

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

LUANE LAÍSE OLIVEIRA RIBEIRO

**MANEJO MECÂNICO DE PLANTAS DE COBERTURA E SEUS EFEITOS NAS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SUCESSÃO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2020

LUANE LAÍSE OLIVEIRA RIBEIRO

**MANEJO MECÂNICO DE PLANTAS DE COBERTURA E SEUS EFEITOS NAS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SUCESSÃO**

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

Orientador: Prof^a. Dr^a. Edleusa Pereira Seidel
Coorientador: Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo
Lana

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2020

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

Ribeiro, Luane Laíse Oliveira

Manejo mecânico de plantas de cobertura e seus efeitos nas propriedades químicas do solo e na produtividade da soja em sucessão / Luane Laíse Oliveira Ribeiro; orientador(a), Edleusa Pereira Seidel; coorientador(a), Maria do Carmo Lana, 2020.

69 f.

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

1. : Carbono orgânico. 2. Decomposição da fitomassa. 3. Produtividade. 4. Substâncias húmicas. I. Seidel, Edleusa Pereira . II. Lana, Maria do Carmo. III. 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.

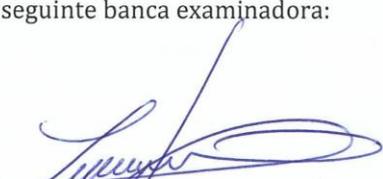
**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

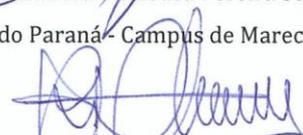
LUANE LAÍSE OLIVEIRA RIBEIRO

Manejo mecânico de plantas de cobertura e seus efeitos nas propriedades químicas do solo e na produtividade da soja em sucessão

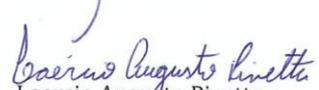
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADA pela seguinte banca examinadora:


Orientadora - Edeusa Pereira Seidel

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


Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

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


Laercio Augusto Pivetta

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Marechal Cândido Rondon, 11 de fevereiro de 2020

À Deus, pela vida, aos meus queridos e amados pais Eliana Oliveira e Lourival Ribeiro e irmã Celiane Oliveira por todo apoio e incentivo.

Ao meu companheiro de vida Wilson Fonseca, pelo amor e companheirismo, por sempre estar ao meu lado e apoiar minhas escolhas.

Aos amigos que estiveram comigo até aqui.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder sabedoria, força e coragem para trilhar a jornada da vida. Por estar ao meu lado em todos os momentos desta trajetória, principalmente os mais difíceis, me dando ânimo e força, para que eu não desistisse de lutar.

Aos meus pais, Eliana Oliveira, Lourival Ribeiro e irmã Celiane Oliveira, agradeço por todo apoio e incentivo e por sempre terem acreditado no meu potencial, por serem exemplos de luta e superação, em especial a minha maninha, por ser minha referência quanto pessoa e profissional. À minha família, fonte inesgotável de amor e felicidade, pelos conselhos e incentivos prestados, assim como *in memoriam* de minha Tia Mery e avó Maricota que na passagem por este mundo, foram exemplo de mulheres e estarão para sempre em meu coração.

Ao meu companheiro de vida Wilson Fonseca, por sempre estar comigo em todos os momentos, apoiando-me e incentivando-me. Obrigada pela compreensão nos momentos em que estive distante por conta dos compromissos da pós-graduação, por fazer com que os meus dias ficassem mais alegres e leves quando tudo parecia ser difícil e doloroso, sem dúvida, você foi e é essencial em minha vida. Que Deus continue abençoando nossa união e que possamos somar forças para conseguirmos tudo que almejamos.

Aos amigos (as) encontrados ao longo da caminhada, que sempre torceram pelo meu sucesso pessoal e profissional, em especial Leidiane Lima, Taiara Reis, as amigas do C1, do IFPA e da república Casa Familiar na qual compartilhamos muitos momentos e até hoje emanamos energias positivas umas para as outras. Destaco com agradecimento especial a minha amiga irmã Letícia Cunha que esteve comigo até aqui, passamos por muitos momentos felizes e difíceis, onde uma foi suporte para a outra e sempre no final, tudo dava certo e acabava bem. Gratidão por ter compartilhado o desejo de fazer pós-graduação e termos sonhado e conseguido juntas esse feito, somos mais que vencedoras. Assim como aos amigos que Rondon me presenteou, sou muito grata por tudo.

A minha querida orientadora Edleusa Seidel pela confiança a mim depositada e pela excelência na orientação. Grande exemplo de profissional, dedicação e amor pelo que faz. A minha Coorientadora, professora Maria Lana e Jucenei Frandoloso, pelos conhecimentos transmitidos e pelo auxílio na realização das análises no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas. Aos profissionais de campo por todo apoio.

Aos professores em especial Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, Emerson Fey, Vanda Pietrowski, Eurides Macedo, Edmar Vasconcelos e Cláudio Tsutsumi, por toda ajuda e contribuições durante o mestrado.

A família do Pará e Nordeste que construí aqui, foram muitos encontros e comilanças compartilhados (rsrsrs), uma forma de trazer o nosso estado pra pertinho de nós.

Aos integrantes do grupo de Estudo em Solos e Agroecologia-GESA, pelas horas de descontração e diversão que juntos compartilhamos e pela ajuda excepcional para realização da pesquisa.

A direção e colaboradores do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, pelo apoio na execução do experimento.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto.

As secretárias do PPGA da UNIOESTE, Leila Dirlene Allievi Werlang pelo comprometimento, atenção e auxílio.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigada!!!

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

(CHARLES CHAPLIN)

RESUMO

RIBEIRO, L. L. O. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2020. **Manejo mecânico de plantas de cobertura e seus efeitos nas propriedades químicas do solo e na produtividade da soja em sucessão.** Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edleusa Pereira Seidel. Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Lana.

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar a decomposição dos resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura de outono/inverno manejadas com dois equipamentos, a produtividade da soja cultivada em sucessão e; avaliar as alterações na qualidade do solo a partir das frações químicas da matéria orgânica e teor de carbono orgânico total no solo em dois períodos. O experimento foi conduzido em blocos casualizados em arranjo fatorial (5x2), subdividido no tempo, com quatro repetições, sendo trabalhados cinco coberturas (aveia preta, nabo forrageiro, consórcio de nabo+aveia, ervilhaca comum e pousio), dois manejos (rolo-faca e triturador de plantas). As épocas de coletas dos litter bags (0, 20, 40, 60, 80 e 110 dias após o manejo-DAM) bem como os períodos de coleta de solo (Pós-PC e Pós-Soja) foram as subparcelas. Para os componentes agrônômicos e de produtividade da soja, foi utilizado o mesmo delineamento experimental e número de repetições citado anteriormente, em arranjo fatorial 5x2 (cinco coberturas e dois manejos). A soja foi semeada em sucessão as plantas de cobertura. Os fatores avaliados nesse trabalho foram: decomposição da fitomassa de plantas de cobertura através do método dos litter bags; componentes de produção e produtividade da soja; Teor de carbono orgânico total das frações húmicas da matéria orgânica do solo. Aos 110 DAM, as coberturas que apresentaram maiores decomposições foram a ervilhaca e pousio (91 e 90%) assim como os menores tempo de meia vida- $T^{1/2}$ (31 e 33). As plantas que mais permaneceram com seus resíduos sobre o solo foram aveia preta e consórcio (35 e 25%). Nos primeiros 60 DAM, o triturador proporcionou uma perda de fitomassa de 40% a mais que o rolo-faca sendo também o equipamento que apresentou menor $T^{1/2}$ (45). O manejo com o triturador resultou em maior decomposição diária no período de 60 dias. A decomposição foi menor com o manejo rolo-faca. Quando analisado a altura de plantas (AP) de soja, os maiores valores desta variável foram encontrados nas parcelas que haviam anteriormente ervilhaca (69,56 cm), aveia (68,9 cm) e pousio (68,07 cm), sendo que a ervilhaca também se destacou para o AIPV (12,62 cm). Para NVP e NGP, a soja cultivada nas parcelas que foram compostas por aveia, apresentaram os maiores valores médios (62,00 e 144,00 cm, respectivamente). A produtividade da cultura de soja em sucessão às plantas de cobertura não apresentou

diferença. Foram identificados variações nos teores de COT, frações humificadas e suas relações, nos dois períodos de avaliação, indicando que as plantas de coberturas utilizados na pesquisa influenciaram diretamente as propriedades químicas do solo, nas diferentes camadas avaliadas, reafirmando a hipótese testada. De forma geral, considerando todas as camadas avaliadas, o período Pós-PC apresentou destaque em termos valores de COT, frações humificadas e suas relações, evidenciando que logo após o manejo das coberturas com os equipamentos, já pode-se observar alterações dessas variáveis nas diferentes camadas, mostrando assim, a grande capacidade que as espécies de coberturas tem de influenciar os caracteres do solo.

Palavras-chave: Carbono orgânico. Decomposição da fitomassa. Produtividade. Substâncias húmicas.

ABSTRACT

RIBEIRO, L. L. O. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February 2020. **Mechanical management of cover crops and their effects on soil chemical properties and soybean productivity in succession.** Advisor: Teacher. Dr^a. Edleusa Pereira Seidel. Co-Advisor: Teacher. Dr^a. Maria do Carmo Lana

The present work had as objectives: to evaluate the decomposition of the cultural residues coming from autumn / winter cover plants managed with two equipments, the productivity of the soybean cultivated in succession and; to evaluate changes in soil quality from chemical fractions of organic matter and total organic carbon content in the soil in two periods. The experiment was carried out in randomized blocks in a factorial arrangement (5x2), subdivided in time, with four replications, with five coverages (black oats, forage turnip, consortium of turnip + oats, common vetch and fallow), two managements (roller- knife and plant crusher). The collection times of the litter bags (0, 20, 40, 60, 80 and 110 days after handling-DAM) as well as the soil collection periods (Post-PC and Post-Soy) were the subplots. For the agronomic and productivity components of soybean, the same experimental design and number of repetitions mentioned above were used, in a 5x2 factorial arrangement (five coverages and two managements). The soybean was sown in succession to the cover crops. The factors evaluated in this work were: decomposition of the cover plant phytomass through the litter bags method; components of soybean production and productivity; Total organic carbon content of the humic fractions of the soil organic matter. At 110 DAM, the coverings that showed the greatest decomposition were vetch and fallow (91 and 90%) as well as the shortest half-life- $T_{1/2}$ (31 and 33). The plants that most remained with their residues on the soil were black oats and intercropping (35 and 25%). In the first 60 DAM, the shredder provided a loss of phytomass of 40% more than the knife-roll and was also the equipment that presented the lowest $T_{1/2}$ (45). The handling with the shredder resulted in greater daily decomposition in the period of 60 days. Decomposition was less with the roll-knife management. When analyzing the height of soybean plants (AP), the highest values of this variable were found in the plots that previously had vetch (69.56 cm), oats (68.9 cm) and fallow (68.07 cm), with vetch also stood out for AIPV (12.62 cm). For NVP and NGP, the soybean grown in the plots that were composed of oats, presented the highest average values (62.00 and 144.00 cm, respectively). The productivity of the soybean crop in succession to the cover crops showed no difference. Variations in the TOC contents, humidified fractions and their relationships were identified in the two evaluation periods, indicating that the cover crops used in the

research directly influenced the chemical properties of the soil, in the different layers evaluated, reaffirming the tested hypothesis. In general, considering all the evaluated layers, the Post-PC period was highlighted in terms of TOC values, humidified fractions and their relationships, showing that soon after handling the coverings with the equipment, changes in these variables can already be seen in different layers, thus showing the great capacity that cover species have to influence soil characteristics.

Keywords: Organic carbon. Decomposition of phytomass. Production. Humic substances

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
3 CAPÍTULO I: DECOMPOSIÇÃO DA FITOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO SUBMETIDAS A MANEJO MECÂNICO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO.....	8
3.1 RESUMO.....	8
3.2 ABSTRACT.....	9
3.3 INTRODUÇÃO	10
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.4.1 Localização e caracterização da área experimental.....	12
3.4.2 Delineamento experimental.....	14
3.4.3 Condução, manejo das plantas de coberturas e avaliação dos litter bags.....	15
3.4.4 Condução da cultura da soja, manejo e avaliações.....	16
3.4.5 Análises estatísticas.....	17
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.6 CONCLUSÕES.....	27
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
4 CAPÍTULO II: FRAÇÕES QUÍMICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO CULTIVO DE PLANTAS DE COBERTURA E SOJA EM SUCESSÃO.....	32
4.1 RESUMO.....	32
4.2 ABSTRACT.....	33
4.3 INTRODUÇÃO	34
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.4.1 Localização e caracterização da área experimental.....	36
4.4.2 Delineamento, implantação e condução do experimento.....	36
4.4.3 Coletas de amostras de solo e análises laboratoriais	36
4.4.4 Análises estatísticas.....	38
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.6 CONCLUSÕES.....	52
4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	56

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja é uma cultura amplamente difundida devido as suas variadas formas de utilização em diferentes segmentos e apresenta papel importante para a economia brasileira. É utilizada para a produção de proteína animal e na alimentação humana, consolidando esta cadeia agroindustrial, sendo também uma alternativa para a fabricação de biocombustíveis (CONAB, 2017).

Mesmo diante da importância e expansão da cultura da soja no Brasil, nota-se que ainda sim, o sistema de exploração agrícola tem proporcionado ao solo acelerado processo de degradação, principalmente pela utilização de culturas anuais cultivadas sucessivamente na mesma área. A adoção de sistemas de manejo que visem à sustentabilidade somado ao emprego de técnicas racionais de uso e manejo solo vem se tornando fundamentais para garantir a máxima exploração do potencial produtivo das culturas e reduzir os problemas de degradação dos solos (SOUZA, 2017).

A adoção de práticas conservacionistas, como por exemplo, o sistema de semeadura direta (SSD) e o uso de plantas de cobertura, são o caminho para a realização de um manejo adequado do solo. Estas práticas visam o pleno desenvolvimento da cultura sucessora e são indispensáveis para o sistema de cultivo tornar-se sustentável (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013; SEIDEL et al., 2015).

Dentre os principais benefícios do emprego das plantas de cobertura nos sistemas agrícolas utilizados, está o aumento do teor de matéria orgânica do solo e conseqüentemente, efeitos diretos na fertilidade desses solos, além de contribuir efetivamente na proteção contra a erosão, ciclagem de nutrientes, redução de plantas espontâneas, e ainda favorecer o equilíbrio biológico do solo, podendo influenciar a população de microrganismos benéficos e reduzir problemas ligados a patógenos do solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

As plantas de cobertura apresentam diferentes características, dentre elas destaca-se a relação carbono/nitrogênio (C/N) que tem influência direta sobre a decomposição dos resíduos deixados sob o solo. As plantas da família *Poaceae*, como a aveia preta, apresentam relação C/N elevada o que garante a permanência dos resíduos vegetais por mais tempo no solo, já as plantas das famílias *Fabaceae* e *Brassicaceae* como ervilhaca e nabo apresentam menor persistência dos resíduos vegetais sobre o solo, devido à baixa relação C/N (SILVA et al., 2006).

Apesar dessa vantagem, as *Poaceae* podem causar imobilização de alguns nutrientes, especialmente o N presente no solo, o que pode afetar negativamente o cultivo subsequente (KRAMBERGER et al., 2009). Para minimizar esse efeito é possível fazer uso do consórcio de plantas da família das *Poaceae* e *Fabaceae* ou *Brassicaceae* (BODDEY et al., 2010).

O consórcio tende a proporcionar maior equilíbrio na liberação de nutrientes pela decomposição rápida das *Fabaceae* e/ou *Brassicaceae*, sem afetar a cobertura do solo, pois a espécie *Poaceae* permanecerá por mais tempo sobre o solo devido a diferença na taxa de decomposição de *Poaceae* e *Fabaceae*, mas em alguns casos, devido as flutuações climáticas de cada local pode ocorrer divergências e essa afirmação nem sempre se observa (KLIEMANN; SILVEIRA, BRAZ, 2006), por isso é de grande importância estudos relacionados a essa questão.

Outro fator que pode influenciar o processo de degradação do material vegetal sobre o solo é o manejo das plantas de cobertura que pode ser realizado por equipamentos mecânicos. O manejo dos resíduos culturais em superfície pode intervir de forma direta na velocidade de decomposição da palhada, por interferir na forma de contato dos resíduos com o solo, sobremaneira em função do tamanho das partículas proporcionadas pelos equipamentos e da sua localização no solo (superfície ou incorporado) (COSTA et al., 2014).

Para o plantio direto, os equipamentos mais utilizados no manejo das culturas de cobertura são o rolo-faca, trituradores e roçadoras (PRADO et al., 2002) que favorecem a melhor distribuição do material vegetal sobre a superfície do solo.

Iwata et al. (2010) afirmam que a matéria orgânica do solo (MOS), ou melhor, seu teor no solo, é o atributo que melhor representa a qualidade do solo, devido a sua elevada tendência a sofrer alteração de acordo com as práticas de manejo realizadas. A MOS atua em mecanismos que permitem a manutenção da capacidade produtiva e também da conservação do solo (DEMATTÊ et al., 2011).

A MOS é um material bastante heterogêneo, e suas frações lábeis e estáveis, respondem de forma diferenciada ao manejo do solo e as mudanças no uso da terra (KELLEHER; SIMPSON, SIMPSON, 2006). A parte lábil ou instável da MOS possui alta taxa de decomposição e por esse motivo permanece por curtos períodos no solo, sendo considerada importante fonte de C ao solo, devido à rápida decomposição (VON LÜTZOW et al., 2007). Já a fração estável da MOS, também conhecida como não-lábil ou fração humificada, tem um tempo de permanência no solo que pode chegar a centenas de anos, e por

esse motivo atua sobre os atributos físicos e químicos do solo (FIGUEIREDO; RESCK; CARNEIRO, 2010).

A fração humificada constituiu aproximadamente 70 a 80% da MOS (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e 85 a 90% do COT (GUERRA et al., 2008) sendo composta por ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM). Dentre as substâncias húmicas, a parte considerada solúvel em meio alcalino e em ácido diluído corresponde aos ácidos fúlvicos (AF), que são os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions no solo (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003). Os ácidos fúlvicos são constituídos; sobretudo, por polissacarídeos, aminoácidos, compostos fenólicos, entre outros, e possuem elevado conteúdo de grupos carboxílicos, ligando-se com óxidos de Fe^+ , Al^+ , argilas e outros compostos orgânicos (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011). Os ácidos húmicos (AH), por sua vez, foram definidos como associações nas quais predominam compostos hidrofóbicos, pouca solubilidade na acidez normalmente encontrada em solos tropicais, responsáveis pela maior parte da CTC de origem orgânica em camadas superficiais, especialmente em solos arenosos (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003). A humina (HUM) pode ser considerada como um aglomerado de materiais húmicos e não húmicos (RICE; MacCARTHY, 1990). Apesar de apresentar baixa reatividade, é a fração humina a responsável por mecanismos de agregação de partículas e na maioria dos solos tropicais representa a maior parte do C humificado (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003).

As SHs têm capacidade de interagir com a fração coloidal do solo e alterar os atributos físicos, químicos e biológicos do ambiente edáfico, exercendo papel importante na fertilidade e estrutura do solo (SILVA et al., 2017; RAMOS et al. 2018; WOLSCHICK et al., 2018), além de imobilizar metais pesados (ZHANG et al., 2013; YU et al., 2018).

A avaliação precisa das frações do COT no solo torna-se muito importante (KNOX et al., 2015) a fim de conhecer a constituição das diferentes frações que compõem a MOS, como o C da fração humificada (BEZERRA et al., 2013), cada fração tem um papel diferenciado nas propriedades físico-químicas do solo. Por meio da análise de sua constituição, utilizar como indicador da qualidade do solo (BARRETO et al., 2011) e estabelecer as melhores práticas de manejo dos solos.

Estudos de práticas conservacionistas para conservação e melhoria dos atributos do solo, além do conhecimento da constituição da matéria orgânica, também são importantes serem desenvolvidos, afim de que se contribua para manutenção da capacidade suporte das

áreas agrícolas no âmbito produtivo e ambiental, com reflexos para o melhor desempenho das culturas comerciais, contribuindo para que o sistema seja autossustentável ao longo do tempo.

Assim, pesquisas que testem os efeitos de plantas de cobertura e seu manejo para melhoria das propriedades químicas do solo e que mensurem os incrementos de produtividade no cultivo da soja devem ser potencializadas para que assim, sejam geradas informações que auxiliem os produtores em seus cultivos, que fortalece cada vez mais a agricultura de base orgânica e agroecológica contribuindo para elevação da sustentabilidade dos sistemas produtivos.

A partir do exposto, a presente pesquisa desenvolvida na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), em parceria com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), teve como hipótese que as plantas de cobertura de outono-inverno (aveia preta- *Avena strigosa* S; nabo forrageiro- *Raphanus sativus* L. e ervilhaca comum- *Vicia sativa* L.), bem como seu manejo com diferentes equipamentos (rolo-faca e triturador), influencia as propriedades químicas do solo e conseqüentemente os componentes de produção e a produtividade da soja em sucessão. Para avaliar a hipótese, a dissertação foi dividida em dois capítulos:

Capítulo I, intitulado como “Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura de outono/inverno submetidas a manejo mecânico e produtividade da soja em sucessão”, que teve como objetivo avaliar a decomposição dos resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura de outono/inverno manejadas com dois equipamentos, o rolo-faca e o triturador de plantas (triton) e a influência das cobertura e manejo na produtividade da soja cultivada em sucessão.

Capítulo II, intitulado como “Frações químicas da matéria orgânica do solo em função do cultivo de plantas de cobertura e soja em sucessão” em que o objetivo foi avaliar as alterações na qualidade do solo a partir das frações químicas da matéria orgânica e teor de carbono orgânico total no solo em dois períodos distintos: após cultivo de plantas de cobertura de inverno submetidas a manejo mecânico e após a colheita da soja semeada em sucessão.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, P.A.B. et al. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.81, n.3, p.213-220, 2011.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, **Comunicado Técnico**, 7p., 2003.
- BEZERRA, R. P. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Formas de carbono em latossolo sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado, Goiás. **Semina**, v.34, p.2637-2654, 2013.
- BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P. dos; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, C.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, n. 2, p. 784-795, 2010.
- CONAB. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, v.4, Safra 2016/2017, n.6, Sexto levantamento, mar. 2017.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. DE. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 166-173, 2014.
- DEMATTE, J. A. M.; BORTOLETTO, M. A. M.; VASQUES, G. M.; RIZZO, R. Quantificação de matéria orgânica do solo através de modelos matemáticos utilizando colorimetria no sistema Munsell de cores. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 590-597, 2011.
- FIGUEIREDO, C. C.; I; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.34, n. 3, p. 907-916, 2010.
- GAMERO, C.A. et al. Decomposição da aveia preta (*Avena strigosa* Schre.) manejada com rolo-faca e triturador de palhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Anais...Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. 1 CD-ROM.
- GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 19-25, 2008.

IWATA, B. de F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; BRASIL, E. L.; COSTA, C. do N.; CAMPOS, L. P.; SANTOS, F. S. R. dos. Carbono total e carbono microbiano de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no cerrado piauiense. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, **Anais...**, EMBRAPA Meio-Norte, 2010.

KELLEHER, B. P.; SIMPSON, M. J.; SIMPSON, A. J. Assessing the fate and transformation of plant residues in the terrestrial environment using HR-MAS NMR spectroscopy. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 7, n. 16, p. 4080 - 4094, 2006.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

KNOX N. M, GRUNWALD S, MCDOWELL M. L, BRULAND G. L, MYERS D. B, HARRIS W. G. Modelling soil carbon fractions with visible near-infrared (VNIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopy. **Geoderma**, v. 239-240, p. 229-239, 2015.

KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M.; KALIGARIC, M.; BRACKO, B. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 103-109, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 729 p., 2006.

PRADO, R.M. et al. Manejo mecanizado de atividades para a implantação de culturas. Jaboticabal: **Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, 2002. 99 p.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. da. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, vol. 7, n. 5, 2011.

RAMOS, F.T. et al. Soil organicmatter doubles the cation exchange capacity of tropical soil under no-till farming in Brazil. **Journal Science Food Agriculture**, v.98, p.3595-3602, 2018.

RICE, J. A.; MacCARTHY, P. A model of humin. **Environmental Science and Biotechnology**, v. 24, p. 1875-1877, 1990.

SEIDEL, E. P.; MATTIAS, V.; MATTEI, E.; CORBARI, F. Produção de matéria seca e propriedades físicas do solo na consorciação milho e braquiária. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 18-24, 2015.

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

SILVA, C.F. et al. Soil organic matter fractions, chemical attributes and aggregation under forestry and agricultural systems. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.8, n.3, p.459-468, 2017.

SOUZA, F. H. **Desempenho das culturas de soja e milho e atributos físicos do solo em diferentes sistemas de preparo e retomada do sistema de plantio direto.** 2017. 67 p. Tese (Doutorado em Sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, São Paulo, 2017.

VON LÜTZOW, M.; KOGEL-KNABNER, I.; WKSCMITT, K.; FLESSA, H.; GUGGENBERGER, G.; MATZNER, E.; MARSCHNER, B. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. **Soil Biology Biochemistry**, v. 39, p. 2183-2207, 2007.

YU, Y. et al. Effects of the addition and aging of humic acid-based amendments on the solubility of Cd in soil solution and its accumulation in rice. **Chemosphere**, Amsterdam, v.196, p. 303-310, 2018.

WOLSCHICK, N.H. et al. Long-term effect of soil use and management on organic carbon and aggregate stability. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.42, 2018.

ZHANG, Y. et al. The influence of humic acids on the accumulation of lead (Pb) and cadmium (Cd) in tobacco leaves grown in different soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v.13, n.1, p.43-53, 2013.

3 CAPÍTULO I: DECOMPOSIÇÃO DA FITOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO SUBMETIDAS A MANEJO MECÂNICO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO

3.1 RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a decomposição dos resíduos culturais de plantas de cobertura manejadas mecanicamente e a influência das cobertura e manejo na produtividade da soja cultivada em sucessão. O experimento foi conduzido em blocos casualizados em arranjo fatorial (5x2), subdividido no tempo, com quatro repetições, sendo trabalhados cinco coberturas (aveia preta, nabo forrageiro, consórcio de nabo+aveia, ervilhaca comum e pousio), dois manejos (rolo-faca e triturador de plantas) e seis épocas de coleta (0, 20, 40, 60, 80 e 110 dias após o manejo-DAM) que foram as subparcelas. Para os componentes agronômicos e de produtividade da soja, foi utilizado o mesmo delineamento experimental e número de repetições citado anteriormente, em arranjo fatorial 5x2 (cinco coberturas e dois manejos). O cultivo da soja foi realizado em sucessão as plantas de cobertura e as avaliações se deram durante e após a colheita desta. O tempo de decomposição da palhada foi avaliado pelo método dos litter bags. Aos 110 DAM, as coberturas que apresentaram maiores decomposições foram a ervilhaca e pousio (91 e 90%) assim como os menores tempo de meia vida- $T^{1/2}$ (31 e 33). As plantas que mais permaneceram com seus resíduos sobre o solo foram aveia preta e consórcio (35 e 25%). Nos primeiros 60 DAM, o triturador proporcionou uma perda de fitomassa de 40% a mais que o rolo-faca sendo também o equipamento que apresentou menor $T^{1/2}$ (45). A ervilhaca e o pousio sofreram maiores decomposições. A aveia e o consórcio obtiveram maiores permanências sobre o solo. O manejo com o triturador resultou em maior decomposição diária no período de 60 dias. A decomposição foi menor com o manejo rolo-faca. Quando analisado a altura de plantas (AP) de soja, os maiores valores desta variável foram encontrados nas parcelas que haviam anteriormente ervilhaca (69,56 cm), aveia (68,9 cm) e pousio (68,07 cm), sendo que a ervilhaca também se destacou para o AIPV (12,62 cm). Para NVP e NGP, a soja cultivada nas parcelas que foram compostas por aveia, apresentaram os maiores valores médios (62,00 e 144,00 cm, respectivamente). Não teve diferença na produtividade da soja.

Palavras-chave: Componentes de produção. Litter bags. Rolo-faca. Triturador de plantas.

3.2 ABSTRACT

The research had as objective to evaluate the decomposition of the cultural residues of cover plants mechanically managed and the influence of the cover and management in the productivity of the soybean cultivated in succession. The experiment was carried out in randomized blocks in a factorial arrangement (5x2), subdivided in time, with four replications, with five coverings (black oats, forage turnip, consortium of turnip + oats, common vetch and fallow), two managements (roller- knife and plant shredder) and six collection times (0, 20, 40, 60, 80 and 110 days after DAM management) which were the subplots. For the agronomic and productivity components of soybean, the same experimental design and number of repetitions mentioned above were used, in a 5x2 factorial arrangement (five coverages and two managements). The cultivation of soybeans was carried out in succession to the cover plants and the evaluations took place during and after the harvest. The straw decomposition time was evaluated using the litter bags method. At 110 DAM, the coverings that showed the greatest decomposition were vetch and fallow (91 and 90%) as well as the shortest half-life- $T_{1/2}$ (31 and 33). The plants that most remained with their residues on the soil were black oats and intercropping (35 and 25%). In the first 60 DAM, the shredder provided a loss of phytomass of 40% more than the knife-roll and was also the equipment that presented the lowest $T_{1/2}$ (45). Vetch and fallow suffered further decomposition. Oats and the consortium had longer stays on the soil. The handling with the shredder resulted in greater daily decomposition in the period of 60 days. Decomposition was less with the roll-knife management. When analyzing the height of soybean plants (AP), the highest values of this variable were found in the plots that previously had vetch (69.56 cm), oats (68.9 cm) and fallow (68.07 cm), with vetch also stood out for AIPV (12.62 cm). For NVP and NGP, the soybean grown in the plots that were composed of oats, presented the highest average values (62.00 and 144.00 cm, respectively). There was no difference in soybean productivity.

Keywords: Production componentes. Litter bags. Knife-rolling. Plant shredder.

3.3 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta-se como o segundo maior produtor mundial de soja, sendo o país responsável na safra 2018/2019 pela produção de 114,8 milhões de toneladas, em 35,8 milhões de hectares (CONAB, 2019). Dentre os principais estados produtores desta oleaginosa está o Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná.

De acordo com o levantamento feito pela Companhia Nacional de Abastecimento no Paraná, a área plantada com a soja na safra 2019/2020 totalizou 5.486,4 mil hectares, com estimativa de produtividade de 3.598 kg ha⁻¹, o que significa um aumento de 20% em relação à safra anterior, sendo que a produção total foi 21,25%. Cabe ressaltar que a safra passada foi duramente afetada pela estiagem e altas temperaturas em novembro e dezembro.

Apesar da grande expansão e importância da cultura, sabe-se que o monocultivo vinculado ao cultivo inadequado das áreas agrícolas vem levando a um processo de degradação e consequente redução da capacidade produtiva dessas áreas (GOMIDE et al., 2011). Tendo em vista isto, é necessário que se faça uso de práticas conservacionistas de cultivo, que auxiliem na preservação dos recursos naturais e ainda favoreçam a cultura sucessora (BLAINSKI et al., 2008), proporcionando resultados satisfatórios em produção, sem prejudicar a qualidade do solo.

O aumento na produtividade das culturas está vinculado a adoção de sistemas de produção sustentáveis e conservacionistas, os quais tem contribuído para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (CARDOSO et al., 2014). Dessa maneira, o Sistema de Plantio Direto (SPD) é considerado um sistema de cultivo que reduz os impactos de degradação das áreas agrícolas ocasionados pelos sistemas convencionais (SOUZA et al., 2014), mantendo as condições necessárias para o desenvolvimento e produção das culturas comerciais implantadas.

A concepção do SPD baseia-se em três pilares de elevada sustentação ecológica: ausência de revolvimento ou revolvimento mínimo no solo; aumento da biodiversidade, proporcionada pela diversidade de espécies vegetais e pela rotação de culturas; e a cobertura permanente do solo, pela presença de palhada em sua superfície (SOUZA; RESENDE, 2014).

Um dos requisitos para o sucesso do plantio direto é a boa formação da palhada na superfície do solo, tornando-se fator de fundamental importância para sua manutenção e consolidação. Nesse contexto, a utilização de culturas na entressafra com o objetivo de manter a cobertura do solo e a ciclagem de nutrientes é uma excelente alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção (PARIZ et al., 2011).

Um dos fatores primordiais para o êxito desse sistema de cultivo está relacionado a escolha de espécies com produção de fitomassa com boa quantidade e qualidade, visando proporcionar eficiente cobertura de solo (ARAÚJO et al., 2015). Diversas são as espécies que podem ser utilizadas como plantas de cobertura do solo, tornando-se difícil a melhor escolha, pois não existe uma planta ideal, por isso, faz-se necessário fazer um levantamento das espécies mais favoráveis ao cultivo. Deve-se buscar informações a respeito de sua adaptação ao clima da região, época de semeadura, o ciclo da cultura, desenvolvimento do sistema radicular e a produção de massa seca (NEGRINI, 2007).

Os resíduos culturais das plantas de cobertura são de extrema importância, pois configuram-se como as principais formas de entrada e acúmulo do carbono (C) orgânico no solo, proporcionam nitrogênio (leguminosas) e possibilitam o incremento de outros nutrientes para as culturas em sucessão (REDIN et al., 2016).

As plantas de cobertura desempenham papel fundamental na proteção do solo e ciclagem de nutrientes, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam posteriormente na camada superficial pela decomposição dos resíduos assim como também realizam o processo inverso, melhorando a disponibilidade dos elementos em profundidades (MATOSO et al., 2015).

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais é uma variável importante na ciclagem de nutrientes e determina o tempo de permanência dos resíduos na superfície do solo. Essa taxa é influenciada pela relação Carbono/Nitrogênio (C/N) da planta utilizada, volume de produção de fitomassa, manejo das plantas que associado às condições climáticas poderá favorecer a atividade dos microrganismos decompositores e com isso a degradação do material vegetal, disponibilizando os nutrientes para as culturas em sucessão e contribuindo com o aumento da produtividade (TEIXEIRA et al., 2012).

Segundo Conceição et al. (2017), as plantas de cobertura para o uso em plantio direto poderão ser manejadas através de diferentes equipamentos como rolo-faca, trituradores, roçadoras, grades, etc., conforme as condições locais e infraestrutura do produtor.

O manejo dos resíduos culturais em superfície pode influenciar de forma direta na velocidade de decomposição da palha, por interferir na forma de contato dos resíduos com o solo, sobremaneira em função do tamanho das partículas proporcionadas pelos equipamentos e da sua localização no solo (superfície ou incorporado) (COSTA et al., 2014).

Desta forma, estudos relativos à dinâmica do aporte de fitomassa das coberturas sobre o solo, bem como seu processo de decomposição que pode ser favorecido pelas práticas de manejo alternativo usando equipamentos mecânicos e o efeito desses fatores no incremento de produtividade da cultura da soja, ainda são escassos na região, o que evidencia a necessidade de intensificar os trabalhos nessa área, sobretudo em condições de plantio direto.

Portanto, através da pesquisa será possível obter informações que poderão auxiliar os produtores na adoção de práticas de manejo mais adequadas e sustentáveis, visando subsidiar a utilização no sistema de plantio de direto orgânico e agroecológico de produção.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a decomposição dos resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura de outono/inverno manejadas com dois equipamentos, o rolo-faca e o triturador de plantas (triton) e a influência das cobertura e manejo na produtividade da soja cultivada em sucessão.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2018, na Estação Experimental Professor Alcibíades Luiz Orlando situada no município de Entre Rios do Oeste-PR, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE/MCR). As coordenadas geográficas são 24°40'32,66" de latitude Sul e 54°16'50,46" de longitude Oeste, e uma altitude de 244 m.

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, temperaturas médias superiores a 22 °C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18 °C e uma precipitação pluviométrica média anual de 1600-1800 milímetros (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados meteorológicos referentes ao período do experimento (Figura 1) foram obtidos da Estação Climatológica Automática do município de Santa Helena, município este localizado próximo a cidade de Entre Rios do Oeste/PR onde a pesquisa foi desenvolvida.

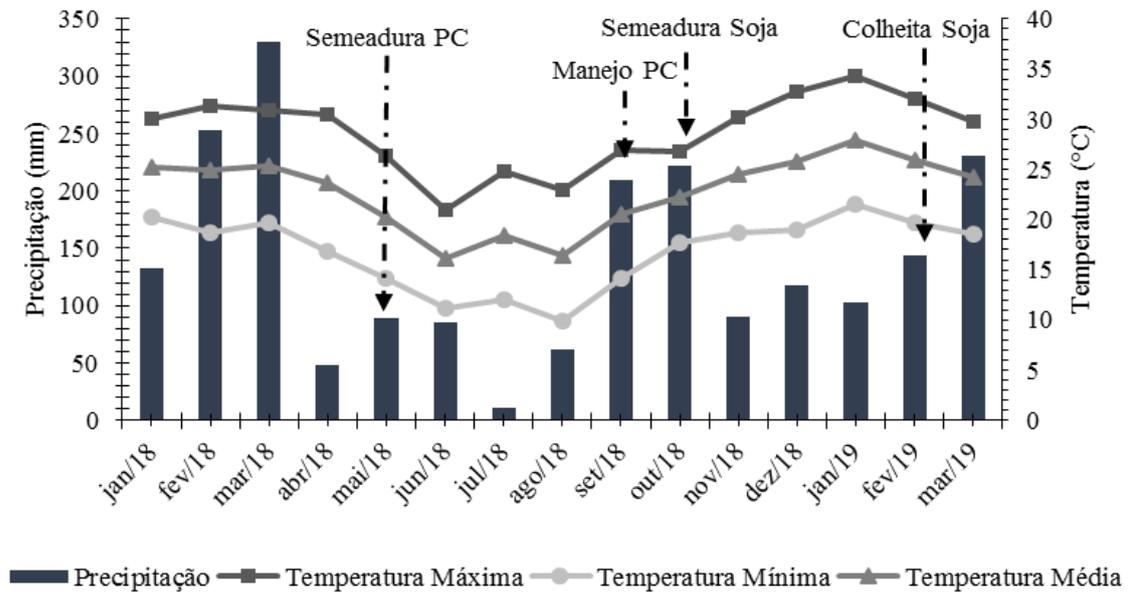


Figura 1 - Precipitação pluvial e temperatura média, com máximas e mínimas, durante o período do experimento (Janeiro/2018 a Fevereiro/2019). PC: Plantas de Cobertura.

Fonte: Estação Climatológica de Santa Helena-PR (2018).

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (LVef), textura muito argilosa, com relevo suave ondulado (SANTOS et al., 2013).

Previamente à implantação do experimento, foram realizadas coletas de amostras de solo nas profundidades 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para caracterização química e granulométrica da área e os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo nas camadas de 0,00 a 0,30 m, antes da implantação do experimento

Profundidades	P	MO	pH	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC
m	Mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----Cmol _c dm ⁻³ -----						
0,00-0,05	33,98	35,54	5,23	4,11	0,00	0,52	5,26	2,22	8,00	12,11
0,05-0,10	23,44	31,44	5,00	5,35	0,05	0,36	4,24	1,98	6,57	11,92
0,10-0,20	29,33	28,71	5,93	2,83	0,00	0,54	3,69	1,77	6,00	8,83
0,20-0,30	6,86	23,24	5,19	3,52	0,00	0,31	3,92	1,77	6,00	9,52
Profundidades	V	Argila		Silte		Areia				
m	%	-----g Kg ⁻¹ -----								
0,00-0,05	66,07	766,4		160,74		72,86				
0,05-0,10	55,14	649,6		299,06		51,34				
0,10-0,20	67,95	782,8		149,58		67,62				
0,20-0,30	63,02	816,4		123,94		59,66				

P e K⁺ – Extrator Mehlich; Al³⁺, Ca⁺² e Mg⁺² – Extrator KCL 1 mol L⁻¹; H+A-pH SMP (7,5)

Na safra de verão (2016/2017) a área foi cultivada com soja, na de inverno (2017) com treçoço, e na safra de verão (2017/2018) foi novamente cultivada com soja.

3.4.2 Delineamento experimental

Para avaliação da decomposição de fitomassa das plantas de cobertura, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em arranjo fatorial (5x2), subdividido no tempo, com quatro repetições, sendo constituído de cinco coberturas de solo: uma da família *Poaceae* (aveia preta- *Avena strigosa* S.), uma da família *Fabaceae* (ervilhaca comum- *Vicia sativa* L.), uma da família *Brassicaceae* (nabo forrageiro-*Raphanus sativus* L.), consórcio da família *Poaceae* + *Brassicaceae* (nabo+aveia) e área em pousio; e dois equipamentos que foram utilizados para manejo das plantas de cobertura: rolo-faca e triturador de plantas. As épocas de coleta dos litter bags (0, 20, 40, 60, 80 e 110 dias após o manejo-DAM) foram as subparcelas.

Para avaliação dos componentes agrônômicos e de produtividade da soja, foi utilizado o mesmo delineamento experimental e número de repetições citado anteriormente, em arranjo fatorial 5x2 (cinco coberturas e dois manejos).

Cada parcela experimental apresentava 5,0 m de largura por 13,0 m de comprimento totalizando uma área de 65 m². À área útil da parcela foi calculada descartando 1 m de cada extremidade e 0,50 m de cada uma das laterais, totalizando 44,0 m².

3.4.3 Condução, manejo das plantas de cobertura e avaliação dos litter bags

A implantação das culturas de inverno foi realizada mecanicamente com uma semeadora múltipla de parcela da linha SEMEATO, modelo SHM 11/13, no dia 24 de maio de 2018. Utilizou-se 60 kg ha⁻¹ de aveia preta BRS 139; 60 kg ha⁻¹ ervilhaca comum; 9 kg ha⁻¹ de nabo forrageiro IPR 116; 4 e 30 kg ha⁻¹ de nabo+aveia respectivamente. Aplicou-se 186 kg ha⁻¹ do formulado 10-15-15 (N, P₂O₅ e K₂O). O espaçamento entre linhas foi de 0,50 m para ervilhaca comum e nabo forrageiro e 0,17 m para aveia preta solteira e aveia+nabo.

Em relação aos tratos fitossanitários, não houve necessidade de aplicação de herbicidas, inseticidas e/ou fungicidas. Após 120 dias da semeadura, as plantas de cobertura foram manejadas com triturador modelo Triton 1.800, largura de corte 1,8 m, com 24 facas, peso de 795 kg e rolo-faca modelo Kohler nº 08/4753, número de facas 10, distância entre facas de 0,25 m, largura de trabalho de 2,02 m. O manejo das plantas de cobertura ocorreu tardiamente e alguns espécies como nabo e aveia já haviam florescido. Os equipamentos passaram duas vezes nas parcelas afim de que o manejo fosse estudado em todas as plantas.

A avaliação da taxa de decomposição da palhada foi realizada pelo método do litter bags (bolsas de decomposição) (KLIEMANN et al., 2006), onde estes foram confeccionados em nylon com dimensões 0,30 x 0,30 m (0,09 m²). Para o preenchimento dos litter bags, logo após o manejo, as plantas foram coletadas e pesados 130 g do material fresco (14.444 kg ha⁻¹ de matéria fresca), o qual foi acondicionado em cada bolsa. Esse valor foi definido com base no dimensionamento dos litter bags e levando em consideração os valores médios de massa verde (t ha⁻¹) das culturas.

As bolsas devidamente identificadas foram distribuídos aleatoriamente em cada parcela experimental em contato direto com a superfície do solo e para evitar seu deslocamento, os mesmos foram presos por uma haste de metal.

Em cada parcela, foram distribuídos 5 litter bags sobre a superfície do solo e aos 20, 40, 60, 80 e 110 dias após o manejo-(DAM) das plantas de cobertura, foram retiradas 1 bolsa por parcela (4 por tratamento), a fim de avaliar a palhada remanescente e determinar o tempo de decomposição durante o período de 110 dias. No total foram coletados 200 litter bags.

Para a determinação do peso inicial (tempo 0), logo após o manejo mecânico, o material vegetal foi coletado usando um quadrado de amostragem equivalente a 0,24 m², lançado aleatoriamente duas vezes na área útil de cada parcela (44 m²), e o material contido em seu interior foi coletado e acondicionado em embalagem de papel tipo Kraft. As amostras foram pesadas para determinação da massa verde, em seguida, colocadas na estufa de

ventilação forçada de ar com temperatura de 65°C até atingir massa constante, para estimar a quantidade de massa seca inicial, expressando-se os resultados em kg ha⁻¹.

No prazo estipulado para cada coleta, as bolsas de decomposição foram recolhidas e levados para o laboratório de Física do Solo da UNIOESTE/MCR. Posteriormente o material vegetal foi limpo em peneira, para eliminação do solo aderido, acondicionado em sacolas de papel de massa conhecida (devidamente identificados), e levado à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, onde permaneceu até atingir massa constante, e posteriormente foi realizado a pesagem em balança para obtenção da matéria seca remanescente e através da comparação entre o peso seco inicial e o peso obtido a cada data de coleta, foi possível avaliar a perda de massa via decomposição, ao longo dos períodos de avaliação.

A partir dos resultados obtidos, foram determinadas as taxas de decomposição da palhada, através do modelo matemático exponencial negativo simples, utilizados por Thomas e Asakawa (1993):

$$X = X_0 \cdot e^{-kt}$$

Em que:

X= quantidade de matéria seca após um período de tempo t, em dias;

X₀= quantidade de matéria seca no início da decomposição;

k=constante de decomposição;

t=período de tempo em dias.

A partir dos valores da constante de decomposição (k) da matéria seca-MS, calculou-se o tempo de meia vida ($T^{1/2} = 0,693/k$) que representa o período de tempo necessário para que 50% da biomassa remanescente seja decomposta.

3.4.4 Condução da cultura da soja, manejo e avaliações

A semeadura da soja foi realizada de forma mecânica em sistema de semeadura direta no dia 16 de outubro de 2018, cerca de um mês após o manejo das plantas de cobertura. Foi utilizado a cultivar NIDERA (NA) 5909 RG, com espaçamento de 0,50 m entre linhas, sendo distribuídas aproximadamente 14 sementes/metro linear. A cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado com ciclo médio de 92 a 116 dias (precoce), floração em 32 a 44 dias e grupo de maturação 5.9.

Para a adubação de base, utilizou-se 310 kg ha⁻¹ do formulado comercial 02-20-18 (N, P₂O₅ e K₂O) + 8% Ca e 4% de S, 0,3% de óleo Berg.

Durante o desenvolvimento da cultura, houve o aparecimento de inseto pragas como lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*), falsa medideira (*Pseudoplusia includens*), percevejo marrom (*Euschistus heros*) e vaquinha verde amarela (*Diabrotica speciosa*) e seu controle foi realizado conforme recomendações técnicas para a cultura.

A avaliação dos componentes agronômicos foi realizada em dez plantas da área útil de cada parcela quando estas encontravam-se no estágio R8.

O número de plantas foi avaliado em três repetições, considerando a quantidade de plantas/m⁻¹ e extrapolando posteriormente os valores para hectare.

Para a determinação da altura média das plantas e inserção da primeira vagem, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, mediu-se a distância do colo da planta à extremidade apical da haste principal e do colo da planta à inserção da primeira vagem, respectivamente.

O número de vagens foi determinado quantificando todas as vagens com grãos, calculando-se a média de vagens por planta.

O número médio de grãos por planta, foi calculado multiplicando o valor médio do número de grãos por vagens pelo número de vagens encontradas por planta.

Para a avaliação da massa de mil grãos, foram separadas, conforme prescrições estabelecidas pelas Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), oito sub-amostras de 100 grãos, cujas massas foram determinadas em balança de precisão e corrigidas considerando-se o teor de água de 13%.

A produtividade foi estimada (kg ha⁻¹) com base nos componentes de rendimento da cultura.

3.4.5 Análises estatísticas

Os dados foram tabulados e analisados quanto a normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Hartley), respectivamente, afim de verificar o atendimento dos requisitos para o emprego da análise de variância (ANAVA). Em seguida, os dados foram submetidos a ANAVA considerando um nível de significância de 5% de probabilidade de erro para o teste F.

Para os dados das épocas de coleta (matéria seca remanescente), quando a análise de variância apresentou significância, estes foram ajustados a equação de regressão não linear com decaimento exponencial uma vez que dessa forma pode-se explicar o comportamento dos dados biológicos trabalhados, tendo-se levado em consideração, para escolha do modelo, a

significância e a magnitude dos coeficientes de determinação. As equações matemáticas e figuras foram obtidas por meio do Software SigmaPlot® 12.0.

Para os fatores qualitativos, quando significativos, aplicou-se o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro para comparação das médias, utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se interação significativa entre o tempo de decomposição (0, 20, 40, 60, 80, e 110 dias após o manejo-DAM) e as plantas de coberturas (nabo+aveia, nabo, aveia, ervilhaca e pousio) ($p < 0,01$) e entre o tempo de decomposição e manejo (rolo-faca e triturador) ($p < 0,05$), para a variável matéria seca remanescente.

Ao analisar todas as coberturas, a cinética de decomposição dos resíduos culturais apresentou um padrão semelhante, observando um progressivo decréscimo exponencial da fitomassa ao longo de todo período avaliado (0-110 dias).

As coberturas que produziram menos fitomassa inicial foram a ervilhaca e o pousio (6725,44 e 4790,72 kg ha⁻¹, respectivamente) assim como sofreram decomposição mais rapidamente, onde ao final do período (110 DAM) apresentaram redução de 91% (6133,95 kg ha⁻¹) e 90% (4309,94 kg ha⁻¹) da matéria seca inicial respectivamente (Figura 2A), ficando com apenas 9% (591,49 kg ha⁻¹) e 10% (480,79 kg ha⁻¹) de sua fitomassa sobre o solo (Figura 2B).

Essa perda de MS observada na área no pousio pode ser explicada pelo predomínio das espécies espontâneas (família mais abundante era *Asteraceae*: picão preto-*Bidens pilosa* e serralha-*Sonchus oleraceus*) que associada a baixa produção de biomassa (quando comparada com as outras coberturas), acabaram apresentando rápida decomposição. Já a ervilhaca comum, pertencente à família *Fabaceae* e possui baixa relação C/N (em torno de 18) o que favoreceu sua acelerada decomposição.

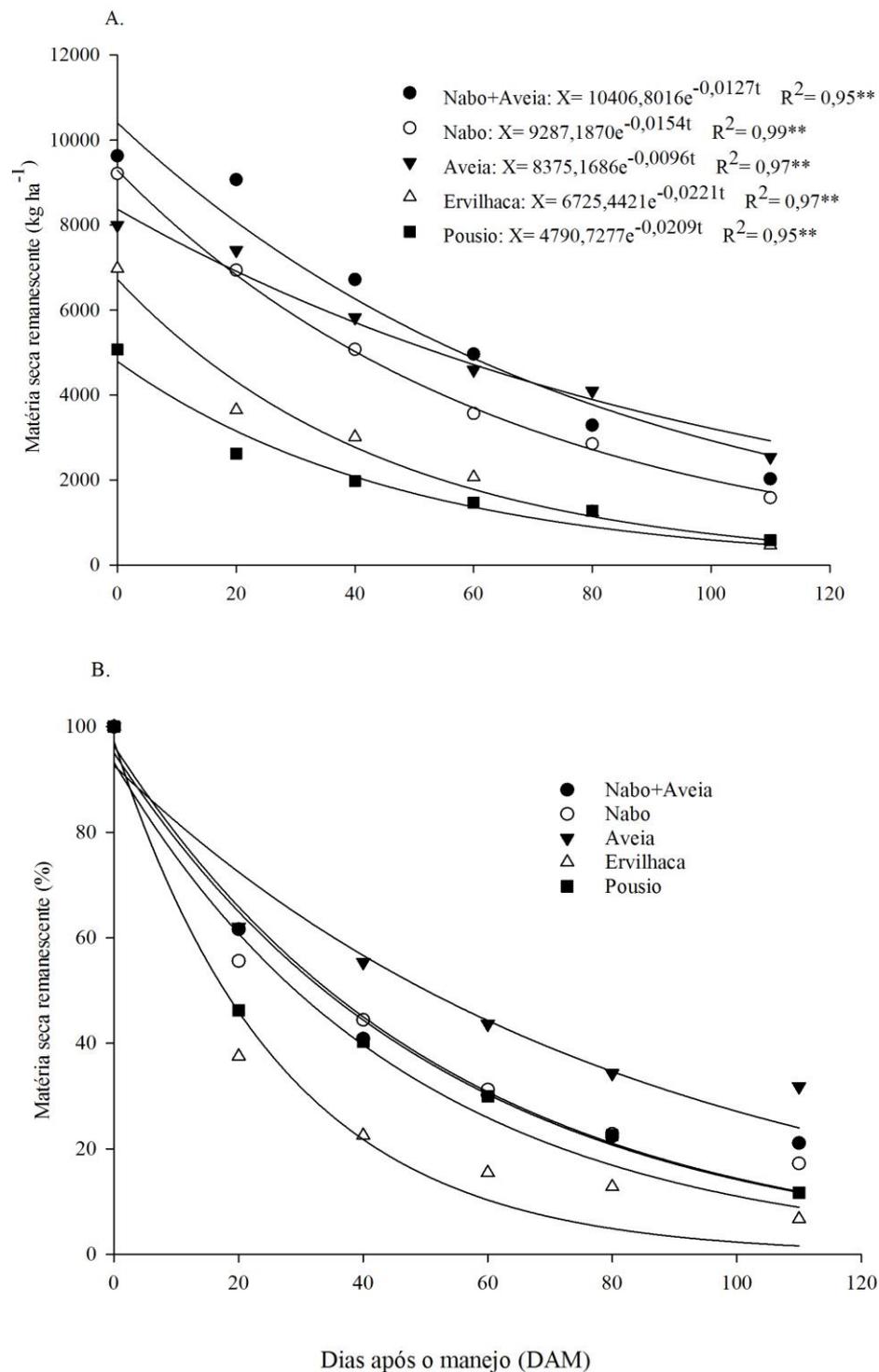


Figura 2 - Matéria seca formada (0 dias) e remanescente (demais períodos) em kg ha^{-1} (Figura A) e % (Figura B) das plantas de cobertura de inverno ao longo do período avaliado (0-110 dias), ** ($p < 0,01$).

Tais resultados estão de encontro com os obtidos Ziech et al. (2015), onde aos 122 dias após a deposição das bolsas de decomposição sobre o solo (ano agrícola 2011/2012), foi verificado que a ervilhaca comum apresentou somente 20% (472 kg ha^{-1}) dos resíduos em

cobertura. Isso evidenciou o baixo potencial de proteção do solo, ao longo do tempo, pela leguminosa isolada.

As plantas da família das leguminosas (*Fabaceae*) por apresentarem relação C/N mais baixa (<25) e reduzidos teores de lignina, apresenta maior disponibilidade de nutrientes em um curto espaço de tempo, devido ao favorecimento da rápida decomposição, liberando N para o solo, ficando parte do nutriente para as culturas desde o início do seu desenvolvimento (BRANCALÃO et al., 2015; SEIDEL; MOTTIN, 2016).

Aos 110 dias após o manejo, registrou-se a seguinte escala de permanência de fitomassa sobre o solo: aveia (35%) > nabo+aveia (25%) > nabo (18%) > pousio (10%) > ervilhaca (9%) (Figura 2B). Ao final do experimento (110 DAM), a aveia solteira e o nabo+aveia foram as coberturas que deixaram maiores quantidades de fitomassa remanescente, 2913,25 e 2573,99 kg ha⁻¹ respectivamente.

A aveia apresenta grande capacidade de cobrir o solo por um período maior de tempo em razão principalmente da lenta degradação de seu material. Esta menor degradação pode estar associada, entre outros fatores, a sua composição e alta relação C/N (em torno de 37). Assim, a presença dos resíduos culturais sobre a superfície o solo preserva-o contra o impacto da gota da chuva, reduzindo o risco de erosões e mantém a umidade. Também aumenta o aporte de matéria orgânica, favorece o desenvolvimento da biota e a ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, melhora a qualidade física e química do solo (MATTEI et al., 2018).

Ziech et al. (2015), constaram ao longo do período avaliado (122 dias), que a aveia preta foi uma das espécies que apresentou maior manutenção, com cerca de 41% - (1.242 kg ha⁻¹) de MS remanescente em cobertura do solo.

A manutenção de uma quantidade efetiva de resíduos culturais (palha) sobre a superfície do solo é um aspecto fundamental dos sistemas de manejo conservacionistas contribuindo entre outros fatores com o adequado controle da erosão que é considerada um dos principais problemas das áreas agrícolas no Brasil e no mundo (ALBAN et al., 2017).

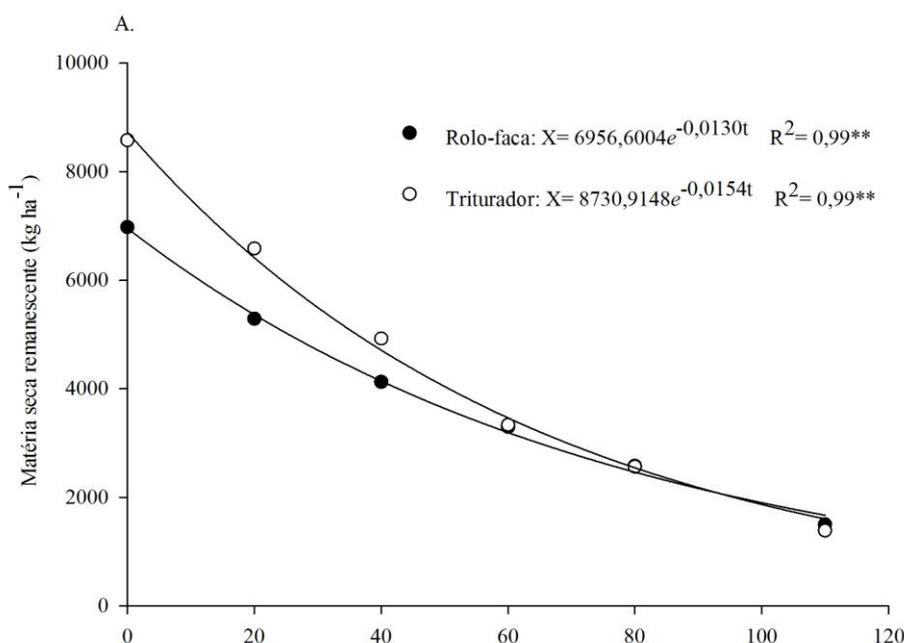
A presença da aveia no consórcio com o nabo reduziu a velocidade de decomposição dos resíduos culturais em relação ao nabo. Com isso, a curva de decomposição do consórcio situou-se num patamar intermediário ao observado na aveia e nabo solteiro e esse aspecto favoreceu a maior permanência da fitomassa produzida no consórcio no final do período avaliado.

Os consórcios, além de proteger o solo ao proporcionar a manutenção de resíduos em sua superfície, apresentam potencial adição de nutrientes ao sistema e seu fornecimento às

culturas subsequentes, através do processo de decomposição e ciclagem de nutrientes (ZIECH et al., 2015).

Na figura 3 é apresentado o resultado da decomposição das plantas de cobertura ao longo do tempo em função dos equipamentos utilizados em seu manejo. É possível verificar que a matéria seca remanescente inicial das plantas manejadas com o triturador foi 8730,91 kg ha⁻¹; portanto, 25% maior que a observada com o rolo-faca (6956,60 kg ha⁻¹) (Figura 3A). Essa diferença pode ser justificada no momento da coleta do material manejado, onde o triturador proporcionou a fragmentação da vegetação e com isso também houve a formação de camadas mais espessas da fitomassa sobre o solo e possivelmente, essas camadas podem ter sido coletadas o que influenciou diretamente na diferença de MS inicial.

Nos primeiros 60 DAM foi verificado a maior taxa de decomposição diária (TDD) do material vegetal manejado com o triturador e rolo-faca, atingido valores de 88 e 63 kg MS/ha/dia respectivamente (Figura 3A). Neste período, o triturador acelerou em 40% a decomposição da matéria seca em relação ao rolo-faca. Isso porque o triturador promove o corte do material aportado, reduzindo seu tamanho. Enquanto que o rolo-faca apenas realiza o acamamento mecânico do material vegetal.



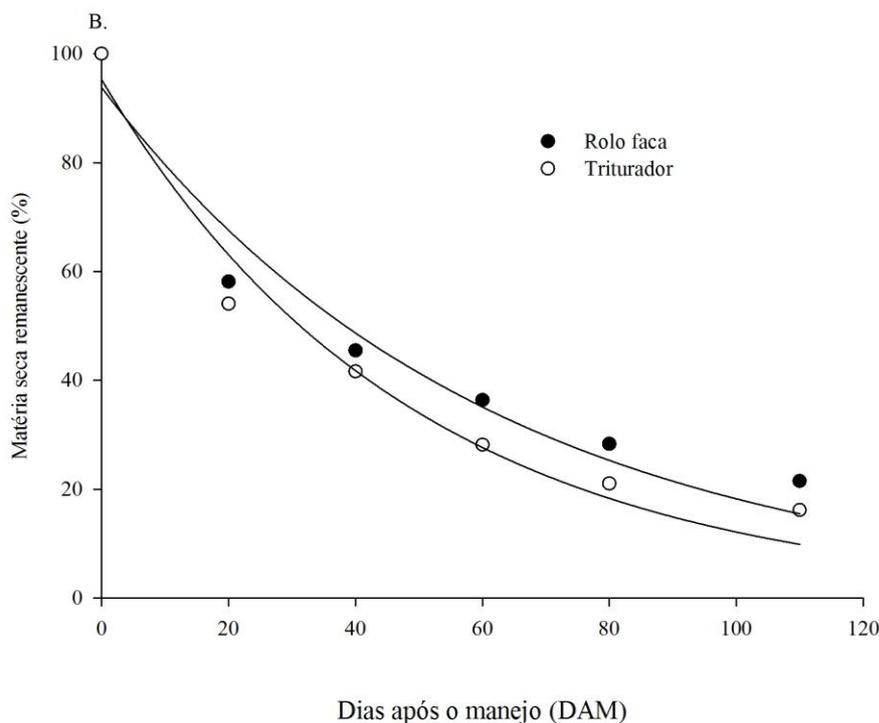


Figura 3 - Matéria seca formada (0 dias) e remanescente (demais períodos) em kg ha^{-1} (Figura A) e % (Figura B) das plantas de cobertura manejadas com rolo-faca e triturador no período avaliado (0-110 dias), ** ($p < 0,01$).

A fragmentação da fitomassa proporciona maior exposição (maior superfície específica) aos microrganismos que associado aos efeitos climáticos de precipitação e temperatura constatados aos 60 dias, favoreceu a microbiota do solo e com isso a decomposição mais acelerada do material vegetal manejado. Também não se pode ignorar a importância da atividade da mesofauna numa etapa inicial de degradação física do material, expondo maior superfície de contato ao ataque da biomassa microbiana (ALVARENGA et al., 2001).

Além disso, deve-se levar em consideração que as folhas são as primeiras estruturas a serem degradadas pela fauna edáfica do solo e isso também pode estar associado a rápida decomposição da fitomassa nos primeiros dois meses após o manejo das plantas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2014), que avaliando a decomposição da palhada de *U. brizantha* e *U. ruziziensis* em função de diferentes manejos (roçadora, triturador de palha, rolo-faca e planta inteira), verificou que a decomposição da biomassa no manejo feito com o triturador foi mais acelerada em relação aos demais.

Segundo Alban et al. (2017), os trituradores de restos culturais fragmentam a vegetação e distribuem o material de maneira mais uniforme sobre a área e associado a cultura

(relação C/N) e a região (altas temperaturas e elevada umidade), poderá acelerar a decomposição da palhada e deixar o solo descoberto. Porém, com este equipamento é possível realizar a fragmentação de caules mais lignificados ou excesso de cobertura e evitar que os mesmos causem obstrução ou embuchamento de implementos utilizados para semeadura posterior.

Após aproximadamente 60 dias, foi possível observar que as curvas de decomposição dos resíduos manejados com o triturador e rolo-faca apresentaram padrões similares na cinética de decomposição, onde seus efeitos em termos de quantidade de matéria seca remanescente ficaram próximos (Figura 3A e 3B).

Sabe-se que a ação da biomassa microbiana diminui rapidamente após o consumo da fração mais lábil da fitomassa (parte mais facilmente decomponível), o que pode justificar a lenta decomposição dos resíduos após esse período (ARAGÃO, 2015). Além disso, fatores climáticos podem também ter sido preponderantes nesse processo, uma vez que após esse período obteve-se os menores índices pluviométricos e aumento da temperatura ocorridos entre novembro e dezembro (Figura 1). Estes comportamentos comprovam que as condições climáticas locais influenciam decisivamente a biomassa microbiana do solo que atuam na decomposição desta palhada, que alteram a velocidade de decomposição e aumento do tempo de vida dos resíduos vegetais.

Ao final das avaliações (110 dias), restaram sobre o solo 19 e 24% (1611,02 e 1664,78 kg ha⁻¹) da fitomassa das plantas manejadas com o rolo-faca e triturador respectivamente, sendo que o rolo-faca proporcionou a permanência de 5% de matéria seca sobre o solo a mais que o triturador (Figura 3B).

Quanto ao tempo de meia vida ($T^{1/2}$) (Tabela 2) para decomposição dos resíduos, observou-se que metade da fitomassa vegetal proveniente da área com a aveia preta havia se decomposto aos 72 dias. Vale ressaltar também que o valor da constante de decomposição (k) para esta cultura foi o menor (0,0096) o que influi diretamente na elevação do valor de $T^{1/2}$, resultando assim no processo de decomposição mais lenta do material.

A decomposição mais lenta da palhada decorre da maior proporção de material lignificado (colmos) e da alta relação C/N (> 30) da aveia preta (Silva et al., 2012), o que a caracteriza como planta de alta persistência. Resultado vantajoso pois preserva maior quantidade de resíduos sobre o solo, contribuindo para a manutenção de umidade e a proteção contra o efeito erosivo, e supressão de plantas espontâneas (CRUSCIOL et al., 2008; FAVARATO et al., 2014).

Acosta et al. (2014), ao estudarem a decomposição da fitomassa de plantas de cobertura observaram que o tempo de meia-vida da aveia preta foi em média 236 dias, sendo que aproximadamente 80% do material é considerado compartimento recalcitrante, ou seja, de decomposição mais lenta e difícil.

O menor $T^{1/2}$ foi obtido pela a ervilhaca comum aos 31 dias, portanto, sua decomposição foi duas vezes mais rápida do que a observada na aveia preta (72 dias), ou seja, no primeiro mês de avaliação, a metade de todo material já havia se decomposto. As plantas do pousio também apresentaram baixa meia vida aos 33 dias.

Para essas coberturas, os valores de k foram os maiores, sendo de 0,0221 para ervilhaca e 0,0209 para o pousio, portanto, pode-se inferir que a decomposição da palha destas coberturas sofreram decomposição mais rápida que as demais o que reforça o fato de que as mesmas apresentam uma acelerada perda de seus materiais em um curto espaço de tempo. Ou seja, a constante de decomposição é inversamente proporcional ao $T^{1/2}$, pois quando seu valor é maior, o do $T^{1/2}$ é menor.

Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Teixeira et al. (2012), onde o menor $T^{1/2}$ foi obtido na área com vegetação espontâneas (composta predominantemente por leguminosas), este comportamento foi relacionado com a composição da espécie, que apresentou relação C/N de 11, a menor entre as plantas estudadas e, desta forma, favorecendo a decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais.

O consórcio (nabo+aveia) e o nabo solteiro apresentaram $T^{1/2}$ próximos (55 e 45 dias, respectivamente). Estes valores são intermediários aos encontrados na ervilhaca e aveia.

Tabela 2- Parâmetros dos modelos ajustados ($X = X_0 \cdot e^{-kt}$) aos valores de matéria seca remanescente, tempo de meia vida ($T^{1/2}$) e Coeficiente de Determinação (R^2)

COBERTURAS	$X_0^{(1)}$	$k^{(2)}$	$T^{1/2(3)}$ Dias
Nabo+Aveia	10406,8016	0,0127	55
Nabo forrageiro	9287,1870	0,0154	45
Aveia preta	8375,1686	0,0096	72
Ervilhaca comum	6725,4421	0,0221	31
Pousio	4790,7277	0,0209	33
MANEJOS	$X_0^{(1)}$	$k^{(2)}$	$T^{1/2(3)}$ Dias
Rolo-faca	6956,6004	0,0130	53
Triturador	8730,9148	0,0154	45

⁽¹⁾ Quantidade inicial (kg ha^{-1}); ⁽²⁾ Constante de decomposição; ⁽³⁾ Tempo de meia vida.

Acosta et al. (2014) avaliando a dinâmica de decomposição em função da quantidade de resíduos aportados ao solo por plantas de cobertura de inverno utilizadas no SPD na região Sul do Brasil, constatou que a decomposição de metade dos resíduos da ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta ocorreu em torno de 1,6, 3,5 e 5,5 meses, respectivamente, valores estes acima do que foi encontrado neste trabalho.

Já para os manejos, as coberturas manejadas com rolo-faca apresentaram maior $T^{1/2}$ que o triturador (53 e 45, respectivamente), sendo que a decomposição do material manejado com o primeiro equipamento ocorreu de forma mais gradual que o segundo e isso pode ter sido um dos fatores que contribuíram para maior permanência da palhada renascente manejada com rolo-faca ao final das avaliações (Figura 3).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios para os componentes agronômicos e de produtividade da cultura da soja semeada em sucessão a plantas de cobertura. Com base nos resultados obtidos, constatou-se efeito significativo apenas para as coberturas ($p < 0,01$) sobre os diferentes componentes, indicando que o uso de determinadas plantas, refletirá nos caracteres agronômicos da soja.

Para o número de plantas por hectare (NP) e massa de mil grãos (MMG) de soja, as coberturas não influenciaram significativamente. Os resultados de NP corroboram com os obtidos por Mottin (2016), onde a população final de plantas de soja não sofreu efeitos significativos das famílias e espécies de plantas de cobertura estudadas.

O número de plantas do presente trabalho ficou na faixa de 312.499 a 350.833 plantas ha^{-1} , sendo aceitáveis variações na população de plantas para a cultura da soja de 200.000 a 500.000 ha^{-1} (EMBRAPA, 2011). Populações acima da recomendada aumentam os gastos com sementes, podem provocar acamamento e não proporcionam acréscimos na produtividade; já a população abaixo da recomendada, favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em plantas muito ramificadas e de altura reduzida, o que eleva as perdas no momento da colheita (VAZQUEZ et al., 2008).

Quando analisado a altura de plantas (AP) de soja, os maiores valores desta variável foram encontrados nas parcelas que haviam anteriormente ervilhaca (69,56 cm), aveia (68,9 cm) e pousio (68,07 cm), sendo estas coberturas estatisticamente superiores as demais, porém não diferiram entre si.

As parcelas que haviam sido cultivadas com ervilhaca proporcionaram em média, a maior altura de inserção da primeira vagem (AIPV) de soja (12,62 cm), porém, não diferiram

estatisticamente das demais, com exceção do consórcio (nabo+aveia), que apresentou menor AIPV (9,83 cm).

Para o número de vagens e grãos por planta (NVP e NGP), pode-se constatar que a soja cultivada nas parcelas que foram compostas por aveia, apresentaram os maiores valores médios (62,00 e 144,00, respectivamente), quando comparado com o restante das coberturas, sendo também estatisticamente superior ao nabo e nabo+aveia, não diferindo dos demais.

Com base nos resultados foi possível observar que nas parcelas compostas por nabo solteiro e nabo+aveia, obteve o menor desempenho sobre as características agrônômicas da soja: AP (57,90 e 58,98 cm), AIPV (10,43 e 9,83 cm), NVP (40 e 39 cm) e NGP (95 e 91cm). Esses resultados podem estar relacionados em parte a época de manejo das coberturas, uma vez que esta ocorreu tardiamente, o que ocasionou o ressemeio do nabo, e com isso, uma competição inicial entre a soja e a cobertura, o que conseqüentemente afetou os componentes da cultura de verão.

Outro fator que pode ter influenciado neste resultado foi o ataque de pragas que ocorreu durante o desenvolvimento da cultura. Apesar de controladas, houve danos no início do ataque que afetou algumas características agrônômicas.

Tabela 3- Resultados médios para o número de plantas (NP), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos de soja, em função do cultivo em sucessão a plantas de cobertura de inverno, safra 2018/2019

Plantas de cobertura	NP	AP	AIPV	NVP	NGP	MMG	Produtividade
	---ha---	-----cm-----				----g----	----kg ha ⁻¹ ----
Nabo+Aveia	350.833 ^{ns}	58,98 b	9,83 b	39,00 b	91,00 c	160,20 ^{ns}	3828.94 ^{ns}
Nabo	312.499	57,90 b	10,43 ab	40,00 b	95,00 bc	160,10	3489.49
Aveia	338.333	68,90 a	11,16 ab	62,00 a	144,00 a	141,04	3693.67
Ervilhaca	320.833	69,56 a	12,62 a	57,00 ab	134,00 ab	157,47	3465.68
Pousio	333.333	68,07 a	11,73 ab	53,00 ab	123,00 abc	148,86	3488.08
DMS	64741,61	4,42	2,74	17,72	41,88	26,35	468,06
CV %	13,38	4,69	16,83	24,15	24,4	11,75	8,92

^{ns}não significativo pelo teste F (p<0,05); DMS: Diferença Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A produtividade estimada da cultura da soja não foi influenciada pelas culturas antecessoras. Porém, a soja semeada após consórcio e ervilhaca apresentaram em magnitude os maiores e menores valores, em torno de 3828.94 e 3465.68 kg ha⁻¹. Isso demonstra que, após o primeiro ciclo de cultivo destas plantas, não há influência direta no aumento ou diminuição do potencial produtivo da cultura de verão. Os dados indicam que todas estas plantas de cobertura podem ser incluídas, sem prejuízos na produtividade, num sistema de sucessão com a cultura de soja, uma vez que o rendimento de grãos não mostrou diferença.

Este fato pode ter ocorrido devido ao experimento ser realizado apenas em uma safra, o que confirma a necessidade de repetição em anos consecutivos, para que assim, se obtenha resultados mais consistentes e seja possível definir com maior precisão, quais plantas podem proporcionar maiores produtividades para a cultura de verão na região Oeste do Paraná.

Sanchez (2012) e Wolschick (2014), também não observaram diferenças na produtividade da soja em sucessão as plantas de cobertura. Assim como Barbosa et al. (2011) e Sanchez et al. (2014), que não encontraram diferenças significativas para o cultivo da soja em sucessão a diferentes plantas de cobertura.

Em um estudo realizado por Mottin (2016), foi verificado que os resultados de produtividade obtidos na cultura da soja, demonstraram que apenas um ciclo de cultivo de plantas de cobertura do solo (aveia, braquiária, ervilha forrageira e tremoço) não influenciam diretamente no aumento ou redução do potencial produtivo da cultura, demonstrando dessa forma que as plantas avaliadas no estudo, podem ser incluídas no sistema de rotação e/ou sucessão de culturas sem prejuízos na produtividade, uma vez que o rendimento de grãos não apresentaram diferenças significativas.

3.6 CONCLUSÕES

A ervilhaca comum e o pousio apresentaram maiores decomposições e menor $T^{1/2}$ de seus resíduos. A aveia preta e o consórcio nabo+aveia obtiveram maior permanência sobre o solo assim como $T^{1/2}$, sendo uma boa opção para manter o solo coberto.

O manejo das coberturas com o triturador resultou em maior decomposição diária no período de 60 dias. A taxa de decomposição da fitomassa foi menos acentuada com o manejo rolo-faca.

A semeadura da soja sobre palhada de ervilhaca apresentou maiores valores de AP e AIPV. Já para as variáveis NVP e NGV, os maiores valores foram encontrados nas parcela da aveia. O cultivo das plantas de cobertura não apresentou diferença na produtividade de grãos de soja cultivada em sucessão.

3.7 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**, v. 44, n. 5 p. 801-809, 2014.

ALBAN, A. A. Mecanização Agrícola. In: Mazaro, S. M.; Challiol, M. A.; Alban, A. A.; Zorzzi, I. C (Org.). **Sistema de produção Soja Orgânica**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2017. p. 97-128.

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

ARAGÃO, J. I. O. **Plantas de cobertura e dinâmica do carbono orgânico do solo nas condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia**. 2015. 68 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas)- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, 2015.

ARAÚJO, L. S.; CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NETTO, M. S.; OLIVEIRA, F. C. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 5, p. 483-488, 2015.

BARBOSA, C. E. M.; LAZARINI, E.; PICOLI, P. R. F.; FERRARI, S. Plantas de cobertura em região de inverno seco para semeadura direta de soja. **Científica**, Jaboticabal, SP, v. 39, n. 1-2, p. 52-64, 2011.

BLAINSKI, É.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 975 - 983, 2008.

BRANCALIÃO, S. R.; AGUIAR, A. T. E.; BRANCALIÃO, E. M.; LIMONTA, C. R.; ROSSI, C. E.; CRISTOVÃO, N. N. Produtividade e composição dos grãos de soja após o aporte de nitrogênio com o uso de culturas de cobertura em sistema de semeadura direta. **Revista Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 69-73, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura da soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2014.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina, Instituto agrônomo do Paraná (IAPAR), 2000.

CONAB. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos**. Safra 2019/2020. v. 7. n. 4. Quarto levantamento/janeiro 2020. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. p. 1-104.

CONCEIÇÃO, P. C.; CALEGARI, A.; HOJO, R. H. Plantas de cobertura e rotação de culturas. In: MAZARO, S. M.; CHALLIOL, M. A.; ALBAN, A. A.; ZORZZI, I. C (Org.). **Sistema de Produção Soja Orgânica**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2017. p. 129-166.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. DE. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 166-173, 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**, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

EMBRAPA. **Tecnologias e produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. 1ª ed. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2011. 261 p.

FAVORATO, L. F.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, J. L.; GUARÇONI, R. C.; SOUZA, C. M.; CUNHA, D. N. Population density and weed infestation in organic no-tillage corn cropping system under different soil covers. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 739-746, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG , v. 35, n. 6, p. 567-577, 2011.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em LATOSSOLO VERMELHO distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

MATOSO, A. O.; SOUZA, L. C. F.; ANDRADE, L. H. L.; PEDROSO, F. F.; COSTA, N. R. Desempenho agrônomo da cultura do milho sob diferentes plantas de cobertura no cerrado. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 3, p. 29-34, 2015.

MATTEI, E.; RABELLO, P. S. R. de.; RAMPIM, L.; EGEWARTH, J. F.; REGO, C. A. R. de. M.; PIANO, J. T.; HERRERA, J. L. de. Remaining straw and release of nutrients from oat managed in integrated crop-livestock. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 1, p. 2006-2015, 2018.

MOTTIN, M. C. **Efeito de plantas de cobertura cultivadas no inverno nas propriedades físicas do solo e na produtividade de soja e milho em sucessão**. 2016. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016.

NEGRINI, A. C. A. **Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes**. 2007. 113 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F. A.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2029-2037, 2011.

REDIN, M.; GIACOMINI, S.J.; FERREIRA, P.A.A.; ECKHARDT, D.P. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: Tiecher, T (org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre- UFRGS, 2016, p. 7-22.

SANCHEZ E.; MAGGI M. F.; GENÚ A. M.; MÜLLER M. M. L. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 26, n. 3, p. 266-275, 2014.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SEIDEL, E. P.; MOTTIN, M. C. Plantas de cobertura ou adubo verde na agricultura orgânica. In: Seidel; E.P.; Mello, E. C. T. de Zambom, M. A (Org.). **Sustentabilidade agropecuária em sistemas agroecológicos e orgânicos de produção**. Marechal Cândido Rondon-PR: Unioeste, 2016. p. 161-169.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 3.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. 841p.

SOUZA, M. F. P.; DAL BEM, E. A.; FRANCO, A. A.; MACEDO, H. R.; NAKAO, A. H.; VIOTTO, G. F. V. Atributos químicos do solo e fosfatase ácida do feijoeiro em decorrência do uso de fertilizantes fosfatado e plantas de cobertura. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 7, n. 3, p. 76-86, 2014.

TEIXEIRA, C.M., LOSS, A., PEREIRA, M.G., PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361,1993.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 01-011, 2008.

WOLSCHICK, N. H. **Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015.

4 CAPÍTULO II: FRAÇÕES QUÍMICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO CULTIVO DE PLANTAS DE COBERTURA E SOJA EM SUCESSÃO

4.1 RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações na qualidade do solo a partir das frações químicas da matéria orgânica e teor de carbono orgânico total no solo em dois períodos distintos: após cultivo de plantas de cobertura de inverno submetidas a manejo mecânico e após a colheita da soja semeada em sucessão. Para avaliação do fracionamento químico da matéria orgânica, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial (5x2), subdividido no tempo, com quatro repetições, sendo constituído de cinco coberturas de solo: uma da família *Poaceae* (aveia preta- *Avena strigosa* S.), uma da família *Fabaceae* (ervilhaca comum- *Vicia sativa* L.), uma da família *Brassicaceae* (nabo forrageiro-*Raphanus sativus* L.), consórcio da família *Poaceae* + *Brassicaceae* (nabo+aveia) e área em pousio; dois equipamentos que foram utilizados para manejo das plantas de cobertura: rolo-faca e triturador de plantas. E dois períodos de coleta das amostras de solo: após o manejo das plantas de cobertura (Pós-PC) e após a colheita da soja (Pós-Soja). As coletas de solo foram realizadas em dois períodos: após o manejo mecânico das plantas de cobertura e após a colheita da soja. Foram efetuadas 3 amostras simples por parcela para formar uma amostra composta representativa nas profundidades de 0-0,5 m, 0,5-0,10 m e 0,10-0,20 m. As avaliações foram realizadas em laboratório. Foram identificados variações nos teores de COT, frações humificadas e suas relações, nos dois períodos de avaliação, indicando que as plantas de coberturas utilizados na pesquisa influenciaram diretamente as propriedades químicas do solo, nas diferentes camadas avaliadas, reafirmando a hipótese testada. De forma geral, considerando todas as camadas avaliadas, o período Pós-PC apresentou destaque em termos valores de COT, frações humificadas e suas relações, evidenciando que logo após o manejo das coberturas com os equipamentos, já pode-se observar alterações dessas variáveis nas diferentes camadas, mostrando assim, a grande capacidade que as espécies de coberturas tem de influenciar os caracteres do solo.

Palavras-chave: Cobertura do solo. Manejo mecânico. Períodos de avaliação. Qualidade do solo.

4.2 ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate changes in soil quality from chemical fractions of organic matter and total organic carbon content in the soil in two different periods: after cultivation of winter cover plants subjected to mechanical management and after harvest of soybean sown in succession. To evaluate the chemical fractionation of organic matter, the experimental design used was randomized blocks (DBC), in a factorial arrangement (5x2), subdivided over time, with four replications, consisting of five soil coverings: one from the Poaceae family (black oats- *Avena strigosa* S.), one from the Fabaceae family (common vetch- *Vicia sativa* L.), one from the Brassicaceae family (forage turnip-*Raphanus sativus* L.), consortium from the Poaceae + Brassicaceae family (turnip + oats) and area fallow; two pieces of equipment that were used for the management of cover plants: knife roller and plant shredder. And two periods of collection of soil samples: after the management of cover crops (Post-PC) and after the soybean harvest (Post-Soy). Soil collections were carried out in two periods: after the mechanical management of the cover plants and after the soybean harvest. Three simple samples were made per plot to form a representative composite sample at depths of 0-0.5 m, 0.5-0.10 m and 0.10-0.20 m. The evaluations were carried out in the laboratory. Variations in the TOC contents, humidified fractions and their relationships were identified in the two evaluation periods, indicating that the cover crops used in the research directly influenced the chemical properties of the soil, in the different layers evaluated, reaffirming the tested hypothesis. In general, considering all the evaluated layers, the Post-PC period was highlighted in terms of TOC values, humidified fractions and their relationships, showing that soon after handling the coverings with the equipment, changes in these variables can already be seen in different layers, thus showing the great capacity that cover species have to influence soil characteristics.

Keywords: Soil covering. Mechanical handling. Evaluation periods. Soil quality.

4.3 INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas de manejo utilizados na agricultura, o sistema de plantio direto (SPD) é uma forma de cultivar o solo de maneira que se garanta a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e também o sucesso produtivo, reduzindo os impactos negativos sobre os recursos naturais, minimizando tanto as perdas de solo como as de carbono orgânico total (COT) (PEREIRA et al., 2013). Isso se dá devido à manutenção dos resíduos vegetais em superfície e à proteção física da matéria orgânica do solo (MOS) no interior dos agregados. Estes benefícios são influenciados pelo tipo de solo, clima e com o manejo realizado (SIX et al., 2004; SALTON et al., 2011).

A eficiência do SPD em manter o estoque de carbono orgânico do solo está relacionada ao manejo de culturas, a um sistema de rotação de culturas, que produza adequada quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo durante todo o ano (CERETTA et al., 2002). Portanto, a utilização de plantas de cobertura antecedendo as culturas comerciais é um aspecto importante, e que possibilita a garantia de que se mantenha boa quantidade de palhada sobre o solo, favorecendo a consolidação do SSD e o aumento dos teores de carbono no solo (SANTOS et al., 2012) ao longo dos anos de adoção deste sistema de cultivo (ANGHINONI, 2007).

Para avaliar a qualidade de um solo, a MOS é um dos atributos mais utilizados, pois detecta alterações nos teores de carbono orgânico e conseqüentemente, nos sistemas agrícolas (CAMPOS e ALVES, 2008). No solo, a matéria orgânica é todo material que contenha carbono orgânico o que inclui resíduos vegetais e animais, microrganismos, biomassa microbiana, raízes e húmus (BERG; LASKOWSKI, 2006).

A MOS desempenha papel fundamental nas funções do solo, indicando as alterações do ambiente edáfico, sendo que as formas de carbono orgânico e as características químicas e físicas do solo estão estreitamente relacionadas e variam de acordo com o manejo aplicado (CARVALHO et al., 2010; BALDOTTO et al., 2010). Entretanto, os benefícios trazidos pela adição de material vegetal ao solo levam algum tempo para serem observados de maneira significativa, pois o processo de reestruturação e melhoria da qualidade do ambiente edáfico é bastante complexo, principalmente em solos mais intemperizados (BRONICK e LAL, 2005) e com usos agrícolas mais intensos (PICOLI, 2013).

A MOS do solo é composta de substâncias húmicas (SH) que se formam por meio da transformação dos resíduos orgânicos, resultado da decomposição da MOS e são diferenciados por meio de sua solubilidade. São divididos em ácidos fúlvicos (AF), ácidos

húmicos (AH) e humina (HUM) que são consideradas a parte humificada da MOS no solo. A fração humificada constitui aproximadamente 70 a 80% da MOS (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e 85 a 90% do COT (GUERRA et al., 2008) e tem maior permanência no solo, onde sua principal função é atuar sobre as condições físicas e químicas do solo, além de ser importante no sequestro de C atmosférico (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Os AF são os compostos de maior solubilidade por apresentarem maior polaridade e menor tamanho e massa molecular, sendo os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions no solo. São constituídos por polissacarídeos, aminoácidos e compostos fenólicos, que são mais reativos do que as outras duas frações (AH e HUM) (SILVA; MENDONÇA, 2007; PFLEGER; CASSOL; MAFRA, 2017).

Os AH apresentam pouca solubilidade em solos tropicais devido à acidez encontrada, e por isso seu teor é menor que os teores de AF. São responsáveis pela maior capacidade de troca catiônica (CTC) de origem orgânica nas camadas superficiais do solo (BENITES; MADARI, MACHADO, 2003).

A HUM apesar de apresentar baixa reatividade, é responsável pela agregação das partículas minerais do solo e, na maioria dos solos tropicais, representa boa parte do C humificado do solo (BENITES; MADARI, MACHADO, 2003). A HUM é a fração do C que está mais intimamente associada aos colóides minerais do solo (CANELLAS et al., 2000, LI et al., 2015). A predominância da fração HUM, em relação às demais SHs, deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo, conferindo resistência à degradação microbiana (EBELING et al., 2011).

Em algumas situações, não é possível identificar o impacto do manejo do solo somente com análise da variação dos teores de COT (BARRETO et al., 2011). Neste caso, é importante que se conheça a forma de distribuição dos diferentes compartimentos que compõem a MOS, como o carbono (C) das frações húmicas para que esses atributos possam ser utilizados como indicadores de qualidade do solo ao longo do tempo de cultivo (BARRETO et al., 2011; BEZERRA et al., 2013).

A avaliação da dinâmica da MOS em sistemas de produção por meio do fracionamento químico, auxilia no estabelecimento de estratégias de recomendação de uso e de manejo que garantam incremento no conteúdo de MOS, beneficiando as suas frações, reduzindo o impacto da agricultura sobre o ambiente, através do conhecimento do potencial de captura e armazenamento de C nos diferentes sistemas, contribuindo assim, para a qualidade do solo ao longo do tempo de cultivo (LOSS et al., 2011; ROSSI et al., 2011; JHA et al., 2017).

Assim, a utilização de plantas de cobertura promove o maior aporte de fitomassa na superfície do solo e associado a práticas de manejo mecânico, pode proporcionar alteração nas frações da MOS. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar as alterações na qualidade do solo a partir das frações químicas da matéria orgânica e teor de carbono orgânico total no solo em dois períodos distintos: após cultivo de plantas de cobertura de inverno submetidas a manejo mecânico e após a colheita da soja semeada em sucessão.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Localização e caracterização da área experimental

As informações sobre a localização e caracterização da área de estudo estão apresentadas no item 3.4.1 do Capítulo I (pág. 12).

4.4.2 Delineamento, implantação e condução do experimento

Para avaliação do fracionamento químico da matéria orgânica, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial (5x2), subdividido no tempo, com quatro repetições, sendo constituído de cinco coberturas de solo: uma da família *Poaceae* (aveia preta- *Avena strigosa* S.), uma da família *Fabaceae* (ervilhaca comum- *Vicia sativa* L.), uma da família *Brassicaceae* (nabo forrageiro-*Raphanus sativus* L.), consórcio da família *Poaceae* + *Brassicaceae* (nabo+aveia) e área em pousio; dois equipamentos que foram utilizados para manejo das plantas de cobertura: rolo-faca e triturador de plantas. E dois períodos de coleta das amostras de solo: após o manejo das plantas de cobertura (Pós-PC) e após a colheita da soja (Pós-Soja).

As informações sobre a implantação e condução do experimento estão apresentadas no item 3.4.3 e 3.4.4 do Capítulo I (pág. 15 e 16).

4.4.3 Coletas de amostras de solo e análises laboratoriais

As coletas de solo foram realizadas em dois períodos: 20 dias após o manejo mecânico das plantas de cobertura e 12 dias após a colheita da soja. Com o auxílio de uma pá de corte foram efetuadas 3 amostras simples por parcela para formar uma composta representativa nas profundidades de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m para avaliação do fracionamento químico da matéria orgânica. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas ao laboratório.

As análises foram realizadas nos Laboratórios de Física do Solo e de Fertilidade e Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon. A determinação do COT do solo foi realizada através da metodologia adaptada de Yeomans e Bremner (1988). O fracionamento químico da MOS foi realizado seguindo a técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996), conforme adaptações de Benites, Madari e Machado (2003). Assim, foram quantificados os teores de C orgânico das frações de AF, AH e HUM, mediante a oxidação do carbono por dicromato de potássio em meio sulfúrico sob aquecimento e, titulação com sulfato ferroso amoniacal. Em seguida, foram calculadas as relações entre os teores de carbono das frações ácido húmico e ácido fúlvico - AH/AF (indica a mobilidade do carbono no solo e o grau de humificação), a relação entre as frações solúveis do extrato alcalino e o teor de C na fração humina- EA/HUM (indica a iluviação de matéria orgânica no perfil do solo), e o EA (carbono do extrato alcalino): $EA=AF+AH$.

Para a determinação dos teores de carbono orgânico das substâncias húmicas do solo, primeiramente pesou-se a massa de 1,0 g de solo, o qual foi colocado em tubos de centrifuga de 50 ml. As amostras foram tratadas com NaOH 0,1 mol L⁻¹ (20 ml), agitadas manualmente por 1 minuto e deixadas em repouso por 24 h. Após o período de repouso, efetuou-se a separação do EA da HUM por meio da centrifugação a 3.000 rpm por 30 minutos e então recolheu-se o sobrenadante em tubos numerados. Em seguida reservou-se o EA, e adicionou-se mais 20 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ na fração HUM e agitou-se até a ressuspensão total do material precipitado, deixando em repouso por uma hora, sendo posteriormente a amostra centrifugada novamente a 3.000 rpm por 30 minutos; o sobrenadante foi recolhido juntamente com o EA já reservado, que resultou em um volume final de aproximadamente 40 mL. A fração HUM foi retirada dos tubos de centrifugação e transferida para placas de petri e colocadas em estufa até a secagem completa a 50°C.

O pH do extrato alcalino foi ajustado para 1,0 0 ($\pm 0,1$) pela adição da solução H₂SO₄ (20%) e deixado para decantar durante 18 h sob refrigeração. O material precipitado (AH) foi separado da fração solúvel (AF) por meio de centrifugação por 30 minutos. O AF foi reservado e seu volume completado 45 mL com NaOH 0,1 mol L⁻¹ e posteriormente aferido a 50 mL com água destilada. No AH adicionou-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ até o volume de 45 mL e agitou-se até completa solubilização, em seguida aferiu-se o volume a 50 mL com água destilada.

A determinação do C orgânico das frações AF e AH foi realizada através do uso de alíquotas de 5,0 mL do extrato, submetidas a 1,0 mL de dicromato de potássio $0,042 \text{ mol L}^{-1}$ e 5,0 mL de H_2SO_4 concentrado, posteriormente colocadas em bloco digestor a 150°C durante 30 minutos. Após o resfriamento, efetuou-se a adição de indicador ferroin e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. A fração HUM o C foi determinado usando a massa de 0,5 g, submetida a 5,0 mL de dicromato de potássio $0,1667 \text{ mol L}^{-1}$ e 10,0 mL de H_2SO_4 concentrado, posteriormente colocado em bloco digestor a 150°C por 30 minutos e após seu resfriamento, foi efetuado a adição de indicador ferroin e titulado com sulfato ferroso amoniacal $0,25 \text{ mol L}^{-1}$.

Para a determinação do carbono orgânico total do solo, utilizou-se uma massa de solo de 0,2 g passada em peneira de 0,2 mm (60 mesh) submetida a 5 mL de dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 7,5 mL de H_2SO_4 concentrado e posteriormente colocadas em bloco digestor a 170°C por 30 minutos. Após o resfriamento adicionou-se aproximadamente 50 mL de água destilada e indicador ferroin e efetuou-se a titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,2 \text{ mol L}^{-1}$.

4.4.4 Análises estatísticas

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5 % para o teste F. Quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constatado interação tripla significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os períodos de coleta de solo, plantas de cobertura e manejo para as variáveis COT, AF e AH (0,00-0,05 m), COT e AH (0,05-0,10 m) e AF e HUM (0,10-0,20 m). Os valores médios dos teores de carbono orgânico total e das frações húmicas da matéria orgânica do solo são apresentados na Tabela 1.

COT avaliado após o cultivo das plantas de cobertura (Pós-PC) até a profundidade de 0,10 m tiveram maiores teores quando manejadas com rolo-faca, exceto no tratamento com ervilhaca na profundidade de 0,05-0,10 m. Provavelmente, devido ao mecanismo de funcionamento deste equipamento que pode ter permitido maior contato com o solo da biomassa produzida.

Após-PC houve efeito das plantas de cobertura dentro do manejo com rolo-faca, e não houve diferença significativa no manejo com triturador. O consórcio de nabo+aveia até 0,010 m obteve os maiores teores de COT. Todavia, na profundidade de 0,05-0,10 m esta não diferiu do teor observado na área onde havia nabo. No consórcio houve maior produção de biomassa e o rolo-faca contribuiu para adição deste carbono até 0,10 m.

Os teores de COT após o cultivo da soja (Pós-Soja) para o manejo das plantas de cobertura diferiu significativamente entre si. Na área onde havia nabo+aveia (0,00-0,05 m) e pousio (0,05-0,10 m) quando manejadas com o triturador obtiveram os maiores teores de COT. O que pode ter contribuído para este resultado é que no manejo com triturador a matéria seca é reduzida de tamanho, e pode ter acelerado mais sua decomposição.

Ao avaliar COT nos dois períodos de coleta e manejos, observou-se que na profundidade de 0,00 até 0,10 m no período pós-soja, o nabo+aveia apresentou menor teor de COT quando manejada com rolo-faca; o que também foi observado na camada de 0,05-0,10 m, juntamente com o nabo e pousio.

Entretanto, no manejo com triturados observou diferenças significativas entre os períodos de coleta apenas na camada de 0,05-0,10 m. Os menores teores de COT foram no período pós-soja para os tratamentos nabo+aveia, nabo e ervilha.

Em um estudo realizado por Rosset et al. (2014), verificou-se na camada superficial que o consórcio de aveia+nabo forrageiro apresentou maiores teores de COT em relação às plantas monocultivadas, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. Resultados semelhantes foram obtidos por Salton et al. (2011) que também observaram maiores valores de COT na superfície do solo nos sistemas onde utilizou-se o SSD, fato esse relacionado com o maior aporte do material vegetal à superfície e ao não revolvimento do solo (BODDEY et al., 2010).

Anschau (2018) em seu trabalho verificou para COT maiores teores na camada mais superficial de avaliação (0,00-0,20 m), o que leva a maior retenção da umidade, melhor agregação do solo e maior retenção de cátions com o passar dos anos, características estas de grande importância quando se trata do cultivo de sistemas sustentáveis de produção (SOUZA; MELO, 2003).

Tabela 1- Teores médios (g kg⁻¹) para carbono orgânico total (COT), e carbono das frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM) em solo sob cultivo de plantas de cobertura de inverno manejadas com implementos agrícolas, em diferentes camadas de avaliação

		0,00-0,05 m							
Período	Cobertura	COT		AF		AH		HUM	
		Manejo		Manejo		Manejo		Manejo	
		Rolo-faca	Triturador	Rolo-faca	Triturador	Rolo-faca	Triturador	Rolo-faca	Triturador
Pós-PC	Nabo+Aveia	23,57 Aaa	12,66 Baa	3,69 Aaa	3,21 Aaba	3,80 Aaa	3,06 Aaa	4,65 ^{ns}	5,25 ^{ns}
	Nabo	12,78 Aba	13,08 Aaa	3,94 Aaa	3,93 Aaa	3,44 Aaba	3,67 Aaa	5,98	6,29
	Aveia	14,48 Aba	12,93 Aaa	3,48 Aaa	2,90 Aba	2,56 Bca	3,30 Aaa	5,78	5,80
	Ervilhaca	16,57 Aba	16,01 Aaa	2,56 Aba	3,32 Aaba	2,80 Bbca	3,09 Aaa	6,80	5,26
	Pousio	14,96 Aba	12,93 Aaa	3,61 Aaa	2,67 Bba	2,94 Abca	2,93 Aaa	8,12	4,29
Pós-Soja	Nabo+Aveia	14,03 Baβ	17,14 Aaa	2,18 Aaa	2,19 Aaa	2,04 Aaβ	2,36 Aabβ	9,22 ^{ns}	9,47 ^{ns}
	Nabo	15,68 Aaa	14,27 Aaa	1,93 Aaa	1,81 Aaa	1,98 Aaβ	1,76 Abβ	6,69	12,61
	Aveia	15,92 Aaa	16,11 Aaa	2,06 Aaβ	1,71 Aaa	2,09 Aaa	2,38 Aabβ	10,47	9,25
	Ervilhaca	15,62 Aaa	15,62 Aaa	1,97 Aaa	2,03 Aaβ	2,29 Aaa	2,48 Aabβ	8,26	9,92
	Pousio	16,59 Aaa	15,86 Aaa	1,98 Aaβ	2,18 Aaa	1,77 Aaβ	2,73 Aaa	8,46	9,45
		0,05-0,10 m							
Pós-PC	Nabo+Aveia	20,18 Aaa	14,78 Baa	3,4 ^{ns}	2,93 ^{ns}	4,04 Aaa	2,69 Baa	4,76 ^{ns}	4,25 ^{ns}
	Nabo	17,37 Aaba	14,60 Baa	3,44	3,44	3,11 Aba	3,14 Aaa	4,39	4,23
	Aveia	14,84 Aba	12,75 Baa	3,33	2,21	2,96 Aba	2,75 Aaa	9,39	4,19
	Ervilhaca	13,89 Bba	16,22 Aaa	2,34	2,94	2,71 Bba	3,08 Aaa	6,12	4,00
	Pousio	15,21 Aba	12,57 Baβ	3,63	2,64	2,96 Aba	2,68 Aaa	7,64	3,60
Pós-Soja	Nabo+Aveia	13,24 Aaβ	13,54 Aaβ	1,52 ^{ns}	1,91 ^{ns}	1,81 Baβ	2,61 Aaβ	10,58 ^{ns}	8,40 ^{ns}
	Nabo	13,54 Aaβ	11,95 Aaβ	1,84	2,00	2,18 Aaβ	2,03 Aaβ	9,15	9,85
	Aveia	14,64 Aaa	13,49 Aaa	1,70	1,34	1,71 Baβ	2,54 Aaa	6,74	8,52
	Ervilhaca	14,46 Aaa	12,59 Aaβ	1,62	1,82	2,10 Aaa	2,28 Aaβ	6,04	5,51
	Pousio	12,26 Baβ	15,26 Aaa	1,99	1,81	1,87 Baβ	2,63 Aaa	6,81	7,93
		0,10-0,20 m							
Pós-PC	Nabo+Aveia	17,29 ^{ns}	13,63 ^{ns}	3,02 Aaba	2,67 Aaba	2,27 ^{ns}	2,38 ^{ns}	3,48 Aba	4,26 Aaβ
	Nabo	17,95	16,03	3,52 Aaa	3,20 Aaa	2,65	2,48	3,58 Abβ	3,56 Aaβ
	Aveia	14,72	12,75	2,78 Aaba	2,18 Aba	2,07	2,27	11,60 Aaa	3,54 Baa
	Ervilhaca	12,12	13,48	2,16 Aba	2,48 Aaba	2,05	2,25	4,28 Aba	3,06 Aaa
	Pousio	17,21	17,19	3,36 Aaa	2,10 Bba	1,82	1,52	6,19 Aba	2,62 Baβ
Pós-Soja	Nabo+Aveia	11,53 ^{ns}	13,72 ^{ns}	1,47 Aabβ	1,89 Aaa	1,36 ^{ns}	1,86 ^{ns}	4,83 Bbca	7,02 Aaa
	Nabo	14,33	13,79	2,10 Aaβ	1,86 Aaβ	2,04	1,61	9,31 Aaa	7,74 Baa
	Aveia	14,64	13,24	1,83 Aaba	1,12 Aaβ	1,27	2,27	7,37 Aabβ	4,87 Baa
	Ervilhaca	12,95	11,99	1,21 Aba	1,58 Aaa	1,45	1,46	3,15 Aca	5,01 Aaa
	Pousio	13,18	12,58	1,50 Aabβ	1,81 Aaa	1,87	1,90	4,38 Bbca	8,17 Aaa

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para os manejo, minúscula para as coberturas na linha e gregas para os períodos na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. Pós-PC: Pós Plantas de cobertura.

Para a fração AF no período Pós-PC foi verificado que o manejo com o rolo-faca realizado no pousio resultou em maiores valores de AF (3,61 e 3,36 g kg⁻¹), tanto na camada de 0,00-0,05 m quanto na de 0,10-0,20 m quando comparado com o triturador. Em relação as coberturas, a que proporcionou menor AF foi a ervilhaca manejada com rolo-faca no Pós-PC (0,00-0,05 e 0,10-0,20 m) (2,56 e 2,16 g kg⁻¹) e no Pós-Soja (0,10-0,20 m) (1,21 g kg⁻¹).

Resultados semelhantes também foram obtidos por Anschau (2018), onde o tratamento com cultivo de ervilhaca foi o que obteve o menor teor ($2,27 \text{ g kg}^{-1}$). Já o nabo apresentou comportamento inverso obtendo as maiores média ($2,32$ e $3,2 \text{ g kg}^{-1}$) no período Pós-PC, nas duas profundidades.

Entre os períodos, a aveia e o pousio manejados com rolo-faca apresentaram os maiores teores de AF ($3,48$ e $3,61 \text{ g kg}^{-1}$), assim como a ervilhaca ($3,32 \text{ g kg}^{-1}$) com o triturador mostraram-se superiores no Pós-PC na camada de $0,00-0,05 \text{ m}$. Já na profundidade de $0,10-0,20 \text{ m}$, o consórcio nabo+aveia ($3,02 \text{ g kg}^{-1}$), nabo ($3,52 \text{ g kg}^{-1}$) e o pousio ($3,36 \text{ g kg}^{-1}$) manejados com rolo-faca e nabo ($3,20 \text{ g kg}^{-1}$) e aveia ($2,18 \text{ g kg}^{-1}$) manejado com o triturador apresentaram destaque em termos de valores no período Pós-PC na camada de $0,10-0,20 \text{ m}$.

Com isso, nota-se que os maiores teores de AF foram encontrados no período Pós-PC, evidenciando que logo após o manejo a decomposição de algumas espécies favoreceu a liberação de AF na camada superficial. A maior sensibilidade da fração AF está relacionada ao processo de estabilização da MO do solo, que começa com a formação de AF e segue em direção a AH e depois HUM. Assim, mudanças devido a adoção de diferentes sistemas de produção são esperadas na fração AF, já que reflete na primeira fase em direção à estabilização da matéria orgânica (ROSA et al., 2017).

Para fração AH, o manejo com o triturador realizado nas coberturas de solo aveia preta ($3,30 \text{ g kg}^{-1}$) e ervilhaca comum ($3,09 \text{ g kg}^{-1}$) no período Pós-PC (profundidade $0,00-0,05 \text{ m}$) e na grande maioria das plantas de cobertura no período pós-soja (profundidade $0,05-0,10 \text{ m}$), apresentaram os maiores teores de AH. Já quando analisa-se a profundidade de $0,05-0,10 \text{ m}$, é possível verificar que o manejo realizado com o triturador na ervilhaca ($3,08 \text{ g kg}^{-1}$) e o rolo-faca no consórcio ($4,04 \text{ g kg}^{-1}$) no Pós-PC, obtiveram os maiores teores da fração AH.

A cobertura que se destacou em ambas as profundidades foi o consórcio de nabo+aveia ($3,80$ e $4,04 \text{ g kg}^{-1}$) manejado com rolo-faca no Pós-PC e o pousio ($2,73 \text{ g kg}^{-1}$) manejado com o triturador no Pós-Soja ($0,00-0,05 \text{ m}$).

Em relação aos períodos de coleta, as coberturas nabo+aveia ($3,8$ e $4,04 \text{ g kg}^{-1}$), nabo ($3,44$ e $3,11 \text{ g kg}^{-1}$) e o pousio ($2,94$ e $2,96 \text{ g kg}^{-1}$) manejados com rolo-faca apresentaram maiores teores de AH no Pós-PC quando comparado ao Pós-Soja nas duas profundidades. Comportamento semelhante ao observado nas coberturas manejadas com o triturador com exceção ao pousio que não apresentou diferença estatística entre os períodos nas camadas avaliadas.

De acordo com Canellas et al. (2003), os AH são considerados marcadores do processo de humificação e refletem, como tal, tanto a condição de gênese, como a de manejo do solo, estando relacionados a solos férteis com alto conteúdo de bases, responsável pela maior CTC de origem orgânica nas camadas superficiais (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003).

Na fração HUM na profundidade de 0,10-0,20 m, pode-se observar que houve diferença entre os manejos nos dois períodos avaliados. O rolo-faca quando realizado o manejo na aveia (11,60 g kg⁻¹) e pousio (6,19 g kg⁻¹) no Pós-PC apresentaram os maiores teores de HUM quando comparado ao triturador. Já este, quando submetido no consórcio de nabo+aveia (7,02 g kg⁻¹) e pousio (8,17 g kg⁻¹) e o rolo-faca manejado o nabo solteiro (9,31 g kg⁻¹) e aveia (7,37 g kg⁻¹) apresentaram os maiores teores de HUM. Dentre as coberturas, as que obtiveram melhores desempenhos em termos de média foram aveia (11,60 g kg⁻¹-Pós-PC) e Nabo (9,31 g kg⁻¹-Pós-Soja) manejados com o rolo-faca. Entre os períodos, a aveia (11,60 g kg⁻¹-Pós-PC) foi superior ao Pós-Soja quando manejado com rolo-faca e neste período, o nabo (9,31 g kg⁻¹) apresentou maiores valores. No Pós-Soja o nabo+aveia (7,02 g kg⁻¹), nabo (7,74 g kg⁻¹) e pousio (8,17 g kg⁻¹) manejados com triturador que obtiveram os maiores valores de HUM.

De acordo com Rosset (2016), a fração HUM representa maior parte do COT do solo, portanto, é evidente que seu padrão seja semelhante ao observado para o COT. Assim, esse efeito pode estar relacionado com o acúmulo de compostos orgânicos com elevada estabilidade química e peso molecular originados a partir da decomposição e humificação da MOS, uma vez que a fração HUM é uma fração de grande estabilidade (FONTANA et al., 2006), resistente a biodegradação devido a complexação com íons metálicos e argilo-húmicos estáveis (BARRETO et al., 2008; BENITES; MADARI; MACHADO, 2003); ou pelo fato das frações AH e AF serem menos estáveis, sendo submetidas à processos de polimerização e mineralização, com movimentação no perfil do solo (FONTANA et al., 2006), tendo sua decomposição diminuída (LEITE et al., 2003).

Apesar disso, Campos et al. (2013) avaliando sistema de semeadura direta por cinco e nove anos além do sistema convencional de cultivo, afirmam que no SSD os teores de carbono tornam-se maiores, e proporcionam um aumento da fração HU, decorrente principalmente da maior entrada de resíduos vegetais e menor perda por erosão do solo, proporcionada após o sistema estar estabelecido por maior período de tempo.

Foi verificado interação tripla significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os períodos de coleta de solo, plantas de cobertura e manejo para as relações EA e EA/HUM (0,00-0,05; 0,0-

5-0,10 m) e AH/AF (0,10-0,20 m) e EA/HUM (0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) (Tabela 2).

Quando analisado o comportamento do EA na profundidade de 0,05-0,10 m, foi constatado que o manejo realizado com o rolo-faca nas coberturas nabo+aveia (7,44 g kg⁻¹) e aveia solteira (6,29 g kg⁻¹) proporcionaram maiores teores de EA. Quando comparou-se as plantas de coberturas, foi constatado que aveia (6,04 g kg⁻¹-0,00-0,05 m) e ervilhaca (5,36 g kg⁻¹-0,00-0,05 e 5,05 g kg⁻¹-0,10-0,20 m) manejadas com rolo-faca no Pós-PC apresentaram menores teores de EA. Ao contrário do nabo (7,60 g kg⁻¹-0,00-0,05 e 6,57 g kg⁻¹-0,10-0,20 m) que submetido ao triturador no Pós-PC e o pousio (4,91 g kg⁻¹-0,00-0,05 m) no Pós-Soja, apresentou maiores valores da relação. Foi possível observar que a maioria das coberturas apresentaram melhores valores de EA quando submetidas ao rolo-faca e triturador no período Pós-PC, em ambas as profundidades.

O EA é bastante solúvel e a maior relação encontrada no consórcio de aveia+nabo em relação a ervilha forrageira pode relacionar-se ao fato do consorcio levar a decomposição rápida do nabo pela liberação de C proporcionada pela aveia, aumentando desta forma o EA (CAMPOS et al., 2013).

Para a relação AH/AF (0,10-0,20 m), houve diferença estatística apenas para o triturador manejado na aveia (1,24) no período Pós-Soja, influenciando a relação; ou seja, na área onde havia aveia, o triturador promoveu maior decomposição e conseqüentemente maior AH/AF. Neste período, as coberturas ervilhaca (1,20) e o pousio (1,25) manejadas com o rolo-faca e a aveia (1,24) com o triturador apresentaram destaques com maiores valores de AH/AF. Sobre os períodos, a maioria das coberturas apresentaram melhor desempenho em manejados com ambos os implementos após 150 dias do manejo (Pós-Soja.)

Em solos tropicais, esta razão normalmente é inferior a 1,0, devido à menor intensidade do processo de humificação, condensação e síntese, causadas pela intensa mineralização dos resíduos, bem como ao baixo conteúdo de bases trocáveis e alta atividade biológica. Índice menor que 1 pode ser um indicativo da má evolução do processo de humificação da MOS; seja por razões edáficas, ou de manejo, ou adição recente de material no solo (CANELLAS et al., 2003).

A relação AH/AF pode ser considerada um indicador da qualidade do húmus (SOUSA et al., 2015), expressando o grau da evolução do processo de humificação da MOS, auxiliando no monitoramento dos sistemas de produção. Para que haja boa qualidade do solo é fundamental a adoção de sistemas de cultivo que promovam o aumento da relação AH/AF,

resultando em melhorias na conservação do C do solo na forma mais condensada (LEITE et al., 2003).

Tabela 2- Extrato alcalino (EA), relação ácido húmico e ácido fúlvico (AH/AF), e relação extrato alcalino/humina (EA/HU) sob plantas de cobertura de inverno manejadas com implementos agrícolas, em diferentes camadas de avaliação

		0,00-0,05 m					
Período	Cobertura	EA		AH/AF		EA/HUM	
		Manejo		Manejo		Manejo	
		Rolo-faca	Triturador	Rolo-faca	Triturador	Rolo-faca	Triturador
Pós-PC	Nabo+Aveia	7,49 Aaa	6,27 Aba	1,03 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,61 Aaa	1,19 Aaa
	Nabo	7,38 Aaa	7,60 Aaa	0,87	0,93	1,24 Aaba	1,21 Aaa
	Aveia	6,04 Aba	6,20 Aba	0,73	1,14	1,05 Aba	1,07 Aaa
	Ervilhaca	5,36 Aba	6,41 Aaba	1,09	0,93	0,79 Bba	1,22 Aaa
	Pousio	6,55 Aaba	5,60 Aba	0,81	1,10	0,81 Bba	1,31 Aaa
Pós-Soja	Nabo+Aveia	4,22 Aaβ	4,55 Aabβ	0,94 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,46 Aaβ	0,48 Aaβ
	Nabo	3,91 Aaβ	3,57 Abβ	1,03	0,97	0,58 Aaβ	0,28 Aaβ
	Aveia	4,15 Aaβ	4,09 Aabβ	1,01	1,39	0,40 Aaβ	0,44 Aaβ
	Ervilhaca	4,26 Aaa	4,51 Aabβ	1,16	1,20	0,52 Aaa	0,46 Aaβ
	Pousio	3,75 Aaβ	4,91 Aaa	0,89	1,25	0,44 Aaa	0,52 Aaβ
		0,05-0,10 m					
Pós-PC	Nabo+Aveia	7,44 Aaa	5,62 Baba	1,19 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,57 Aaa	1,32 Aaa
	Nabo	6,55 Aaa	6,57 Aaa	0,90	0,91	1,49 Aaa	1,55 Aaa
	Aveia	6,29 Aaa	4,96 Bba	0,89	1,24	0,67 Bba	1,18 Aaa
	Ervilhaca	5,05 Aba	6,02 Aaba	1,16	1,05	0,83 Bba	1,51 Aaa
	Pousio	6,59 Aaa	5,32 Aba	0,82	1,02	0,86 Bba	1,48 Aaa
Pós-Soja	Nabo+Aveia	3,33 Aaβ	4,52 Aaa	1,19 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,31 Aaβ	0,54 Aaβ
	Nabo	4,02 Aaβ	4,03 Aaβ	1,18	1,02	0,44 Aaβ	0,41 Aaβ
	Aveia	3,41 Aaβ	3,87 Aaa	1,01	1,90	0,51 Aaa	0,45 Aaβ
	Ervilhaca	3,72 Aaβ	4,10 Aaβ	1,30	1,25	0,62 Aaa	0,74 Aaβ
	Pousio	3,86 Aaβ	4,45 Aaa	0,94	1,45	0,57 Aaa	0,56 Aaβ
		0,10-0,20 m					
Pós-PC	Nabo+Aveia	5,29 ^{ns}	5,05 ^{ns}	0,75 Aaa	0,79 Aaβ	1,52 Aaba	1,19 Aaa
	Nabo	6,17	5,69	0,75 Aaa	0,70 Aaa	1,73 Aaa	1,60 Aaa
	Aveia	4,85	4,45	0,74 Aaa	0,82 Aaβ	0,42 Bca	1,26 Aaa
	Ervilhaca	4,21	4,74	0,95 Aaa	1,04 Aaa	0,99 Babca	1,55 Aaa
	Pousio	5,18	3,63	0,54 Aaβ	0,45 Aaβ	0,84 Bbca	1,39 Aaa
Pós-Soja	Nabo+Aveia	2,83 ^{ns}	3,75 ^{ns}	0,93 Aaba	1,27 Aba	0,59 Aabβ	0,53 Aaβ
	Nabo	4,14	3,47	0,97 Aaba	0,77 Aba	0,45 Abβ	0,44 Aaβ
	Aveia	3,10	3,07	0,69 Bba	1,24 Aaa	0,42 Aba	0,63 Aaβ
	Ervilhaca	2,66	3,05	1,20 Aaa	1,21 Aba	0,84 Aaa	0,61 Aaβ
	Pousio	3,37	3,71	1,25 Aaa	1,27 Aba	0,77 Aaba	0,45 Aaβ

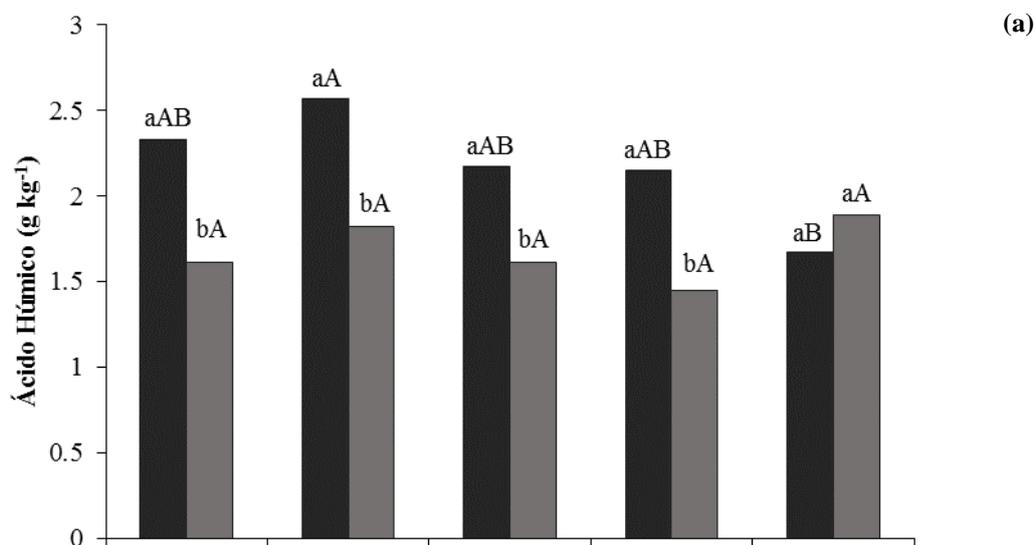
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para os manejo, minúscula para as coberturas na linha e gregas para os períodos na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. Pós-PC: Pós Plantas de cobertura.

Para a relação EA/HUM, no período Pós-PC foi possível verificar que o manejo feito com triturador na aveia, ervilhaca e pousio apresentaram os maiores valores quando comparado com o rolo-faca para as três profundidades avaliadas. Quando foram analisadas as

coberturas neste período, o consórcio nabo+aveia (1,61 e 1,57) (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m), o nabo (1,49 e 1,73) (0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) manejados com o rolo-faca apresentaram os melhores teores da relação. Já no Pós-Soja, a cobertura que mais se destacou foi a ervilhaca (0,84) na camada de 0,10-0,20 m). Entre os períodos, é possível constatar que o maioria das coberturas manejados com os dois equipamentos apresentaram melhores valores de EA/HUM no período Pós-PC em relação ao Pós-Soja.

De forma geral, a predominância dos baixos valores de EA/HUM no Pós-Soja ($<1,0$), indicam predomínio da fração HUM sobre as frações AF e AH, devido à alta estabilidade entre a MOS e a matriz mineral, reflexo de menor grau de perturbação edáfica, modificações benéficas dessas ambientes pela adição de resíduos e ao favorecimento do processo de mineralização e estabilização da MOS (VALLADARES et al., 2011; MARTINS et al., 2015).

Foi verificado efeito significativo entre período e cobertura ($p<0,01$) para as frações AH (0,10-0,20 m) e HUM (0,05-0,10 m). De acordo com a Figura 1a, na camada de 0,10-0,20 m, observou-se que o período Pós-PC se destacou do Pós-Soja, para a maioria das coberturas, com exceção ao pousio, onde a mesma não diferiu estatisticamente. Levando-se em consideração as plantas de coberturas, o nabo apresentou o maior valor da fração ($2,57 \text{ g kg}^{-1}$) e o pousio o menor ($1,67 \text{ g kg}^{-1}$) no Pós-PC.



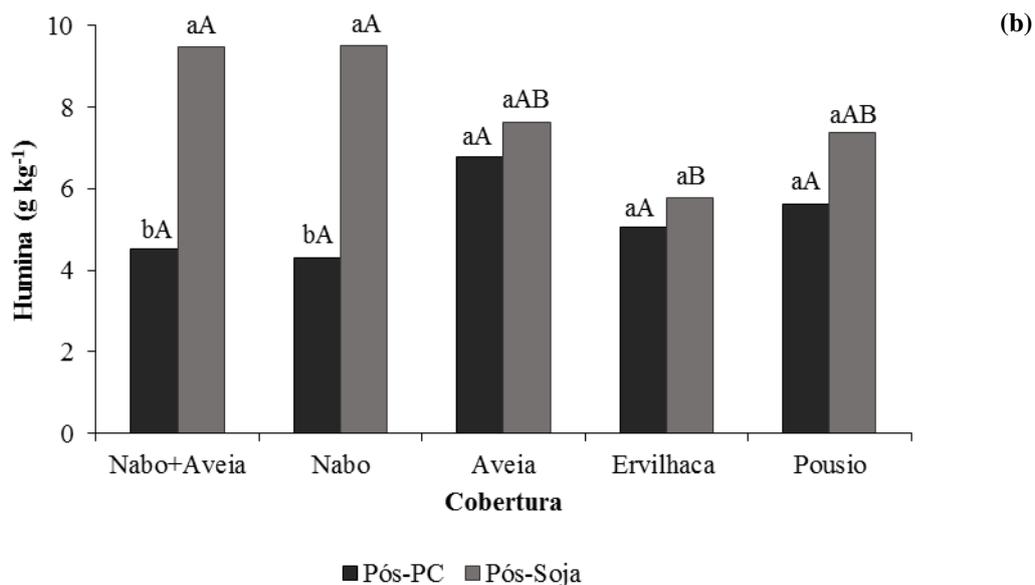


Figura 1- Ácido húmico (0,10-0,20 m) (a) e Humina (0,05-0,10 m) (b) em função do período e cobertura, Marechal Cândido Rondon-PR. Pós-PC: Pós Plantas de Cobertura. *Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para os períodos dentro de cada cobertura, assim como letras maiúsculas para coberturas dentro de cada período.

De acordo com Rosset (2016), os maiores teores e estoques de C-AH, especialmente na área de SPD são um indicativo da presença de C em frações com menor estabilidade, que se destacam em diversos processos do solo, como agregação e ciclagem de nutrientes.

Na fração HUM (0,05-0,10 m), verificou-se que no Pós-Soja, o consórcio nabo+aveia (9,48 g kg⁻¹) e nabo (9,50 g kg⁻¹) apresentaram os maiores teores de HUM. Já os menores valores foram encontrados na ervilhaca (5,77 g kg⁻¹) (Figura 1a).

Segundo Grinhut et al. (2007) e Barreto et al. (2008), a predominância da fração HUM tem relação a sua insolubilidade e resistência à biodegradação, favorecida pela formação de complexos argilo-húmicos estáveis e da composição mineralógica predominante do solo, LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico, que favorece as interações organominerais, aumentam a proteção dos grupos funcionais de fácil decomposição, tornando-os menos acessíveis aos microrganismos (SANTOS et al., 2013). Maiores teores e estoques de C-HUM indicam maior retenção de água, melhoria na agregação do solo (BENITES et al., 2003) e maior retenção de cátions (SOUZA; MELO, 2003).

Para a fração AF na camada de 0,05-0,10 m, observou-se que houve interação significativa entre cobertura e manejo ($p < 0,01$). Entre as coberturas, a ervilhaca diferiu-se estatisticamente das demais quando manejadas com o rolo-faca, apresentando o menor teor de AF (1,98 g kg⁻¹). Porém, o nabo manejado com o triturador apresentou maior teor (2,72 g kg⁻¹). A aveia e o pousio quando manejada com o rolo-faca apresentaram maiores teores de

AF (2,52 g kg⁻¹ e 2,81 g kg⁻¹, respectivamente). A ervilhaca apresentou maior teor de AF (2,38 g kg⁻¹) quando manejada com o triturador.

Segundo Rosset et al. (2016) a movimentação do solo é evidenciada principalmente para os AF, pois sua representatividade em comparação às frações húmicas é maior em profundidade. Pode-se dizer que o ácido fúlvico favorece as ligações com os metais, por exemplo, Al e Fe, facilitando a união de microagregados, formando os macroagregados e fazendo com que estes se tornem mais estáveis (JÚNIOR, 2000).

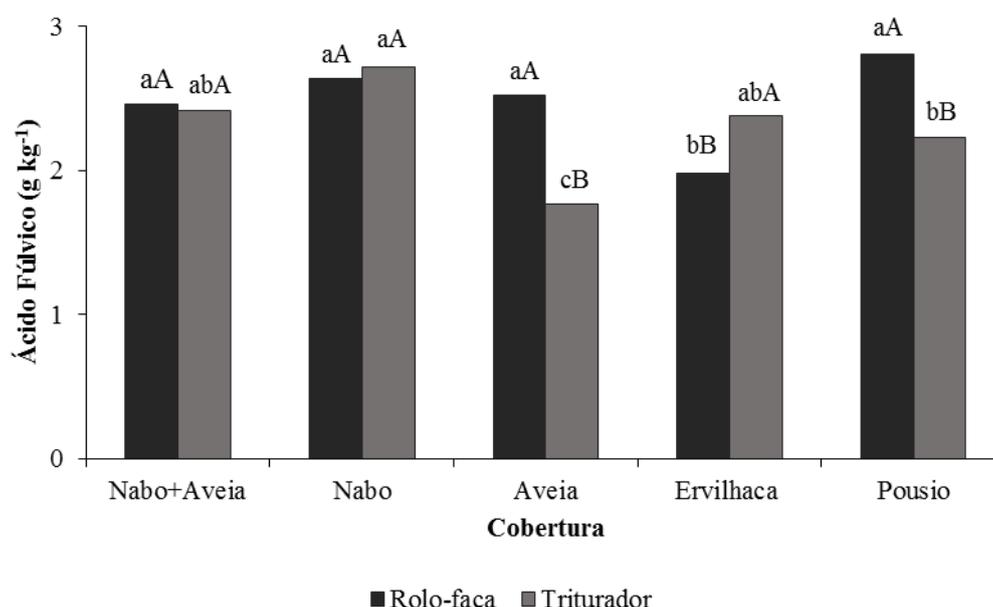


Figura 2- Ácido Fúlvico (0,05-0,10 m) em função de cobertura e manejo, Marechal Cândido Rondon-PR. Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para coberturas dentro de cada manejo, assim como letras maiúsculas para os manejos dentro de cada cobertura.

Para a fração AF (0,05-0,10 m) e HUM (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m), verificou-se que houve interação entre período e manejo ($p < 0,01$). Ao analisar o AF, observou-se que o período Pós-PC destacou-se do Pós-Soja nos dois manejos: rolo-faca e triturador (Figura 3a). Os teores de AF no manejo com rolo-faca no Pós-PC foi estatisticamente superior ao com o triturador. As frações de AF, por apresentar menor estabilidade, pode ser translocadas para camadas mais profundas, polimerizadas ou mineralizadas, diminuindo seu teor residual no solo (FONTANA et al., 2006).

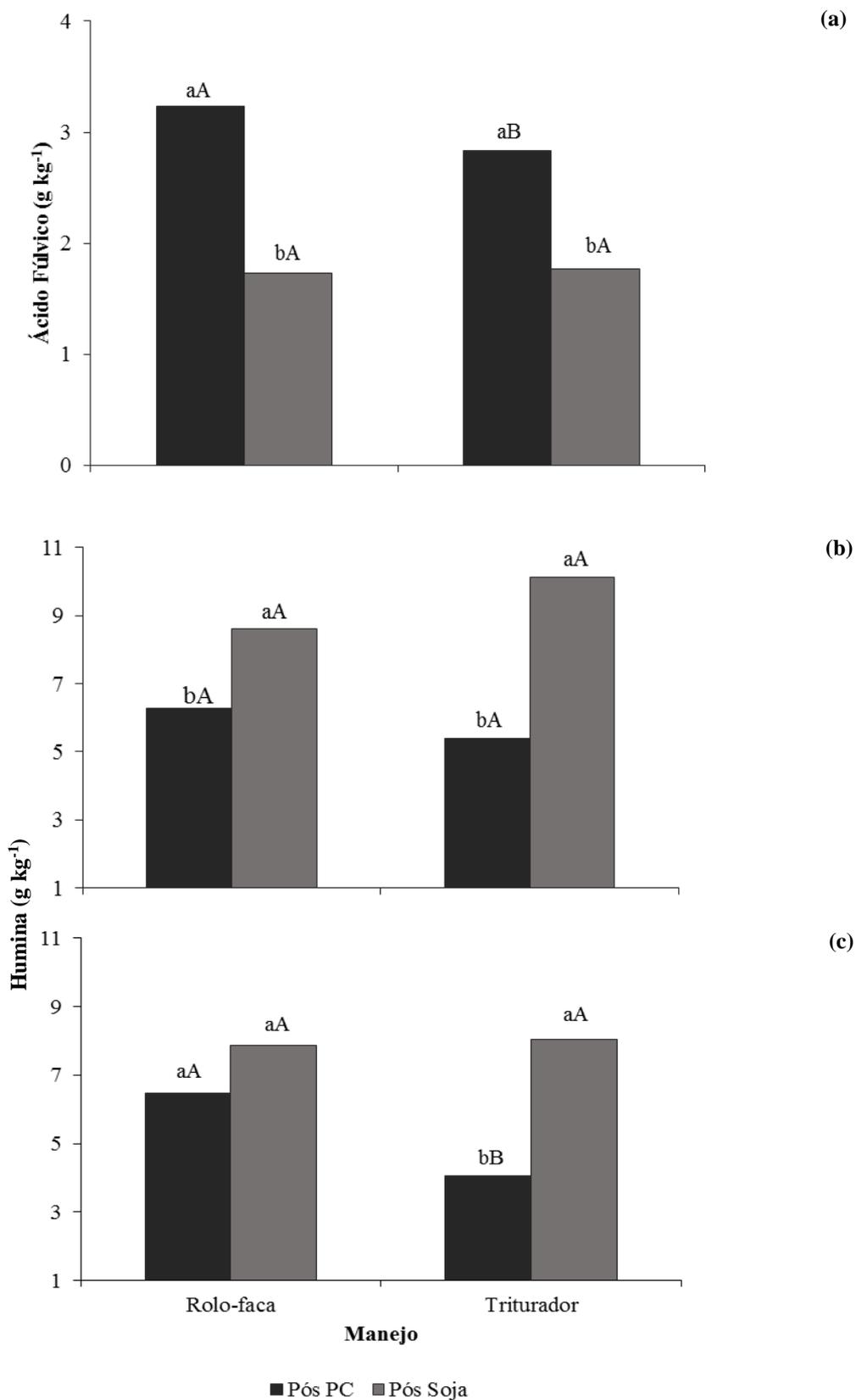


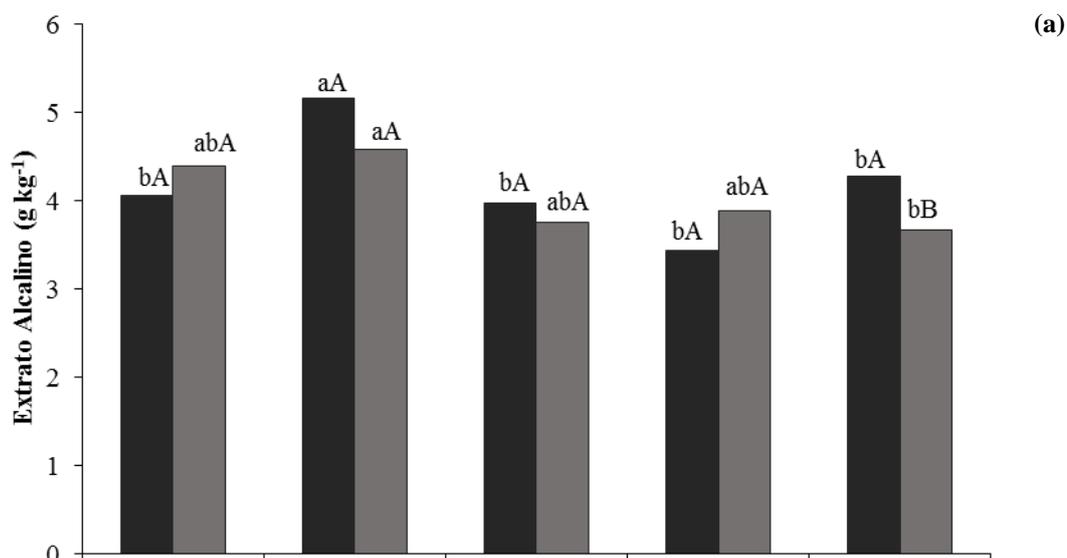
Figura 3- Ácido Fúlvico (0,05-0,10 m) (a) e Humina (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m) (b) e (c) em função do período e manejo, Marechal Cândido Rondon-PR. Pós PC-Pós Plantas de Cobertura. Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para os períodos dentro de cada manejo, assim como letras maiúsculas para os manejos dentro de cada período.

Para HUM (Figura 1b), o período Pós-Soja foi estatisticamente superior ao Pós-PC nos dois manejos (8,62 e 10,14 g kg⁻¹) (0,00-0,05 m) e no triturador na profundidade 0,05-0,10 m (8,04 g kg⁻¹). Dentre os manejos, destacou-se o rolo-faca no Pós-PC, apresentando assim o maior valor de HUM (4,46 g kg⁻¹) (0,05-0,10 m).

O EA (0,10-0,20 m) e a relação AH/AF (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m) e apresentaram interação significativa entre cobertura e manejo ($p < 0,01$). Na fração EA, verificou-se que o nabo quando manejado com o rolo-faca e triturador obteve maiores teores 5,6 e 4,58 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 4a).

Para relação AH/AF (Figura 4b e c), foi constatado que tanto para a profundidade de 0,00-0,05 m quanto para de 0,05-0,10 m, o triturador mostrou-se superior estatisticamente na aveia e pousio quando comparado com o rolo-faca, apresentado assim os maiores valores da relação 1,27 e 1,19 (0,05-0,10 m); 1,60 e 1,28 (0,05-0,10 m). Para a camada de 0,05-0,10 m, os maiores valores de média foram obtidos na cobertura ervilhaca (1,27) manejada com o rolo-faca e aveia (1,6) com triturador (Figura 4c).

Segundo Rosset (2016), para a relação AH/AF, na qual, valores superiores à unidade indicam predomínio de AH em comparação com aos AF, com material orgânico mais estável característico de solos férteis, assim, o aumento da relação EA/HUM em profundidade, é um indicativo do C-AF. Assim, o aumento desta relação indica menor estabilidade química das frações da MOS em profundidade (FONTANA et al., 2006).



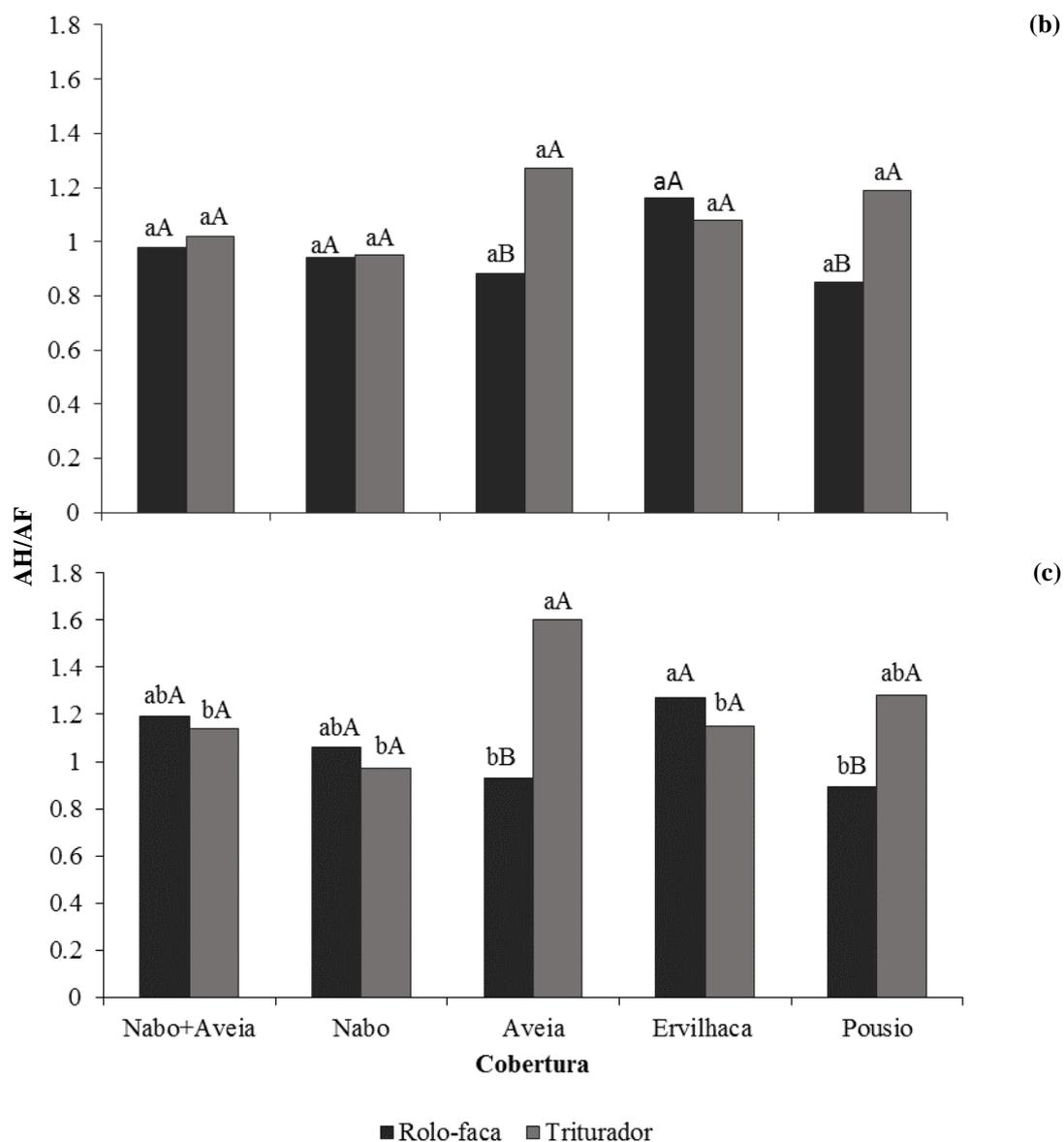


Figura 4- EA (0,10-0,20 m) (a) e relação AH/AF na camada 0,00-0,05 m (b) e 0,05-0,10 m (c) e em função do cobertura e manejo, Marechal Cândido Rondon-PR. EA-Extrato Alcalino. Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para as coberturas dentro de cada manejo, assim como letras maiúsculas para os manejos dentro de cada cobertura.

Na Figura 5 é apresentado o comportamento das coberturas de solo em relação aos teores de carbono orgânico total na profundidade de 0,10-0,20 m. É possível verificar que dentre as coberturas, o nabo proporcionou o maior aporte de COT ($15,92 \text{ g kg}^{-1}$) e o menor teor foi encontrado nas parcelas que havia sido cultivadas com a ervilhaca ($12,63 \text{ g kg}^{-1}$).

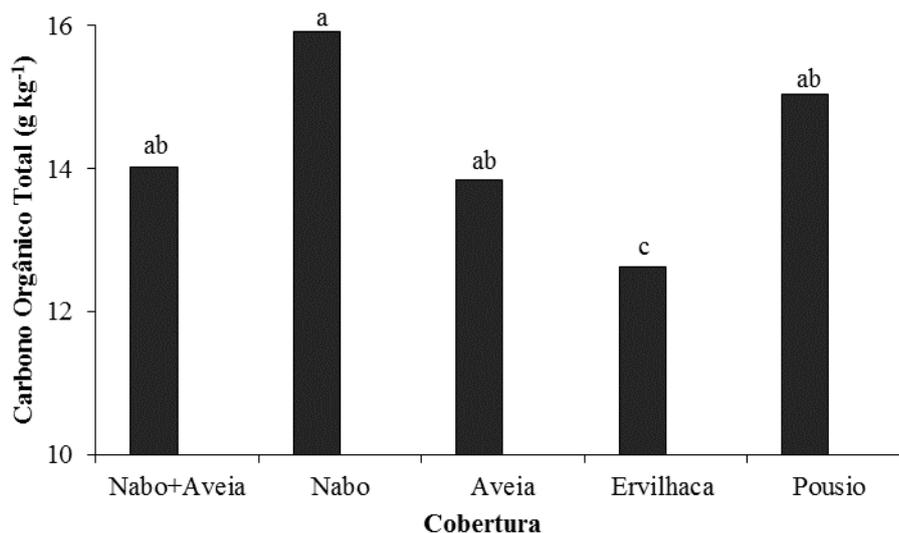


Figura 5- Teores de Carbono Orgânico Total na camada de 0,10-0,20 m em função das coberturas utilizadas, Marechal Cândido Rondon-PR. Pós-PC-Pós Plantas de Cobertura. Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na figura 6, o período Pós-PC obteve o melhor resultado para o teor de COT (15,24 g kg⁻¹) na profundidade de 0,10-0,20 m. Esses resultados são esperados em áreas de plantio direto, onde a palhada permanece na superfície do solo e, conseqüentemente, aumenta os teores de COT nessa camada em relação às camadas subsuperficiais (WEST; POST, 2002; BODDEY et al., 2010; ROSSET et al., 2014, 2016).

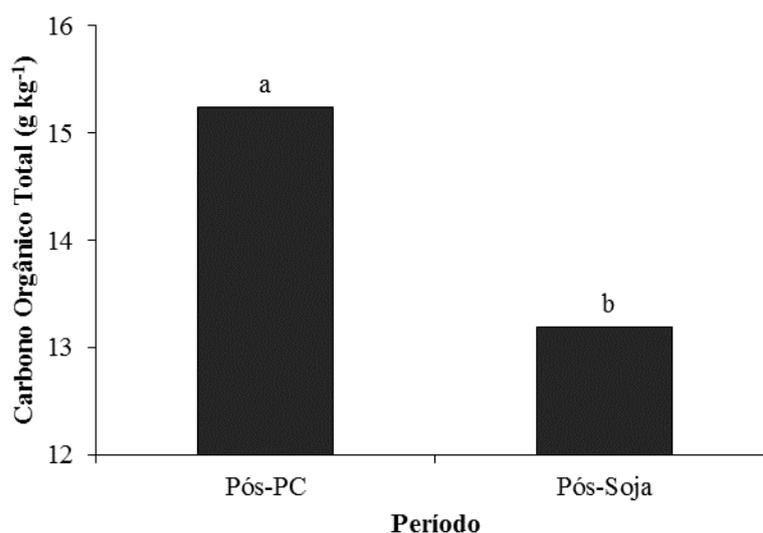


Figura 6- Teores de Carbono Orgânico Total na camada de 0,10-0,20 m em função dos períodos avaliados, Marechal Cândido Rondon-PR. Pós PC-Pós Plantas de Cobertura. Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4.6 CONCLUSÕES

Foram identificadas variações nos teores de COT, frações humificadas e suas relações, nos dois períodos de avaliação, assim como quando os fatores (planta, manejo e período) foram avaliados em formas conjunta (duplicidade), indicando que as plantas de coberturas utilizados na pesquisa influenciaram diretamente as propriedades químicas do solo, nas diferentes camadas avaliadas, reafirmando a hipótese testada.

De forma geral, considerando todas as camadas avaliadas, o período Pós-PC apresentou destaque em termos valores de COT, frações humificadas e suas relações, evidenciando que logo após o manejo das coberturas com os equipamentos, já pode-se observar alterações dessas variáveis nas diferentes camadas, mostrando assim, a grande capacidade que as espécies de coberturas tem de influenciar os caracteres do solo.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 6, p. 873-928.
- ANSCHAU, K. A. **Propriedades físicas, fracionamento da matéria orgânica do solo e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura no inverno marechal**. 2018. 86 p. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.
- BALDOTTO, M. A.; CANELA, M. C.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS L. B.; VELLOSO, A. C. X. Redox index of soil carbon stability. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1543-1551, 2010.
- BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMARODRIGUES, A.C.; FONTES, A.G.; POLIDORO, J.C.; MOCO, M.K.S.; MACHADO, R.C.R.; BALIGAR, V.C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 81, p. 213-220, 2011.
- BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G.S.; NACIF, P. G.S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1471-1478, 2008.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, **Comunicado Técnico**, p. 7, 2003.
- BERG, B.; LASKOWSKI, R. **Litter decomposition: a guide to carbon and nutrient turnover**. v. 38, San Diego: Elsevier Academic Press, Advances in ecological research, 2006.

BEZERRA, R.P.M.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PERIN, A. Formas de carbono em Latossolo sob sistemas de plantio direto e Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado, Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 2637-2654, 2013.

BODDEY, R. M. ; JANTALIA, C. P. ; CONCEIÇÃO, P.C. ; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P. ; DENARDIN, J. E. ; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. ; ALVES, B.J.R. ; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, n. 2, p. 784-795, 2010.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1389-1397, 2008.

CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; BRASIL, E. L.; IWATA, B. F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 48, n. 3, p. 304-312, 2013.

CANELLAS, L.P. et al. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposeqüência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 133-143, 2000.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 935-944, 2003.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELO, C. R. de; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

EBELING, A.G. et al. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 157-165, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

GRINHUT, T.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms. **Fungal Biology Reviews**, v.21, n.4, p.179-189, 2007.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 19-25, 2008.

JÚNIOR, I. A. de. C. **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do estado de minas gerais.** 2000. 197 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

JHA, P.; VERMA, S.; LAL, R.; EIDSON, C.; DHERI, GS. Natural ¹³C abundance and soil carbon dynamics under long-term residue retention in a no-till maize system. **Soil Use and Management**, v. 33, p. 90-97, 2017.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; MATOS, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 41, p. 717 - 730, 2003.

LI, C. et al. Characterization of bulk soil humin and its alkaline-soluble and alkaline-insoluble fractions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 120-126, 2015.

LOSS, A. LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. dos; FERREIRA, E.P.; BEUTLER, S.J.; SILVA, E.M.R. da. Oxidizable organic carbono fractions and soil aggregation in áreas under diferent organic production systems in Rio de Janeiro, Brazil. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Mérida, v. 14, n. 2, p. 699-708, 2011.

MARTINS, C. M. et al. Fraction of organic matter in soil under deciduous formations in the north of minas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.10-20, 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2^a ed. Lavras: Editora UFLA, 729 p., 2006.

PEREIRA, M. F. S.; NOVO JÚNIOR, J.; SÁ, J. R. de; LINHARES, P. C. F.; BEZERRA NETO, F.; PINTO, J. R. de S. Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 21-32, 2013.

PFLEGER, P.; CASSOL, P.C.; MAFRA, A.L. Substâncias húmicas em cambissolo sob vegetação natural e plantios de pinus em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 807-817, 2017.

PICOLI, L. R. **Transição agroecológica: os casos da Ecovale e da Coopaecia – RS.** 2013.140 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional)- Universidade de Santa Cruz do Sul , Santa Cruz do Sul, 2013.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v. 70, p. 622-630, 2011.

ROSA, D.M. et al. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.2, p.221-230, 2017.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M. Chemical and oxidizable fractions of soil organic matter under different management systems in an Oxisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1529-1538, 2016.

ROSSET, J. S.; LANA, M. do C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M.; SEIDEL, E. P. Carbon stock, chemical and physical properties of soils under management systems with different deployment times in western region of Paraná, Brazil. **Semina**, v. 35, n. 6, p. 3053-3072, 2014.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Leguminosas forrageiras anuais de inverno. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2.ed. Brasília: Embrapa, p. 305- 320, 2012.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYSE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**. v. 79, n. 1, p 7-31, 2004.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1113-1122, 2003.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, p. 1011-1020, 1996.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

VALLADARES, G. S. et al. Changes promoted by management in Oxisol, Rondônia, Brazilian Amazon. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.631-637, 2011.

WEST. T. O; POST, W. M. Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 6, p. 1930-1946, 2002.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para melhores resultados dos cultivos comerciais em sucessão a plantas de cobertura de inverno, é necessário um período maior para avaliação dos efeitos das coberturas associado as técnicas de manejo alternativo, afim de detectar de fato as melhores opções que contribua com o aumento da qualidade do solo e assim, obtenha-se reflexos na produtividade da culturas de verão.

Inúmeros trabalhos demostram os benefícios da utilização de plantas de cobertura nos sistemas de produção como um todo, e o manejo destas realizado de forma alternativa contribui para aumentar a sustentabilidade das áreas agrícolas. Porém, a pesquisa nesse sentido ainda precisa ser intensificada, sendo essas informações relevantes para serem utilizadas pelos produtores, principalmente quando se pensa em sistema agroecológico e orgânico de produção, onde muitas técnicas ainda não estão definidas, havendo assim, necessidade do desenvolvimento de pesquisas voltadas para essa realidade.