10 e 0,10-0,20 m com auxílio de anéis de aço com volume conhecido. Posteriormente, em laboratório, foram determinadas a densidade do solo pelo método do anel volumétrico, a macroporosidade e microporosidade do solo e a porosidade total segundo Embrapa (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### **4.3 Resultados e Discussão**

#### **4.3.1 Produção de palhada residual pela aveia**

Houve efeito significativo da interação dos fatores estudados na deposição de palhada residual da aveia (Tabela 2). A produção de palhada residual nos anos de 2009 e 2010 foi superior nos usos do solo em que não foi realizada a colheita da forragem e inferior quando adotou-se a altura de colheita de 10 cm. Em 2011, os usos do solo sem colheita da forragem proporcionaram deposição de palhada residual superior aos demais usos que não apresentaram diferenças entre si (Tabela 3).

Tabela 2. Valores de F calculado para a palhada residual depositada pela aveia branca nos anos de 2009, 2010 e 2011 (Período) sob diferentes usos do solo (Uso Solo)

| Fonte de Variação | GL | Palhada Residual    |
|-------------------|----|---------------------|
| Bloco             | 2  | 2,037 <sup>ns</sup> |
| Período (P)       | 2  | 232,521**           |
| erro 1            | 4  |                     |
| Uso Solo (US)     | 5  | 4178,343**          |
| erro 2            | 10 |                     |
| P x US            | 10 | 133,581**           |
| erro 3            | 20 |                     |
| CV 1 (%)          |    | 3,22                |
| CV 2 (%)          |    | 3,12                |
| CV 3 (%)          |    | 4,17                |

ns; \*: Não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao período, fator uso do solo e à interação período x uso do solo, respectivamente.

Os resultados eram esperados, pois a maior produção de palhada nos usos com ausência de colheita da forragem deve-se ao acúmulo de matéria seca pelas plantas, enquanto as demais diferenças nos anos 2009 e 2010 devem-se às alturas de colheita adotadas. As mesmas diferenças não foram verificadas em 2011 devido ao intervalo decorrido entre o último corte ou pastejo e a amostragem (54 dias), que possibilitou o crescimento das plantas de aveia cortadas ou pastejadas devido à entrada na fase reprodutiva e ao acúmulo de quantidades semelhantes de matéria seca.

Tabela 3. Produção de palhada residual (kg ha<sup>-1</sup>) pela aveia branca cvs. IPR 126 (2009 e 2011) e URS Guapa (2010) sob diferentes usos do solo outono-inverno de 2009, 2010 e 2011

| Usos do solo | Períodos |        |        | Média |
|--------------|----------|--------|--------|-------|
|              | 2009     | 2010   | 2011   |       |
| P10          | 1886cA   | 1477cB | 1219bC | 1527  |
| P20          | 2162bA   | 1984bB | 1397bC | 1848  |
| C10          | 1790cA   | 1503cB | 1229bC | 1507  |
| C20          | 2269bA   | 2015bA | 1417bB | 1900  |
| SC p/ SD     | 4050aC   | 6568aA | 6032aB | 5550  |
| SC p/ PC     | 4051aC   | 6669aA | 6013aB | 5578  |
| Média        | 2701     | 3369   | 2884   |       |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

Com exceção do ano de 2011, o uso do solo com altura de colheita da aveia de 20 cm proporcionou deposição de palhada residual próxima aos 2000 kg ha<sup>-1</sup> recomendados por Assmann e Pin (2008) como adequados para a implantação da cultura de verão em sucessão no sistema de semeadura direta.

A maior produção de palhada pela aveia URS Guapa implantada no ano de 2010 em relação à aveia IPR 126 nos demais anos está relacionada com o ciclo das cultivares, pois como a aveia URS Guapa apresenta ciclo mais curto, no momento da dessecação estava no estágio de grão pastoso, enquanto a aveia IPR 126 estava no estágio inicial de florescimento.

Nos manejos com colheita da forragem, a redução na produção de palhada de 2009 para 2010 deve-se também ao ciclo mais curto da aveia URS Guapa, a qual apresentou rápido alongamento dos entrenós saindo rapidamente da fase vegetativa para a reprodutiva. Já a redução observada nos anos de 2010 e 2011 em relação à 2009 devem-se à ocorrência de estiagem após o corte das plantas (único corte em 2010 e 2º corte em 2011) que prejudicou a rebrota das plantas.

#### 4.3.2 Macro e microporosidade, porosidade total e densidade do solo

A macroporosidade na camada superficial (0,00-0,10 m) foi alterada pela interação dos fatores (Tabela 4), sendo superior no uso do solo com preparo convencional antes e depois da semeadura das culturas do milho e da soja em 2010 e 2011, respectivamente. Esse resultado era esperado, e deve-se à mobilização na camada superficial do solo (PEREIRA et al., 2011) proporcionada pelo preparo do solo com a grade leve.

Tabela 4. Valores de F calculado para as características físicas do solo na camada de 0-0,10 m em diferentes períodos de avaliação (Período) e usos do solo (Uso Solo)

| Fonte de Variação | GL | Macroporosidade | Microporosidade     | Porosidade total    | Densidade           |
|-------------------|----|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco             | 2  | 8,211*          | 0,865 <sup>ns</sup> | 5,206*              | 0,026 <sup>ns</sup> |
| Período (P)       | 4  | 137,464**       | 8,096**             | 16,955**            | 8,994* <sup>s</sup> |
| erro 1            | 8  |                 |                     |                     |                     |
| Uso Solo (US)     | 5  | 104,235**       | 34,771**            | 1,609 <sup>ns</sup> | 1,484 <sup>ns</sup> |
| erro 2            | 10 |                 |                     |                     |                     |
| P x US            | 20 | 4,020**         | 1,941*              | 4,761**             | 0,706**             |
| erro 3            | 40 |                 |                     |                     |                     |
| CV 1 (%)          |    | 4,08            | 2,36                | 2,15                | 2,46                |
| CV 2 (%)          |    | 7,19            | 2,94                | 4,16                | 3,17                |
| CV 3 (%)          |    | 7,44            | 2,58                | 3,14                | 2,52                |

ns; \*e\*\*: Não significativo e significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao período, fator uso do solo e à interação período x uso do solo, respectivamente.

Com exceção da primeira e última avaliações (antes do milho – 2009 e após aveia - 2011), nas demais a macroporosidade nos usos do solo em que a aveia foi manejada com altura residual de 10 cm foi inferior aos usos do solo com preparo convencional e sem pastejo

ou corte para semeadura direta. A semelhança do uso do solo com altura residual de pastejo de 10 cm com os usos onde a forragem foi colhida por meio de cortes ou pastejo com altura residual de 20 cm evidenciam que a presença dos maquinários ou dos animais para a realização da colheita da forragem tiveram o mesmo impacto sobre a macroporosidade do solo. Esse impacto torna-se irrelevante a partir da observação de que a colheita da forragem com cortes ou com pastejo com altura residual de 20 cm proporcionou valores de macroporosidade semelhantes ao uso do solo sem colheita de forragem para a semeadura direta da cultura de verão (Tabela 5). Lanzasova et al. (2007) ao estudarem áreas cultivadas com aveia com e sem pastejo, também não observaram diferenças na macroporosidade do solo entre a ausência de pastejo e o pastejo moderado.

A menor macroporosidade nos sistemas com ausência de preparo convencional do solo está associada com o aumento na capacidade de retenção de água (STONE; SILVEIRA, 2001), que favorece a aproximação das partículas (Tabela 5). Entretanto, a redução da macroporosidade é compensada pelos benefícios proporcionados pela ausência de revolvimento do solo, como o aumento dos teores de matéria orgânica e da capacidade de infiltração e retenção de água e redução do escoamento superficial, assegurando a manutenção da produtividade das áreas mantidas sob esse sistema.

Com o decorrer das avaliações, à exceção do uso do solo com preparo convencional, em todos os demais foi observado aumento na macroporosidade superficial (Tabela 5). Esse resultado era esperado devido à presença da planta forrageira e à incorporação de matéria orgânica ao solo (SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2009). Os resultados observados evidenciam que a utilização de áreas agrícolas para pastejo moderado da forrageira de inverno não prejudica a macroporosidade do solo camada superficial. Mesmo que valores de macroporosidade entre 0,05 e 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> tenham sido reportados como restritivos ao rendimento das culturas (BEUTLER; CENTURION, 2004), nem sempre se refletem em redução no rendimento, uma vez que as culturas apresentam diferentes tolerâncias à compactação (REICHERT et al., 2009) e existe uma complexa interação com as condições climáticas e edáficas (GIRARDELLO et al., 2011).

Já o aumento e posterior na redução na macroporosidade no uso do solo com preparo convencional (Tabela 5) reflete que os benefícios proporcionados pelo preparo convencional do solo são pontuais nas ocasiões em que é realizado o preparo, e se mantém por períodos de curta duração devido ao processo natural de reestruturação do solo submetido aos processos climáticos (BUSSCHER et al., 2002).

Tabela 5. Características físicas na camada superficial (0-0,10 m) de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos em sistema de integração lavoura pecuária

| Uso do solo  | Antes milho (2009) | Após milho (2009/2010) | Antes soja (2010) | Após soja (2010/2011) | Após aveia (2011) | Média  |
|--|--------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------|
| Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )  |                    |                        |                   |                       |                   |        |
| P10  | 0,06bB             | 0,07cA                 | 0,07cA            | 0,07cA                | 0,08bA            | 0,07   |
| P20  | 0,06bC             | 0,08bcB                | 0,08bcB           | 0,08bcB               | 0,10abA           | 0,08   |
| C10  | 0,06bC             | 0,08bcB                | 0,08bcB           | 0,08bcB               | 0,09bA            | 0,08   |
| C20  | 0,06bC             | 0,08bcB                | 0,08bcB           | 0,08bcB               | 0,10abA           | 0,08   |
| SC p/ SD   | 0,07bB             | 0,09bA                 | 0,09bA            | 0,09bA                | 0,10abA           | 0,09   |
| SC p/ PC   | 0,12aB             | 0,11aC                 | 0,13aA            | 0,11aC                | 0,11aC            | 0,12   |
| Média  | 0,07               | 0,08                   | 0,09              | 0,09                  | 0,10              |        |
| Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )  |                    |                        |                   |                       |                   |        |
| P10  | 0,47aAB            | 0,45aB                 | 0,45aB            | 0,47aA                | 0,45aB            | 0,45   |
| P20  | 0,46aAB            | 0,44aB                 | 0,46aAB           | 0,47aA                | 0,45aAB           | 0,45   |
| C10  | 0,46aAB            | 0,44aB                 | 0,45aAB           | 0,47aA                | 0,45aAB           | 0,45   |
| C20  | 0,46aAB            | 0,44aB                 | 0,46aAB           | 0,46abAB              | 0,47aA            | 0,46   |
| SC p/ SD   | 0,46aA             | 0,44aA                 | 0,44abA           | 0,45bA                | 0,45aA            | 0,45   |
| SC p/ PC   | 0,41bA             | 0,41bA                 | 0,42bA            | 0,39cA                | 0,40bA            | 0,41   |
| Média  | 0,45               | 0,44                   | 0,45              | 0,45                  | 0,44              |        |
| Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |                    |                        |                   |                       |                   |        |
| P10  | 0,52aB             | 0,52aB                 | 0,52aB            | 0,55aA                | 0,53bAB           | 0,52   |
| P20  | 0,51aB             | 0,52aB                 | 0,54aA            | 0,55aA                | 0,54abA           | 0,53   |
| C10  | 0,52aB             | 0,51aB                 | 0,54aAB           | 0,55aA                | 0,54abAB          | 0,53   |
| C20  | 0,52aB             | 0,52aB                 | 0,54aAB           | 0,54aAB               | 0,57aA            | 0,54   |
| SC p/ SD   | 0,53aA             | 0,53aA                 | 0,54aA            | 0,54aA                | 0,54abA           | 0,53   |
| SC p/ PC   | 0,54aAB            | 0,52aAB                | 0,54aA            | 0,51bB                | 0,51cB            | 0,52   |
| Média  | 0,52               | 0,52                   | 0,54              | 0,53                  | 0,54              |        |
| Densidade (Mg m <sup>-3</sup> )                    |                    |                        |                   |                       |                   |        |
| P10  | 1,40               | 1,30                   | 1,30              | 1,30                  | 1,32              | 1,33a  |
| P20  | 1,36               | 1,30                   | 1,30              | 1,23                  | 1,30              | 1,30ab |
| C10  | 1,33               | 1,24                   | 1,30              | 1,27                  | 1,31              | 1,29ab |
| C20  | 1,33               | 1,25                   | 1,27              | 1,22                  | 1,31              | 1,28b  |
| SC p/ SD   | 1,30               | 1,20                   | 1,34              | 1,26                  | 1,31              | 1,28b  |
| SC p/ PC   | 1,22               | 1,20                   | 1,20              | 1,16                  | 1,18              | 1,19c  |
|  | 1,32A              | 1,25A                  | 1,29A             | 1,24A                 | 1,29A             |        |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão.

A microporosidade foi inferior no uso do solo com preparo convencional em todas as avaliações, com exceção para a avaliação realizada antes da semeadura da soja, em que os usos do solo com preparo convencional e semeadura direta sem pastejo ou corte proporcionaram valores semelhantes de microporosidade ao solo (Tabela 5). Com exceção

dos usos do solo onde não foi realizada a colheita da forragem, para todos os demais foi observada uma redução na microporosidade após o cultivo do milho, com posterior aumento.

Os resultados observados eram esperados, pois segundo Viana et al. (2011), a microporosidade tem comportamento complementar e antagônico ao da macroporosidade, conforme já constatado em outros estudos (STONE; SILVEIRA, 2001; SILVA et al., 2005; ARGENTON et al., 2005; MARCHÃO et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2009; CUNHA et al., 2011). Essa inversão ocorre porque à medida que o volume de macroporos, responsáveis pela aeração e pela drenagem interna do solo, é reduzido, ocorre o aumento no volume de microporos, responsáveis pela retenção de água em médias e altas tensões (REICHERT et al., 2007).

O preparo convencional do solo reduziu a porosidade total somente após o cultivo da soja e após o cultivo da aveia em 2011, sem diferenças para as demais avaliações (Tabela 5). No decorrer das avaliações foi observado um aumento na porosidade total até a implantação do cultivo da soja, com posterior manutenção dos valores. Os resultados são coerentes, uma vez que a porosidade total foi obtida a partir do somatório dos macro e microporos (EMBRAPA, 2009), e essa variável apresenta correlação positiva com a macroporosidade (CUNHA et al., 2011).

A densidade do solo não foi alterada ao longo do tempo, sofrendo o efeito apenas dos manejos adotados (Tabela 4). A menor densidade foi observada com o uso do solo com preparo convencional e a maior com o uso do solo com altura residual de pastejo da aveia de 10 cm, enquanto os demais usos do solo não diferiram entre si (Tabela 5). Os resultados eram esperados, pois o preparo convencional reduz a densidade do solo e aumenta a porosidade total e macroporosidade (DRESCHER et al., 2011), entretanto, esses resultados nem sempre se refletem em aumento no rendimento das culturas (VEIGA et al., 2008).

Ao mesmo tempo que foi inferior ao usos do solo com preparo convencional, sem colheita da forragem e com a colheita por meio de corte com altura residual de 20 cm, o pastejo com altura residual de 10 cm não propiciou densidade do solo diferente dos usos com corte com altura residual de 10 cm e pastejo com altura residual de 20 cm (Tabela 5). Dessa forma, visando a preservação das características físicas superficiais de Latossolos Vermelhos, quaisquer dos usos poderia ser adotado para a implantação de um sistema de integração lavoura pecuária. Apesar de ter sido observada uma tendência de aumento da densidade do solo com os pastejos, os valores mantiveram-se próximos aos considerados como limitantes para o desenvolvimento das culturas: 1,30 e 1,33 Mg m<sup>-3</sup> (ARGENTON et al., 2005; KLEIN,



2006), além de o aumento da densidade também proporcionar efeitos benéficos no solo por propiciar a formação de agregados mais estáveis (VEIGA et al., 2009).

As alterações observadas na camada superficial são coerentes com as observadas por Spera et al. (2009), que ao estudarem diferentes sistemas de integração lavoura pecuária também constataram que o pisoteio animal aumentou a densidade e a microporosidade do solo e diminuiu a macroporosidade e a porosidade total porém, sem atingir níveis capazes de causar a degradação do solo.

Na camada subsuperficial (0,10 – 0,20 m) a macroporosidade e a densidade foram alteradas pelos períodos de avaliação e pelos usos do solo, enquanto a microporosidade foi afetada somente pelos usos do solo e a porosidade total somente pelos períodos de avaliação (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de F calculado para as características físicas do solo em diferentes períodos de avaliação (Período) e usos do solo (Uso Solo) na camada de 0,10-0,20 m

| Fonte de Variação | GL | Macroporosidade      | Microporosidade      | Porosidade total    | Densidade            |
|-------------------|----|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Bloco             | 2  | 0,489 <sup>ns</sup>  | 0,214 <sup>ns</sup>  | 0,057 <sup>ns</sup> | 0,458 <sup>ns</sup>  |
| Período (P)       | 4  | 61,376 <sup>**</sup> | 2,305 <sup>ns</sup>  | 9,922 <sup>**</sup> | 14,591 <sup>**</sup> |
| erro 1            | 8  |                      |                      |                     |                      |
| Uso Solo (US)     | 5  | 10,810 <sup>**</sup> | 16,213 <sup>**</sup> | 1,565 <sup>ns</sup> | 5,234 <sup>**</sup>  |
| erro 2            | 10 |                      |                      |                     |                      |
| P x US            | 20 | 0,638 <sup>ns</sup>  | 0,735 <sup>ns</sup>  | 0,575 <sup>ns</sup> | 0,650 <sup>ns</sup>  |
| erro 3            | 40 |                      |                      |                     |                      |
| CV 1 (%)          |    | 9,20                 | 2,37                 | 2,93                | 1,90                 |
| CV 2 (%)          |    | 14,05                | 3,00                 | 3,45                | 2,07                 |
| CV 3 (%)          |    | 18,79                | 2,22                 | 3,06                | 3,73                 |

ns; \*: Não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. CV1; CV2 e CV3 (%): coeficientes de variação referentes ao período, fator uso do solo e à interação período x uso do solo, respectivamente.

A macroporosidade foi superior no uso do solo com preparo convencional, enquanto entre os demais usos não foram observadas diferenças significativas (Tabela 7). Ao serem comparados os períodos de avaliação, à semelhança do ocorrido na camada superficial, foi observado aumento da macroporosidade com o decorrer do período experimental. Esses resultados eram esperados, e comprovam os benefícios da matéria orgânica adicionada pela palhada produzida pela aveia, pois mesmo quando é realizado pastejo intensivo, devido ao crescimento radicular da aveia (SOUZA et al., 2008) e das culturas de grãos ocorre um aporte de matéria orgânica em profundidade no solo (SOUZA et al., 2009).

Na microporosidade não foram observadas diferenças entre as avaliações, porém, microporosidade inferior foi observada no uso do solo com preparo convencional (Tabela 7). Esse resultado deve-se à ruptura dos agregados maiores pelo preparo do solo, que promove o rearranjo das partículas do solo, alterando sua estrutura inicial (SILVA; CABEDA, 2006).

Tabela 7. Características físicas na camada subsuperficial (0,10-0,20 m) de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos em sistema de integração lavoura pecuária

| Uso do solo                       | Após aveia (2009) | Após milho (2009/2010) | Após aveia (2010) | Após soja (2010/2011) | Após aveia (2011) | Média |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------|
| Macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ )  |                   |                        |                   |                       |                   |       |
| P10                               | 0,05              | 0,07                   | 0,07              | 0,07                  | 0,11              | 0,07b |
| P20                               | 0,05              | 0,07                   | 0,07              | 0,08                  | 0,09              | 0,07b |
| C10                               | 0,07              | 0,07                   | 0,08              | 0,08                  | 0,10              | 0,08b |
| C20                               | 0,07              | 0,07                   | 0,08              | 0,08                  | 0,09              | 0,08b |
| SC p/ SD                          | 0,05              | 0,07                   | 0,08              | 0,10                  | 0,10              | 0,08b |
| SC p/ PC                          | 0,09              | 0,10                   | 0,10              | 0,11                  | 0,11              | 0,10a |
| Média                             | 0,06D             | 0,08C                  | 0,08C             | 0,09B                 | 0,10A             |       |
| Microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ )  |                   |                        |                   |                       |                   |       |
| P10                               | 0,46              | 0,45                   | 0,44              | 0,44                  | 0,44              | 0,45a |
| P20                               | 0,45              | 0,44                   | 0,44              | 0,44                  | 0,44              | 0,44a |
| C10                               | 0,46              | 0,44                   | 0,44              | 0,44                  | 0,45              | 0,45a |
| C20                               | 0,45              | 0,45                   | 0,44              | 0,44                  | 0,45              | 0,44a |
| SC p/ SD                          | 0,44              | 0,44                   | 0,44              | 0,44                  | 0,44              | 0,44a |
| SC p/ PC                          | 0,41              | 0,41                   | 0,42              | 0,40                  | 0,41              | 0,41b |
| Média                             | 0,44A             | 0,44A                  | 0,44A             | 0,43A                 | 0,44A             |       |
| Porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ) |                   |                        |                   |                       |                   |       |
| P10                               | 0,51              | 0,52                   | 0,51              | 0,51                  | 0,55              | 0,52a |
| P20                               | 0,50              | 0,51                   | 0,51              | 0,52                  | 0,53              | 0,51a |
| C10                               | 0,52              | 0,51                   | 0,52              | 0,52                  | 0,55              | 0,53a |
| C20                               | 0,52              | 0,52                   | 0,51              | 0,52                  | 0,54              | 0,52a |
| SC p/ SD                          | 0,50              | 0,52                   | 0,52              | 0,53                  | 0,54              | 0,52a |
| SC p/ PC                          | 0,50              | 0,51                   | 0,52              | 0,51                  | 0,52              | 0,51a |
| Média                             | 0,51B             | 0,51B                  | 0,51B             | 0,52AB                | 0,54A             |       |
| Densidade ( $Mg m^{-3}$ )         |                   |                        |                   |                       |                   |       |
| P10                               | 1,39              | 1,34                   | 1,32              | 1,32                  | 1,32              | 1,34a |
| P20                               | 1,38              | 1,39                   | 1,29              | 1,37                  | 1,34              | 1,35a |
| C10                               | 1,39              | 1,34                   | 1,31              | 1,34                  | 1,32              | 1,34a |
| C20                               | 1,39              | 1,33                   | 1,32              | 1,36                  | 1,35              | 1,35a |
| SC p/ SD                          | 1,36              | 1,36                   | 1,31              | 1,35                  | 1,35              | 1,35a |
| SC p/ PC                          | 1,27              | 1,34                   | 1,27              | 1,32                  | 1,34              | 1,31b |
|                                   | 1,36A             | 1,35A                  | 1,30B             | 1,34A                 | 1,34A             |       |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). P10: pastejo com altura do resíduo de 10 cm; P20: pastejo com altura do resíduo de 20 cm; C10: corte para fenação com altura do resíduo de 10 cm; C20: corte para fenação com altura do resíduo de 20 cm; SC p/ SD: sem pastejos ou cortes com posterior semeadura direta da cultura de verão e SC p/ PC: sem pastejos ou cortes com posterior preparo convencional do solo para a semeadura da cultura de verão

A porosidade total, apesar de não ter sido alterada pelos usos do solo, se elevou ao longo do período experimental (Tabela 7) devido à elevação nos valores da macroporosidade, concordando com resultados de Argenton et al. (2005) e Cunha et al. (2011), que também encontraram correlação positiva entre as duas variáveis. Outro fator que pode ter contribuído

para a elevação dos valores de macroporosidade de porosidade total diz respeito à inclusão de uma leguminosa na sucessão de culturas (soja), devido ao sistema radicular diferenciado em relação às gramíneas cultivadas anteriormente (aveia e milho) (LANZANOVA et al., 2007).

Os resultados confirmam os benefícios do sistema de semeadura direta associado ao uso de plantas de cobertura, mesmo com a presença dos animais em pastejo. Segundo Conte et al. (2011), com a adoção do sistema de semeadura direta, e a compactação da camada superficial do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas, o pisoteio de animais em pastejo direto sobre áreas agrícolas se torna pouco impactante, pois os atributos de solo que poderiam ser afetados já apresentam um estado semelhante ao que seria alcançado pela ação do pisoteio dos animais em pastejo.

A densidade foi inferior no uso do solo com preparo convencional, sem diferenças entre os demais usos (Tabela 6). Ao serem comparadas as avaliações, foi observada uma redução na densidade do solo após o cultivo da aveia em 2010, com posterior aumento. Os resultados eram esperados, pois segundo Conte et al. (2011) em áreas manejadas sob sistema de semeadura direta com pastejo dos animais no sistema de integração lavoura pecuária não é esperado encontrar compactação do solo por pisoteio animal abaixo de 10 cm de profundidade. Ainda segundo Vieira e Klein (2007), solos sob semeadura direta normalmente apresentam densidade mais elevada e porosidade mais baixa do que solos submetidos ao preparo convencional.

Os resultados observados para as características físicas do solo nas camadas estudadas são coerentes com resultados observados por outros autores (SPERA et al., 2004; FLORES et al., 2007; LANZANOVA et al., 2007; LOPES et al., 2009; SPERA et al., 2009) e confirmam a pequena magnitude das alterações provocadas pelo pisoteio animal. Quando presentes, essas alterações não atingem níveis críticos ao crescimento das raízes das plantas cultivadas, pois a pressão aplicada pelas patas dos animais não é superior à resistência do solo à deformação plástica (CONTE et al., 2011). Essa característica associada à ocorrência de alterações quase que exclusivamente na camada superficial (SPERA et al., 2009) faz com que os prejuízos do pastejo sejam facilmente revertidos por processos naturais que ocorrem no solo, como a alternância de ciclos de umedecimento e de secagem, a ação de agentes naturais e as operações na semeadura, como o preparo localizado na linha (CONTE et al., 2011).

#### 4.4 Conclusões

A colheita da forragem produzida pela aveia branca em sistema de integração lavoura pecuária por corte ou pastejo com altura residual de 10 ou 20 cm reduz a quantidade de palhada residual depositada em relação à ausência de colheita da forragem.

O preparo convencional reduz a densidade e a microporosidade e aumenta a macroporosidade e a porosidade total em Latossolo Vermelho.

O uso de Latossolo Vermelho em sistema de integração lavoura pecuária com cultivo de aveia no outono inverno e colheita da forragem por corte ou pastejo com altura residual de 10 ou 20 cm não altera as propriedades físicas do solo.

#### 4.5 Referências Bibliográficas

AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A.J.Q.; GIANLUPPI, G.D.F. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.37, n.9, p.1523-1530, 2008.

ARAUJO, F.S.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F.C.; SOUZA, Z.M.; SOUZA, C.M. Physical quality of a yellow latossol under integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.34, n.3, p.717-723, 2010.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.29, n.3, p. 425-435, 2005.

ASSMANN, A.L.; PIN, E.A. Manejo de biomassa. In: SOARES, A.B.; ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L. **Integração Lavoura-Pecuária para a agricultura familiar**. Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR. Londrina, 2008. p. 11-14.

BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; LOPES, M.L.T.; THUROW, J.M. 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**, Viçosa - MG, v.38, n.2, p.215-222, 2009.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n. 6, p.581-588, 2004.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.68, p.49-57, 2002.

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: GOTTSCHALL C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. (Eds.). **Produção animal**: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia. Canoas: Editora da ULBRA, 2005. p.7-44.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA – CBPA. **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Guarapuava, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 82p.

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

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p.56-63, 2012.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B.; DODONET, A.D.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 35, n.2, p.589-602, 2011

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.5, p.1713-1722, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, 1).

FIGUEIREDO, C.C.; SANTOS, G.G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J.L.; ALVES JÚNIOR, J. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.146-151, 2009.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D. B.; FRAGA, T. I. 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**, Viçosa - MG, v.31, n.4, p.771-780, 2007.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S.; HÖRBE, T.A.N.; FERREIRA, A.O.; TABALDI, F.M.; LANZANOVA, M.E. Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.6, p.2115-2126, 2011.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Aveia Branca IPR 126**. Disponível em <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/aveia-branca.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/aveia-branca.pdf)>. Acesso em 09/02/2011.

KLEIN, V.A. Densidade relativa: um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.26-32, 2006.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J.R. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 31, n.5, p. 1131-1140, 2007.

LOPES, M.L.T.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T. dos; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. de. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1499-1506, 2009.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.S.; SÁ, M.A.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, 2007.

MOTT, G.E.; LUCAS, H.L. The design, conduct en interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pensilvania, **Proceedings ...** Pensilvania: State College, 1952. p.1380-1395.

PACHECO, E.P.; CANTALICE, J.R.B. Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e matéria orgânica sobre a compressibilidade e resistência à penetração de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.35, n.2, p.417-428, 2011.

PEREIRA, F.S.; ANDRIOLI, A.; PEREIRA, F.S.; OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; FALQUETO, R.J.; MARTINS, A.L.S. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo Índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.1, p.87-95, 2011.

PIN, E.A.; SOARES, A.B.; POSSENTI, J.C.; FERRAZZA, J.M. Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.3, p. 509-517, 2011.

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: **Tópicos de Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.49-134, 2007.

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 Research**, Amsterdam, v.102, n.2, p.242-254, 2009.

SILVA, A.J. N.; CABEDA, M.S. V. Modificações na matriz de um Argissolo Amarelo Coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.554-562, 2006.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M.M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do Alto do Rio Grande (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.719-730, 2005.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; EGON JOSÉ MEURER, J.E.; CARVALHO, P.C.F. 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**, Viçosa - MG, v.32, n.3, p.1273-1282, 2008.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.34, n.1, p.79-88, 2010.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. 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**, Viçosa - MG, v.33, n.6, p.1829-1836, 2009.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Avaliações de alguns atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagens sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.9, n. 3, p.23-31, 2004.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 33, n.5, p.129-136, 2009.

STOLF, R.; THURLER, Á. M.; BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.2, p. 447-459, 2011.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P. Características físico-hídricas e químicas de um Latossolo após adubação e cultivos sucessivos de arroz e feijão, sob irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.18, n.3, p.533-539, 1994.

VEIGA, M.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Aggregate stability as affected by short and long-term tillage systems and nutrient sources of a Hapludox in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.33, n.4, p.767-777, 2009.

VEIGA, M.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources on soil physical properties of a Southern Brazilian Hapludox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.32, n.4, p.1437-1446, 2008.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.33, n. 4, p.743-755, 2009.

VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSTA, A.C.S.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, n.6, p.2105-2114, 2011.

VIEIRA, M.L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 31, n. 6, p.1271-1280, 2007.