

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**JONAS FRANCISCO EGEWARTH**

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUÍMICAS DE SOLO SOB EFEITO DE PALHADA  
DE AVEIA SOB DIFERENTES MANEJOS**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2020**

**JONAS FRANCISCO EGEWARTH**

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUÍMICAS DE SOLO SOB EFEITO DE PALHADA  
DE AVEIA SOB DIFERENTES MANEJOS**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Coorientador: Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi

Coorientador: Dr. Jean Sérgio Rosset

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2020**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Egewart, Jonas Francisco Egewart

Decomposição e liberação de macronutrientes e características físicas químicas de solo sob efeito de palhada de aveia sob diferentes manejos / Jonas Francisco Egewart Egewart; orientador(a), Paulo Sérgio Rabello de Oliveira Oliveira; coorientador(a), Cláudio Yuji Tsutsumi Tsutsumi, coorientador(a)II, Jean Sérgio Rosset Rosset, 2020.

60 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.

1. Decomposição de resíduos. 2. Manejo de forragem. 3. Porosidade. 4. Carbono Orgânico. I. Oliveira, Paulo Sérgio Rabello de Oliveira . II. Tsutsumi, Cláudio Yuji Tsutsumi. III. Rosset, Jean Sérgio Rosset. IV. Título.



**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.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## JONAS FRANCISCO EGEWARTH

Decomposição e liberação de macronutrientes e características físicas químicas de solo sob efeito de palhada de aveia sob diferentes manejos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

Marcela Abbado Neres

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

Alfredo Richart

Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Toledo (PUC-Toledo)

Laercio Augusto Pivetta

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2020

## **AGRADECIMENTOS**

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

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

Ao meu Orientador Professor Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, pelas orientações durante o desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos membros do grupo GEPSIA pela convivência, companheirismo e amizade, especialmente a Vanessa, Eloisa, Carlos, Marines, Jeferson, e Lucas, Andressa, Yasser dentre outros, que auxiliaram nas avaliações.

Ao núcleo de estações experimentais da UNIOESTE - Campus de Marechal Cândido Rondon pela disponibilização de área, animais e funcionários.

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

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

## RESUMO

EGEWARTH, Jonas Francisco, Doctor Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro – 2020. **DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUÍMICAS DE SOLO SOB EFEITO DE PALHADA DE AVEIA SOB DIFERENTES MANEJOS.** Orientador: Paulo Sérgio Rabello de Oliveira.

O Sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) segue os preceitos da diversificação planejada, mesclando duas atividades, a agrícola e a pecuária, de formas mais eficientes e eficazes dentro da mesma área. Para uma boa implantação e manutenção do Sistema Plantio Direto (SPD) é importante a proteção do solo com cobertura vegetal morta, e o cultivo de plantas de cobertura no período de inverno pode mitigar o efeito restritivo da compactação do solo no cultivo de verão. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a decomposição da palhada remanescente de cultivares de aveia submetidas a diferentes manejos, no decorrer do cultivo de milho para silagem consorciado com braquiária, bem como, observar o efeito destas associações de cultivares e manejos nas características físicas e de concentração do carbono e nitrogênio no solo. O trabalho foi dividido em dois experimentos. O primeiro consistiu da avaliação da decomposição da palhada residual de três cultivares de aveia, submetidos a três manejos distintos (“IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM)), por meio do modelo de parcelas subdivididas no tempo, por via do método de sacos de decomposição (Litter bags), as quais, foram realizadas aos 0, 15, 30, 60, 90 e 108 dias após a semeadura da cultura de milho para ensilagem consorciado com braquiária (*Urochloa brizantha*), com 03 repetições. Quanto as avaliações, determinou-se a quantidade de palhada residual, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, relação carbono/nitrogênio, fósforo e potássio. Os resultados obtidos deste experimento permitem afirmar que a taxa de decomposição da aveia é dependente de fatores meteorológicos e de sua massa inicial, ou seja, quanto maior for a sua massa inicial, maior será o tempo e a efetividade de cobertura morta sobre o solo. A liberação de nutrientes também é variável e dependente da massa inicial e das condições edafoclimáticas. O segundo experimento seguiu o modelo de faixas,

e consistiu da avaliação do efeito da palhada residual das nove combinações de aveia e manejo nas características físicas e no teor de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo e seus estoques. Neste experimento, o pastejo não interferiu na compactação do solo quando manejado e o mesmo pode ter efeito benéfico em subsuperfície. O aporte diferente de massa não interfere na concentração de carbono e nitrogênio a curto prazo. Cada cultivar pode interferir de maneira diferente na resistência à penetração em cultivos subsequentes, principalmente na profundidade da camada mais compactada.

**Palavras-chave:** Manejo de forragem. Porosidade. Carbono Orgânico.

## ABSTRACT

EGEWARTH, Jonas Francisco, Doctor Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February– 2020. **DECOMPOSITION AND RELEASE OF MACRONUTRIENTS AND CHEMICAL PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT.** Advisor: Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira.

The Crop Livestock Integration System (ILP) follows the precepts of planned diversification, mixing two activities, agricultural and livestock, in more efficient and effective ways within the same area. For a good implantation and maintenance of the No-Till System (SPD) it is important to protect the soil with mulch, and the cultivation of cover plants in the winter period can mitigate the restrictive effect of soil compaction in summer cultivation. Thus, the objective of the present work was to evaluate the decomposition of the remaining straw of oat cultivars submitted to different managements, during the cultivation of corn for silage intercropped with brachiaria, as well as to observe the effect of these associations of cultivars and managements on physical characteristics. and concentration of carbon and nitrogen in the soil. The work was divided into two experiments. The first consisted of the evaluation of the residual straw decomposition of three oat cultivars, submitted to three different managements (“IAPAR 61 IBIPORÃ” hay (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” grazed (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” for cover (61SM), “Embrapa 139 (Fog)” hay (139F), “Embrapa 139 (Fog)” grazed (139P), “Embrapa 139 (Fog)” for cover (139SM), “Esmeralda IPR 126” hay (EF), “Esmeralda IPR 126” grazed (EP) and “Esmeralda IPR 126” for cover (ESM)), through the model of plots subdivided over time, through the method of decomposition bags (Litter bags), which were carried out at 0, 15, 30, 60, 90 and 108 days after sowing the corn crop for silage intercropped with brachiaria (*Urochloa brizantha*), with 03 replicates. As for the evaluations, the amount of residual straw, organic matter, carbon, nitrogen, carbon / nitrogen, phosphorus and potassium was determined. The results obtained from this experiment allow us to state that the rate of decomposition of oats is dependent on meteorological factors and its initial mass, that is, the greater its initial mass, the greater the time and effectiveness of mulch on the soil. The release of nutrients is also variable and dependent on the initial mass and edaphoclimatic conditions. The second experiment followed the strip model, and consisted of the evaluation of the effect of the residual straw of the nine combinations of oats and handling on the

physical characteristics and the total organic carbon and total nitrogen content of the soil and its stocks. In this experiment, grazing did not interfere in soil compaction when managed and it can have a beneficial effect on subsurface. The different contribution of mass does not interfere in the concentration of carbon and nitrogen in the short term. Each cultivar can interfere differently in the resistance to penetration in subsequent crops, mainly in the depth of the most compacted layer.

**Keywords:** Forage management. Porosity. Organic carbon.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Médias da precipitação pluviométrica acumulada, e das temperaturas máxima, mínima e média de decênios durante o período do dia 1 de abril de 2017 a 4 de fevereiro de 2018.....16
- FIGURA 2 - Palhada residual de aveia  $\text{Mg ha}^{-1}$  no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.....21
- FIGURA 3 - Matéria orgânica  $\text{Mg ha}^{-1}$  na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.....22
- FIGURA 4 - Nitrogênio  $\text{kg ha}^{-1}$  na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.....24
- FIGURA 5 - Relação carbono/nitrogênio na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.....25
- FIGURA 6 - Fósforo  $\text{kg ha}^{-1}$  na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139

(Neblina) fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.....26

FIGURA 7 - Potássio  $\text{kg ha}^{-1}$  na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.....27

FIGURA 8 - Médias da precipitação pluviométrica acumulada, e das temperaturas máxima, mínima e média de decênios durante o período do dia 1 de abril de 2017 a 4 de maio de 2018.....32

FIGURA 9 - Resistência do solo à penetração (MPa), na camada de 0-0,40 m de profundidade, no cultivo de verão consorciado de milho com braquiária, em três cultivares (A), e três sistemas de manejo da cultura de aveia para palhada residual(B). Médias expressas com barras nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.....39

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Características químicas e granulométrica do solo, antes da implantação da cultura de inverno de 2017.....15
- TABELA 2 - Características químicas e granulométrica do solo, antes da implantação da cultura de inverno de 2017.....31
- TABELA 3 - Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade nas camadas de solo de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade, em três cultivares versus três sistemas de manejo da cultura de aveia para palhada residual no cultivo consorciado de milho com braquiária.....35
- TABELA 4 - Nitrogênio Total ( $\text{g dm}^{-3}$ ), Carbono Orgânico Total ( $\text{g dm}^{-3}$ ), Estoque de Nitrogênio ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) e Estoque de Carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) nas camadas de solo de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade, em três cultivares versus três sistemas de manejo da cultura de aveia para palhada residual no cultivo consorciado de milho com braquiária.....38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
<b>2. ARTIGO 1. DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM AVEIA SOB DIFERENTES MANEJOS .....</b>	<b>11</b>
2.1. INTRODUÇÃO.....	13
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
2.4. CONCLUSÕES.....	27
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
<b>3. ARTIGO 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLO SOB EFEITO DE PALHADA DE AVEIA Submetida a DIFERENTES MANEJOS .....</b>	<b>28</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	30
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	31
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
3.4. CONCLUSÕES.....	40
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A região do oeste do Paraná é predominantemente constituída por pequenas e médias propriedades (IPARDES, 2015). Nesta condição, para o melhor aproveitamento possível da área, se faz necessária a adoção de algumas das opções disponíveis de rotação de culturas, como é o caso do Sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP), uma vez que, estas proporcionam diversificação, maximização e melhoria da capacidade produtiva tanto da agricultura quanto da pecuária (DUARTE et al., 2018)

A rotação de culturas é composta pelo cultivo alternado de espécies vegetais em uma determinada área. O cenário ideal para o emprego desta técnica é aquele no qual as culturas apresentam diferentes sistemas de raízes, de maneira que uma determinada cultura exerce efeito residual positivo sobre a cultura subsequente (GONÇALVES; FRANCHINI, 2007).

Esta técnica tem sido estimulada, pois contribui para a melhoria do fator físico do solo. O aumento na deposição de palha sobre o solo, quando utilizadas plantas de cobertura, contribui para a elevação dos níveis de matéria orgânica e também cria poros biológicos, melhorando assim a estrutura do solo (ANDRADE et al., 2009). Estudos têm destacado os efeitos benéficos das plantas de cobertura no rendimento de culturas sucessoras e em fatores edáficos do solo, sendo isto decorrente da decomposição de seus restos culturais e ciclagem dos nutrientes das mesmas (TORRES et al., 2008; ANDRADE et al., 2009; PEREIRA et al., 2010).

A influência exercida pelos sistemas de sucessão ou rotação de culturas sobre as características edáficas do solo é dependente das espécies cultivadas. As diferentes culturas geram material orgânico com características e também arquiteturas radiculares distintas (WOHLENBERG et al., 2004).

O ILP consiste em sistemas produtivos planejados, nos quais ocorre a diversificação e sucessão de atividades de agricultura e pecuária, com o intuito de beneficiar a produtividade de ambas as atividades (ALVARENGA et al., 2007). Para Terra Lopes et al. (2009), os sistemas de ILP tentam manter o equilíbrio entre as atividades agrícolas e pecuárias, de modo que esta combinação responda de forma mais eficiente e sustentável ao longo do tempo.

A implantação do sistema ILP necessita de medidas que permitam a conservação e adequação do solo ao cultivo e, desta forma, contribui para o

incremento na qualidade do solo, melhorando a dinâmica da água e de nutrientes no perfil do solo (ALVARENGA et al., 2007).

Em um sistema de ILP, a utilização de culturas forrageiras melhora as propriedades edáficas. Devido à presença de palha da forrageira e de seu sistema radicular, acontece o aumento do teor de carbono e assim como a melhora da aeração e da infiltração de água (GONÇALVES; FRANCHINI, 2007).

Inúmeras cultivares de diferentes espécies são usadas em sistemas de ILP, tanto para fins agrícolas como pecuários. Dentre estes, se sobressaem: milho, sorgo, milheto, soja, algodão, girassol e forrageiras tropicais, principalmente as braquiárias. Entretanto, estas combinações de rotações em lavoura e pecuária em ecossistemas tropicais ainda carecem de informações mais aprofundadas (MACEDO, 2009; FRANCHINI et al., 2010; LOSS et al., 2011).

No Sul do Brasil, a aveia tem se mostrado um importante *Poaceae* para os sistemas de ILP. É uma espécie de pastagem anual de inverno que se adapta bem às condições climáticas sul-brasileiras, apresentando bom rendimento e boa qualidade (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

A utilização da aveia como forrageira em sistemas de ILP é uma opção viável, pois esta cultura apresenta boa tolerância à seca, bom crescimento e boa cobertura do solo. Seu rápido perfilhamento e crescimento, associados ao bom desenvolvimento superficial do sistema radicular, promovem melhorias nas condições físicas e na dinâmica termo-hídrica do solo. Vale ressaltar que a aveia também proporciona benefícios alelopáticos, suprimindo plantas daninhas e contribuindo para a maximização de seu controle em culturas subsequentes (CRUSCIOL et al., 2008).

Ainda segundo Crusciol et al (2008) a aveia representa uma reserva importante de nutrientes a ser liberada para as culturas subsequentes, principalmente em clima tropical. Altas temperaturas, condições de umidade e intensa pluviosidade aceleram a decomposição de resíduos. Por possuírem em sua maioria uma mais alta relação carbono/nitrogênio (C/N), tendo uma taxa de decomposição menor em relação às fabáceas e, por consequência, maior cobertura do solo por mais tempo.

A degradação dos recursos naturais, como o solo e perda de produtividade, pode ser atribuída à prática inadequada de cultivo, tais como a monocultura. A adoção da técnica do SPD, com revolvimento mínimo do solo, conjuntamente com a

rotação de culturas e adoção do sistema ILP, pode reverter este passivo ambiental e econômico (MACEDO, 2009; LOSS et al., 2011).

O SPD, complementado com ILP, proporciona benefícios, dentre eles o aumento de teores de matéria orgânica (MOS) e por consequência manutenção da estrutura do solo (CORDEIRO et al., 2015). Estas características são potencializadas pelas culturas forrageiras, as quais em geral acumulam mais carbono que as culturas agrícolas, cujo resíduo cultural geralmente não é suficiente para manter a camada de palha que protege o solo (LOSS et al., 2011).

A formação de palha na lavoura é requisito fundamental para a manutenção do SPD (RICHART et al., 2010). A camada de palha cria um ambiente propício para as condições químicas, biológicas e físicas do solo, assim contribuindo para a recuperação ou a manutenção da qualidade física do solo e principalmente protegendo-o do escoamento superficial (ALVARENGA et al., 2001). A cobertura do solo proporcionada pela forrageira incrementa o teor de matéria orgânica, água e atividade microbiana e diminui o impacto da chuva, reduzindo a resistência do solo à penetração e provocando aumento na qualidade de sua estrutura (SÁ et al., 2014).

O não revolvimento ou o cultivo mínimo em SPD são responsáveis pelo acúmulo de material orgânico sobre o solo. Devido à menor taxa de decomposição dos restos culturais, proporciona uma diminuição da ocorrência de erosão. Esta menor taxa de decomposição decorre do fato desta ter menos contato com o solo e estar menos particulada. Assim, encontra-se menos exposta à ação de agentes decompositores, proporcionando acúmulos de palha na camada superficial do solo (ANDRADE et al., 2009).

Em sistemas de SDP, além de proporcionarem melhoria na qualidade do solo, os restos vegetais da cultura de cobertura também podem participar da restituição de nutrientes. Essas culturas tendem a absorver os nutrientes das camadas sub-superficiais e, durante sua decomposição, os liberam na camada superficial, favorecendo a cultura subsequente. Fatores climáticos, atividade biológica do solo e qualidade/quantidade do resíduo vegetal influenciam se tal liberação ocorre de maneira rápida ou lenta (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2002; ROSOLEM et al., 2003; BOER et al., 2007). É importante ressaltar que a eficiência da ciclagem de nutrientes num sistema de SDP depende da sincronia entre a liberação do nutriente pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura subsequente (BRAZ et al., 2004).

Culturas com altas razões C/N e C/P e teores de lignina, celulose e polifenóis elevados apresentam menores taxas de decomposição e, desta forma, mostram-se como ideais para cobertura, uma vez que permanecem mais tempo no solo (ZECH et al., 1997; WHITE et al., 2004). Contudo o tipo de manejo que é empregado sobre a cultura de cobertura também influencia sua decomposição e ciclagem de nutrientes. Piano et al. (2017) analisando duas densidades de semeadura de aveia sob diferentes manejos, identificaram que o manejo empregado, no período de inverno, interfere diretamente na quantidade e na qualidade dos resíduos vegetais.

De acordo com Aratani et al. (2009), os aspectos físicos, químicos e biológicos influenciam na qualidade do solo agrícola, sendo úteis para avaliar degradação ou melhoria do solo. A porosidade do solo de origem biológica, ocasionada pela atividade radicular e da mesofauna do solo, depende da cultura e tem sido mais um motivo que incentiva a adoção de rotações de culturas em SDP. Estas estratégias têm adicionado e mantido o carbono no solo, o qual influencia positivamente no desenvolvimento das plantas e também na melhoria das qualidades físicas do solo (ANDRADE et al., 2009).

A compactação gerada pela pressão das máquinas e implementos agrícolas provoca alterações no fluxo de calor do solo, na estrutura do solo, que afeta a movimentação de gases e água e na resistência do solo à penetração (RP), que influencia no desenvolvimento radicular das culturas. Dentre as características físicas do solo, a RP é utilizada com frequência na mensuração e qualidade estrutural adequada ao desenvolvimento radicular (LIMA et al., 2010).

De acordo com Schiavo e Colodro (2012), há relação na identificação da RP com as camadas compactadas do solo, onde o aumento na RP afeta o desenvolvimento das raízes das plantas, diminuindo a alongação e o crescimento radicular, pois necessita de maior gasto energético.

A produtividade das culturas sofre interferências positivas na melhoria das condições físicas do solo. A ação desagregante do solo promovida pela ação dos implementos agrícolas pode aumentar a porosidade total do solo, diminuindo o desenvolvimento do sistema radicular, pois destrói a continuidade dos macroporos no solo (ANDRADE et al., 2009).

Resíduos de origem de culturas de *poáceas* promovem melhorias do solo, por possuírem maior conteúdo de lignina, o que possibilita aumento de teores de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos na fração da MOS (PRIMAVESI, 1982), propiciando

melhor estruturação e estabilidade dos agregados do solo e reduzindo os efeitos da compactação (ANDRADE et al., 2009).

Vem sendo recomendadas e utilizadas por técnicos e agricultores, as técnicas de consorciação de culturas para fins de produção de grãos com forrageiras tropicais, principalmente no ciclo do verão. Este método permite cultivo de forrageiras principalmente em regiões onde ocorrem invernos secos, possibilitando um melhor desenvolvimento para o pastejo, bem como para produção de palha (CHIODEROLI et al., 2010).

A consorciação das culturas com finalidade de produção de grãos, como milho e sorgo, com forrageiras tropicas, tais como braquiárias, denominado de Sistema Santa Fé (CUNHA et al., 2007). Neste sistema, as forrageiras têm dupla função, utilizadas para a pecuária no final do verão e como produtoras de fitomassa, que mantém o sistema de SPD e ILP estáveis (CHIODEROLI et al., 2010).

De acordo com Mello et al. (2004), este sistema tem por finalidade maximizar racionalmente o uso da terra, por meio da integração de duas atividades, assim agregando valor aos produtos e minimizando custos, pois este aproveita os recursos e benefícios um dos outros. Por ser considerado um sistema pouco difundido, o consórcio de culturas gera indagações em relação à compactação do solo e efeitos nas culturas posteriores em referência quantidade de palhada e sua cobertura do solo.

A quantidade de cobertura morta que cobre o solo é um requisito para manutenção e estabilidade do SPD, por isto é imprescindível que se estabeleça culturas produtoras de palha, e em quantidade suficiente para uma boa proteção do solo, e também que esta tenha uma velocidade de decomposição mais lenta. Sendo assim necessário conhecer a cultura a ser utilizada dentro de um programa de rotação ou consorciação quanto à sua produção de matéria seca e taxa de decomposição, pois estes interferem fortemente na quantidade de palha que protegerá o solo, e por consequência, nos atributos do solo, principalmente na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo (ANDREOTTI et al., 2008).

No SPD é de grande importância que as espécies cultivadas gerem grande quantidade de massa seca, tais como *Uroclhoa decumbens*, *Uroclhoa brizantha*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia e *Panicum maximum* cv. Mombaça, as quais tem uma alta relação C/N, pois esta relação retarda a velocidade de decomposição dos restos culturais, sendo melhor para o provável uso principalmente em regiões quentes

para a proteção mais prolongada do solo contra os efeitos da radiação solar e da erosão (TIMOSSI et al., 2007).

Estudos com o sistema de consórcio milho/braquiária relatam que a presença da forrageira não acarreta efeito na produtividade de grãos de milho. Portanto, este consórcio de culturas, desde que a prática siga a técnica correta, proporciona aumento na deposição de palha no solo, ajudando na melhora da cobertura do solo, do processo de semeadura direta, e por consequência melhorando o desenvolvimento e aumentando a produtividade das culturas em sucessão (CHIODEROLI et al., 2010).

A cultura do milho possui aptidão para o consórcio com forrageiras, por conta de seu rápido desenvolvimento inicial e sua arquitetura que dificulta o sombreamento. Além disso, as espécies de braquiária possuem um baixo desenvolvimento e acúmulo de matéria vegetal em seus 45 dias iniciais após a germinação (PORTES et al., 2000).

A prática de distintos manejos de solo concomitantemente com diversas práticas agrícolas promove alterações significativas na dinâmica da MOS no solo (LOSS et al., 2009). Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes manejos sobre a decomposição da palhada residual de diferentes cultivares de aveia, bem como avaliar a qualidade física e química do solo após tais manejos.

Os resultados estão apresentados na forma de dois capítulos. O capítulo 1, intitulado “DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM AVEIA SOB DIFERENTES MANEJOS”, teve como objetivo avaliar a decomposição da palhada remanescente de diferentes cultivares de aveia, submetidas a diferentes manejos, ao longo do ciclo de cultivo do milho consorciado com braquiária (*Urochloa brizantha*). O capítulo 2, intitulado “CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLO SOB EFEITO DE PALHADA DE AVEIA SUBMETIDA A DIFERENTES MANEJOS”, teve como objetivo observar o efeito nas características físicas e de concentração do carbono e nitrogênio no solo sob efeito da palhada remanescente de diferentes cultivares de aveia, submetidas a diferentes manejos no final do cultivo de milho consorciado com braquiária.

### 1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de coberturas de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 93).

ANDRADE R. S.; STONE L. F.; SILVEIRA P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.

ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; JUNIOR, E. F.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURIONI, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n.3 p. 677-687, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BOER C. A., ASSIS R. L., SILVA G. P., A. BRAZ J. B. P., BARROSO A. L. L., FILHO A C., E PIRES F. R.. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p.1269-1276, 2007.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.83-87, 2004.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN A, L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p.1101-1109, 2010.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 15-53, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

CUNHA, E. Q.; BALBINO, L.; STONE, L.; LEANDRO, W.; OLIVEIRA, G. Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 675-682, 2007.

DUARTE, P. M.; SANTANA, V. T. P.; DALMAS, A. D. FERRIB, I. E. B. Integração Lavoura-Pecuária (ILP): uma Revisão Literária. **UNICIÊNCIAS**, Cuiabá, v. 22, n. 2, p. 106-109, 2018

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F. J.; SKORUPA, L. A.; WINK, N. N.; GUISSOLPHI, I. J.; CAUMO, A. L.; HATORI, T. **Integração lavoura-pecuária**: alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 20p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 77).

GONÇALVES, S. L.; FRANCHINI, J.C. **Integração lavoura-pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 7p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 44).

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Paraná em números**, 2015. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=1](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1)>. Acesso em 14 jul. 2016.

LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 89-98, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 68-75, 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.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v. 38, n. spe, p. 133-146, 2009.

MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. 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.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1079-1087, 2002.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2010.

PIANO, J. T.; EGEWARTH, J. F.; EGEWARTH, V. A.; MATTEI, E. ; BARTZEN, B. T.; OLIVEIRA, P. S. R. Deposição e composição de palhada residual em área com integração lavoura pecuária. **Revista Agrarian**, v. 10, p. 234-243, 2017.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M. H.; RODRIGUES, C. M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO; J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 355-362, 2003.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 136, n. 1, p. 38-50, 2014.

SCHIAVO, J. A.; COLODRO G. Agregação e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 3, p. 406-412, 2012.

TERRA LOPES, M. L.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONIII, 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.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

ZECH, W.; SENSEI, N.; GUGGENGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 01-04, p. 117-161, 1997.

WHITE, T. A.; BARKER, D. J.; MOORE, K. J. Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 101, n. 01, p. 73-84, 2004.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.

## 2. ARTIGO 1. DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM AVEIA SOB DIFERENTES MANEJOS

### RESUMO

Os Sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) visam à maximização e otimização do uso do solo e tempo na combinação das atividades agropecuárias. Assim, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o processo de decomposição da palhada remanescente de cultivares de aveia submetidas a manejos no decorrer do cultivo de milho para silagem consorciado com *Urochloa brizantha* cv. MG13 braúna. O experimento consistiu da avaliação da decomposição da palhada residual de aveia, cultivares "IAPAR 61 IBIPORÃ" fenado (61F), "IAPAR 61 IBIPORÃ" pastejado (61P), "IAPAR 61 IBIPORÃ" para cobertura (61SM), "Embrapa 139 (Neblina)" fenado (139F), "Embrapa 139 (Neblina)" pastejado (139P), "Embrapa 139 (Neblina)" para cobertura (139SM), "Esmeralda IPR 126" fenado (EF), "Esmeralda IPR 126" pastejado (EP) e "Esmeralda IPR 126" para cobertura (ESM), através do método de sacos de decomposição (litter bags). Tais avaliações foram efetuadas no decorrer do tempo (0, 15, 30, 60, 90, 108 dias após a semeadura) de cultivo da cultura de milho para ensilagem consorciado com braquiária brizantha cv. MG13 braúna (*Urochloa brizantha*), com três repetições cada, seguindo assim um modelo de parcelas subdivididas no tempo. Avaliou-se a quantidade de palhada residual, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, relação carbono/nitrogênio, fósforo e potássio. Os resultados obtidos permitem afirmar que a taxa de decomposição da aveia foi dependente de fatores meteorológicos e de sua massa inicial, de maneira que quanto maior foi a sua massa inicial, maior foi o tempo e a efetividade de cobertura morta sobre o solo. A liberação de nutrientes também foi variável e dependente da massa inicial, bem como das condições edafoclimáticas.

**Palavras-chaves:** *Avena sativa*. *Avena strigosa*. Liberação de nutrientes. Manejo de forragem.

## DECOMPOSITION AND RELEASE OF MACRONUTRIENTS OF OAT IN DIFFERENT MANAGERMENTS

### ABSTRACT

The Livestock Crop Integration Systems (ILP) aim at maximizing and optimizing land use and time in the combination of agricultural activities. Thus, the objective of the present work was to evaluate the process of decomposition of the remaining straw of oat cultivars submitted to management during the cultivation of corn for silage intercropped with *Urochloa brizantha* cv. MG13 Braúna. The experiment consisted of the evaluation of the decomposition of residual oat straw, cultivars "IAPAR 61 IBIPORÃ" hay (61F), "IAPAR 61 IBIPORÃ" grazed (61P), "IAPAR 61 IBIPORÃ" for cover (61SM), "Embrapa 139 (Fog)" hay (139F), "Embrapa 139 (Fog)" grazed (139P), "Embrapa 139 (Fog)" for cover (139SM), "Esmeralda IPR 126" hay (EF), "Esmeralda IPR 126" grazed (EP) and "Esmeralda IPR 126" for cover (ESM), using the litter bags method. Such evaluations were carried out over time (0, 15, 30, 60, 90, 108 days after sowing) of corn crop cultivation for silage intercropped with brizantha brachiaria cv. MG13 braúna (*Urochloa brizantha*). The amount of residual straw, organic matter, carbon, nitrogen, carbon / nitrogen ratio, phosphorus and potassium were evaluated. The results obtained allow us to affirm that the rate of decomposition of oats was dependent on meteorological factors and its initial mass, so that the greater its initial mass, the greater the time and effectiveness of mulch on the soil. The release of nutrients was also variable and dependent on the initial mass, as well as the edaphoclimatic conditions.

**Keywords:** *Avena sativa*. *Avena strigosa*. Release of nutrients. Forage management.

## 2.1. INTRODUÇÃO

O sistema de ILP busca a otimização entre a pecuária e a agricultura, visando manter o equilíbrio entre as duas atividades, de maneira que esta combinação responda de forma mais eficiente e sustentável ao longo do tempo (TERRA LOPES et al., 2009).

De acordo com Alvarenga et al. (2007), tais objetivos são atingidos, pois o sistema ILP permite a exploração econômica do solo por um maior período de tempo. Além disso, a implantação do sistema ILP necessita de medidas que permitam a conservação e adequação do solo ao cultivo e, desta forma, contribui para o incremento na qualidade do solo, melhorando a dinâmica da água e de nutrientes no perfil do solo (ALVARENGA et al., 2007).

Em função do Brasil se configurar como um dos grandes produtores agropecuários do mundo e da crescente preocupação global com questões ambientais, o sistema ILP vem se tornando uma opção interessante para atender a demanda produtiva e a preservação ambiental em território brasileiro (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Na região sul do Brasil, a aveia (*Avena sativa* L.) tem se mostrado uma das *Poaceae*s mais utilizadas nos sistemas ILP, caracterizada como uma espécie forrageira anual de inverno que se adapta bem às condições climáticas desta região brasileira, apresentando bom rendimento e boa qualidade (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

A utilização da aveia como forrageira em sistemas ILP é uma opção viável, pois esta cultura apresenta boa tolerância seca, bom desenvolvimento e boa cobertura do solo. Seu rápido perfilhamento e crescimento, associados ao bom desenvolvimento superficial do sistema radicular, promovem melhorias nas condições físicas e na dinâmica termo-hídrica do solo (CRUSCIOL et al., 2008).

Vale ressaltar que a aveia também proporciona benefícios alelopáticos, suprimindo plantas daninhas e contribuindo para a maximização de seu controle em culturas subsequentes (CRUSCIOL et al., 2008). Além disso, essa espécie representa uma reserva importante de nutrientes a ser liberada para as culturas subsequentes, principalmente em clima tropical, caracterizados por apresentar altas temperaturas, condições de umidade e intensa pluviosidade, fatores que aceleram a decomposição de resíduos. Por possuírem alta relação carbono/nitrogênio (C/N),

tem uma taxa de decomposição menor em relação as fabáceas e, por consequência, maior cobertura do solo e por mais tempo (CRUSCIOL et al., 2008).

O sucesso da implantação de sistemas ILP, tanto em pequenas como em grandes propriedades, é dependente de diversos fatores (PIANO et al., 2017). Um dos desafios desse tipo de sistema é encontrar um nível de biomassa de forragem que tenha um bom desempenho para a pecuária e, de modo simultâneo, permita condições apropriadas para um adequado desenvolvimento subsequente da cultura para grãos. Neste cenário, o tempo de decomposição da cobertura vegetal é um fator muito importante para o bom desenvolvimento da cultura em sucessão por meio da semeadura direta (TERRA LOPES et al., 2009).

A decomposição dos resíduos culturais, efetuada principalmente por microrganismos heterotróficos (AITA, 1997), tem sua velocidade alterada por diversos fatores, como a concentração de N, o contato do resíduo com o solo, o regime hídrico, a temperatura do solo, a relação C/N, entre outros (KOENIG et al., 1994; PARTON et al., 2007; CARVALHO et al., 2008; TORRES; PEREIRA, 2008; ACOSTA et al., 2014).

Acosta et al. (2014), através de experimento que avaliou a decomposição de aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro no sistema de plantio direto, observaram que a taxa de decomposição não foi influenciada pela quantidade de resíduos para a ervilhaca e o nabo forrageiro, atribuindo tal resultado à capacidade dos microrganismos em se adaptarem a maior oferta de Carbono sob condições não limitantes de temperatura e umidade. Os mesmo autores também observaram uma menor taxa de decomposição associada ao maior nível de resíduo aportado para a aveia preta. Rossi et al. (2013), avaliando a decomposição das misturas de braquiária+soja e sorgo+soja, observaram que os  $T^{1/2}$  da matéria seca foram menores no período chuvoso quando comparados ao período seco e concluíram que maiores níveis de precipitação aceleram o processo de decomposição pois favorecem a atividade dos microrganismos.

A obtenção de bons resultados com o plantio direto está diretamente relacionada à manutenção da cobertura do solo. Desta forma, estudos sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais são muito importantes (KLIEMANN et al., 2006).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição da palhada remanescente e liberação de macronutrientes de diferentes cultivares de

aveia, submetidas a diferentes manejos ao longo do ciclo de cultivo do milho consorciado com braquiária *Urochloa brizantha*.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido entre abril de 2017 e maio de 2018, em condições de campo, 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 (UNIOESTE) - *Campus* Marechal Cândido Rondon, cidade de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná, Brasil.

O solo da unidade experimental é caracterizado como um Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), de textura muito argilosa e de boa drenagem (SANTOS et al., 2018). As características químicas e granulométricas do solo antes do início do experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 2 - Características químicas e granulométrica do solo, antes da implantação da cultura de inverno de 2017

Camada	P	pH	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V
cm	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>		-----		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----			%
0 - 10	22,85	4,40	4,69	0,00	0,27	3,27	1,40	4,94	9,57	51,62
10 - 20	30,38	4,40	4,60	0,35	0,15	3,37	1,40	4,92	10,38	47,4

Extrator MEHLICH-1; Al, Ca e Mg = KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al = pH SMP (7,5).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com verões quentes e chuvas bem distribuídas durante o ano. De acordo com Nitsche et al. (2019), as temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18°C, do trimestre mais quente entre 28 e 29°C e a anual entre 22 e 23°C. Ainda segundo estes autores, os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1600 a 1800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais variando entre 400 a 500 mm. Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica, temperatura mínima, média e máxima correspondentes ao período de desenvolvimento do trabalho foram obtidos a partir da Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE– *Campus* Marechal Cândido Rondon, localizado a 100 metros da área experimental, e são apresentados na Figura 1.

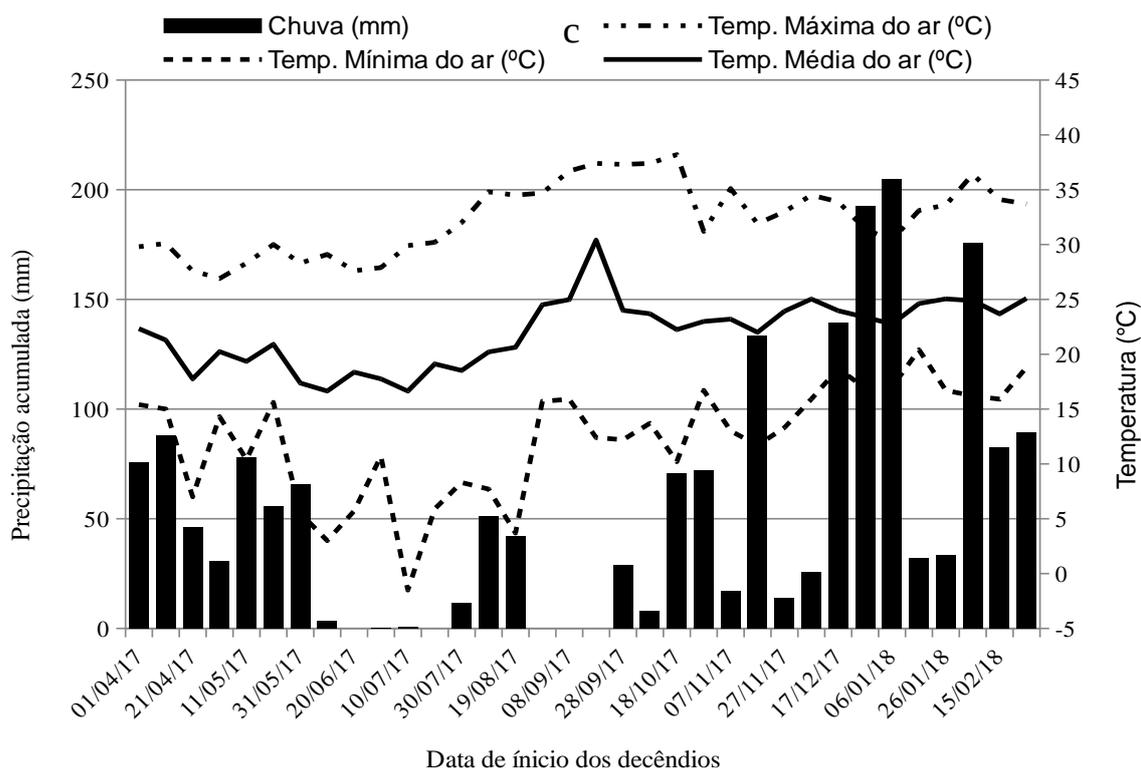


Figura 1 - Médias da precipitação pluviométrica acumulada e das temperaturas máxima, mínima e média de decêndios durante o período do dia 1 de abril de 2017 a 4 de fevereiro de 2018.

O experimento consistiu da avaliação da decomposição da palhada residual de aveia, cultivares “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM), através do método de sacos de decomposição (litter bags).

O experimento que gerou o material de decomposição seguiu o modelo estatístico de esquema de faixas, repetidos em quatro blocos. No primeiro conjunto de três faixas, com tamanho aproximado de 12 x 16 m, cultivou-se três cultivares de aveia. Na primeira faixa, foi efetuada a semeadura da aveia branca cv. “Esmeralda IPR 126”; na segunda faixa aveia preta cv. “IAPAR 61 IBIPORÃ” e na terceira faixa a aveia preta cv. “Embrapa 139 (Neblina)”. As três faixas do segundo conjunto, as quais foram transversais às primeiras, cada uma com largura de 4 x 36m, foram submetidas a diferentes formas de manejo: corte para fenação, pastejo e para formação de palhada remanescente (sem uso da forragem). Desta forma, foram obtidos nove resíduos diferentes.

A semeadura das três cultivares de aveia ocorreu no início da segunda quinzena de abril de 2017, por meio mecanizado, com espaçamento de 17 cm entre fileiras, com adubação de base de 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 10-15-15. Aos trinta dias após sua germinação, foi realizada adubação de cobertura com 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia. O manejo do pastejo foi feito com vacas leiteiras prenhas da raça holandesa com peso médio de 650Kg +/-50kg, que ocorreu na segunda quinzena de julho de 2017, com altura da foragem para retiradas dos animais entre 0,15 a 0,2m. No início da primeira quinzena de agosto de 2017 foi executado o manejo simulado da fenação, onde se retirou toda a parte aérea acima dos 10 cm.

A cultivar de aveia “Esmeralda IPR 126” tem um ciclo precoce até o florescimento (aproximadamente 96 dias), com um rendimento potencial médio de 7182 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (IAPAR, 2020a). Enquanto a cultivar de aveia preta “IAPAR 61 IBIPORÃ” tem um ciclo tardio (cerca de 134 dias desde a emergência até a plena emissão de panículas) com um rendimento potencial médio de 8359 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (IAPAR, 2020b). E por último a cultivar de aveia preta “Embrapa 139 (Neblina)” tem um ciclo longo (cerca de 125 a 155 dias desde a emergência até a maturação), com um rendimento potencial médio de 6746 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (EMBRAPA, 2020).

No ciclo de verão, foi realizada a semeadura do cultivar de híbrido de milho CD384PW por via mecanizada. Para o consórcio do milho com a *Brachiaria brizantha* MG13 braúna (*Urochloa brizantha*), foi praticada a semeadura antecipada da braquiária a lanço, com cerca de 6 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Estas semeaduras ocorreram no dia quatro de outubro de 2017. Para a adubação de base da cultura do milho foi utilizado 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 10-15-15 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O). Posteriormente, foi efetuada a adubação suplementar de nitrogênio na forma de ureia, com duas doses de 90 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, nos estágios de V4 e V8 do milho (20 e 35 dias após plantio). Após a colheita do milho para ensilagem, foi aplicada outra dose em mesma quantidade para o perfilhamento e desenvolvimento da braquiária.

Para estimar a quantidade de palhada residual inicial depositada por hectare das cultivares com todos os respectivos manejos, realizou-se a coleta da palhada residual inicial, uma semana antes da semeadura do milho, com auxílio de quadrado metálico vazado com área conhecida de 0,25 m<sup>2</sup>. O quadrado foi lançado aleatoriamente em cada parcela e toda a palhada da superfície do solo contida no

seu interior foi coletada. Após a coleta, o material foi submetido à secagem em estufa com ventilação forçada de ar, sob temperatura de 55°C até atingir peso constante. Em seguida, foi desempenhada a pesagem das amostras e estimadas as quantidades de palhada residual iniciais depositadas por hectare.

Para avaliação da taxa de decomposição do material de origem, este foi coletado uma semana antes da semeadura do consórcio de milho e braquiária brizantha. As amostras foram homogeneizadas, e estas foram secas em estufa tal como a determinação da palhada residual inicial. Em seguida, armazenadas em litter bags, os quais eram compostos por uma tela de náilon e com dimensões de 20x30 cm, organizadas em três repetições, com massa inicial de resíduos conhecida, em torno de 20 a 30 gramas, os quais foram colocados em campo logo após a semeadura do consórcio de milho e braquiária. Os mesmos foram coletados após 0, 15, 30, 60, 90 e 108 dias após semeadura do milho, ou seja, da semeadura até a colheita da forragem do milho. A taxa de decomposição foi calculada por meio da diferença da massa seca inicial e entre as medidas de massa seca de cada época referida.

Após coletados os litter bags, foram secos e após isso pesados, estimando as taxas de decomposição e quantidades de palhada residual depositadas por hectare, expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ . Mais tarde, as amostras de material vegetal foram moídas em moinho tipo Willey e utilizadas para a determinação das concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e relação carbono/nitrogênio (MO, N, P, K, e relação C/N), e posterior determinado às quantidades contidas no material em decomposição, em megagramas por hectare para MO, e  $\text{kg ha}^{-1}$  para N, P e K.

A concentração de carbono foi resultada 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 demais elementos foram definidos após a digestão sulfúrica, sendo que o N foi determinado por destilação em sistema semi-micro Kjeldahl, enquanto o P foi por espectrofotometria e o K por fotometria de chama (EMBRAPA, 2011).

O experimento de decomposição seguiu o modelo estatístico de esquema de parcelas subdivididas no tempo. Sendo assim, nove tratamentos com três repetições em cada uma das seis épocas, 162 parcelas ao todo. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, quando significativos, aplicou-se um modelo de

regressão exponencial de cada tratamento no decorrer do tempo de decomposição avaliado.

### 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as variáveis estudadas ocorreu diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tipos de palhadas remanescentes, entre as épocas, e sua interação, sendo estes expressos nas Figuras 2 a 7 com seus respectivos modelos matemáticos.

O tratamento "Esmeralda IPR 126" para cobertura apresentou maior quantidade de palhada remanescente ( $7,29 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) no início do cultivo do milho, se comparado aos demais tratamentos, e ao longo de todo o experimento, esta tendência foi mantida. Os demais tratamentos apresentaram valores de palhada remanescente variando entre  $0,49$  e  $2,99 \text{ Mg ha}^{-1}$  no início do cultivo do milho (Figura 2).

As três cultivares de aveias utilizadas no presente experimento possuem ciclos de crescimento diferentes (IAPAR, 2020a; IAPAR, 2020b; EMBRAPA, 2020); a "Esmeralda IPR 126" é mais precoce e cresce mais rápido entre as três. O período inicial de cultivo das cultivares, anterior ao cultivo do milho, ocorreu entre abril e junho, momento no qual ocorreu adequada disponibilidade hídrica (Figura 1). Em função de seu perfil precoce de crescimento, a "Esmeralda IPR 126" teve seu auge de crescimento num ambiente com maior disponibilidade hídrica e acabou atingindo uma massa maior. As outras cultivares, que tem perfil de crescimento mais tardio, só atingiram o auge de crescimento em momentos nos quais a disponibilidade hídrica já não era satisfatória, ou seja, de julho a setembro (Figura 1), o que acabou comprometendo seu desenvolvimento. Desta forma, o regime pluviométrico do momento do cultivo das aveias contribuiu para a maior massa inicial exibida pela "Esmeralda IPR 126" ( $7,29 \text{ Mg Ha}^{-1}$ ) e uma massa menor do que o esperado de acordo com a literatura para as cultivares "IAPAR 61 IBIPORÃ" ( $2,99 \text{ Mg Ha}^{-1}$ ) e "Embrapa 139 (Neblina)" ( $2,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ ).

Apesar de os manejos terem sido realizados no mesmo momento temporal em todas as cultivares, sua realização se deu em estágios fenológicos distintos em cada uma das cultivares, em função dos diferentes ciclos de crescimento que apresentam (IAPAR, 2020a; IAPAR, 2020b; EMBRAPA, 2020). Desta forma, o impacto dos manejos teve consequências diferentes sobre as cultivares, uma vez

que atingiram as plantas em estágios diferentes. Por conta de seu ciclo de vida precoce, a cultivar "Esmeralda IPR 126" foi impactada pela fenação e pelo pastejo em um estágio mais maduro que as cultivares "IAPAR 61 IBIPORÃ" e "Embrapa 139 (Neblina)". As cultivares "IAPAR 61 IBIPORÃ" e "Embrapa 139 (Neblina)" foram submetidas aos manejos em estágios mais jovens e isso influenciou de maneira mais intensa o seu crescimento.

Além disso, apesar de as cultivares "IAPAR 61 IBIPORÃ" e "Embrapa 139 (Neblina)" terem bom potencial genético para recuperação e formação de massa remanescente para outras culturas subsequentes após manejo de pastejo (IAPAR, 2020a; IAPAR, 2020b; EMBRAPA, 2020), por conta do estresse hídrico que enfrentaram ao longo do desenvolvimento, não conseguiram atingir seu maior potencial e acabaram tendo rendimentos menores que a "Esmeralda IPR 126".

Como a "Esmeralda IPR 126" pra cobertura não teve nenhuma parte retirada e ela não precisou rebrotar, associado ao seu maior volume inicial decorrente da precocidade de seu ciclo de desenvolvimento, as plantas eram mais velhas que as dos demais tratamentos e assim tinham mais lignina em sua composição. Desta forma, sua decomposição foi mais lenta e resultou numa massa final muito maior que a das demais palhadas (Figura 2).

Assim a recomendação de uma variedade não pode ser retirada de uma simples comparação das que foram analisadas, sendo necessária uma atenção aos manejos a ser adotado e condições climáticas do ano agrícola, e assim escolher uma cultivar mais adequada ao local, ano e ao manejo a ser empregado.

Os materiais nos quais se avaliou a taxa de decomposição apresentavam um grau elevado de senescência, devido ao forte déficit hídrico que sofreram no final dos seus ciclos (Figura 1), assim afetando o comportamento de liberação de diversos nutrientes, comportamento semelhante encontrado por Piano et al. (2017), principalmente na concentração e forma do carbono, o qual é bem estruturado na planta neste estágio (CASTAGNARA et al., 2014).

As Figuras 2 e 3 mostram que os valores de palhada remanescente e de matéria orgânica estão fortemente ligados. Ambos apresentaram decréscimo contínuo e progressivo ao longo do tempo em todas as palhadas remanescentes avaliadas, mostrando que a decomposição ocorreu de maneira estável em todas as cultivares e manejos estudados. Desta forma, se pode supor que a liberação da

matéria mineral contida no resíduo cultural também é liberada de maneira contínua e concomitante à decomposição.

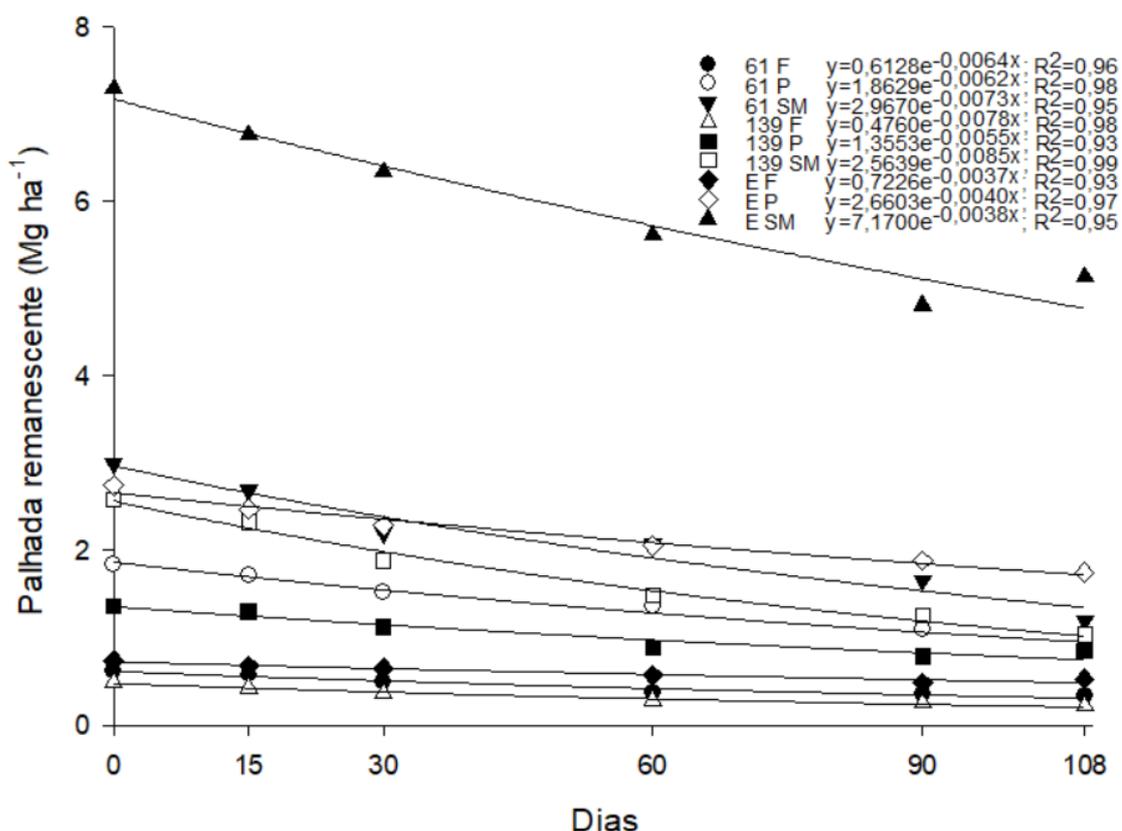


Figura 2 - Palhada residual de aveia  $\text{Mg ha}^{-1}$  no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; "IAPAR 61 IBIPORÃ" fenado (61F), "IAPAR 61 IBIPORÃ" pastejado (61P), "IAPAR 61 IBIPORÃ" para cobertura (61SM), "Embrapa 139 (Neblina)" fenado (139F), "Embrapa 139 (Neblina)" pastejado (139P), "Embrapa 139 (Neblina)" para cobertura (139SM), "Esmeralda IPR 126" fenado (EF), "Esmeralda IPR 126" pastejado (EP) e "Esmeralda IPR 126" para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.

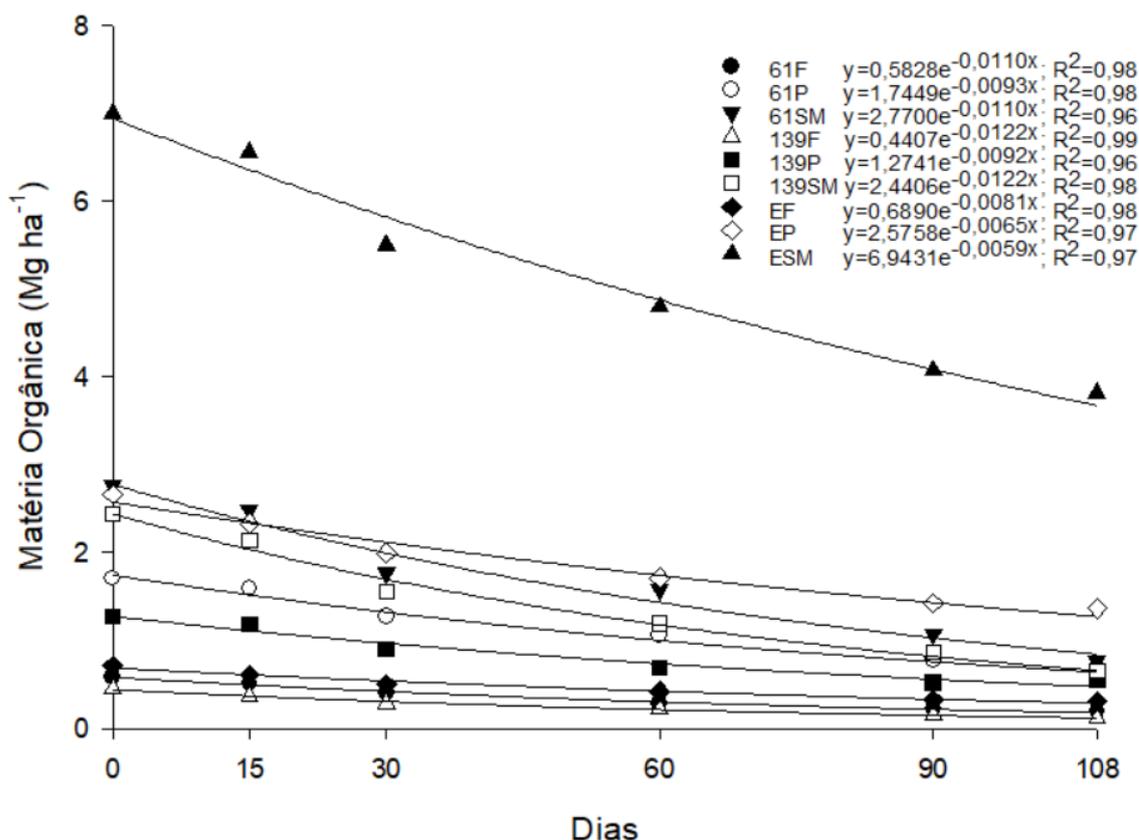


Figura 3 - Matéria orgânica  $Mg\ ha^{-1}$  na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; "IAPAR 61 IBIPORÃ" fenado (61F), "IAPAR 61 IBIPORÃ" pastejado (61P), "IAPAR 61 IBIPORÃ" para cobertura (61SM), "Embrapa 139 (Neblina)" fenado (139F), "Embrapa 139 (Neblina)" pastejado (139P), "Embrapa 139 (Neblina)" para cobertura (139SM), "Esmeralda IPR 126" fenado (EF), "Esmeralda IPR 126" pastejado (EP) e "Esmeralda IPR 126" para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.

A persistência ou perda de massa, comparando a massa inicial e final durante o período de cultivo de milho, para a cultivar de aveia branca "Esmeralda IPR 126" quando fenada foi 28,73%, pastejada 36,38% e sem manejo 29,61%. Já para a cultivar de aveia preta "Embrapa 139 (Neblina)" foi 56,56% quando fenada, 36,94% quando pastejada e 59,92% sem manejo. Para a cultivar "IAPAR 61 IBIPORÃ" a taxa de perda de massa quando fenada foi de 46,92%, quando pastejada 52,45% e quando sem manejo 60,14%.

Os dados acima apresentados, juntamente com as Figuras 2 e 3, demonstram que, apesar da diminuição rápida da palhada remanescente, o material de maior volume apresentou menor taxa de decomposição (tratamento ESM, "Esmeralda IPR 126" sem manejo), e também apresentou uma cobertura do solo mais efetiva para proteção à erosividade da chuva. Sendo assim, este tratamento conseguiu manter o solo coberto por mais tempo em função da alta quantidade de palha inicial, o

protegendo por mais tempo dos efeitos da erosão e acumulando mais umidade, favorecendo a atuação da microbiota e mesofauna do solo.

A decomposição do material vegetal de cobertura do solo depende de diversos fatores, como a natureza do próprio material, o volume, ao manejo que lhe é dado, as condições da fertilidade do solo, e as condições climáticas, principalmente umidade do solo e pluviosidade. Estes fatores interagem e interferem na microbiota do solo, potencializando a interação com a mesofauna, a qual age predominantemente nas etapas iniciais de degradação do material vegetal, o expondo a um maior contato com a biomassa microbiana do solo (ALVARENGA et al. 2001; RESENDE et al., 2006; BRANCALIÃO; MORAES, 2008).

Na Figura 4, pode-se observar que a quantidade remanescente de N foi bastante variável entre os nove tratamentos, tanto nos períodos de avaliação quanto nas taxas de redução. Podendo isto estar associado ao manejo da adubação nitrogenada, pois o material de cobertura pode absorver para sua decomposição, os microrganismos que estão na palhada de gramíneas absorvem nitrogênio do meio para sua decomposição.

Outro fator é a adubação de ureia que nem sempre é eficiente, podendo ocorrer perdas devido a fatores meteorológicos, que podem afetar umidade no solo e incidência de radiação solar, e em menor escala, à interação com a microbiota do solo e o material orgânico decomposto.

Assim, em algumas condições, a palhada mantém a umidade e pode diminuir a perda de N e reter parte do N devido à proteção do solo de parte da radiação solar.

Observando os dispersos valores da relação C/N, apresentados na Figura 5 e analisando em conjunto com as Figuras 1 e 2, é possível indicar que as condições edafoclimática afetaram a relação C/N do material de origem ao longo do tempo. Está variação também está relacionada indiretamente com a quantidade de material produzido (Figuras 2 e 5), pois quanto maior o volume inicial de palhada remanescente, maior a oscilação aparente da relação.

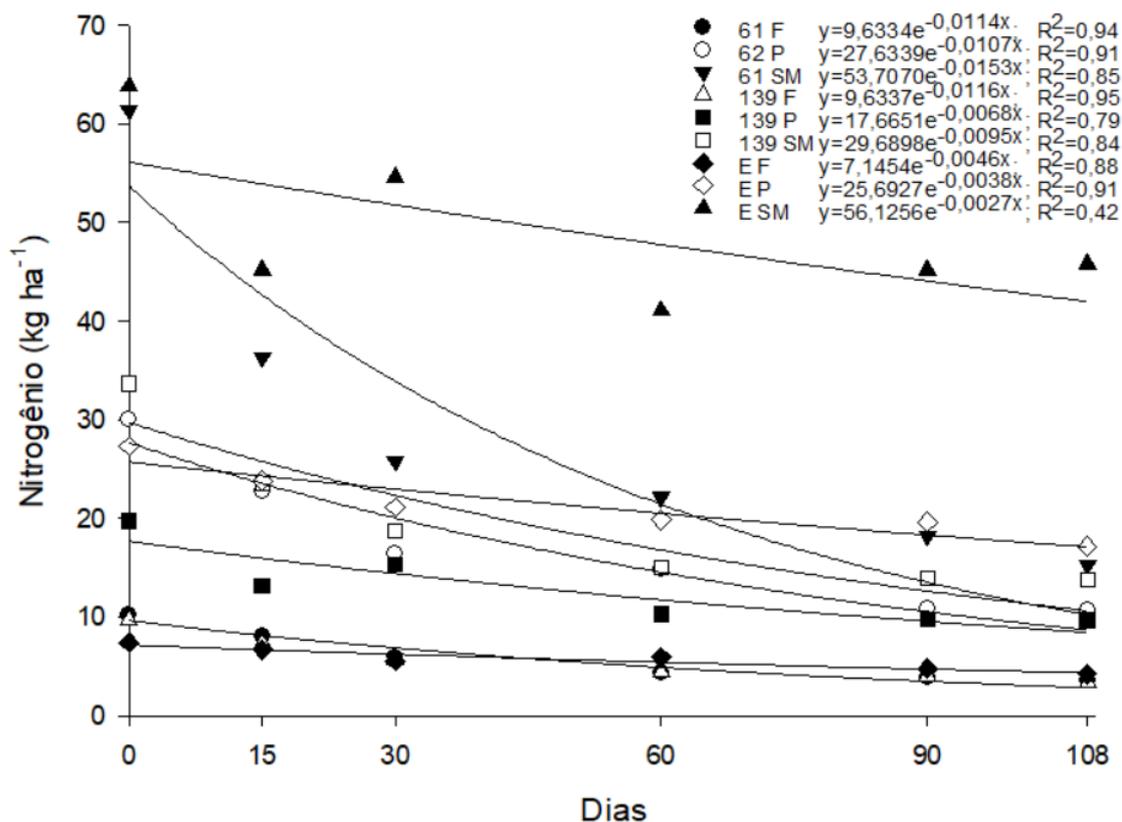


Figura 4 - Quantidade total de N kg ha<sup>-1</sup> na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.

Outra condição que pode ter relação com a dispersão ao longo do tempo dos valores de C/N, principalmente nos tratamentos de maior massa inicial, pode ser a interação desta com a adubação nitrogenada aplicada em cobertura sobre o milho consorciado com braquiária (Figuras 4 e 5). Assim, se consegue deduzir que a maior cobertura pode acontecer, por meio de vários mecanismos, os quais retêm a umidade do solo por mais tempo, reter e diminuir perdas de N e este interferir na dinâmica de decomposição do material.

O tempo de permanência dos resíduos culturais na superfície é diretamente afetado pela velocidade de decomposição dos mesmos. Desta maneira, quanto mais rápida for sua decomposição, menor será a proteção que esta oferece ao solo, porém ocorre aumento da liberação dos nutrientes retidos neste material. Esta velocidade está ligada principalmente aos conteúdos de ligninas e a relação C/N do material residual, quanto maior forem ambos, maior será o tempo para sua

decomposição (FLOSS, 2000; AITA; GIACOMINI, 2003; TORRES et al., 2008; ACOSTA et al., 2014).

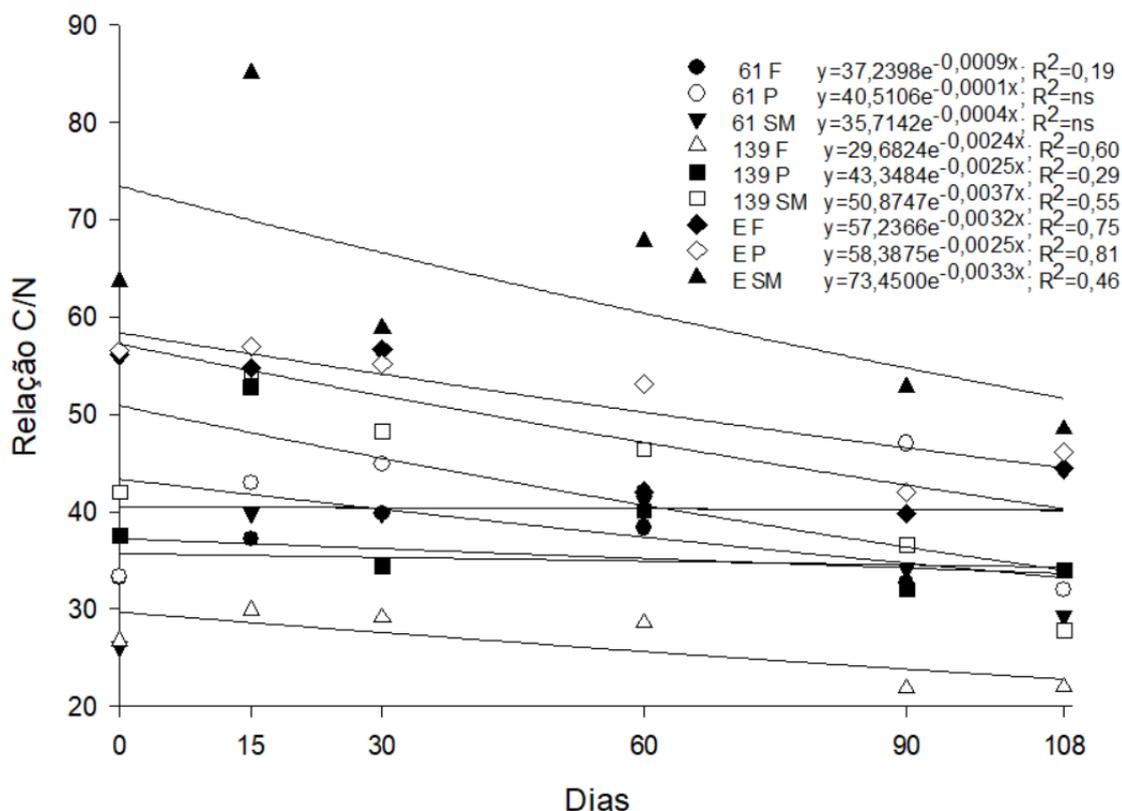


Figura 5 - Relação C/N na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.

Analisando a Figura 6 nota-se que a quantidade de P retido nos resíduos ao longo do tempo alterou mais no tratamento com maior volume de palhada sobre o solo (ESM) se comparando o R<sup>2</sup> da equação correspondente ao dito tratamento.

Este resultado é capaz de indicar indiretamente que o elemento apresentou uma liberação irregular ao longo do tempo, podendo ter sofrido interferência de fatores meteorológicos, principalmente durante o ciclo de desenvolvimento da planta de cobertura, e da dinâmica de outros nutrientes no solo com a palhada remanescente.

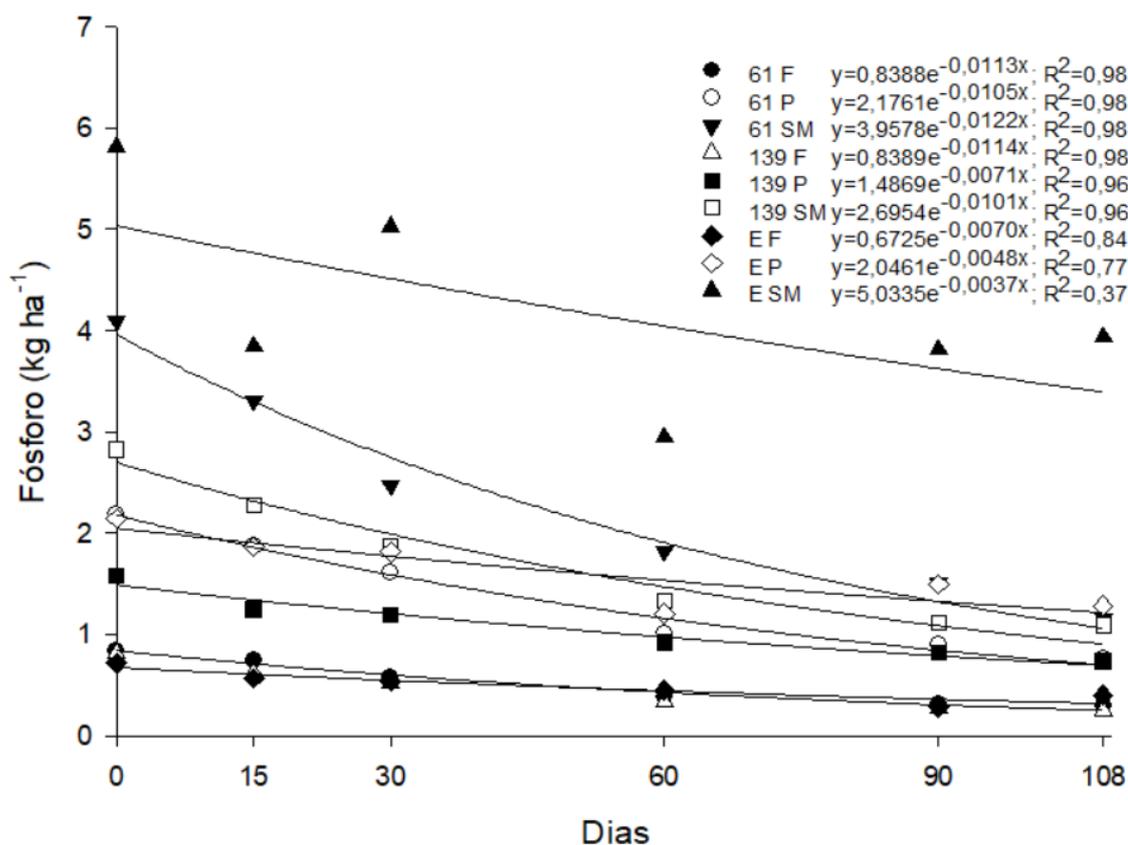


Figura 6 - Quantidade total de fósforo kg ha<sup>-1</sup> na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.

No caso do P, este é associado a muitos componentes orgânicos dos tecidos celulares (MARSCHNER, 1995), sendo que o processo de decomposição feito pelos microrganismos está relacionado diretamente com sua liberação (GIACOMINI et al., 2003). Ligado a isso existe o fato de o elemento ser praticamente imóvel no solo na forma mineral e de ser rapidamente adsorvido no solo. Assim, a ciclagem do nutriente se torna uma importante fonte e para preservação da disponibilidade do mesmo.

Na Figura 7 é possível notar que ocorreu um declínio não muito grande dos teores totais K, o contrário sendo encontrado por Piano et al (2017). Um dos motivos pode ser que a planta entrou em senescência precocemente. Como este elemento é extremamente móvel, provavelmente foi rapidamente lixiviado antes do início do período de avaliação.

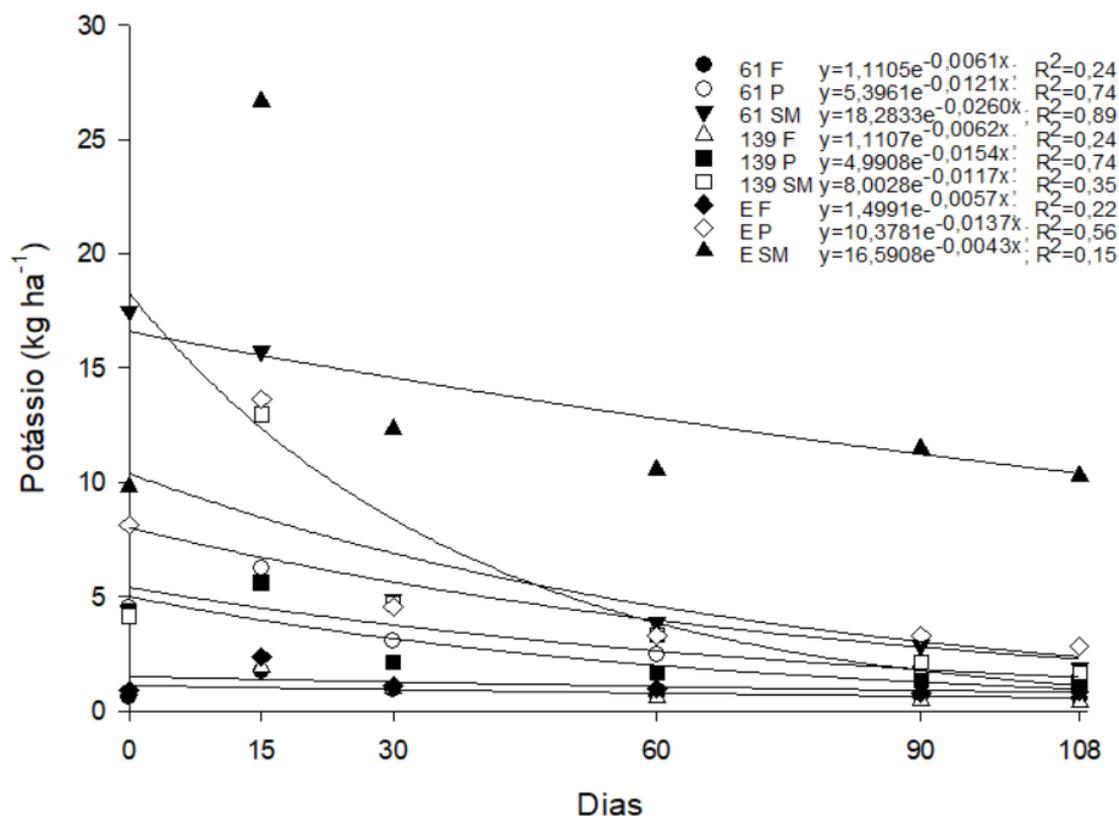


Figura 7 - Quantidade total de potássio kg ha<sup>-1</sup> na palhada residual de aveia no decorrer do tempo de cultivo da cultura de Milho silagem consorciado com Braquiária; “IAPAR 61 IBIPORÃ” fenado (61F), “IAPAR 61 IBIPORÃ” pastejado (61P), “IAPAR 61 IBIPORÃ” para cobertura (61SM), “Embrapa 139 (Neblina)” fenado (139F), “Embrapa 139 (Neblina)” pastejado (139P), “Embrapa 139 (Neblina)” para cobertura (139SM), “Esmeralda IPR 126” fenado (EF), “Esmeralda IPR 126” pastejado (EP) e “Esmeralda IPR 126” para cobertura (ESM). Período de 04 de outubro de 2017 a 20 de janeiro de 2018.

Varição do K pode acontecer por causa do elemento ser extremamente móvel, tanto na planta como no solo (GIACOMINI et al., 2003). O K está associado com a dinâmica osmótica das células (MARSCHNER, 1995), assim liberando de forma muito rápida, explicando o baixo nível inicial do elemento. Seu aumento pode estar correlacionado com manejo de adubação do milho com braquiária, pois por sua grande mobilidade, migrando de outros restos culturais ou do solo para a palhada e vice versa.

## 2.4. CONCLUSÕES

O tempo de decomposição da palha residual da aveia é dependente de fatores meteorológicos, tanto na fase de desenvolvimento da planta de cobertura bem como no período de decomposição. Mas quanto maior for a sua massa inicial, maior será o tempo e efetividade de cobertura morta da mesma.

A liberação de nutrientes da palhada de aveia é variável e dependente também das condições de massa inicial e das edafoclimáticas.

A taxa de liberação do P depende diretamente da quantidade inicial de material de cobertura, enquanto o K foi rapidamente liberado e o N de maneira progressiva, mas com oscilação e sua dinâmica dependente de outros fatores, tanto massa inicial como condições de manejos.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Depto de Solos/UFSM, 1997. p.76-111.

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, v. 27, n. 4, p. 601- 612, 2003.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J.H.; GARCIA, J.C.; VIANA, M.C.M.; CASTRO, A.A.D.N. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 93).

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BRANCALIÃO, S.R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milho-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 393-404, 2008.

CARVALHO, A. M; BRUSTAMANTE, M. M. C.; SOUZA JR, J. G. A.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2831-2838, 2008.

CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; OLIVEIRA, P. S. R.; ZOZ, T.; NERES, M.A.; DEMINICIS, B. B.; STEINEER, F. Oats forage management during winter and

nitrogen application to corn in succession. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 9, n. 13, p. 1086-1093, 2014.

CRUSCIOL C. A. C.; MORO E.; LIMA E. V.; ANDREOTTI M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011. 225p.

EMBRAPA 2020. **AVEIA PRETA PARA COBERTURA VEGETAL DO SOLO**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/461399/1/Aveiapr eta.pdf>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n. 1, p. 25-29, 2000.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

IAPAR 2020 a. **AVEIA BRANCAFORAGEIRAIPR ESMERALDA**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/Sementes\\_e\\_Mudas/IPR\\_Esmeralda.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/Sementes_e_Mudas/IPR_Esmeralda.pdf)>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

IAPAR 2020 b. **AVEIAPRETAIAPAR61IBIPORÃ**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/niapar61.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/niapar61.pdf)>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

KOENIG, R.T.; COCHRAN, V.L. Decomposition and nitrogen mineralization from legume and non-legume crop residues in a subarctic agricultural soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 17, p. 269-275, 1994.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: AcademicPress, 1995. 889p.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. 210 p.

PARTON, W.; SILVER, W. L.; BURKE, I. C.; GRASSENS, L.; HARMON, M. E.; CURRIE, W. S.; KING, J. Y.; ADAIR, E. C.; BRANDT, L. A.; HART, S. C.; FASTH, B. Global-scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition. **Science**, v. 315, p.361- 364, 2007.

PEIXOTO, A. M.; SOUZA, J. S. I.; TOLEDO, F. F.; REICHARDT, K.; MOLINA FILHO, J. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**. São Paulo: EDUSP, 2007. 631p.

PIANO, J. T.; EGEWARTH, J. F.; EGEWARTH, V. A.; MATTEI, E.; BARTZEN, B. T.; OLIVEIRA P. S. R. Deposição e composição de palhada residual em área com

integração lavoura pecuária. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 37, p. 234-243, 2017.

RESENDE, A. S.; XAVIER, R. P.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R., BODDEY, R. M. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. **Plant and Soil**, v. 281, n. 1, p. 339-351, 2006.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** 5. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356p.

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

TERRA 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.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1609-1618, 2008.

### 3. ARTIGO 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLO SOB EFEITO DE PALHADA DE AVEIA SUBMETIDA A DIFERENTES MANEJOS

#### RESUMO

O Sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) segue os preceitos da diversificação planejada, mesclando duas atividades de formas mais eficientes e eficazes dentro da mesma área agrícola. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito nas características físicas e de concentração do carbono e nitrogênio no solo sob efeito da palhada remanescente de diversos cultivares de aveia, submetidas a diferentes manejos no final do cultivo de milho para silagem consorciado com braquiária brizantha cv. MG13 braúna. O experimento consistiu da avaliação do efeito residual do cultivo de três cultivares de aveia ("Esmeralda IPR 126", "IAPAR 61 IBIPORÃ" e "Embrapa 139 (Neblina)") após a aplicação de três manejos (fenação, pastejo e sem manejo para formação cobertura de palhada). Este efeito após o cultivo do milho com braquiaria, perfazendo um delineamento em esquemas de faixas com quatro repetições. Sendo avaliado as características físicas e também o teor de carbono orgânico e nitrogênio total do solo e seus estoques. Concluiu-se que o pastejo não interfere na densidade do solo quando bem manejado e o mesmo pode ter efeito benéfico em subsuperfície. O aporte diferente de massa não altera na concentração de carbono e nitrogênio a curto prazo. Cada cultivar pode influenciar de maneira diferente na resistência a penetração em cultivos subsequentes, principalmente na profundidade da camada mais compactada.

**Palavras-chaves:** Manejo de forragem. Porosidade. Carbono Orgânico. Resistência à penetração.

## PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER EFFECT OF OAT STRAW SUBMITTED TO DIFFERENT MANAGERMENTS

### ABSTRACT

The Crop-Livestock Integration System (ILP) follows the precepts of planned diversification, mixing two activities in more efficient and effective ways within the same agricultural area. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect on the physical characteristics and concentration of carbon and nitrogen in the soil under the effect of the remaining straw of different cultivars of oats, submitted to different managements at the end of the cultivation of corn for silage intercropped with brizantha cv . MG13 Braúna. The experiment consisted of the evaluation of the residual effect of the cultivation of three cultivars of oats ("Esmeralda IPR 126", "IAPAR 61 IBIPORÃ" and "Embrapa 139 (Fog)") after the application of three managements (hay, grazing and without management for straw cover formation). This effect after the cultivation of corn with brachiaria, making a delineation in schemes of bands with four repetitions. Being evaluated the physical characteristics and also the content of organic carbon and total nitrogen of the soil and its stocks. It was concluded that grazing does not interfere in soil compaction when well managed and it can have a beneficial effect on subsurface. The different contribution of mass does not interfere in the concentration of carbon and nitrogen in the short term. Each cultivar can play a different role in resistance to penetration in subsequent crops, mainly in the depth of the most compacted layer.

**Keywords:** Forage management. Porosity. Organic Carbon. Penetration Resistance.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O sistema de ILP segue os preceitos da diversificação planejada, mesclando duas atividades de formas mais eficientes e eficazes dentro da mesma área agrícola. Por consequência destas ações planejadas, há melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo (MOREIRA et al., 2014). No entanto, o pisoteio animal decorrente da pressão de pastejo ainda gera incertezas na manutenção das características físicas do solo (PETEAN et al., 2010; FIDALSKI et al., 2013; MOREIRA et al., 2014).

Já para uma adequada implantação e manutenção do SPD é importante a proteção do solo com cobertura vegetal morta. A manutenção dos resíduos culturais, em conjunto com a rotação de culturas, tem fundamental importância na estruturação física do solo, melhorando seus parâmetros termo-hídricos (FLOSS, 2000; SILVA et al., 2011). Além disso, ao manter a cobertura com a palhada residual, mantém-se o carbono retido no solo, que por sua vez altera as proporções de macroagregados e melhorando as condições físicas do solo (KUSHWAHA et al., 2001; SILVA et al., 2011).

De acordo com Costa et al. (2015), analisando efeitos de diversas combinações de culturas graníferas e pastagens em Sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), encontraram redução de densidade de solo no decorrer do tempo. Os autores citam que este fato ocorreu porque o solo foi explorado por sistemas radiculares distintos, sendo que a decomposição da massa radicular contribuiu na formação de uma arquitetura de macroporosidade permanente. Fato também observado por outros autores que obtiveram resultados semelhantes neste atributo, com cultura do milho consorciado com forrageiras tropicais e culturas em sucessão (CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2013).

Por sua vez, o cultivo de plantas de cobertura no período de inverno pode mitigar o efeito restritivo da compactação do solo no cultivo de verão. Tal efeito foi observado por Valicheski et al. (2012) que, analisando intensidade de tráfego de máquinas e adubação verde de inverno com aveia e nabo forrageiro, identificaram que as culturas proporcionaram a amenização dos efeitos da compactação na camada superficial na produtividade de soja.

Neste contexto, a aveia tem sido utilizada para formação material residual para proteção do solo, devido à sua grande produção de palhada residual e também pelo efeito de supressão de plantas adventícias, assim por consequência afetando positivamente as características físicas do solo, como macroporosidade, e melhorando a infiltração de água (SANTI et al., 2003; SILVA et al., 2011).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o efeito nas características físicas e de concentração do carbono e nitrogênio no solo sob efeito da palhada remanescente de diferentes cultivares de aveia, submetidas a diferentes manejos no final do cultivo de milho consorciado com braquiária.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre abril de 2017 e maio de 2018, em condições de campo, na fazenda experimental “Professor Antônio 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 (UNIOESTE) - *Campus Marechal Cândido Rondon*, cidade de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná, Brasil.

O solo é caracterizado como um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (LVef), de textura muito argilosa e de boa drenagem (SANTOS et al., 2018). As características químicas e granulométricas do solo antes do início dos experimentos são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 3 - Características químicas e granulométrica do solo, antes da implantação da cultura de inverno de 2017.

Camada	P	pH	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	
cm	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
0 a 10	22,85	4,4	4,69	0	0,27	3,27	1,4	4,94	9,57	51,62	
10 a 20	30,38	4,4	4,6	0,35	0,15	3,37	1,4	4,92	10,38	47,4	

Extrator Mehlich-1; Al, Ca e Mg = KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al = pH SMP (7,5).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com verões quentes e chuvas bem distribuídas durante o ano. De acordo com Nitsche et al. (2019), as temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18°C, do trimestre mais quente entre

28 e 29°C e a anual entre 22 e 23°C. Ainda segundo estes autores, os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1600 a 1800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais variando entre 400 a 500 mm.

Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica, temperatura mínima, média e máxima correspondentes ao período de desenvolvimento do trabalho foram obtidos a partir da Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE– *Campus* Marechal Cândido Rondon, localizado a 100 metros da área experimental, e são apresentados na Figura 8.

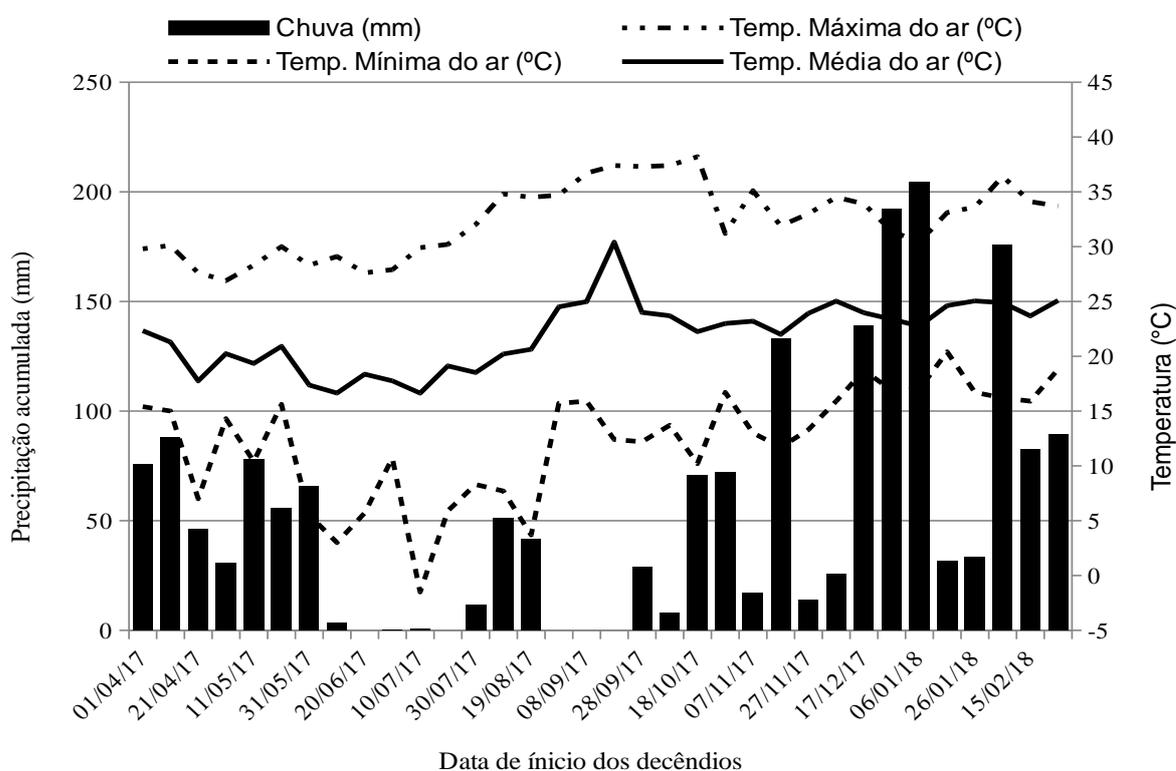


Figura 8 - Médias da precipitação pluviométrica acumulada, e das temperaturas máxima, mínima e média de decêndios durante o período do dia 1 de Abril de 2017 a 4 de maio de 2018.

O experimento seguiu o modelo estatístico de esquema de faixas, repetidos em quatro blocos. No primeiro conjunto de três faixas, com tamanho aproximado de 12 metros de largura por 16 metros de comprimento cada uma, cultivou-se três cultivares de aveia. Na primeira faixa, foi efetuado o plantio de aveia branca (*Avena sativa*) cultivar “Esmeralda IPR 126”; na segunda faixa aveia preta (*Avena strigosa*) cultivar “IAPAR 61 IBIPORÃ”; e na terceira faixa o plantio de aveia preta cultivar “Embrapa 139 (Neblina)”. As três faixas do segundo conjunto, as quais foram transversais as primeiras, cada uma com largura de quatro por trinta e seis metros,

foram submetidas a diferentes formas de manejo: corte para fenação, pastejado e sem corte da forragem para formação de palhada.

O plantio das três cultivares de aveia ocorreu no início da segunda quinzena de abril de 2017, por meio mecanizado, com espaçamento de 17 cm entre fileiras, com adubação de base de 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 10-15-15. Aos trinta dias após sua germinação, foi realizada adubação de cobertura de 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia. O manejo do único pastejo foi completado com vacas leiteiras penhas da raça holandesa e ocorreu na segunda quinzena de julho de 2017, com altura da forragem para retiradas dos animais em 15 cm. No início da primeira quinzena de agosto de 2017 foi realizado o manejo simulado da fenação, onde se retirou toda a parte aérea acima dos 10 cm.

A cultivar de aveia “Esmeralda IPR 126” tem um ciclo precoce até o florescimento (aproximadamente 96 dias), com um rendimento potencial médio de 7.182 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (IAPAR, 2020a). Já a cultivar de aveia preta “IAPAR 61 IBIPORÃ” tem um ciclo tardio (cerca de 134 dias desde a emergência até a plena emissão de panículas) com um rendimento potencial médio de 8359 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (IAPAR, 2020b). E por último a cultivar de aveia preta Embrapa 139 (Neblina) tem um ciclo longo (cerca de 125 a 155 dias desde a emergência até a maturação), com um rendimento potencial médio de 6746 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (Embrapa, 2020).

No ciclo de verão, foi feita a semeadura do cultivar de híbrido de milho CD384PW por via mecanizada. Para o consórcio do milho com a *Brachiaria brizantha* MG13 braúna, foi realizada a semeadura antecipada da braquiária a lanço, com cerca de 6 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Estas semeaduras ocorreram no dia quatro de outubro de 2017. Para a adubação de base da cultura do milho foi utilizado 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 10-15-15. Posteriormente, foi realizada a adubação suplementar de nitrogênio na forma de ureia, com duas doses de 90 kg ha<sup>-1</sup> da mesma, nos estágios de V4 e V8 do milho (20 e 35 dias após plantio). Após a colheita do milho para ensilagem, foi efetuada outra dose em mesma quantidade para o perfilhamento e desenvolvimento da braquiária.

A caracterização física do solo foi realizada pelo método do anel volumétrico conforme Donagema et al. (2011). As amostras foram coletadas na área útil de cada parcela, uma em cada, na camada de 0-0,1 e 0,1-0,2m. Retirou-se das parcelas, amostras indeformadas de solo, com o auxílio de anéis metálicos com volume

interno aproximado de 50 cm<sup>3</sup> introduzidos verticalmente no perfil. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da UNIOESTE. A época de coleta das amostras de solo para física do solo em meados do início da segunda quinzena de janeiro de 2018, quando houve condições de solo favoráveis.

No mesmo momento foram coletadas amostras para determinação dos teores de carbono e nitrogênio total, estes também nas camadas 0-0,1 e 0,1-0,2 m. Com auxílio de um trado (tipo holandês) foram coletadas, um total de quatro amostras por parcela para formar uma amostra composta representativa. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas ao Laboratório, secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm para as análises. Para determinação do teor de carbono orgânico total utilizou-se a metodologia de Mendonça e Matos (2017). Já para os teores nitrogênio total (NT) foi determinado seguindo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1982), através da digestão sulfúrica e destilação Kjeldhal. Para o estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total (ECOT e ENT) foi utilizada a expressão proposta por Freixo et al. (2002):  $ECOT \text{ ou } ENT(Mg \text{ ha}^{-1}) = [\text{teor de COT ou NT (g kg}^{-1}) \times ds \text{ (densidade do solo Mg m}^{-3}) \times e \text{ (espessura da camada cm)}]/10$ .

As medidas de resistência do solo à penetração (RP) realizou-se com um penetrógrafo eletrônico modelo penetroLOG-Falker- PLG1020. Foram efetuadas três leituras aleatórias, na área útil da parcela, para compor uma média de cada parcela, até a camada de 0,4 m. No dia da análise também coletou-se amostras de solo para a determinação da umidade gravimétrica, em três camadas, sendo de 0 a 0,1m com 26,07%, de 0,1 a 0,2m com 22,91% e 0,2 a 0,4m com 22,95% de umidade do solo.

Os dados foram analisados através do software utilizado o SIRVAR 5.3 (Ferreira, 2010), submetidos à análise de variância, pelo teste F, quando do mesmo significativo aplicou-se o teste Tukey em cada camada de solo avaliada.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram encontradas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) em todas as características físicas estudadas na camada mais superficial, de 0 a 0,1 m (Tabela 3). Sendo assim, o manejo não interferiu nas características físicas da superfície do solo. A interferência só ocorre quando o pastejo não for manejado adequadamente, provocando a compactação do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por

Sandinil et al. (2011), que constataram que o pastejo não influenciou na produtividade de grãos da cultura do milho cultivado em sucessão.

Tabela 4 - Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade nas camadas de solo de 0–0,1 m e 0,1–0,2 m de profundidade, em três cultivares versus três sistemas de manejo da cultura de aveia para palhada residual no cultivo consorciado de milho com braquiária.

Cultivo	Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
	Camada do solo		Camada do solo		
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m	
Esmeralda IPR 126	0,0618	0,0615	0,4852	0,4653	a
IAPAR 61 IBIPORÃ	0,0653	0,0660	0,4923	0,4560	b
Embrapa 139 (Neblina)	0,0491	0,0683	0,4941	0,4593	ab
Manejos					
Fenação	0,0704	0,0611	ab	0,4846	0,4618
1 Pastejo	0,0499	0,0773	a	0,4925	0,4585
Sem manejo	0,0559	0,0574	b	0,4945	0,4601
CV 1 (%)	33,04	34,44		3,85	1,20
CV 2 (%)	32,21	22,93		2,98	4,04
CV 3 (%)	29,60	25,34		3,82	3,47
Cultivo	Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		Densidade do Solo (Mg m <sup>-3</sup> )		
	Camada do solo		Camada do solo		
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m	
Esmeralda IPR 126	0,5470	0,5268	1,246	1,306	
IAPAR 61 IBIPORÃ	0,5576	0,5219	1,266	1,345	
Embrapa 129 (Neblina)	0,5431	0,5275	1,287	1,329	
Manejos					
Fenação	0,5550	0,5229	1,252	1,329	
1 Pastejo	0,5424	0,5359	1,293	1,304	
Sem manejo	0,5503	0,5175	1,255	1,347	
CV 1 (%)	4,25	3,83	7,49	3,30	
CV 2 (%)	3,21	5,32	6,27	4,50	
CV 3 (%)	4,83	3,33	5,95	3,91	

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. A ausência de letras nas colunas indica a não significância pelo teste F a 5% de probabilidade. CV= coeficientes de variação de espécies, manejo e interação.

Outro motivo que pode corroborar com o fato observado, é que solos com histórico de aplicação do Sistema de Semeadura Direta normalmente apresentam uma menor porosidade, maior densidade e resistência mecânica do solo a penetração de raízes quando comparados ao preparo anual (VIEIRA; KLEIN, 2007). Estas diferenças possivelmente estão relacionadas ao fim do preparo mecânico e

pelo acúmulo dos efeitos de compactação do solo, sendo decorrente do tráfego de máquinas ao longo dos anos de cultivo. Assim sendo, o pastejo direto em áreas agrícolas terá efeito pouco expressivo, pois os efeitos sobre os atributos do solo que ocorreriam, já foram afetados pelo tráfego de máquinas em estado semelhante a que seria ao efeito do manejo de pastejo, através do pisoteio dos animais (CONTE et al., 2011).

Conforme Costa et. al. (2015) verificaram a pressão exercida sobre o solo é o agente causador de compactação do solo, mas, que a presença de palha sobre o solo pode atenuar este efeito e que este fator deve ser considerado um mecanismo para implantação de Sistemas Integração Lavoura Pecuária (ILP) ou em outros sistemas mais conservacionistas. Estes autores encontraram efeitos de redução da densidade do solo e aumento da macroporosidade e da porosidade total do solo com o passar do tempo de uso de sistemas integrados, tanto na camada superficial (0 a 0,1 m) ou subsuperficial (0,1 a 0,2 m).

Já por outro lado, outros autores, também afirmam que o intenso pisoteio animal exerce pressão superior ao tráfego de máquinas agrícolas mas, que tende a restringir a camada superficial do solo, pois apesar de as máquinas terem maior peso, elas possuem uma melhor distribuição do peso por área (COSTA et al., 2015).

Para a macroporosidade na camada de 0,1 a 0,2 m ocorreu diferenças nos manejos (Tabela 3), onde o material sem manejo teve valores inferiores ao pastejado e o de fenação não diferiu de nenhum. Para o desenvolvimento da planta é sabido que o sistema radicular se desenvolve em busca de água e nutrientes, quanto maior parte aérea, mais o sistema radicular é demandado.

Sabendo também que o sistema radicular depois de morte da planta forma maior parte dos macroporos do solo, assim se entende que quanto mais o sistema radicular de uma planta ocupar o solo, maior a macroporosidade do solo se desenvolverá após a morte da planta, fato também descrito por Costa et al. (2015). Desta forma, afirma-se que para o rebrote das plantas, o sistema radicular precisou se desenvolver mais, mas, ao observar que a fenação não obteve diferença contra os valores sem manejo, é possível afirmar que a parte aérea necessita de uma estrutura mínima para uma recuperação mais rápida da planta.

Os macroporos também podem ser chamados de porosidade de aeração, pois possuem um papel primordial na dinâmica de gases e água no solo. Se pode correlacionar efeitos da compactação na aeração do solo, portanto na análise da

macroporosidade (ROS et al., 1997; VALICHESKI et al., 2012). Autores citam o valor crítico estando em  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (ROS et al., 1997; SPERA et al., 2009), valor este, superior aos encontrados neste trabalho. Por outro lado, estudos que tiveram elevadas produtividades de várias culturas mencionam que não há um limite exatamente fixo para solos tropicais e irrigados (LANZANOVA et al., 2007; COSTA et al., 2015).

Para a microporosidade (Tabela 3) ocorreu diferenças entre as cultivares e na camada de 01 a 0,2 m, onde o cultivar Esmeralda teve valores superiores ao cultivar “IAPAR 61 IBIPORÃ”, possivelmente por causa de um maior e diferente desenvolvimento radicular e com sua decomposição.

Não houve diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) para os teores de nitrogênio e de carbono no solo, e estoques de ambos os nutrientes no solo (Tabela 4). Possivelmente decorrido em função do pouco tempo de decomposição da matéria orgânica, e que demanda um maior tempo para agregar as partículas do solo, precisando estar altamente decompostas e solúveis na solução do solo.

Este fator agregante decorre da maior presença de carbono orgânico, que provoca maior diversidade de microrganismos no solo. Por consequência do aumento da diversidade metabólica, ocasionando maior produção de agentes cimentantes que contribuem na maior agregação do solo (CHÁVEZ et al., 2011). Outro fato que é importante sobre o acúmulo de palha sobre o solo é a proteção contra a erosão, e pelos processos de mineralização da matéria orgânica seres essenciais para a ciclagem e disponibilidade de nutrientes no sistema produtivo, principalmente nitrogênio e potássio (COSTA et al., 2015). Assim, para o sucesso do SPD se faz necessário o aporte contínuo de palhada, a qual também minimiza o processo de compactação do solo (SILVA et al., 2011).

Os resultados para a resistência à penetração do solo são apresentados na Figura 9. Houve efeito significativo do fator cultivares de aveia nas profundidades 0,075 m, 0,125 m e 0,15 m.

Nas três profundidades avaliadas, a resistência à penetração na cultivar IAPAR 61 foi superior a “Embrapa 139 (Neblina)”, enquanto a cultivar “Esmeralda IPR 126” não diferiu das demais em nenhuma profundidade. Isso possivelmente decorre da diferença de cada cultivar ou espécie de aveia explorar da sua maneira o solo, interagindo de forma diferente a diversos parâmetros químicos e físicos do

solo, e possivelmente ocupando e distribuindo o sistema radicular de maneira diferente no solo.

Tabela 5 - Nitrogênio Total ( $\text{g dm}^{-3}$ ), Carbono Orgânico Total ( $\text{g dm}^{-3}$ ), Estoque de Nitrogênio ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) e Estoque de Carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) nas camadas de solo de 0–0,1 e 0,1–0,2 m de profundidade, em três cultivares versus três sistemas de manejo da cultura de aveia.

Cultivo	Nitrogênio Total ( $\text{g dm}^{-3}$ )		Carbono Orgânico Total ( $\text{g dm}^{-3}$ )	
	Camada do solo		Camada do solo	
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m
Esmeralda IPR 126	1,85	1,70	21,40	20,51
IAPAR 61 IBIPORÃ	1,84	1,74	21,63	20,88
Embrapa 139 (Neblina)	1,83	1,71	20,86	20,40
Manejos				
Fenação	1,84	1,72	21,29	20,22
1 Pastejo	1,87	1,70	20,52	20,12
Sem manejo	1,80	1,73	22,07	21,45
CV 1 (%) =	7,34	5,41	6,69	5,91
CV 2 (%) =	9,29	8,74	10,69	7,81
CV 3 (%) =	4,56	4,18	5,52	7,72
Cultivo	Estoque de Nitrogênio ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )		Estoque de Carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	
	Camada do solo		Camada do solo	
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m
Esmeralda IPR 126	2,38	2,22	26,61	26,84
IAPAR 61 IBIPORÃ	2,42	2,26	27,38	28,16
Embrapa 139 (Neblina)	2,32	2,22	26,82	27,14
Manejos				
Fenação	2,42	2,21	26,61	26,91
1 Pastejo	2,42	2,19	26,58	26,28
Sem manejo	2,29	2,30	27,63	28,94
CV 1 (%) =	11,45	8,57	11,51	5,43
CV 2 (%) =	8,68	10,06	9,95	10,02
CV 3 (%) =	7,01	6,53	8,00	10,42

Médias não seguidas da mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. A ausência de letras nas colunas indica a não significância pelo teste F a 5% de probabilidade. CV= coeficientes de variação de espécies, manejo e interação.

Um fato a mais para se listar é o comportamento que se descreve com o aumento da resistência da penetração, onde as diferenças estatísticas foram observadas, em que onde cultivado com “IAPAR 61 IBIPORÃ” atingiu os maiores valores em torno de 0,25 m, enquanto o cultivar “Embrapa 139 (Neblina)” alcançou em torno de 0,125 m em diante. A mitigação da compactação do solo que decorrente da diminuição da macroporosidade e aumento da densidade, são

possíveis com a manutenção da palha no Sistema de plantio direto, pois esta ajuda na melhoria da estrutura física do solo (COSTA et al., 2015).

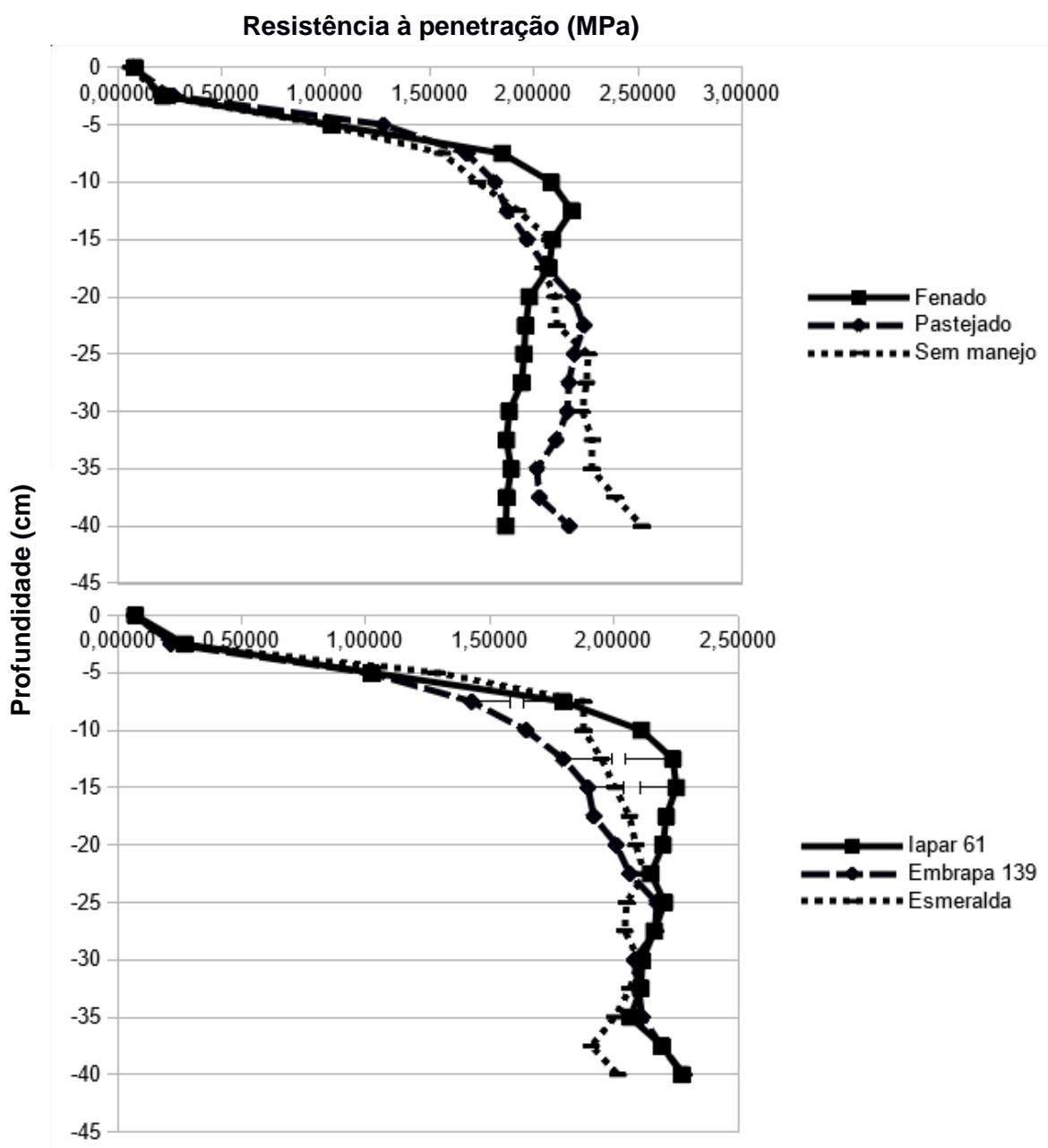


Figura 9 - Resistência do solo à penetração na camada de 0-0,40m de profundidade no cultivo de Verão consorciado de milho com braquiária

Também se deve notar que os valores de penetração não passaram de 2,5 MPa, o que pode ser devido a manutenção da cobertura morta, mesmo que mínima, e o não revolvimento do solo. A resistência à penetração aumenta conforme a compactação do solo, restringindo o desenvolvimento radicular, quando estas se encontram entre 1,5 a 3 MPa (BEUTLER et al., 2001), valores os quais foram

observados no presente estudo. Mas fato a ser considerado é que houve um intenso tráfego de máquinas agrícolas na área, por conta da colheita da forragem de milho no ciclo de verão, e esta resistência a penetração pode ter sido mitigada pelo não revolvimento do solo e manutenção da cobertura morta.

### 3.4. CONCLUSÕES

O pastejo não interferiu na compactação superficial do solo, sendo que este quando manejado em condições adequadas não supera os efeitos que o tráfego de máquinas agrícolas já atingiu. Por outro lado, o pastejo tem efeito benéfico em subsuperfície, pois interfere na macroporosidade possivelmente devido a expansão radicular.

Não foi encontrado diferenças em nenhum fator para Carbono orgânico e Nitrogênio total do solo. Possivelmente estes efeitos só aparecem depois de muito tempo de manejo da palhada, onde a matéria orgânica decorrente da palhada começa a se acumular no nível de geral efeito significativo.

Os diferentes cultivares podem interferir de maneira diferente na resistência a penetração do solo, apresentando variação nos valores e no seu aumento nas diferentes camadas do solo.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PERREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração, permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 167-177, 2001.

CHÁVEZ L. F.; ESCOBAR L. F.; ANGHINONI I.; CARVALHO P. C. F.; MEURER E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, 2011.

CHIODEROLI, C. A; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P.J.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo, produtividade de soja em sistema de consórcio milho, braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16. p. 37-43, 2012.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução e atributos físicos do solo em sistema de

integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 10, p. 1301-1309, 2011.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; MASCARENHAS LOPES, K. S.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; MAGALHÃES PARIZ, C.; DOS SANTOS BATISTA BONINI, C.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed Revisada. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011. 230p.

EMBRAPA 2020. **AVEIA PRETA PARA COBERTURA VEGETAL DO SOLO**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/461399/1/Aveiapreta.pdf>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico, após o primeiro período de pastejo contínuo de *Brachiaria ruziziensis*, em sistema integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 775-783, 2013.

FLOSS, E. L. Cobertura de inverno visando alto rendimento de culturas de verão. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 2000, Ijuí. **Resumos...** Passo Fundo, 2000, p. 29-43.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

IAPAR 2020 a. **AVEIA BRANCAFORAGEIRAIPR ESMERALDA**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/Sementes\\_e\\_Mudas/IPR\\_Esmeralda.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/Sementes_e_Mudas/IPR_Esmeralda.pdf)>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

IAPAR 2020 b. **AVEIAPRETAIAPAR61IBIPORÃ**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/niapar61.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/niapar61.pdf)>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

KUSHWAHA, C. P.; TRIPATHI, S. K.; SINGH, K. P. Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in tropical dryland agroecosystem. **Applied Soil Ecology**, v. 16, p. 129-241, 2001.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 1131-40, 2007.

MATOS, E. da S.; MENDONÇA, E. de S.; MORALES, M. M.; SILVA, B. R. da. Carbono total e frações químicas de carbono do solo. In: MENDONÇA, E. de S.; MATOS, E. da S. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. p. 9-59.

MENDONÇA, V.Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n.1, p. 251-259, 2013.

MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; PIM PETEAN, L.; ALVES, S. J. Influência da altura de pastejo de azevém e aveia em atributos físicos de um latossolo vermelhódistroférrico, após sete anos sob integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n.4, p. 1315-1326, 2014.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. Atlas climático do estado do Paraná. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. 210 p.

PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sobplântio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1515-1526, 2010.

ROS, C. O. da; SECCO, D.; FIORIN, G. W. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n.1, p. 241-247, 1997.

SANDINII, 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.

SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I- Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.6, p. 1075-1083, 2003.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** 5. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356p.

SILVA, D. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.147-156, 2011.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Integração lavoura, pecuária, os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n.1, p. 129-136, 2009.

TEDESCO, M.J.; WOLKEWESS, S.J.; BOHNER, H. **Análises de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1982. 65p.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN A. L.; BAADE E. S. A. S Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 969–977, 2012.

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, v. 31, n. 6, pp. 1271-1280, 2007.

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

Os manejos das plantas de cobertura podem afetar as características físicas do solo, e também a dinâmica de decomposição, que interage com o manejo das culturas subsequentes. Fatores climáticos interferem na liberação dos nutrientes contidos na palhada remanescente, principalmente no potássio, o qual é muito solúvel.

Observou-se que quanto maior for a massa inicial, ocorrerá por mais tempo a cobertura e proteção efetiva do solo. O elemento fósforo também é dependente da quantidade inicial de palhada remanescente. De outra forma, o manejo de pastejo não interferiu nas características físicas do solo, e melhorou a macro porosidade na camada mais profunda avaliada, mostrando que com o bom manejo da forrageira de inverno, se pode obter benefícios na cultura subsequente.

A dinâmica de liberação de nitrogênio é capaz de sofrer interferência do manejo de adubação da cultura subsequente. Por outro lado, o manejo com a cultivar não interferiu na concentração de nitrogênio e carbono orgânico do solo. Possivelmente estes efeitos só aparecem depois de muito tempo de manejo da palhada, onde a matéria orgânica decorrente da palhada começa a se acumular no nível de gerar efeito significativo.

Para a resistência à penetração observou-se que ela é mais dependente da cultivar utilizada, uma vez que cada cultivar explora de maneira diferente cada camada do solo, ou seja, apresenta diferentes valores para diferentes profundidades de solo.