

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

**Influência do manejo da palhada de aveia-preta e
tremoço-branco sobre a fauna invertebrada do solo em
ambiente de montanha**

Tayana Galvão Scheiffer de Paula Antunes

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DA PALHADA DE AVEIA-PRETA E
TREMOÇO-BRANCO SOBRE A FAUNA INVERTEBRADA DO
SOLO EM AMBIENTE DE MONTANHA**

TAYANA GALVÃO SCHEIFFER DE PAULA ANTUNES

Sob a Orientação da Professora
Adriana Maria de Aquino

e Co-orientação do Professor
Renato Linhares de Assis

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Maio de 2016

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

GA236I Galvão Scheiffer de Paula Antunes, Tayana ,
18/10/1988-
i Influência do manejo da palhada de aveia-preta e
tremoço-branco sobre a fauna invertebrada do solo em
ambiente de montanha / Tayana Galvão Scheiffer de
Paula Antunes. - 2006.
58 f.: il.

Orientador: Adriana Maria de Aquino.
Coorientador: Renato Linhares de Assis.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PPGAO, 2006.

1. Fauna do solo. 2. Adubação verde. 3. Matéria
organica. 4. Química do solo. 5. Palhada. I. Maria de
Aquino, Adriana, 12/01/63-, orient. II. Linhares de
Assis, Renato , 04/02/63-, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. PPGAO. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

TAYANA GALVÃO SCHEIFFER DE PAULA ANTUNES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: **31/05/2016**

Adriana Maria de Aquino. Dra. Embrapa Agrobiologia
(Orientadora)

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa Agrobiologia

Fábio Martis Mercante. Dr. Embrapa Agropecuária Oeste

DEDICATÓRIA

À natureza,
Por ser fonte de inspiração,
Por sustentar a vida,
Este trabalho é uma pequena retribuição.

AGRADECIMENTOS

Presto minha enorme gratidão a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão dessa importante etapa da minha vida. Se fosse citar todos os nomes, não caberia no papel!

Primeiramente, agradeço à minha família, pelo apoio, carinho e compreensão especialmente à minha mãe Sandra e tia Maria, pelo incentivo nos estudos.

À minha querida orientadora Dr. Adriana Maria de Aquino, pela oportunidade de aprender com ela e desenvolver este trabalho, por toda a confiança e incentivo em todos os momentos, e principalmente pela grande amiga que se tornou.

Aos professores e amigos Dr. Renato Linhares de Assis e Dr. José Guilherme Marinho Guerra pelas colaborações desde o início da elaboração deste trabalho, por todo apoio e ensinamentos.

Aos pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, Dr. Alexander Rezende, Dra. Janaína Ribeiro Costa, Dr. Guilherme Chaer e ao analista Marcelo Antoniol pelas importantes colaborações e disposição para ajudar.

Aos membros da banca avaliadora, Dr. Fábio Martins Mercante, Dr. José Guilherme Marinho Guerra e aos suplentes, Dr. Alexander Rezende, e Dr. Fabiano Balieiro, por aceitarem o convite em contribuir com o trabalho aqui descrito.

Aos amigos e técnicos da Embrapa Agrobiologia, Naldo e Robertinho pelo grande apoio tanto em campo quanto em laboratório. A ajuda de vocês foi fundamental.

À coordenação e professores do Programa de Pós-graduação em Agricultura Orgânica – PPGAO, pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento deste trabalho. Aos amigos de turma por compartilharem experiências e conhecimentos.

À Escola Técnica Agrícola Rei Alberto I, por ceder o espaço para a realização do experimento, e aos ajudantes de campo Gilmar e Ziel por toda a ajuda e força no trabalho pesado.

Aos queridos amigos e estagiários, que tiveram grande participação no desenvolvimento deste trabalho, Maria Clara e Renato e Julinha. Aos irmãos de orientação, Fábio e Sandra, pela amizade, carinho e por estarem sempre dispostos a ajudar.

Ao meu parceiro, de turma, e de trabalho, de vida e de sonhos, David, por encarar esta jornada junto comigo, por toda ajuda em campo, laboratório, e pela paciência, carinho e apoio. Com certeza foi muito mais fácil divertido com você ao meu lado.

À minhas irmãs da biologia Juliana, Morgana, Jessica, Laura, Vanessae Cassia, por estarem sempre presente.

À minha segunda família, Ceres e Alice, por me aturarem e apoiarem sempre.

Finalmente, Terminei!!!

RESUMO

ANTUNES, Tayana Galvão Scheiffer de Paula. **Influência do manejo da palhada de aveia-preta e tremoço-branco sobre a fauna invertebrada do solo em ambiente de montanha**. 2016. 51p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Visando obter informações que apoiem a proposição de manejos de gestão da biodiversidade, que viabilizem sistemas de produção sustentáveis e garantam a qualidade dos recursos naturais, este estudo pretende colaborar com o aumento da produtividade agrícola com base no uso da adubação verde, de forma sustentável. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento dos adubos verdes de inverno tremoço-branco, aveia-preta e do consórcio entre os dois, em ambiente de montanha, e a influência do herbicida na taxa de decomposição das palhadas dessas plantas e na diversidade e abundância da fauna do solo. O experimento de campo foi conduzido na área da Escola Técnica Agrícola Estadual Rei Alberto I, localizada na Microbacia do Barracão dos Mendes, Município de Nova Friburgo, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, a uma altitude de 1.065 m. O Delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos: aveia-preta, tremoço-branco, consórcio e plantas espontâneas, com quatro repetições cada, totalizando 16 parcelas na primeira etapa do trabalho, etapa I. Na etapa II, as parcelas foram subdivididas em duas formas de manejo, mecânico, onde as plantas foram roçadas, e químico, onde ocorreu aplicação do herbicida glifosato, para a deposição das palhadas sobre o solo. Na etapa I, estudou-se a produtividade das plantas de cobertura, bem como o acúmulo de nutrientes e a fauna epígea associada à vegetação. Na segunda etapa, após o manejo das plantas de cobertura, foi realizada a avaliação da perda de massa dos resíduos vegetais, fauna epígea e macrofauna edáfica associadas a esses resíduos. Como principais resultados, observou-se que o tremoço, solteiro ou consorciado, obteve produtividade satisfatória, tanto em termos de fitomassa, quanto de quantidades de nutrientes acumulados, apresentando potencial para o uso na Região Serrana do Rio de Janeiro. A perda de massa dos resíduos vegetais foi afetada com o uso de herbicida. A comunidade da fauna epígea não foi um bom indicador, pois não sofreu significativas modificações antes ou após o manejo das plantas de cobertura. No entanto, as populações de colêmbolos foram afetadas negativamente pelo herbicida. Já a comunidade da macrofauna edáfica se mostrou mais sensível às formas de manejo, sendo observada a redução da densidade dos organismos do solo à metade e em até 10 vezes, quando as plantas foram manejadas com herbicida. Observou-se também redução da diversidade da macrofauna. Não houve diferença na composição química do solo em função das diferentes coberturas e formas de manejo.

Palavras-chaves: Biodiversidade, Adubos verdes, Matéria orgânica.

ABSTRACT

ANTUNES, TayanaGalvão Scheiffer de Paula. **Influence of the management of black oats and lupines albus straw on the invertebrate fauna of the soil in mountain environment**2016.51p. Dissertation (Master of Science in Organic Agriculture).Institute of Agronomy, Department of Fitotecnia, Rural Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Aiming to obtain information to support the biodiversity management that enable sustainable production systems and ensure the quality of natural resources, this study contribute to increasing agricultural productivity based on the use of green manure in a sustainable manner, aiming to evaluate the behavior of winter green manures lupines albus, black oats and the consortium between those two in mountain environment, and the influence of the herbicide decomposition rate of straws from these plants and diversity and abundance of soil fauna. The experiment was conducted in the area of EscolaTécnicaAgrícolaEstadualRei Alberto I, located in the Watershed Barracão dos Mendes, Municipality of NovaFriburgo, mountainous region on the state of Rio de Janeiro at an altitude of 1,065m. The experimental design was a randomized complete block design with four treatments: black oat, lupines albus, consortium and weeds, with four replications each, totaling 16 plots in the first stage of work, experiment 1. On the experiment 2, the plots were subdivided into two management systems, mechanical, where the plants were mowed and chemical, which occurred application of glyphosate herbicide, for the deposition of the straws on the ground. On the first part, productivity of green manure was evaluated, as well as the accumulation of nutrients and the epigaeous fauna associated to vegetation. The second part, after the management of the green manure, aimed the evaluation of mass loss of plant residues, epigaeous fauna and associated soil macrofauna. The main results showed that the lupine, single or consortium obtained satisfactory productivity, both in terms of biomass and the amount of accumulated nutrients, presenting potential for use in the mountainous region of Rio de Janeiro. The loss of mass of the residues was affected by the use of herbicide. The community of epigaeous fauna was not a good indicator because it didn't suffer significant changes before or after the green manure management. The colembolas population was negatively affected by the herbicide. The soil macrofauna was more sensitive to the diferent forms of management, and the reduction of the density soil organisms could be observed up to 10 times when the plants were sprayed with herbicide. It was also noted the reduction on the macrofauna diversity. There was no difference in the chemical composition of the soil due to different covers and forms of management.

Palavras-chaves: Biodiversity, Green manure, Organic matter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Produção Agrícola na Região Serrana Fluminense	3
2.2 O ecossistema solo.....	3
2.3 Fauna do solo	4
2.4 Espécies de cobertura do solo e adubação verde	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Área de estudo.....	10
3.2 Etapa I: Produtividade de adubos verdes de inverno em ambiente montanhoso e fauna invertebrada epígea.....	10
3.2.1 Caracterização química do solo.....	12
3.2.2 Fauna Epígea	12
3.2.3 Fitomassa.....	13
3.3 Etapa II: Decomposição dos resíduos das plantas de cobertura, fauna invertebrada epígea e macrofauna edáfica	13
3.3.1 Caracterização química do solo	13
3.3.2 Decomposição dos resíduos vegetais	14
3.3.3 Fauna epígea	16
3.3.4 Macrofauna edáfica	17
3.3.5 Atributos químicos do solo.....	17
3.4 Análises Estatísticas.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Etapa I: Produtividade de adubos verdes de inverno em ambiente montanhoso e fauna invertebrada epígea.....	18
4.1.1 Produtividade.....	18

4.1.2 Quantidade de N, P, K, Ca E Mg na parte aérea e raízes das plantas de cobertura	19
4.1.3 Fauna epigea em solo cultivado com diferentes plantas de cobertura.....	21
4.2 Etapa II: decomposição dos resíduos vegetais e faun do solo associada, após manejo das plantas de cobertura	22
4.2.1 Decomposição dos resíduos das plantas de cobertura	22
4.2.2 Fauna epigea associada às palhadas das plantas de cobertura sob duas formas de manejo, aplicação de herbicida e roçada	24
4.2.3 Macrofauna do solo sob diferentes palhadas de plantas de cobertura, sob duas formas de manejo, aplicação de herbicida e roçada	28
4.2.4 Atributos químicos do solo sob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo n	33
5 CONCLUSÕES.....	34
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

As intervenções humanas na agricultura podem prejudicar a biota do solo, além de alterar os recursos naturais e modificar comunidades, influenciando diretamente na função e produtividade dos agroecossistemas. Por isso, é fundamental o conhecimento a cerca da biodiversidade e ecologia do solo, possibilitando assim, um entendimento dos efeitos dos impactos a esse ecossistema, decorrentes do manejo agrícola, e de como o mesmo tem sido modificado.

A fertilidade do solo está diretamente relacionada à atividade dos organismos que o habitam, pois estes são responsáveis por processos de grande importância para a sustentabilidade dos ecossistemas, como a decomposição e ciclagem de nutrientes. Por isso é de grande importância ecológica, a manutenção e promoção da abundância e diversidade de organismos edáficos.

Para prevenção e até mesmo a reversão de quadros de degradação do solo, propostas com base nos princípios da agroecologia podem ser adotadas, de forma a favorecer a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Um exemplo de prática agrícola conservacionista é a utilização de adubos verdes como plantas de cobertura do solo.

Os adubos verdes atuam diretamente no controle de erosão e na manutenção ou recuperação da fertilidade dos solos, aumentam os níveis de matéria orgânica e conseqüentemente da atividade biológica, resultando em melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Dessa forma, pode-se dizer que o uso de adubos verdes possibilita uma evolução gradativa da qualidade do solo.

Os solos da Região Serrana Fluminense dão suporte a sistemas de produção caracterizados principalmente como exploração de base familiar, onde predominam o cultivo de hortaliças, sendo a região considerada uma das principais produtoras de olerícolas do Brasil. A agricultura da região, em sua maioria, caracteriza-se pelo uso intensivo dos solos, com elevado emprego de tecnologias industrializadas, como os fertilizantes sintéticos concentrados e agrotóxicos.

Essa atividade produtiva ocorre em ambientes de montanha onde se insere importante conjunto de nascentes e corpos hídricos, que constituem sistemas de drenagem, que fluem através de relevo predominantemente classificado como forte ondulado. Tais características fazem com que os solos da região apresentem forte susceptibilidade à erosão, como pode ser observado em janeiro de 2011, quando a região em decorrência de fortes chuvas, sofreu com uma tragédia ambiental e humana, considerada como a mais grave da história recente do Brasil. Na ocasião, muitas áreas agrícolas perderam a capacidade produtiva em decorrência de soterramento ou alagamento, demandando estudos acerca de estratégias para recuperação dos solos desses ambientes.

Nos ambientes de montanha, a declividade acentuada demanda a manutenção da vegetação para a cobertura do solo, de forma a reduzir o escoamento superficial que leva a perda de solo e arrasteo de material para as áreas mais baixas do relevo, causando assoreamento do leito de rios e mananciais, provocando prejuízos e, por vezes, impedindo o transporte de carga e o deslocamento de pessoas.

Existe uma boa receptividade por uma pequena parte de agricultores da Região Serrana Fluminense em relação à utilização da aveia-preta como planta de cobertura no inverno. No entanto, estes ainda apresentam dificuldade de manejar essa espécie, sem a utilização de herbicidas.

Sabe-se que o uso de agrotóxicos pode afetar o funcionamento e sustentabilidade

dos solos de áreas agrícolas.

Assim, visando obter informações que apóiem a proposição de manejos de gestão da biodiversidade que viabilizem sistemas de produção mais sustentáveis e que garantam a qualidade dos recursos naturais, este estudo pretende gerar resultados que colaborem com o aumento da produtividade agrícola com base no uso da adubação verde.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou avaliar o comportamento agronômico da leguminosa *Lupinus albus* L., conhecida popularmente como tremoço-branco, e da gramínea *Avena strigosa* Schreber, conhecida popularmente como aveia-preta, além do cultivo do consórcio destas, e a influência do herbicida glifosato sobre a decomposição da palhada destas espécies além da influência sobre a comunidade da fauna do solo. Para tanto, tem como hipótese que: “o uso de herbicida afeta a decomposição da palhada de plantas de cobertura (aveia-preta, tremoço-branco e consórcio) e a comunidade do solo em ambiente de montanha”, e tem como objetivos específicos:

[1] Determinar o aporte de fitomassa, a concentração de nutrientes e decomposição das palhadas de aveia-preta e tremoço-branco cultivados em consórcio e monocultivo, manejadas com e sem herbicida; [2] Avaliar as modificações populacionais da fauna edáfica após o processo de decomposição de aveia-preta e tremoço-branco cultivados em consórcio e monocultivo; [3] Determinar a influência das espécies de adubos verdes sobre alguns atributos químicos e biológicos do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção Agrícola na Região Serrana Fluminense

O Estado do Rio de Janeiro é um dos principais produtores de hortaliças do Brasil, com destaque para a Região Serrana, principal pólo de produção, que se situa no espaço geográfico da Serra do Mar, cujas montanhas podem atingir altitudes de até 2.366m (ASSIS *et al.*, 2012; AQUINO *et al.*, 2014). O município de Nova Friburgo é reconhecido como importante produtor de olerícolas (ASSIS & AQUINO, 2011). A produção está concentrada principalmente em seu terceiro distrito de Campo do Coelho, que inclui parte da zona de amortecimento do Parque Estadual dos Três Picos (SECRETARIA MUNICIPAL de AGRICULTURA, 2003), e caracteriza-se por ser desenvolvida predominantemente em pequenas unidades de produção familiar, que visam o abastecimento da Região Metropolitana da cidade do Rio de Janeiro (AQUINO *et al.*, 2014).

As unidades produtivas geralmente apresentam avançado nível de utilização de tecnologias industrializadas, como fertilizantes sintéticos concentrados e agrotóxicos (GUERRA *et al.*, 2007).

As culturas se dividem em dois grupos caracterizados em função da época de cultivo: de inverno (destaque para couve-flor, brócolis e salsa) e verão (principalmente, tomate). Portanto, a região tem um manejo agrícola contínuo/ininterrupto em todos os meses do ano, sempre com elevado aporte de insumos externos, com destaque para agrotóxicos e adubos sintéticos.

As fortes chuvas registradas no período de janeiro de 2011 foram responsáveis por perdas nas áreas agrícolas, em decorrência de aterramento pela lama proveniente da enxurrada, deslizamento de encostas, lixiviação de fertilizantes e erosão dos solos, além da supressão de áreas de cultivo (AQUINO *et al.*, 2014).

A declividade acentuada da Região Serrana Fluminense demanda a manutenção da cobertura do solo, de forma a reduzir, especialmente na época chuvosa, o escoamento superficial, com perda de solo das áreas produtivas e arrastamento de material para as estradas vicinais e áreas mais baixas do relevo, causando assoreamento do leito de rios e mananciais, provocando enormes prejuízos e, por vezes, impedindo o transporte da produção e o deslocamento de pessoas (ASSIS *et al.*, 2012; AQUINO *et al.*, 2014).

2.2 O ecossistema solo

O solo é um ambiente complexo, onde interagem inúmeros processos químicos, físicos e biológicos, os quais estão constantemente em fluxo, são de natureza heterogênea e tem como função o suporte aos processos da vida (CHAER, 2001).

O solo contém uma ampla coleção de organismos vivos (LAVELLE *et al.*, 1992; GILLER *et al.*, 1997), sendo um ecossistema normalmente habitado por bilhões de bactérias, milhares de protozoários, uma intrincada teia de hifas fúngicas e vários outros organismos, incluindo plantas, nematóides e artrópodes (PARKER, 2010). Estes organismos, não só habitam tal ecossistema, como o compõem, sendo responsáveis por processos-chave de grande importância para a sustentabilidade global como a ciclagem e mobilização de nutrientes, aeração, controle da cadeia trófica, produção de CO₂ e

formação de matéria orgânica (LAVELLE *et al.*, 1992; VAN DER HEIJDEN *et al.*, 2008). Além disso, o solo é o maior reservatório de carbono da Terra, estando este elemento predominantemente sob a forma de matéria orgânica (COLWELL, 1996).

É interessante ressaltar que os agroecossistemas ocupam cerca de 30 % da superfície do planeta e se apóiam nos solos mais produtivos (ALTIERI, 1991).

A busca de novas áreas para lavouras e formação de pastagens, em várias regiões do Brasil e do mundo, é uma das principais fontes de degradação dos recursos naturais, em virtude da utilização de técnicas agrícolas inadequadas e incompatíveis com o desenvolvimento sustentável (DIAS *et al.*, 2006).

Por serem suscetíveis à lixiviação no solo, os agrotóxicos podem atingir as águas subterrâneas, rios, podem ser utilizados para consumo, e entrar na cadeia alimentar, afetando seres humanos e populações de animais em todos os níveis (GLIESSMAN, 2000).

Quando se refere à utilização do solo com o objetivo de alcançar maior produtividade, sua fauna é um componente que recebe pouca atenção (BARETA *et al.*, 2011).

O uso intensivo e o manejo inadequado vão, progressivamente, substituindo à regulação biológica dos processos e o funcionamento do solo, pela necessidade de insumos químicos e mecanização do sistema produtivo, que comprometem a fertilidade dos agroecossistemas (TARRÁ *et al.*, 2012).

Cientistas têm construído um novo paradigma, no qual a fertilidade do solo é regulada, principalmente, pela atividade da biota que habita a matriz do mesmo (FRAGOSO *et al.*, 1999). Dessa forma, para manutenção da qualidade do solo e da sustentabilidade de seu uso é fundamental que a abundância e diversidade de organismos edáficos seja promovida (VOHLAND & SCHROTH, 1999; MERLIM *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2006).

2.3 Fauna do Solo

O Brasil tem a maior biodiversidade do planeta, e a fauna do solo é um importante componente dessa diversidade (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009).

A grande variedade de micro-habitats e recursos alimentares presentes na serapilheira e no solo favorecem o estabelecimento de comunidades altamente diversificadas (LAVELLE & SPAIN, 2001).

A biodiversidade da fauna edáfica compreende a variedade e variabilidade de espécies de organismos presentes no solo. Já é sabido que a biodiversidade de um ecossistema tem íntima e positiva correlação com a sustentabilidade e com o equilíbrio do ambiente, sendo uma das propriedades fundamentais da natureza, responsável por manter o equilíbrio e a estabilidade dos ecossistemas (BARETA *et al.*, 2011).

Muitos autores (LAVELLE & SPAIN; 2001, BARETA *et al.*, 2011; DA SILVA *et al.*, s.d.) separam a fauna edáfica em grupos caracterizados a partir do tamanho corporal e hábitos de vida, como: microfauna, mesofauna e macrofauna edáfica.

A microfauna compreende invertebrados que vivem em campos de água na porosidade do solo, são menores que 0,2mm, e incluem protistas e nematóides, junto com outros grupos de menor representatividade, como tardígrados e rotíferos (LAVELLE & SPAIN, 2001).

A Mesofauna é o grupo onde se encontram os indivíduos numericamente mais representativos, como os microartrópodes ácaros e colêmbolos, além de pequenos oligochaetas e echytraeídeos, com tamanho médio entre 0,2 e 2 mm, vivendo no espaço

de ar dos poros do solo e na serapilheira (LAVELLE & SPAIN, 2001). Apresentam funções importantes no solo, como decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes (HEISLER & KAISER, 1995; LAVELLE & SPAIN, 2001) e regulação das populações de microrganismos (HEISLER & KAISER, 1995).

Dentre os animais que constituem a fauna do solo, a macrofauna edáfica compreende os maiores invertebrados (DA SILVA *et al.*, s.d), os quais caracterizam-se por possuir o corpo com tamanho superior a 2 mm (LAVELLE & SPAIN, 2001; BARETA *et al.*, 2011). Uma grande diversidade de organismos compõe esse grupo. Os mais representativos nesta classificação são as minhocas, as formigas (Hymenóptera: Formicidae) e os térmitas (Isóptera) (LAVELLE & SPAIN, 2001; BARETA *et al.*, 2011), além de coleópteros, aranhas, centopeias, diplópodos (DA SILVA *et al.*, s.d), miriápoda, isópoda, larvas de díptera, alguns heterópteros (Gryllidae), tisanura, blattoidea, e larva de lepidóptera, que podem ser ocasionalmente importantes (LAVELLE & SPAIN, 2001).

Entre os organismos da macrofauna invertebrada do solo, os cupins, formigas, minhocas e besouros destacam-se, pois atuam não somente como detritívoros, quebrando material vegetal em frações menores, facilitando a ação decompositora dos microrganismos (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009), mas também possuem a habilidade de afetar profundamente a estrutura do solo, constituindo um grupo funcional chamado de "engenheiros-do-solo", por criarem estruturas específicas, graças ao seu hábito de escavar, formando tocas, galerias, ninhos e câmara, além da deposição de coprólitos e fezes, gerando efeitos sobre a estrutura e fertilidade do solo (WOLTERS, 2000; LAVELLE & SPAIN, 2001; VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009; BARETA *et al.*, 2011). Contribuem também para a formação de agregados estáveis, que podem proteger parte da matéria orgânica de uma mineralização rápida, constituindo uma reserva de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (LAVELLE & SPAIN, 2001; DECÄENS *et al.*, 2003).

Alguns táxons da macrofauna (oligoqueta, isópoda, myriapoda e larvas de coleóptera) conjuntamente com outros da mesofauna (acari e enquitreídeos) têm sido nomeados de "transformadores da liteira" (TARRÁ *et al.*, 2012), por atuarem principalmente na fragmentação do material em decomposição.

Os invertebrados do solo interagem uns com os outros e com a comunidade microbiana, (LAVELLE *et al.*, 2006; REZENDE *et al.*, 2013), alterando, por exemplo, as populações e atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação da matéria orgânica, regulando assim a decomposição, exercendo influência sobre o ciclo de matéria orgânica e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECÄENS *et al.*, 2003).

O componente microbiano e a macrofauna estão intimamente relacionados no solo, quer seja pela constituição de bactérias e fungos como recurso alimentar da macrofauna (CRAGG & BARDGETT, 2001), quer seja pela rápida colonização pela população microbiana das fezes da macrofauna saprófaga (HASSALL *et al.*, 1987). Além disso, a macrofauna pode ser vetora de microrganismos simbióticos das plantas, ou digerir, seletivamente, microrganismos patogênicos (BROWN, 1995).

A qualidade do solo está relacionada com a dinâmica da fauna do solo, que pode ser observada pelos indicadores químicos, físicos e biológicos (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009). Dessa forma, um solo de alta qualidade possui atividade biológica intensa (CHAER, 2001).

A abundância e a diversidade da meso e macrofauna do solo dos ecossistemas naturais e dos agrossistemas podem ser afetadas por vários fatores edáficos (tipo de solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria

orgânica, umidade, textura e estrutura), vegetais (tipo de vegetação e cobertura), histórico (especialmente de uso humano, mas também de evolução de fatores naturais como chuvas, temperatura, vento, umidade relativa do ar, e de aspectos geológicos) e topográficos (posição fisiográfica, inclinação) (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009; SEASTEDT, 1984; LAVELLE & PASHANASI, 1989; LAVELLE & SPAIN, 2001; VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009; BARETA *et al.*, 2011; TARRÁ *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2016).

Dentre os possíveis causadores de modificações nos fatores que interferem na biodiversidade do solo, podem ser citadas as atividades antrópicas como as de maior efeito, tais como: implantação de culturas, degradação de áreas nativas, preparo e intensificação do uso do solo, queimadas e explorações minerais e contaminação do solo, além de água e atmosfera com poluentes (WINK *et al.*, 2005; BARETTA, 2007).

Assim, intervenções antrópicas tanto em sistemas naturais quanto agrícolas, podem potencialmente afetar a dinâmica dessas comunidades animais e, por consequência, as funções ecológicas nas quais estão envolvidas (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009).

Dentre as modificações físicas que ocorrem no solo, a compactação altera diretamente indivíduos que habitam os poros do solo, reduzindo-lhes a capacidade de criar suas galerias, como é o caso dos ácaros (Acarina), minhocas (Oligochaeta), aranhas (Araneae), dentre outros (BARETA *et al.*, 2011). Além disso, outras práticas como subsolagem, escarificação e revolvimento da camada superior do solo interferem diretamente na distribuição da matéria orgânica e, ainda, provocam variações de temperatura e umidade do solo.

O principal fator que altera as propriedades químicas do solo em áreas agrícolas e que mostra efeito sobre sua fauna é a utilização de fertilizantes químicos ou orgânicos (BARETA *et al.*, 2011), além do uso indiscriminado de agrotóxicos, que pode eliminar momentaneamente indivíduos de algum nível da cadeia trófica (ODUM, 1983), desestruturando o sistema. Herbicidas podem exercer efeito sobre a composição da biota no ambiente, como observado por Scoriza *et al.*, (2015), podendo também eliminar indivíduos em estádios de vida específicos, como larvas e ovos (BARETA *et al.*, 2011).

Assim, os efeitos dos agrotóxicos sobre a biota podem incluir impactos sobre o funcionamento e a sustentabilidade dos solos de sistemas agrícolas e a qualidade de recursos naturais (TOPP, 2003).

Devido à alta sensibilidade dos organismos edáficos a mudanças no sistema, tanto biológicas, físicas como químicas, resultantes das práticas de manejo do solo e de cultivo (ROVEDDER *et al.*, 2004; VELÁSQUEZ *et al.*, 2007; AQUINO *et al.*, 2008; NUNES *et al.*, 2008; VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009; BARETA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2016), que podem afetá-los direta ou indiretamente, especialmente em termos de densidade e diversidade, a composição da comunidade e sua abundância podem ser utilizadas como indicadoras para medir impactos sobre o solo, a biodiversidade e atividades biológicas (ROVEDDER *et al.*, 2004; VELÁSQUEZ *et al.*, 2007; NUNES *et al.*, 2008; VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009; BARETA *et al.*, 2011).

O aumento do número de indivíduos de espécies da macrofauna do solo ocorre em função da disponibilidade de melhores condições ambientais, que favorecem a reprodução dos invertebrados, conforme relatado por Seeber *et al.*, (2005), e que se revelam por meio da diversidade e uniformidade (DIAS *et al.*, 2006)

Diferentes coberturas vegetais e práticas culturais podem influenciar diretamente a fauna do solo, uma vez que este fato determina a composição do resíduo orgânico mantido na superfície do solo (ANTONIOLLI *et al.*, 2006).

Práticas conservacionistas, como o uso de adubos verdes, plantio direto e sistemas agroflorestais, podem afetar positivamente as populações da fauna do solo (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009), pois promovem pouca perturbação do solo e maior acúmulo de matéria orgânica, criando, deste modo, condições para o estabelecimento e manutenção da fauna invertebrada do solo (LANGENBACH *et al.*, 2002; BARETA *et al.*, 2011). Vaz-de-Melo e *et al.*, (2009), por exemplo, observaram que populações de minhocas e colêmbolas aumentam na presença de cobertura verde, matéria orgânica em decomposição e sistema radicular extenso. Dias e *et al.*, (2006) destacam a importância da presença de leguminosas, para criar condições propícias à fauna, em decorrência de estimularem a maior disponibilidade de fonte de energia e N, que favorecem a reprodução dos invertebrados além de estabelecerem microclima mais favorável.

A manutenção da diversidade de plantas nos ecossistemas e, conseqüentemente, da biota do solo, junto com uma permanente cobertura da superfície do solo, seriam essenciais para manter o solo “vivo” e funcionando bem, de forma produtiva e mais sustentável (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009).

A diversidade biológica do solo exerce significativa interação com a manutenção da sua capacidade produtiva, sendo de grande importância para a decomposição e mineralização de resíduos orgânicos, favorecendo a disponibilidade de nutrientes (principalmente N) às plantas e até mesmo para outros indivíduos (BROWN & SAUTTER, 2009).

A meso e macrofauna invertebrada do solo ocupam diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo e afetam a produção primária, de maneira direta e indireta (SEASTEDT, 1984; SILVA *et al.*, 2006; AQUINO *et al.*, 2008a), desenvolvem principalmente funções detritívoras e predatórias, regulando a dinâmica populacional de saprófagos, nas teias tróficas da serapilheira e do interior do solo (LAVELLE & SPAIN, 2001, VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009). Essas funções ecológicas podem ser associadas a diversos processos, como a ciclagem de nutrientes, o revolvimento do solo, a incorporação de matéria orgânica e o controle biológico de pragas agrícolas presentes no solo (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009). Além disso, através de sua ação mecânica no solo, também contribuem para a formação de agregados estáveis, que permitem proteger uma parte da matéria orgânica de rápida mineralização (SÁNCHEZ & REINÉS, 2001).

Fungos e bactérias são diretamente responsáveis pela maior parte da degradação da matéria orgânica, mas um conjunto diversificado de protozoários, nematoides, anelídeos e artrópodes influenciam grandemente o funcionamento da flora decompositora como resultado direto e indireto de suas atividades de alimentação (SEASTEDT, 1984), de forma que pode-se dizer que a fauna do solo regula o processo de decomposição.

A decomposição pode ser genericamente definida como a redução na massa de um substrato (SEASTEDT, 1984), é um processo-chave na ciclagem dos nutrientes, essencialmente biológica, do qual participam a microflora e a fauna do solo (DA SILVA *et al.*, s.d.; DIAS *et al.*, 2006).

2.4 Espécies de cobertura de solo e adubação verde

Silva e *et al.*, (2006) observaram que um cenário degradado pode servir de estímulo à adoção de práticas de produção agrícola conservacionistas, como por exemplo, o uso de plantas de cobertura do solo, trazendo grandes mudanças no controle de erosão e na sustentabilidade da atividade agrícola.

O uso de plantas de cobertura em plantio direto vem sendo muito difundido no

Brasil nas últimas décadas (COIMBRA *et al.*, 2009), principalmente, por resultar em melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e pela redução das perdas de solo por erosão (CARPENEDO & MIELNICZUCK, 1990; TORRES *et al.*, 2005; BOLLIGER *et al.*, 2006). Suas principais características são o reduzido revolvimento do solo e o uso de adubos verdes para a formação de uma cobertura vegetal morta sobre a superfície (TORRES *et al.*, 2005; ASSIS *et al.*, 2012; AQUINO *et al.*, 2014), constituindo uma importante técnica para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos degradados (TORRES *et al.*, 2005).

As plantas de cobertura extraem os nutrientes de camadas mais profundas do solo, por meio do sistema radicular, disponibilizando-os superficialmente, após o manejo da fitomassa, deposição da palhada sobre o solo e a decomposição da mesma pela ação do ambiente (CRUSCIOL *et al.*, 2007). Constituem, assim, importante reserva de nutrientes a ser liberada para as culturas subsequentes, principalmente em regiões de clima tropical, onde há altas taxas de decomposição dos resíduos (CRUSCIOL *et al.*, 2007).

A eficácia do uso de plantas de cobertura no plantio direto, está diretamente relacionada ao tempo de permanência da cobertura sobre o solo, que, por sua vez está relacionada à quantidade e qualidade do resíduo vegetal e aos organismos decompositores (COIMBRA *et al.*, 2009).

A decomposição da palhada é uma variável importante neste processo e é fundamental o conhecimento de sua dinâmica (WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997; AITA & GIACOMINI, 2003).

A decomposição da matéria orgânica é influenciada pelas características do solo, como a sua dinâmica biológica, e do clima (WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997; AMADO *et al.*, 2003; PIMENTEL *et al.*, 2006). Dessa forma, os organismos que habitam e decompõem a serapilheira, por exemplo, bactérias e fungos, oligochaetas e outros macroinvertebrados afetam diretamente a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (STINNER & HOUSE, 1990; LAVELLE *et al.*, 1992).

As taxas de decomposição vão depender também da composição bioquímica dos tecidos vegetais, principalmente da relação carbono/nitrogênio (C/N) (WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997; CERETTA *et al.*, 2002; AMADO *et al.*, 2003; COIMBRA *et al.*, 2009).

Gramíneas, por exemplo, apresentam alta relação C/N, assim, sua decomposição é mais lenta do que plantas com baixa relação C/N, como as leguminosas (AITA *et al.*, 2004), por isso, espécies não gramíneas tendem a possuir maior taxa de decomposição, quando comparadas com gramíneas como aveia-preta (CERETTA *et al.*, 2002).

A adubação verde consiste no plantio de plantas específicas, utilizadas como plantas de cobertura, que são cortadas e incorporadas ou deixadas na superfície do solo (ASSIS *et al.*, 2012).

É reconhecido na literatura que a utilização de plantas da família das leguminosas como adubos verdes de culturas econômicas, otimiza o aporte de N ao solo, proveniente da fixação biológica por bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, (DE-POLLI *et al.*, 1996; BODDEY *et al.*, 1997), por exemplo.

A utilização de adubos verdes no pré-cultivo do milho substituiu a aplicação de 80 a 100 kg ha⁻¹ de N sintético, conforme demonstrado em estudos de De-Polli & Chada (1989) e Araújo & Almeida (1993). Dessa forma, o uso da adubação verde pode representar uma alternativa sustentável à utilização de fertilizantes sintéticos.

Na Região Serrana Fluminense, além do cultivo de adubos verdes tropicais no verão, as baixas temperaturas que ocorrem no inverno possibilitam o plantio das espécies de clima temperado (BARRADAS *et al.*, 2001).

De acordo com os experimentos de Barradas *et al.*, (2001), para a introdução

de adubos verdes na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, as espécies que mais se destacaram para o cultivo de inverno, em termos de produção de massa seca da parte aérea, tanto em condições de baixa fertilidade ou sob condições de baixos teores de P, K e Mg no solo, foram o tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) e a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber), sendo que a aveia-preta se mostrou a planta de cobertura com maior potencial.

Isso se deve tanto à boa adaptação dessa planta às condições agroambientais locais, quanto à facilidade dos agricultores ajustarem seu uso às rotações de cultivos normalmente em curso (ASSIS *et al.*, 2012). Relatos de agricultores de Nova Friburgo corroboram com os resultados descritos anteriormente. Para estes agricultores, o uso de cobertura morta de aveia-preta na produção de hortaliças tem favorecido a conservação das estradas vicinais, além de aumentar a produtividade e a qualidade da produção, em especial da couve-flor (ASSIS *et al.*, 2012). As avaliações com os agricultores foram importantes para que experimentassem e tirassem suas próprias conclusões em torno dos benefícios do uso dos adubos verdes (AQUINO *et al.*, 2014).

Para reverter e prevenir este quadro de degradação ambiental e incerteza econômica, propostas tecnológicas com base nos princípios agroecológicos, aliadas a aportes metodológicos participativos que favoreçam a interação entre pesquisadores, técnicos e agricultores, têm potencial positivo, de forma a reverter o processo de insustentabilidade produtiva da agricultura familiar da região, diversificando a produção e, conseqüentemente, as fontes de renda dos agricultores (AQUINO *et al.*, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na área experimental da Escola Técnica Agrícola Estadual Rei Alberto I, localizada na Microbacia do Barracão dos Mendes, Município de Nova Friburgo, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), numa altitude de 1.065m (Latitude: 22.334839°, Longitude: 32.676932°) (INMET, 2015).

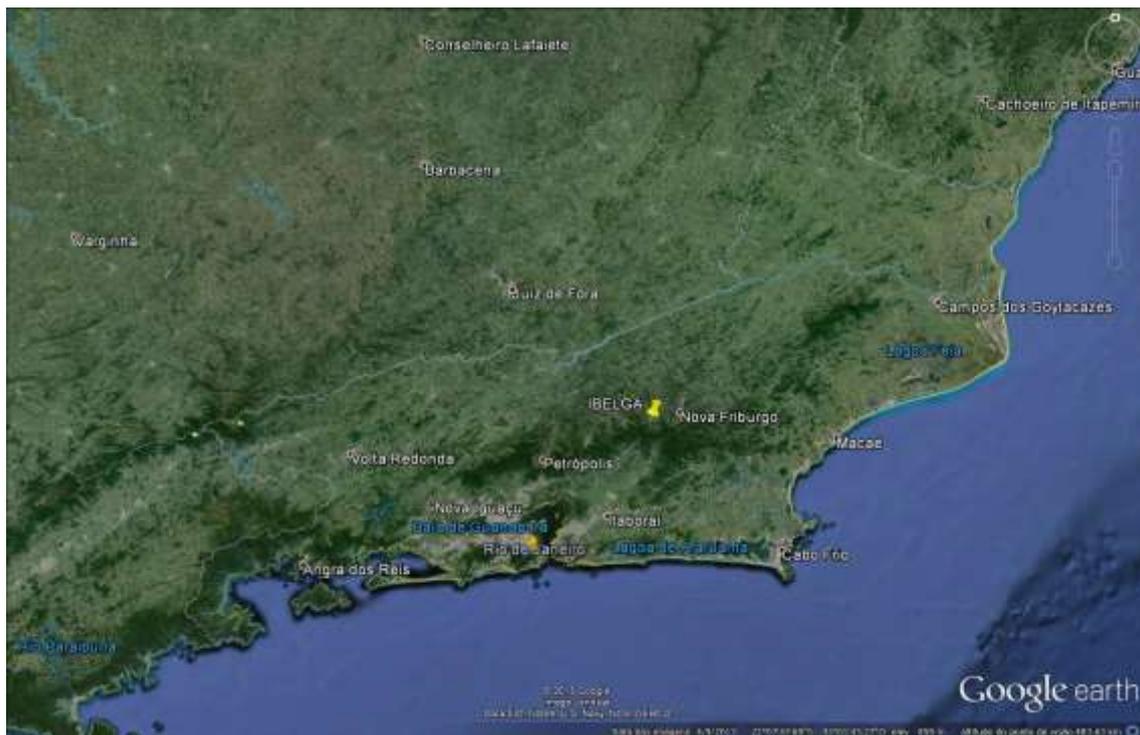


Figura 1: Imagem de Satélite do Estado do Rio de Janeiro, em destaque (marcador amarelo - IBELGA) o local de implantação do experimento de campo na Região Serrana, município de Nova Friburgo. Fonte: Google Earth.

O clima da região é o tropical de altitude, segundo a classificação de Köppen (Köppen, 1948), com invernos secos e verões úmidos. As temperaturas anuais médias variam entre 13,8°C e 24,3°C. A taxa de precipitação pluviométrica média anual é de 1.246,5 mm e os maiores índices pluviométricos são concentrados de dezembro a março (INMET, 2015).

O experimento foi dividido em duas etapas, na primeira avaliou-se a produtividade de adubos verdes de inverno em ambiente montanhoso e fauna invertebrada epígea e na segunda a decomposição dos resíduos das plantas de cobertura e macrofauna edáfica e fauna invertebrada epígea.

3.2 Etapa I: Produtividade de adubos verdes de inverno em ambiente montanhoso e fauna invertebrada epígea.

A área onde foi implantado o experimento de campo encontrava-se em posio por aproximadamente sete anos (Figura 2).



Figura 2: Imagem de Satélite da região rural de Nova Friburgo, em destaque (polígono amarelo) a área experimental na Escola Técnica Agrícola Estadual Rei Alberto I. Fonte: Google Earth.

O experimento foi implantado no dia 25 de junho de 2014, seguindo um delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam ao plantio dos adubos verdesaveia-preta (A) e tremoço-branco(T) em monocultivo e consorciados (C) além da permanência da vegetação espontânea (VE). Estes foram sorteados e alocados nas parcelas de acordo com a Figura 03.

Cada parcela correspondeu a dois canteiros de 14 x 1,2m, totalizando uma área de 33,6m² por parcela. A área experimental total compreendeu 650m². Os canteiros foram preparados com o auxílio de trator e encanteirador.

As espécies de cobertura foram semeadas a lanço. As densidades de plantio foram estipuladas de acordo com o método utilizado pelos agricultores da região, sendo: 30g m⁻² para a aveia-preta, 15 g m⁻² para o tremoço e 30g⁻² para o consórcio entre aveia e tremoço, sendo definida a proporção de 70% de aveia e 30 % de tremoço. Esses valores foram determinados com base na experiência dos agricultores e uso na escola Rei Alberto I.

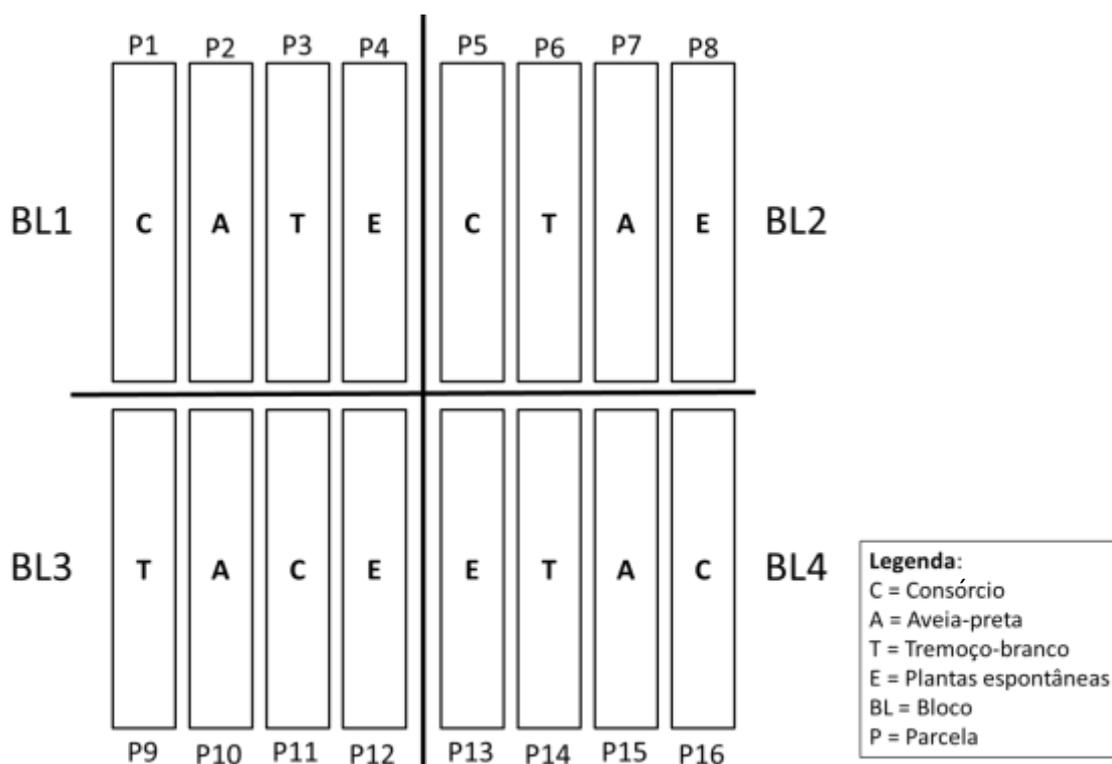


Figura 03: Representação esquemática experimental para o plantio dos adubos verdes em parcelas alocadas em quatro blocos.

3.2.1 Caracterização química do solo

O solo da área experimental corresponde a um Gleissolo, cuja análise química de terra (camada de 0-20 cm), efetuada de acordo com procedimentos baseados por Nogueira e Souza (2005) no laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia, forneceu os seguintes resultados: pH (H₂O) = 5,8; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 2,0 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 1,1 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 11,3 mg dm⁻³ e P disponível = 7,8 mg dm⁻³.

3.2.2 Fauna Epígea

A fauna invertebrada epígea foi amostrada empregando-se metodologia tipo “pitfalltraps”, de acordo com Moldenke (1994), que consiste na colocação e permanência de potes plásticos de cerca de 15cm de altura e 10cm de diâmetro, ao nível do solo, contendo uma solução preservante, para que os organismos, ao se locomoverem, caiam acidentalmente nesses recipientes. Como solução preservante, utilizaram-se cerca de 200mL de formol (1%) por armadilha. As armadilhas permaneceram em campo, por sete dias, e as coletas foram realizadas aos 15 dias após o plantio (DAP).

Após retiradas do campo, as armadilhas foram encaminhadas para o laboratório onde os representantes da fauna foram separados da solução e armazenados em recipientes contendo álcool 70%. O conteúdo dos recipientes foi examinado sob lupa binocular e os indivíduos foram contados e identificados em grandes grupos

taxonômicos. Após o que, foram calculados os índices ecológicos de riqueza e a quantidade de indivíduos por armadilha por dia e a frequência relativa de cada grupo.

3.2.3 Fitomassa

Amostras da parte aérea e raízes das plantas de cobertura foram colhidas de uma área de 1m², aos 120 DAP. Foi retirado a terra aderida às raízes, e estas foram lavadas, tendo, em seguida, o excesso de água escorrido. Os nódulos das raízes, presentes na leguminosa foram coletados. As partes vegetais foram pesadas para a obtenção da massa fresca (MF) da parte aérea, raízes e nódulos.

Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 65° C, até o material alcançar massa constante para determinação de massa seca (MS). O material seco foi processado em moinho do tipo Willey (abertura de peneira de 20 mm) e encaminhado para o Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia (LQA) para as análises de N, P, K, Ca e Mg sendo os procedimentos baseados no Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos - Embrapa - Nogueira & Souza, 2005.

O teor total de cada nutriente foi estimado a partir da porcentagem do nutriente presente em cada amostra, multiplicada pelo peso total de matéria seca estimada em kg ha⁻¹. Assim, foram estimados os teores dos nutrientes presentes em kg ha⁻¹, para cada uma das coberturas vegetais em razão da quantidade de matéria seca produzida.

3.3 Etapa II: decomposição dos resíduos das plantas de cobertura, fauna invertebrada epígea e macrofauna edáfica .

A segunda etapa do experimento, iniciou-se após o manejo das plantas de cobertura do solo, 120 DAP dos adubos verdes, no dia 23/10/2014.

3.3.1 Caracterização química do solo

No início do experimento, foi realizada a coleta de amostras de terra de cada parcela experimental, na profundidade de 0 a 20 cm. Em seguida, o solo coletado foi seco ao ar por 24h, peneirado (malha de 2mm) e analisado quanto aos teores de Al, Ca, K, Mg, N (%), P, e pH através de procedimentos baseados por Nogueira e Souza (2005) no laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia. A caracterização química do solo nessa época está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo, após 108 DAP dos adubos verdes.

Tratamentos	Atributos Químicos do Solo								
	C	N	Al ⁺⁺⁺	Ca	Mg ⁺⁺	H+Al	K ⁺	P disp	pH
	----(%)----	------(cmol _c /dm ³)-----					---(mg/dm ³)---	(H ₂ O)	
Consórcio	2,09	0,2	0,47	1,89	0,52	9,64	146,41	39,28	5,7
Aveia	2,17	0,19	0,39	2,12	0,64	9,6	151,14	43,48	5,74
Tremoço	2,35	0,21	0,34	2,45	0,64	9,34	167,75	37,17	5,79
V. Espontânea	2,1	0,2	0,32	2,46	0,66	9,25	140,28	40,43	5,8

Na época do grão leitoso para aveia e fim da floração do tremoço, 120 DAP, as parcelas foram divididas em subparcelas (Figura 4). Estas foram manejadas de formas distintas, uma teve as plantas de cobertura tratadas com o herbicida Glifosato a uma concentração de 7,5 mL L⁻¹ de água (H) e posteriormente roçadas, e a outra teve as plantas apenas roçadas (R), conforme a Figura 4. Tanto as subparcelas R quanto as H precisaram ser roçadas na mesma data, para que houvesse sincronia na deposição dos resíduos vegetais dos dois manejos.

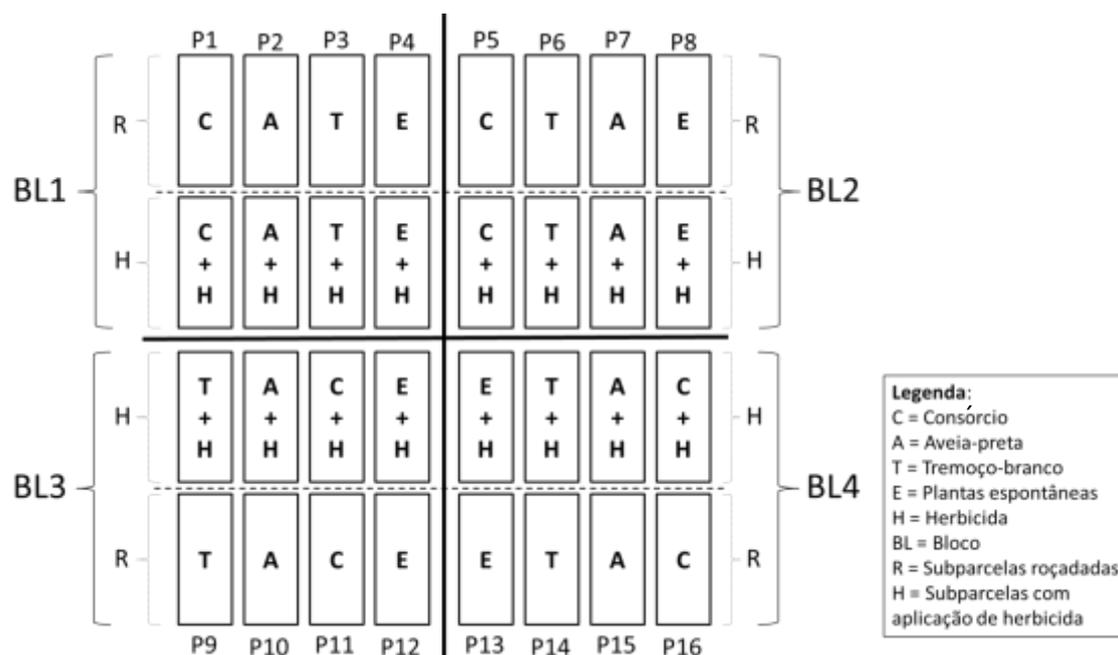


Figura 02: Desenho experimental com parcelas subdivididas (subparcelas) para aplicação dos tratamentos: (R) roçada e (H) herbicida.

3.3.2 Decomposição dos resíduos vegetais

Para avaliar a decomposição dos resíduos das plantas de cobertura, utilizou-se o método de "litter bags" (ANDERSON & INGRAM, 1989), que consiste na utilização de sacolas de polivinil, com malha de 4mm dimensões de 25 x 25cm que são preenchidas com material vegetal e em seguida depositadas sobre o solo. Foram depositados cinco "litter bags" por subparcela, contendo 50g de material vegetal fresco na mesma data da roçagem, quando todos os resíduos vegetais foram depositados.

Para a avaliação da taxa de decomposição dos resíduos, foram realizadas cinco coletas: aos 7, 14, 30, 60 e 90 dias após a implantação do experimento. Devido às quantidades limitadas de sacolas do tipo “*litter bags*”, a decomposição foi avaliada apenas em três blocos experimentais e em apenas cinco datas acrescidas da data de início (tempo 0) de avaliação.

Foi avaliado o peso fresco do material contido no “*litter bag*” e, em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 65° C, até o material alcançar massa constante para determinação da massa seca (MS).

Curvas de decomposição foram geradas após a transformação dos valores remanescentes em cada data de coleta em percentual remanescente, considerando a massa inicial como 100%.

Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação, durante a avaliação da decomposição dos resíduos vegetais foram obtidos da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática - Estação Nova Friburgo - Salinas - A624, localizada dentro da Escola Estadual Rei Alberto I.

Na Figura 5, é possível observar a taxa de precipitação pluviométrica (A) e temperaturas máximas e mínimas (B) na área experimental durante a avaliação da decomposição dos resíduos vegetais. As coletas dos “*litterbags*”, numeradas de 1 a 5, estão representadas na área dos gráficos, no local correspondente a data de cada coleta.

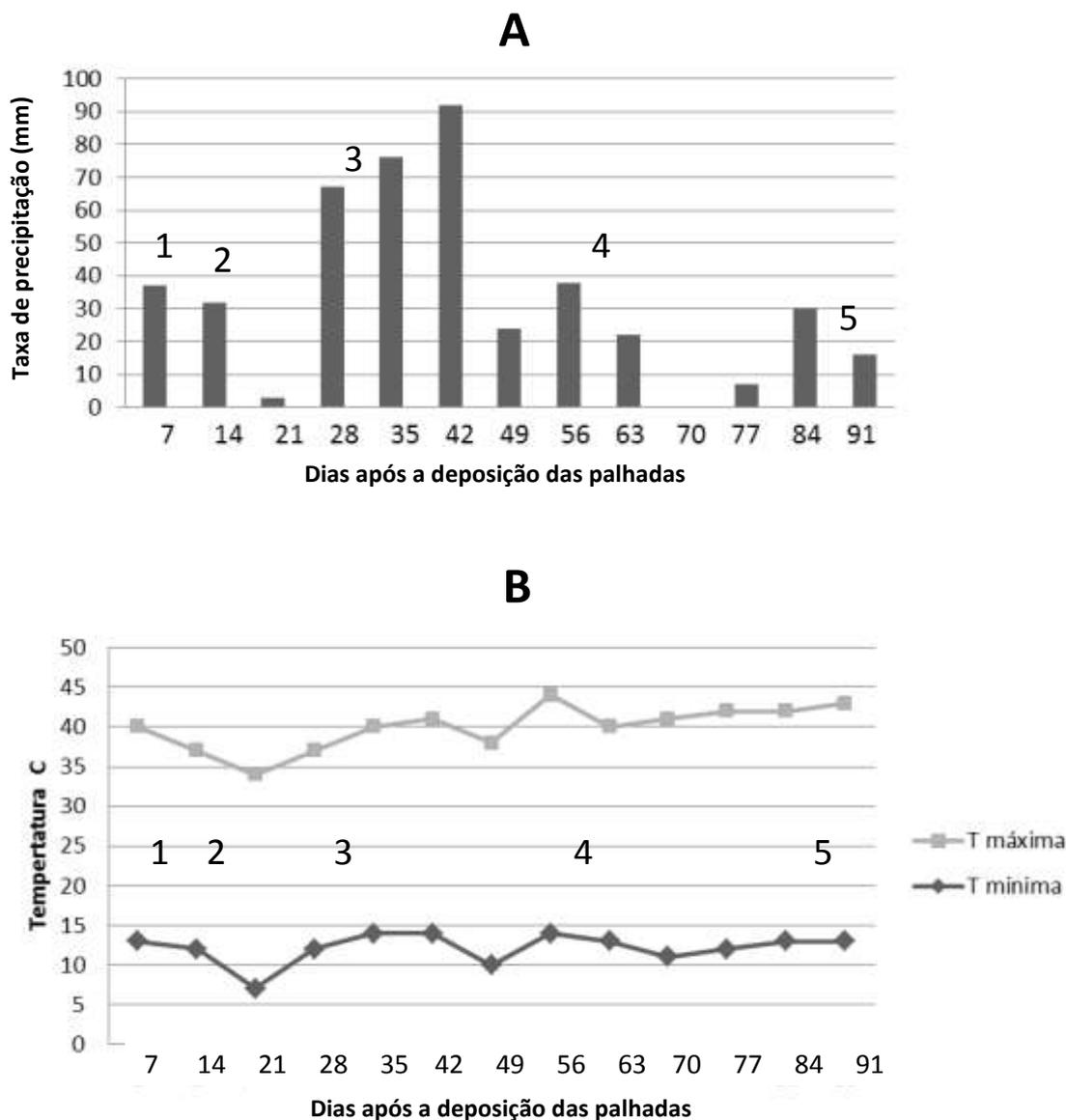


Figura 5. Taxa de precipitação (A) e Temperatura (B), registrados a cada semana, durante a avaliação da decomposição dos resíduos vegetais, no Município de Nova Friburgo, RJ. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática – Estação Nova Friburgo – Salinas – A624 (INMET). DAI: dias após a implantação do experimento.

3.3.3 Fauna epígea

A fauna invertebrada epígea foi amostrada através da metodologia empregando armadilhas de queda do tipo *Pittfall*, de acordo com Moldenke (1994), como descrito no item 3.2.2. As armadilhas foram implantadas aos 90 dias após o manejo das plantas de cobertura e retiradas após sete dias.

3.3.4 Macrofauna edáfica

A macrofauna edáfica foi amostrada conforme metodologia descrita pelo programa de Biologia e Fertilidade dos Solos Tropicais (TSBF) da UNESCO (ANDERSON & INGRAM, 1993), aos 90 dias após o manejo das plantas de cobertura, nas profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20cm e 20 a 30cm.

A fauna presente nas amostras foi triada e armazenada em recipientes contendo álcool 70% para posterior identificação. No laboratório, o conteúdo dos recipientes foi examinado sob estereoscópio. Os indivíduos de cada amostra foram contados e identificados em grandes grupos taxonômicos.

Após a contagem e identificação dos grupos da fauna, foram calculados os índices ecológicos de riqueza (número de grupos) e densidade de indivíduos (número de indivíduos por metro quadrado) e a frequência relativa de cada grupo (percentual de ocorrência de cada grupo dentro da comunidade), somando-se as três profundidades. Além disso, foi estratificada a distribuição vertical do número de indivíduos no perfil do solo.

3.3.5 Atributos químicos do solo

Para comparação dos atributos químicos do solo entre os tratamentos e manejos, aos 90 dias após o manejo das plantas de cobertura, foi realizada coleta de solo em cada subparcela. A metodologia de coleta e análise foi à mesma descrita no item 3.2.1.

3.4 Análises Estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando não atenderam aos pressupostos de normalidade e homogeneidade, foram transformados pela expressão Log. Quando detectou-se diferença pelo teste F aplicou-se o teste de Scott-Knott para caracterizar diferenças entre os tratamentos considerando o nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas pelos programas R e SISVAR5.6.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade de adubos verdes de inverno em ambiente montanhoso e fauna invertebrada epígea.

4.1.1 Produtividade

Aos 120 dias após o plantio das espécies de cobertura, a produtividade de massa fresca de parte aérea (MFPA) do tremoço foi superior quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 2). A produtividade de massa fresca das raízes (MFR) também foi superior no tremoço, assim como no consórcio e isso possivelmente se deu, pela maior massa da raiz pivotante da leguminosa.

O rendimento de massa seca da parte aérea (MSPA) da aveia foi de 2 Mg ha⁻¹, menor produtividade dentre as coberturas avaliadas neste experimento (Tabela 2). Além disso, essa produtividade é inferior ao descrito em outros estudos com aveia-preta, tanto na mesma região e em condições semelhantes (BARRADAS *et al.*, 2001), como em outras regiões do Brasil nas mais diversificadas condições climáticas e de fertilidade (DERPSCH *et al.*, 1985; HEINRICH *et al.*, 2001; BORKET *et al.*, 2003; MENEZES & LEANDRO, 2004; PEREIRA *et al.*, 2011; SOUZA & GUIMARÃES, 2013). Estes estudos descreveram produtividades variando de 3 a 9 Mg ha⁻¹.

Por outro lado, a produtividade da aveia-preta foi superior ao encontrado por Melo *et al.* (2011), aos 120 DAP que observaram valor de 600 kg ha⁻¹ no tratamento que não recebeu adubação.

As produtividades de MSPA do tremoço, consórcio e vegetação espontânea foram similares entre si (Tabela 2). A produtividade do tremoço-branco teve média de 4,8 Mg ha⁻¹, valor superior ou próximo ao observado em outros estudos sob condições de cultivo convencional (DERPSCH *et al.*, 1985; DA SILVA *et al.*, 2009; VIOLA *et al.*, 2012). Nestes estudos os autores descreveram produtividades entre 2,7 e 4,8 Mg ha⁻¹. Já Barradas *et al.* (2001), Borket *et al.* (2003), e Souza & Guimarães (2013), em condição de alta fertilidade do solo encontraram produtividades mais elevadas do que os dados apresentados neste trabalho, entre 5,8 e 11,6 Mg ha⁻¹.

Deve-se destacar que o consórcio entre aveia-preta e tremoço-branco apresentou produtividade semelhante à observada para o tremoço em monocultivo (Tabela 2), e por esta cobertura combinar características de leguminosas e gramíneas, apresenta múltiplos benefícios para o solo.

Quanto às produtividades de massa seca das raízes (MSR) não se detectaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 2), os resultados foram inferiores ao observado por Barradas *et al.* (2001) nas mesmas condições edafoclimáticas, porém em solo com alta fertilidade e Pereira *et al.* (2011), no município de Jaboticabal, SP em sistema convencional, com a utilização de fertilizantes químicos, tanto para o tremoço quanto para aveia.

Os teores de MSPA e MSR do tremoço-branco foram semelhantes ao verificado em outros estudos que avaliaram a produtividade desta espécie (DERPSCH *et al.*, 1985; BARRADAS *et al.*, 2001; SOUZA & GUIMARÃES, 2013) (Tabela 2).

Os teores de MSPA e MSR da aveia-preta diferiram do descrito em outros estudos (BARRADAS *et al.*, 2001, SOUZA & GUIMARÃES, 2013 e DERPSCH *et al.*, 1985), que verificaram um percentual de massa seca em torno de 20%, mesmo quando avaliados diferentes estágios de desenvolvimento da planta. No presente estudo, a média

de massa seca percentual observada na aveia foi em torno de 60%. Isso pode ter se dado devido ao avançado estágio de senescência em que as plantas se encontravam.

Tabela 2. Produtividade, em Mg ha⁻¹, das raízes e parte aérea das plantas de cobertura do solo.

Tratamento	Produtividade das plantas de cobertura do solo (Mg ha ⁻¹)					
	MFPA	MSPA	MSPA(%)	MFR	MSR	MSR(%)
<i>Consórcio</i>	13,47 b	4,05 a	30,88	1,66 a	0,8 a	51,05
<i>Aveia</i>	3,6 b	2,10 b	60,86	0,66 b	0,41 a	66,69
<i>Tremoço</i>	27,68 a	4,78 a	18,83	2,55 a	0,90 a	37,49
<i>V.espontânea</i>	8,38 b	5,8 a	69,25	0,89 b	0,37 a	41,87
CV(%)	48	19	-	40	53	-

¹Valores médios de quatro repetições.²Valores seguidos de mesma letra na coluna, não apresentam diferenças estatísticas, pelo teste de Teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade. ³MFPA massa fresca da parte aérea; ⁴MSPA massa seca da parte aérea; ⁵MSPA(%) teor de massa seca percentual da parte aérea; ⁶MFR massa fresca das raízes; ⁷MSR massa seca das raízes; ⁸MSR(%) teor de massa seca percentual das raízes; ⁹CV coeficiente de variação.

4.1.2 Quantidade de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea e raízes das plantas de cobertura

As plantas utilizadas como adubos verdes, através do seu sistema radicular, exploram os nutrientes das camadas mais profundas do solo e, após o corte da parte aérea, podem disponibilizá-los superficialmente para as culturas subseqüentes (MELO *et al.*, 2011).

No presente trabalho, aaveia-preta foi a espécie de cobertura que apresentou as menores quantidades de nutrientes acumulados na biomassa, tanto nas raízes quanto na parte aérea, passíveis de retornarem ao solo a partir da mineralização dos tecidos vegetais (Tabela 3). De acordo com os resultados de Melo e *et al.*, (2011), observa-se elevado potencial de ciclagem de nutrientes pela aveia-preta, quando o requerimento de N é atendido.

Já o tremoço apresentou as maiores quantidades de N acumulados nas raízes e parte aérea (Tabela 3). Na parte aérea das plantas, é possível retornar mais de 100 kg N ha⁻¹através do tremoço em monocultivo e 70 kg ha⁻¹em consórcio com a aveia. Plantas da família das leguminosas apresentam em seus tecidos, maior relação C/N quando comparada a espécies de outras famílias botânicas, especialmente gramíneas. Além disso, a estratégia de se obter o N pela fixação biológica favorece o acúmulo deste nutriente no tecido das leguminosas.

Não houve diferença significativa entre a nodulação do tremoço cultivado“solteiro” e em consórcio. Em ambos os tratamentos, as plantas apresentaram número médio de 14 nódulos por planta e com massa média de nódulos de 130 mg e 5 mg de N acumulado por planta. Estes valores para a massa seca dos nódulos foram similares aos encontrados por Barradas e *et al.*,(2001) em solo com alta fertilidade.

Tabela 3. Teor de nutrientes minerais acumulados nas raízes e parte aérea das espécies de cobertura do solo.

Teores Totais de Nutrientes das Plantas de Cobertura (kg ha⁻¹)					
Tratamento	Raízes				
	Ca	K	Mg	N	P
<i>Consórcio</i>	1,68 a	11,79 a	1,37 a	5,74 b	0,87 a
<i>Aveia</i>	0,95 a	4,87 b	0,71 b	2,55 c	0,51 a
<i>Tremoço</i>	0,99 a	12,07 a	0,72 b	8,35 a	0,71 a
<i>V. espontânea</i>	1,24 a	8,93 a	1,28 a	3,37 c	0,57 a
Tratamento	Parte Aérea				
	Ca	K	Mg	N	P
<i>Consórcio</i>	13,15 a	66,35 b	6,06 b	77,06 b	7,26 b
<i>Aveia</i>	4,2 a	33,29 c	3,04 c	18,69 c	3,35 c
<i>Tremoço</i>	16,9 a	79,09 b	8,68 b	127,03 a	8,63 a
<i>V. espontânea</i>	16,97 a	174,54 a	18,66 a	69,46 b	6,95 b

¹Valores médios de quatro repetições.²Valores seguidos de mesma letra na coluna, não apresentam diferenças estatísticas, pelo teste de Teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.

Teores Totais de Nutrientes das Plantas de Cobertura (kg ha⁻¹)

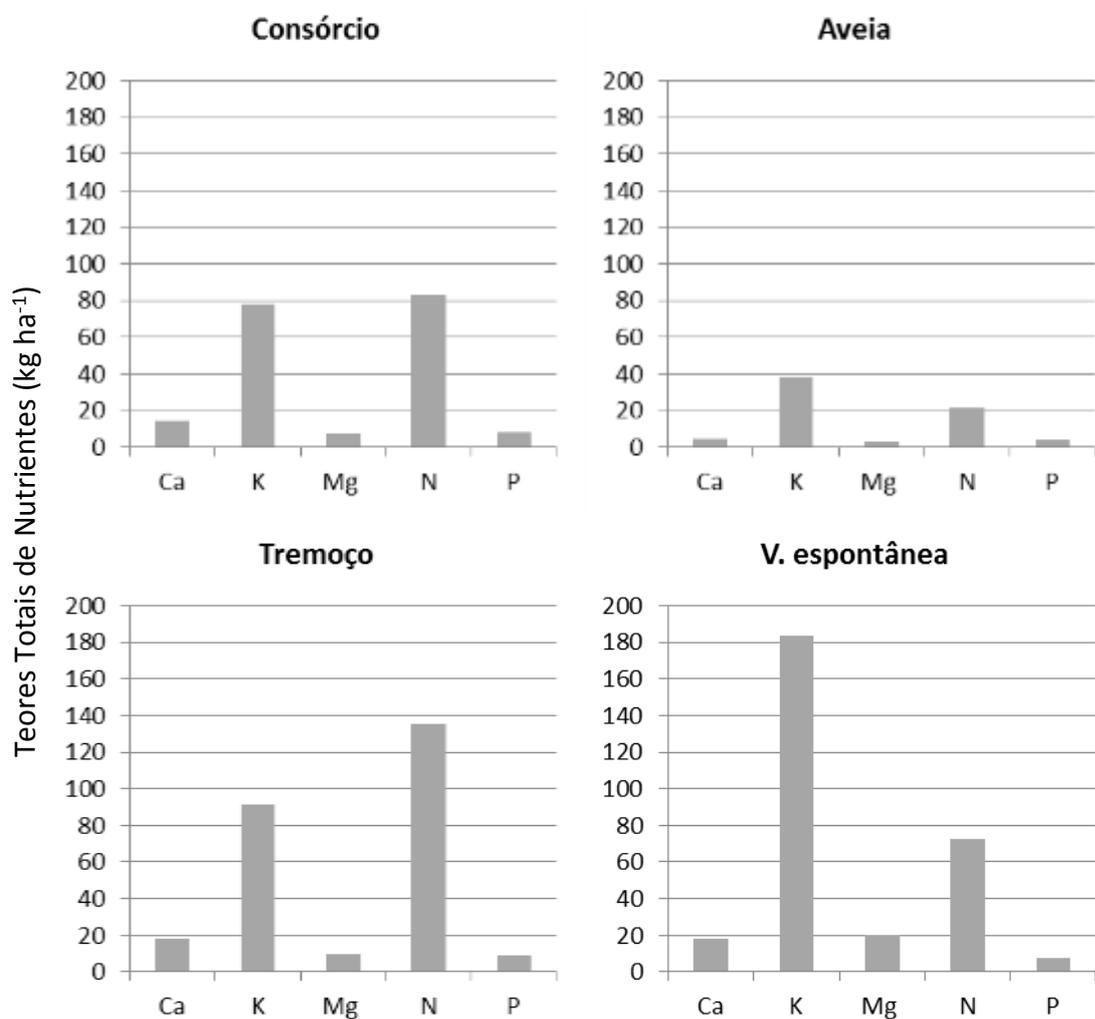


Figura 6. Teores Totais de Nutrientes das Plantas de Cobertura (parte aérea + raízes) em kg ha⁻¹.

4.1.3 Fauna epígea em solo cultivado com diferentes plantas de cobertura

A abundância de indivíduos capturados por dia, assim como a riqueza de grupos da fauna epígea, que foi alta (entre 20 e 23 grupos) foram similares nas amostras dos diferentes tratamentos quando as plantas ainda não haviam sido cortadas (Tabela 4). Tal resultado mostra que as espécies dos adubos verdes ou das plantas espontâneas não influenciaram a comunidade da fauna epígea, mantendo-se a biodiversidade em todas as situações.

Tabela 4. Índices ecológicos da comunidade epígea sob diferentes coberturas vegetais. Valores médios de quatro repetições, comparadas através do Teste de Scott-Knott (5%).

Tratamento	Índices ecológicos da comunidade		
	Abundância (nº de indivíduos/dia)	Riqueza (º de grupos)	Riqueza Média
<i>Consórcio</i>	65,48	21	15,13
<i>Aveia</i>	49,7	23	15,13
<i>Tremoço</i>	43,11	22	14,75
<i>V. espontânea</i>	59,11	20	14,38

¹Valores médios de quatro repetições. Comparados através do teste de Teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.

A frequência relativa dos grupos da comunidade epígea em cada tratamento é apresentada na Figura 6. Observa-se, em todas as coberturas vegetais, dominância de Colembolas (Entomobryomorpha e Symphypleona), seguidos de ácaros. Estes grupos são classificados como micrófagos, de acordo com o habitat e recursos alimentares (SILVA *et al.*, 2016). Desta forma, pode-se dizer que a maioria da fauna epígea encontrada neste trabalho (frequência relativa superior a 65% em todos os tratamentos) é composta por micrófagos. Tais organismos são encontrados em maior quantidade nas camadas superiores do solo, com maior teor de matéria orgânica e apresentam funções importantes, como na decomposição, ciclagem de nutrientes e regulação da população de microrganismos (BARETTA *et al.*, 2011).

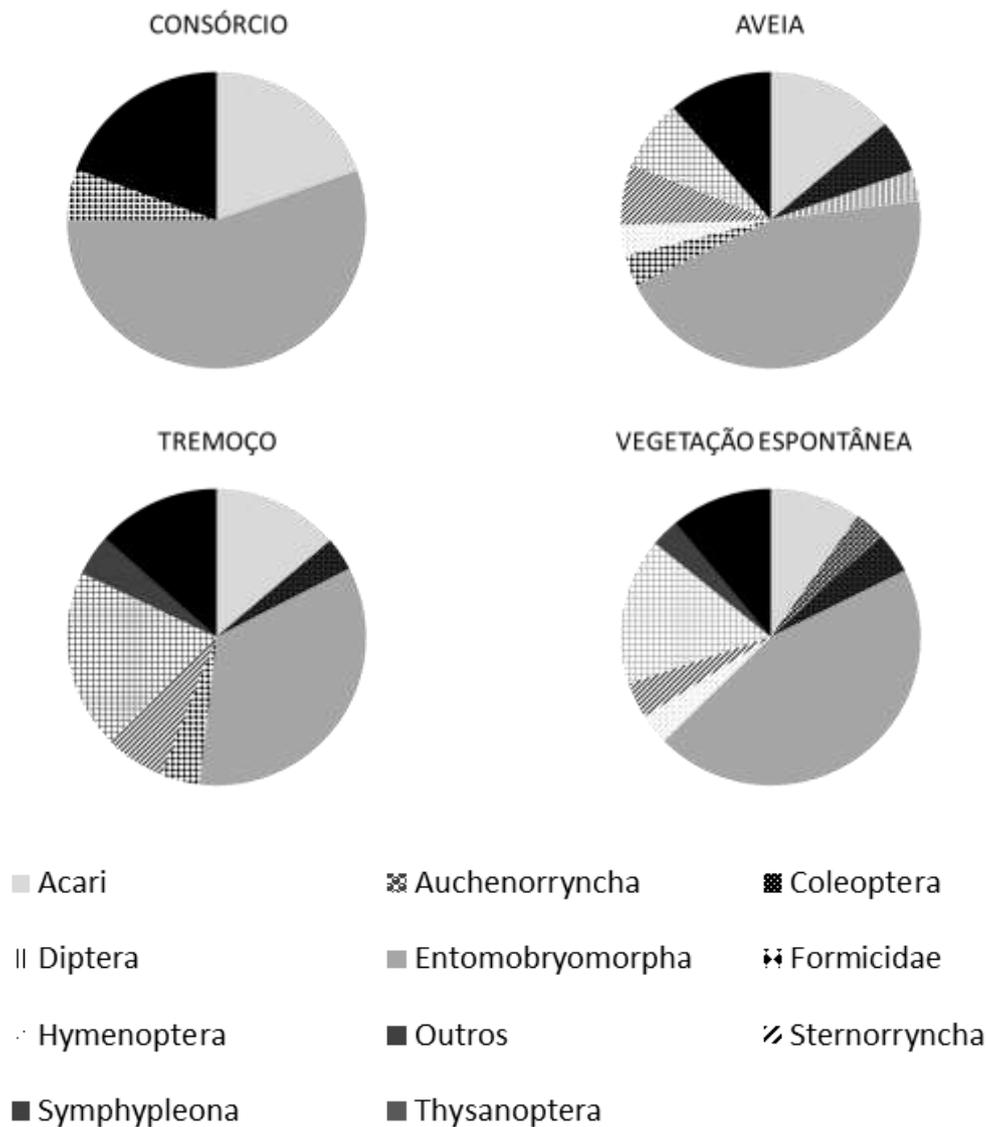


Figura 7. Distribuição dos principais grupos da comunidade epigea, 115 DAP das plantas de cobertura. A legenda *Grupos Minoritários* representa a soma da frequência relativa (%) dos indivíduos, cuja representatividade foi inferior a 3%.

4.2 Etapa II: Decomposição dos resíduos vegetais e fauna do solo associada, após o manejo das plantas de cobertura.

4.2.1 Decomposição dos resíduos das plantas de cobertura

A decomposição do material adicionado ao solo é um processo essencialmente biológico, sujeito, portanto, à interferência de inúmeros fatores, tais como as características climáticas e em particular a taxa de precipitação pluviométrica (KRAINOVIC, 2008) que restringe a atividade dos organismos decompositores. No entanto, não foram verificadas quedas de massa das palhadas mais acentuadas nos períodos de maior pluviosidade, antes das coletas 3 e 4 (respectivamente aos 30 e 60 dias) (Tabela 8 e Figuras 7 e 8).

Na Tabela 8, são apresentados os valores das médias de massa seca remanescente das palhadas dos adubos verdes, “solteiros” ou consorciados em cada tipo de manejo.

Tabela 8. Proporção de massa seca remanescente em ensaio de decomposição das palhadas das plantas de cobertura, manejados com roçada ou com herbicida.

DAI	CR	CH	AR	AH	TR	TH
	Massa seca (%)					
0	100	100	100	100	100	100
7	88,36	69,95	90,46	43,99	91,78	80,53
14	82,30	46,67	80,93	36,72	90,65	61,05
30	63,09	38,19	73,01	33,77	82,59	56,17
60	57,00	34,08	66,62	27,93	63,24	48,78
90	41,78	28,58	53,53	24,99	13,54	35,88

(DAI) Dias após a implantação do experimento; (C) Consórcio; (A) Aveia-preta; (T) Tremoço-branco; (R) Manejo com Roçada; (H) Manejo com Herbicida.

Aos 90 dias após o início do ensaio de decomposição das palhadas das plantas de cobertura, nas parcelas manejadas com roçada, notam-se valores percentuais de massa seca remanescente de 41,78% no consórcio, 53,53 na aveia, 13,54% no tremoço. É esperado que a decomposição da gramínea seja mais lenta do que a da leguminosa que apresenta relação C:N mais estreita (CERETTA *et al.*, 2002, DE PAULA *et al.*, 2015).

Já nas parcelas manejadas com herbicida, aos 90 dias após o início do ensaio de decomposição das palhadas das plantas de cobertura, notam-se valores percentuais de massa seca remanescente de 24,99% na aveia, 28,58% no consórcio, e 35,88% no tremoço. Invertendo-se o padrão esperado. Assim, como o observado por outros autores, que também verificaram gramíneas decompondo mais rapidamente do que leguminosas, mesmo quando a relação C/N das gramíneas é maior, como Torres *et al.*, (2005), em experimento com aveia manejada com herbicida glifosato, e Silva *et al.*, (1997), em condições de solo descoberto no cerrado. Observa-se que nos trabalhos onde isso foi observado o solo apresentou algum nível de perturbação, seja pela presença do herbicida, seja pela ausência de cobertura. Perturbações geradas pela presença de herbicida podem ter influenciado na decomposição dos resíduos vegetais neste ensaio.

O valor observado para a massa seca remanescente da aveia no manejo com roçada aos 90 dias (53,53%) é mais próximo dos valores observados por Giacomini *et al.*, (2000), Ceretta *et al.*, (2002) e Amado *et al.*, (2003), que verificaram, aos 120 dias após o plantio, massa seca remanescente de respectivamente 50, 44, e 62%, do que o valor observado neste trabalho para a massa seca remanescente no manejo com herbicida (24,99%). Este valor é mais próximo ao observado por Wisniewski & Holtz (1997), que verificaram massa seca remanescente de 29%, no entanto, isso se deu aos 179 dias após o manejo da aveia.

As maiores reduções ao final do bioensaio de decomposição foram verificadas nos tratamentos com aveia “solteira” e no consórcio, manejados com herbicida. A maior perda de massa da palhada de aveia com herbicida, comparada com o tratamento mecânico, também foi observada por Araújo & Rodrigues (2001).

Estudos mostram que a aplicação de herbicida altera a composição microbiana do solo e as densidades populacionais de alguns microrganismos, apresentando maior atividade saprofítica que no solo sem herbicida, indicando efeito deletério do dessecante

sobre as populações de organismos decompositores (BARROS, 2012), o que pode explicar a maior velocidade de decomposição da aveia.

É interessante ressaltar que a presença da palha na superfície do solo é de fundamental importância para a manutenção da qualidade do solo em ambiente montanhoso. Isso reforça a preocupação em produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, o que significaria manter o resíduo protegendo o solo por maior período de tempo (CERETTA *et al.*, 2002).

A aveia “solteira” em consórcio manejadas com herbicida demonstraram que não atendem a esse pressuposto tão bem quanto quando manejados apenas com roçada. O tremoço-branco parece ser mais resistente à decomposição, o que é desejável no que diz respeito à função de cobertura do solo de médio à longo prazo, conforme mencionado por Aragão *et al.*, (2014).

Entre os adubos verdes manejados com roçada, observa-se que o tremoço apresentou decomposição mais acelerada que os demais, seguido do consórcio e, por fim, a aveia. Assim, pode-se associar a velocidade de decomposição dos resíduos com a relação C:N das espécies. A maior velocidade de decomposição para a menor relação C:N e a menor velocidade de decomposição para a maior relação C:N (CERETTA *et al.*, 2002, DE PAULA *et al.*, 2015)

Deve-se ressaltar também, no manejo com roçada, a influência da aveia no consórcio com o tremoço na redução da velocidade de decomposição, quando comparados ao tremoço “solteiro”, constituindo assim uma vantagem. A gramínea em consórcio com leguminosa aumenta a relação C:N dos resíduos vegetais gerados, quando comparado a resíduos apenas de leguminosa, por esse motivo, o tempo de permanência das palhadas no solo é aumentada, além de serem mantidos os benefícios nutricionais da leguminosa, combinando-se assim as vantagens das duas famílias (CERETTA *et al.*, 2002; AITA & GIACOMINI, 2003, CRUSCIOL *et al.*, 2007).

4.2.2 Fauna epigea associada à palhada das plantas de cobertura sob duas formas de manejo, aplicação de herbicida e roçada

Não observou-se diferenças quando avaliada a abundância de indivíduos capturados por dia entre os tratamentos explorados, quando comparada dentro do mesmo manejo, nem entre os diferentes manejos dentro de cada tratamento (Tabela 10). O mesmo foi observado para a riqueza de grupos da fauna edáfica (Tabela 10), demonstrando que a fauna epigea, aos 90 dias após a implantação do Experimento II, não sofreu influência do material vegetal depositado, nem da forma como esse material foi manejado.

Tabela 10. Índices ecológicos da comunidade epigeasob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo.

Tratamentos	Índices ecológicos da comunidade			
	Manejo	Abundância	Riqueza	Riqueza Média
<i>Consórcio</i>	<i>R</i>	129,32	18	12,25
	<i>H</i>	55,55	18	13,5
<i>Aveia</i>	<i>R</i>	70,96	19	12,75
	<i>H</i>	75,14	20	14,5
<i>Tremoço</i>	<i>R</i>	91,96	19	14,25
	<i>H</i>	39,07	18	12
<i>V. espontânea</i>	<i>R</i>	171,96	18	11,25
	<i>H</i>	149,14	16	13,75

¹Valores médios de quatro repetições. Comparados através do teste de Teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.(R) Manejo com Roçada; (H) Manejo com Herbicida;

Os grupos da fauna edáfica encontrados em cada tratamento e forma de manejo, bem como suas abundâncias por armadilha estão descritos na Tabela 11.

Dos colêmbolas encontrados, Entomobryomorphafoi o grupo que apresentou maior atividade nas palhadas roçadas.Os colêmbolos apresentam funções importantes no solo, como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, regulação da população de microrganismos (HEISLER & KAISER, 1995; COLEMAN & CROSSLEY JR., 1996). Logo, se o herbicida afeta as populações de colêmbolas,isso pode implicar em perdas importantes nas funções do ecossistema.

Tabela 11. Números de indivíduos dos grupos da fauna epígea, por dia, sob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo.

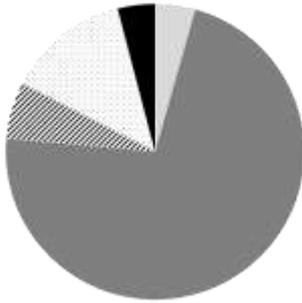
Grupo da Fauna	Nº de indivíduos por armadilha dia ⁻¹							
	Consórcio		Aveia		Tremoço		V. espontânea	
	R	H	R	H	R	H	R	H
<i>Acari</i>	5,68	3,82	3,32	5,11	8,32	3,57	5,14	3,50
<i>Araneae</i>	0,21	0,29	0,04	0,21	0,11	0,36	0,07	0,25
<i>Auchenorrhyncha</i>	0,25	0,43	0,71	0,29	0,39	0,21	0,25	0,29
<i>Chilopoda</i>	0	0,04	0,04	0,04	0	0,04	0,04	0
<i>Coleoptera</i>	1,82	3,39	1,32	1,54	2,04	1,39	2,61	2,89
<i>Diptera</i>	0,07	0,32	0,25	0,07	0,21	0,04	0,04	0
<i>Entomobryomorpha</i>	93,57	34,32	44,89	51,04	48,18	21,46	104,29	66,25
<i>Formicidae</i>	8,04	7,86	12,11	9,25	20,71	7,93	31,79	53,93
<i>Gastropoda</i>	0,04	0	0	0	0	0	0,04	0
<i>Heteroptera</i>	0,50	0,25	0,50	0,68	0,21	0,39	0,43	0,46
<i>Hymenoptera</i>	0,50	0,32	0,18	0,29	0,50	0,39	0,14	0,68
<i>Isopoda</i>	0	0	0	0,07	0	0	0	0
<i>Larva Coleoptera</i>	0,46	0,25	0,18	0,46	0,64	0,11	0,46	0,50
<i>Larva Diptera</i>	0	0,07	0,14	0,04	0,21	0	0,07	0,11
<i>Larva Lepidoptera</i>	0	0	0,07	0	0,04	0	0	0
<i>Oligochaeta</i>	0,04	0,07	0,18	0,29	0,54	0,32	0,43	0
<i>Orthoptera</i>	0,32	0,68	0,43	0,36	0,39	0,46	0,29	0,21
<i>Poduromorpha</i>	17,36	2,57	5,61	4,64	8,86	1,82	25,64	18,68
<i>Psocoptera</i>	0,04	0	0,18	0,11	0,04	0,04	0	0,07
<i>Sternorrhyncha</i>	0,14	0,43	0	0,18	0,21	0,14	0,21	0,11
<i>Symphyleona</i>	0,14	0,21	0,50	0,29	0,11	0,25	0	0,75
<i>Thysanoptera</i>	0,14	0,21	0,32	0,21	0,25	0,14	0,04	0,46
<i>Total</i>	129,32	55,54	70,96	75,14	91,96	39,07	171,96	149,14

Valores médios de quatro repetições. (R) Manejo Roçada; (H) Manejo Herbicida

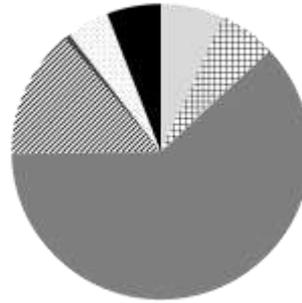
A distribuição dos principais grupos da comunidade da fauna epígea sob diferentes palhadas, manejadas com roçada ou herbicida, está ilustrada na Figura 9. Nota-se uma dominância dos grupos de colêmbolas (*Etmobryomorpha* e *Poduromorpha*), seguidos de *Formicidae*, em todos os tratamentos. Resultados semelhantes foram observados por Silva e *et al.*, (2016).

Os colêmbolas e as formigas são entre os grupos mais abundantes da fauna edáfica (HEISLER & KAISER, 1995; LAVELLE & SPAIN 2001; VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009).

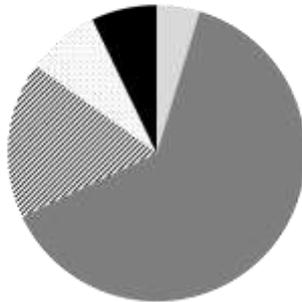
CONSÓRCIO R



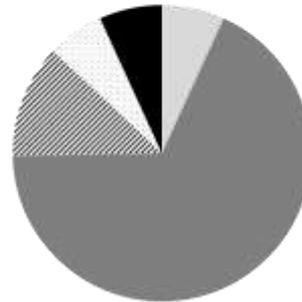
CONSÓRCIO H



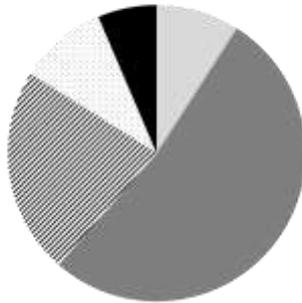
AVEIA R



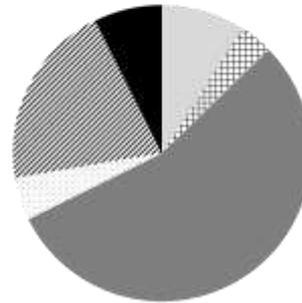
AVEIA H



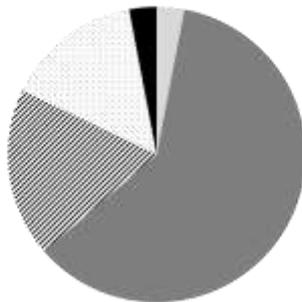
TREMOÇO R



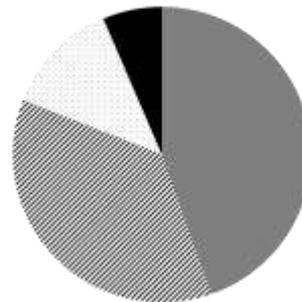
TREMOÇO H



VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA R



VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA H



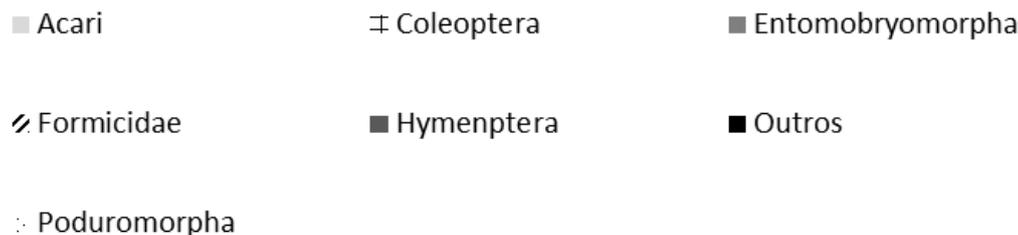


Figura 9. Distribuição dos principais grupos da comunidade da fauna epígea por tratamento. A legenda *Outros* representa a soma da frequência relativa (%) dos indivíduos cuja representatividade foi inferior a 3%.

4.2.3 Macrofauna do solo sob diferentes resíduos de plantas de cobertura, sob duas formas de manejo, aplicação de herbicida e roçada

Os resultados mostram que independentemente do tipo de palhada, os solos manejados com herbicida apresentaram redução de aproximadamente 50% da densidade dos organismos do solo quando comparados aos solos manejados sem herbicida (Tabela 12). A cobertura do tremoço manejado sem herbicida, por ser uma leguminosa, aporta matéria orgânica de melhor qualidade do que as demais coberturas, apresentando densidade da fauna de 2516 ind.m⁻². Esse valor foi 10 vezes maior do que o encontrado na cobertura de tremoço com herbicida (Tabela 12).

Em relação à riqueza da comunidade edáfica, quando comparados os tratamentos dentro do manejo com roçada, o consórcio e o tremoço também apresentaram maiores valores para esse índice. E quando comparada dentro do manejo com herbicida, as riquezas foram semelhantes entre os tratamentos.

Ao se comparar as duas formas de manejo em cada tratamento, apenas o tremoço apresentou diferenças, com maior riqueza nas parcelas manejadas com roçada. Neste tratamento, a riqueza do manejo com roçada foi o dobro da riqueza no manejo com herbicida.

Pode-se dizer que a comunidade da macrofauna edáfica sob o cultivo de tremoço foi mais sensível aos diferentes manejos, e que foi influenciada pela aplicação do herbicida, o que pode explicar o fato da velocidade de decomposição do tremoço ser mais lenta no tratamento com herbicida.

Tabela 10. Índices ecológicos da comunidade epígea sob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo.

Tratamentos	Índices ecológicos da comunidade			
	Manejo	Abundância	Riqueza	Riqueza Média
<i>Consórcio</i>	<i>R</i>	129,32	18	12,25
	<i>H</i>	55,55	18	13,5
<i>Aveia</i>	<i>R</i>	70,96	19	12,75
	<i>H</i>	75,14	20	14,5
<i>Tremoço</i>	<i>R</i>	91,96	19	14,25
	<i>H</i>	39,07	18	12
<i>V. espontânea</i>	<i>R</i>	171,96	18	11,25
	<i>H</i>	149,14	16	13,75

¹Valores médios de quatro repetições. Comparados através do teste de Teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.(R) Manejo com Roçada; (H) Manejo com Herbicida;

Tabela12. Índices ecológicos da comunidade da macrofauna edáfica sob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo.

Tratamentos	Índices ecológicos da comunidade			
	Manejo	Densidade	Riqueza	Riqueza Média
<i>Consórcio</i>	R	1172 b A	16	9,25 a A
	H	676 a A	16	9,5 aA
<i>Aveia</i>	R	480 b A	11	6,75 b A
	H	344 a A	14	7 a A
<i>Tremoço</i>	R	2820 a A	20	11 a A
	H	256 a B	10	6,5 a B
<i>V.Espontânea</i>	R	608 b A	13	7,25 b A
	H	820 a A	15	7,25 a A

¹Valores médios de quatro repetições. Comparados através do teste de Teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade. (R) Manejo com Roçada; (H) Manejo com Herbicida;¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não apresentam diferenças entre tratamentos no mesmo manejo.²Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não apresentam diferenças estatística entre manejos no mesmo tratamento.

Na tabela 13, são apresentados os grupos da macrofauna edáfica que ocorreram nos diferentes tratamentos.Pode-se observar que os grupos Formicidae, Oligochaeta e Symphyla, exceto por Formicidae na vegetação espontânea e Oligochaeta na aveia, tiveram maior densidade de indivíduos para o manejo com roçada dos tratamentos. Isso fornece indicio de que a densidade de tais grupos também pode ter sido afetada pela presença do herbicida.

As formigas constituem um dos grupos de invertebrados com papel muito importante na pirâmide de fluxo de energia, desempenhando várias funções nos processos ecológicos, promovendo revolvimento do solo durante a escavação dos ninhos e incorporação de matéria orgânica utilizada como alimento. Isto propicia aumento da porosidade e drenagem, reduzindo a densidade do solo, bem como aumentando o seu teor de matéria orgânica (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009).

Minhocas também apresentam importantes funções no ecossistema, gerando efeitos benéficos sobre a fertilidade do solo, devido principalmente à mistura do solo e matéria orgânica nos coprólitos(dejetos) e à formação de túneis, aumentando também a porosidade e drenagem, reduzindo a densidade do solo(VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009).

O grupo Symphylaé o único representante da macrofauna que seu pequeno tamanho e forma do corpo delgado lhe permite mover facilmente através dos poros do solo e colonizar solos com até um metro de profundidade, se alimentam principalmente de raízes vivas e mortas e de microrganismos. Representantes desse grupo geralmente são pouco densos e com baixa biomassa (LAVELLE & SPAIN, 2001). Esse foi o grupo que apresentou maior densidade em todos os tratamentos, quando o manejo foi com roçada, indicando sensibilidade ao manejo, podendo assim, ser um potencial bioindicador.

Nota-se que os grupos decompositores, como Blattodea, Diplopoda, Isopoda, Symphyla, Gastropoda e especialmente Oligochaeta, além de Coleoptera, foram favorecidos na cobertura do tremoço quando roçado. Tal resultado pode ter relação com

a taxa de decomposição da palhada deste adubo verde ser mais acentuada no manejo com roçada em detrimento do manejo com H.

Tabela 13. Densidade da macrofauna edáfica por m² de solo, sob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo.

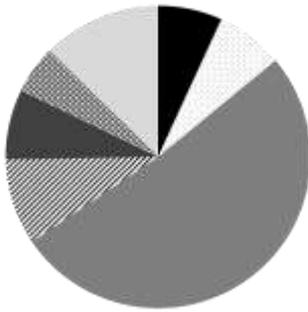
Grupo da Fauna	Densidade de indivíduos por m ²							
	Consórcio		Aveia		Tremoço		V. Espontânea	
	R	H	R	H	R	H	R	H
<i>Araneae</i>	8	8	8	4	8	4	8	4
<i>Auchenorrhyncha</i>	0	4	4	0	8	0	0	0
<i>Blattodea</i>	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Casulo oligochaeta</i>	12	24	8	20	60	4	40	16
<i>Chilopoda</i>	36	20	16	32	40	20	12	8
<i>Coleoptera</i>	80	68	88	56	148	36	64	72
<i>Diplopoda</i>	84	32	4	16	148	12	48	12
<i>Diptera</i>	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Formicidae</i>	604	200	196	20	1344	64	216	404
<i>Gastropoda</i>	4	0	0	0	12	0	8	4
<i>Heteroptera</i>	16	48	0	20	16	20	20	20
<i>Hymenoptera</i>	4	4	0	0	0	0	0	8
<i>Isopoda</i>	4	0	0	0	4	0	0	0
<i>L. Coleoptera</i>	108	144	104	96	156	32	60	116
<i>L. Diptera</i>	16	20	16	8	8	0	12	24
<i>L. Lepidoptera</i>	0	0	0	0	8	0	0	4
<i>Lepdoptera</i>	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Oligochaeta</i>	88	56	20	36	460	36	64	64
<i>Orthoptera</i>	40	12	0	16	8	0	0	24
<i>Pupa Lepidoptera</i>	0	0	0	4	20	0	0	0
<i>Sternorrhyncha</i>	8	4	0	4	16	0	4	0
<i>Symphyla</i>	60	28	16	12	36	28	52	40
Total	1172	676	480	344	2820	256	608	820

Valores médios de quatro repetições. (R) Manejo Roçada; (H) Manejo Herbicida

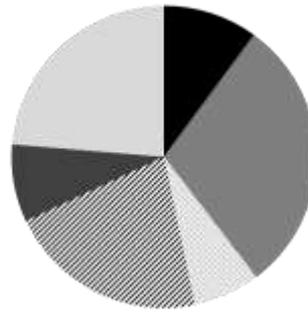
Na figura 10, observa-se uma dominância de Formicidae, Oligochaeta e Symphyla. No geral, estes grupos reduziram suas FR ou densidade quando o manejo foi feito com herbicida (Tabela 13 e Figura 10).

É possível observar que existe uma dominância de formigas em todos os tratamentos cujo manejo foi conduzido com roçada. Dentre os grupos da macrofauna, as formigas são animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2009). No entanto, no manejo com herbicida, essa dominância parece ter sido afetada nos tratamentos consórcio, aveia e tremoço. De acordo com Gallo *et al.*, (2002), a dominância pode ser afetada por perturbações no ambiente, modificando a estrutura da comunidade. A perturbação pode estar caracterizada pela presença do herbicida neste estudo, pois, como observado por Scoriza *et al.*, (2016), a utilização de herbicidas influencia a biota de invertebrados do solo.

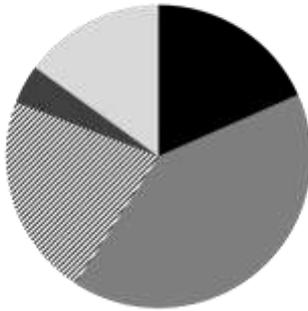
CONSÓRCIO R



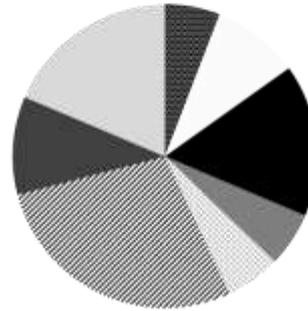
CONSÓRCIO H



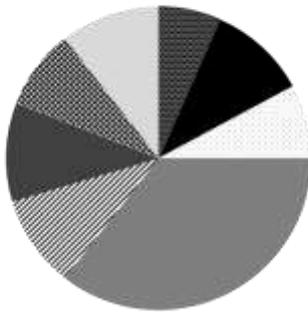
AVEIA R



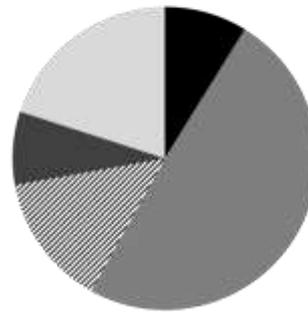
AVEIA H



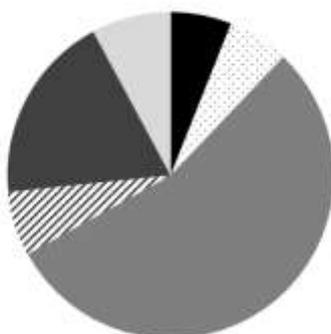
VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA R



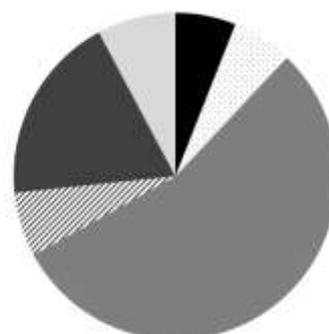
VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA H



TREMOÇO R



TREMOÇO H



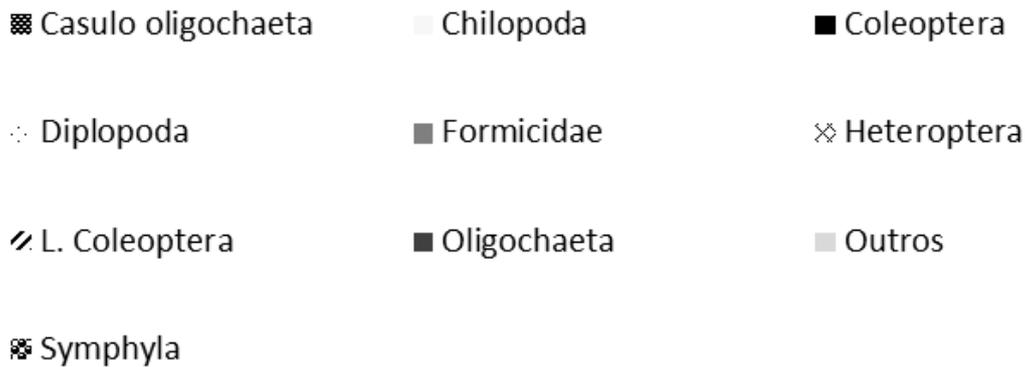


Figura 10. Distribuição dos grupos da macrofauna edáfica (frequência relativa), por tratamento e manejo. A legenda *Outros* representa a soma da frequência relativa (%) dos indivíduos cuja representatividade foi inferior a 5%.

A distribuição vertical dos grupos da macrofauna edáfica no perfil do solo, de 0-30 cm, está ilustrada na Figura 11. Pode-se observar que a maior parte da fauna edáfica (superior a 50%) localizou-se nos primeiros 10 cm de solo, apresentando-se menor na profundidade de 20 a 30 cm. É comum encontrar maior porcentagem da fauna do solo nas camadas mais superficiais do solo, devido às maiores quantidades de matéria orgânica disponível (CORTES-TARRA, 2012; BARETA *et al.*, 2011).

Este padrão só não foi observado no tremoço manejado com herbicida, provavelmente devido à migração dos grupos mais sensíveis para as camadas mais profundas ou mesmo pela redução das populações da fauna edáfica.

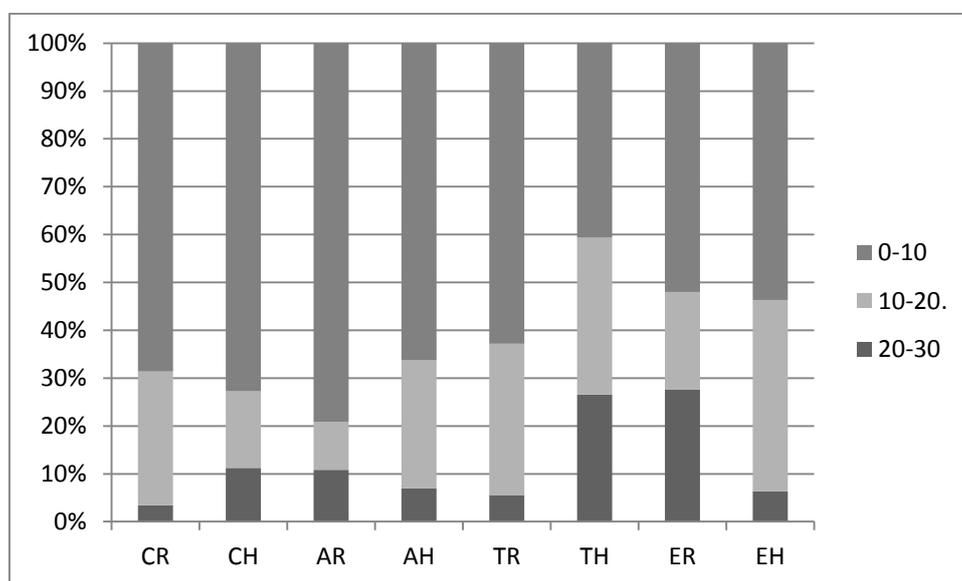


Figura 11. Distribuição vertical dos grupos da macrofauna edáfica, no perfil do solo. (R) Manejo com Roçada; (H) Manejo com Herbicida

4.2.4 Atributos químicos do solo sob diferentes resíduos vegetais e formas de manejo

Não houve diferença no estado de fertilidade química do solo em função dos diferentes resíduos vegetais após 90 dias do manejo das plantas de cobertura e deposição das palhadas sobre o solo. De acordo com o Manual de Adubação do Estado do Rio de Janeiro (2013), observa-se conteúdos muito altos de K e P e altos de Ca+Mg. De acordo com Aquino, 2016 (informação verbal), esses valores são recorrentes em áreas de cultivo de hortaliças. Já no solo com tremoço e aveia com herbicida, os teores de Al estavam em níveis médios e nos demais tratamentos estavam baixos.

Tabela 13. Atributos químicos do solo sob diferentes palhadas e manejos

Tratamento	Manejo	Fertilidade do solo						
		Al S (cmolc/d)	Ca S (cmolc/d)	K S (mg/L)	Mg S (cmolc/d)	N (%)	P S (mg/L)	pH S (unid)
<i>Consórcio</i>	<i>R</i>	0,34	1,90	168,52	0,63	0,2	36,41	5,56
	<i>H</i>	0,27	2,20	255,99	0,73	0,17	40,68	5,53
<i>Aveia</i>	<i>R</i>	0,26	2,27	205,14	0,86	0,22	39,18	5,51
	<i>H</i>	0,42	2,13	155,71	0,65	0,2	37,37	5,47
<i>Tremoço</i>	<i>R</i>	0,19	2,56	213,94	0,74	0,18	46,23	5,6
	<i>H</i>	0,41	2,36	225,89	0,72	0,22	46,08	5,58
<i>V. Espontânea</i>	<i>R</i>	0,47	2,33	221,84	0,67	0,23	34,93	5,38
	<i>H</i>	0,39	1,9	151,66	0,51	0,21	29,87	5,45

(R) Manejo Roçada; (H) Manejo Herbicida

Dessa forma, a deposição dos diferentes resíduos vegetais, sob duas formas de manejo distintas, química e mecânica, não gerou influência significativa sobre a fertilidade química do solo 90 dias após o manejo das plantas de cobertura e deposição das palhadas sobre o solo.

5. CONCLUSÕES

A aveia-preta solteira apresentou menor rendimento de massa seca do que o tremoço e o consórcio, conseqüentemente o conteúdo de nutriente acumulado também foi reduzido, evidenciando que o N fornecido pela mineralização da matéria orgânica do solo não foi suficiente para maximizar a produção de matéria seca da parte aérea da aveia-preta, o que pode ser solucionado através de adubação.

Já o tremoço, solteiro ou consorciado com a aveia-preta, teve produtividade mais satisfatória, tanto em termos de fitomassa, quanto de quantidades de nutrientes acumulados. O consórcio é vantajoso por combinar características de leguminosas e gramíneas, por isso, seria interessante para o uso na Região Serrana do Rio de Janeiro.

Quando os adubos verdes foram roçados, observou-se uma dinâmica de decomposição esperada, de acordo com a composição do material vegetal, ou seja, a decomposição da gramínea mais lenta do que a da leguminosa devido a menor relação C:N, e o consórcio com valores intermediários.

No entanto, quando manejados com herbicida, observou-se a gramínea decompondo mais rapidamente do que a leguminosa. O herbicida pode ter alterado a dinâmica de decomposição, principalmente da aveia, solteira ou consorciada, acelerando as taxas de decomposição, reduzindo os seus benefícios como planta de cobertura do solo.

A comunidade da fauna epígea não foi um bom indicador, pois não sofreu significativas modificações antes ou após o manejo das plantas de cobertura. No entanto, as populações de colêmbolos foram afetadas negativamente pelo herbicida.

Já a macrofauna edáfica se mostrou mais sensível às formas de manejo, sendo observada a redução da densidade dos organismos do solo quando as plantas foram manejadas com herbicida. Observou-se, também, influências sobre a diversidade da macrofauna. Grupos específicos, como Formicidae, Oligochaeta e Symphyla, Formicidae Coleoptera, Blattodea, Diplopoda, Isopoda e Gastropoda foram favorecidos quando as coberturas foram roçadas.

Não houve diferença na composição química do solo em função das diferentes coberturas e formas de manejo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.601-612, 2003.
- AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, L. A.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- ALTIERI, M. A. Traditional farming in Latin America, *The Ecologist*, v. 21, 93–96, 1991.
- ALTIERI, M. A; NICHOLLS, C. I. *Agroecologia: Teoria Práctica para una Agricultura Sustentable*. México DF: PNUMA. Cap. 2, 4,2000.
- AMADO, T. J. C.; SANTI, A; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia-preta. Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p.1085-1096, 2003.
- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. Wallingford: CAB International, 171 p, 1989.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. *Tropical Soil Biological and Fertility: A handbook of methods*. 2 ed. CAB International, 221p, 1993.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M.E.F.; ALVES, M.V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Lavras: UFLA, p.143-170, 2008a.
- AQUINO, A. M.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F.M.; CORREIA, M.E. F.; GUIMARÃES, M. F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. *European Journal of Soil Biology*, v.44, p.191-197, 2008b.
- AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de; FERREIRA, M. S. T.; PEREIRA, M. da S.; TEIXEIRA, O. A. Disseminação da aveia-preta como cobertura do solo em sistemas de cultivo de hortaliças em unidades de produção familiar na Região Serrana Fluminense. *Relato de Experiência*, Foz do Iguaçu - PR, SBSP - Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2014.
- ARAÚJO, A. P; ALMEIDA, D. L. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.28, n.2, p.245- 251, 1993.
- ASSIS, R.L.de; AQUINO, A. M.de. Pesquisa participativa em ambiente de montanha: a experiência da Embrapa da Região Serrana Fluminense. In: NASCIMENTO, P. P.; SICOLI, A. H; MARTINS, M.A.G.; BASALDI, O. V.; SILVA JUNIOR, C.D.S. *Inovações em desenvolvimento territorial-Novos desafios para a Embrapa*. Eds. 363-377 p.2011.
- ASSIS, R.L.; MADEIRA, N.; AQUINO, A.M. de; TEIXEIRA, O; SILVA, M.; GUERRA, J.G.M.; RISSO, I.A. Experiências e estratégias na inserção da adubação verde em sistemas de cultivo de hortaliças na Região Serrana Fluminense. *Circular Técnica da Embrapa 32*, Seropédica, RJ, 2013.

- BARETTA, D. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 158p. (Tese de Doutorado), 2007.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; FILHO, L. C. O.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos em Ciências do Solo, v.7, p.119-170,2011.
- BARRADAS, C. A. A.; FREIRE, L. R.; ALMEIDA, D. L., DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região fluminense – Pesquisa Agropecuária brasileira, v.36, n.12, p.1461-1468, 2001.
- BARRADAS, A.C. A. Diagnóstico da fertilidade dos solos sob cultivo na região serrana fluminense.PESAGRO-Rio. 47p. 2011.
- BODDEY, R. M.; SA, J. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics.Soil Biology & Biochemistry, Oxford, v.29, n.5-6, p.787-799, 1997.
- BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T. J. C.; SKORA NETO, F.; RIBEIRO, M. F. S.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian “Zero-till revolution”: A review of landmark research and farmers’ practice.Advances in Agronomy, v.91, p.1-64. 2006.
- BORKET, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R./ JUNIOR. A; O. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.38, n.1, p.143-153, 2003.
- BROWN, G.G. & SAUTTER, K.D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 44, p.1-9, 2009.
- BROWN, G.G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? Plant and Soil,p.170-231, 1995.
- BAELUM, J., NICOLAISEN, M.H., HOLBEN, W.E., STROBEL, B.W., SORENSEN, J., JACOBSEN, C.S. Direct analysis of tfdA gene expression by indigenous bacteria in phenoxy acid amended agricultural soil. ISME Journal, v.2, p.677–687, 2008.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis. p.9-26, 1999.
- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.14 p.99-105, 1990.
- 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, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54,2002.
- CHAER, G. M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. Viçosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa, 90p. (Tese de Doutorado), 2001.
- COIMBRA, J. L. M.; SANTOS, J. C. P.; ALVES, M. V.; BARZOTTO, I. Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante. Ceres, v.54, p.270-276, 2007.

- COIMBRA, J. L. M.; WILDNER L. P.; DENARDIN R. B. N.; GATIBONI L. C. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia-preta, em sistema plantio direto. *Biotemas*, v.22, n.2, p.45-53, 2009.
- COLEMAN, D.C. & CROSSLEY Jr., D.A. *Fundamentals of soil ecology*. San Diego, Academic Press, 205p.1996.
- COLWELL, R.R. Microbial biodiversity – global aspects. In: *Microbial diversity in time and space*. New York, 11p.1996.
- CRAGG, R.; BARDGETT, R. D. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biology & Biochemistry*, Elmsford, v.33, p.2073-2081, 2001.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia-preta em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.2, p.481-489.2008.
- DA SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. F.; LAVELLE, P. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes coberturas vegetais em sistema de plantio direto no cerrado. S.D.
- DE PAULA, P. D.; CAMPELLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; RESENDE, A. S. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. *Ciência Florestal*, v.25, n.3, 2015.
- DECÄENS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J.J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G.; SCHNEIDMADL, J.; SANZ, J.I.; HOYOS, P.; THOMAS, R.J. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: JIMÉNEZ, J.J.; THOMAS, R.J. (Ed.). *El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.21-45. (Publicación CIAT, 336).2003.
- DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. 1989 Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção do milho em solo de baixo potencial de produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.3, p. 287-293.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. Adubação verde: parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. (Ed.). *Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas*. Londrina: Iapar, p.225- 242, 1996.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa. agropecuária. brasileira.*, Brasília, v.20, n.7761-773, 1985.
- DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CORREIA, M.E.F.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; RODRIGUES, K.M. & FRANCO, A.A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria*. *Pesquisa. Agropecuária. Brasileira.*, v.41, p.1015-1021, 2006.
- EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). *Manual de Métodos de análise de solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro, 212p.1997.
- FLOCH, C; CHEVREMONT, A. C; JOANICO, K; CAPOWIEZ, Y; CRIQUET, S. Indicators of pesticide contamination: Soil enzyme compared to functional diversity of bacterial communities via BiologWecoplates. *Eur J Soil Biol*, v.47, p.256-263, 2011.
- FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; BROWN, G. The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA,

- F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Eds.). Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, p.421-428, 1999.
- FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro. Editora Universidade Rural. 1ª edição, 2013.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P. L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E., PARRA, J.R.P., ZUCCHI, R.A.F. & ALVES, S.B. Entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ, 919p.2002.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; HÜBNER, A.P.; ANDRADA, M.C.; NICOLOSO, R.S. & FRIES, M.R. Consorciação de plantas de cobertura: II. Decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa. In: FERBIO, 25, Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, CD-ROM. 2000.
- GILLER, K. E; BEARE, M. H;LAVELLE,P; IZAC, A. M. N;SWIFT, M. J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology, v.6, p.3-16.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 653p. 2000.
- GUERRA, J. G. M.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. A. Plantas de Cobertura como Instrumento para a Valorização de Processos Ecológicos em Sistemas Orgânicos de Produção na Região Serrana Fluminense. Agriculturas, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p.24-28.2007.
- HASSALL, M.; TURNER, J. G.; RANDS, M. R. W.; 1987. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. Oecologia, Berlin, v.28, p.597-604.
- HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.25, p.331-340, 2001.
- HEISLER, C. & KAISER, E.A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. Biol. Fert. Soils, v.19, p.159-165, 1995.
- JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.1, p.11-19, 2000.
- JACOBSEN, C. S. & HJELMSØ, M. H.; Agricultural soils, pesticides and microbial diversity. Current Opinion in Biotechnology. v.27, p.15-20, 2014.
- KÖPPEN, W. Climatologia con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México, 490p.1948.
- KRAINOVIC, P. M. Taxa de decomposição de quatro espécies utilizadas para adubação verde em sistemas agroflorestais. Seropédica, Universidade Federal Rural do do Rio de Janeiro, 35p.(Monografia), 2008.
- LANGENBACH, T.; INACIO, M.V.S.; AQUINO, A.M. & BRUNNINGER, B. Influência da minhoca *Pontocolex corethrurus* na distribuição do acaricida dicofol em um Argissolo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.13-18, 2002.
- LAVELLE, P.; MELENDEZ, G.; PASHANASI, B. SCHAEFER. Nitrogen mineralization and reorganization in casts of the geophagous tropical

- earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae). *Biology and Fertility of soils*. v.14, n.1, p.49-53,1992.
- LAVELLE, P. & PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, v.33, p.283-29, 1989.
- LAVELLE, P. & SPAIN, A. *Soil ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654p.2001.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: Lal, R. & Sanches, P. A. (Eds). *Myths and science of soils of the tropics*. SSSA, Madison, USA, p.157-185, 1992.
- MATSUOKA, M., MENDES I. C., LOUREIRO M. F. 2003. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de primavera do leste (MT) *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.27, p.425-433, 2003
- MARINARI, S; MANCINELLI, R; CAPMPIGLIA, E; GREGO, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators*, v.6, p.701-711. 2006.
- MELO, A. V.; GALVÃO J. C. G.; BRAUN, H. SANTOS, M. M.; COIMBRA, R. R.; SILVA, R. R.; REIS, W. F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. *Semana: Ciências Agrárias*, Londrina, v.32, n.2, p.411-420, 2011.
- MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.34, n.3, p.173-180, 2004.
- MERLIM, A. de O.; GUERRA, J.G.M.; JUNQUEIRA, R.M.; AQUINO, A.M. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Scientia Agricola*, v.62, p.57-61, 2005.
- MOLDENKE, A.R. Arthropods. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P. A. *Methods of soil analysis: Microbiological and biochemical properties*. Part 2. Madison, SSSA, p.517-542, 1994.
- NÓBREGA, P. O.; SILVA, G. T. A.; SOARES, P. G.; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. Decomposição de fitomassa e liberação de nitrogênio em resíduos das espécies *Racosperma mangium* E *Melia azedarach* para fins de adubação verde em sistemas agroflorestais. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica*, RJ, EDUR, v.24, n.1, p.13-18, 2004.
- NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A. & MENEZES, R.I.Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. *Sci. Agric.*, v.10, p.43-49, 2009.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Editora Guanabara. 1988.
- PARKER, R.; Delmar Cengage Learning. Clifton Park, NACTA Journal NY, USA, 793p.2010.
- PEREIRA, R. A.; ALVES, P. L. C. A.; CORRÊA, M. P.; DIAS, T. C. S. Influência da cobertura de aveia-preta em milho sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. Recife, v.6, n.1, p.1-10.2011.
- PIMENTEL, M. S.; AQUINO A. M.; CORREIA M. E. F.; COSTA J. R.; RICCI M. S. F.; POLLI, H. Atributos biológicos do solo sob manejo orgânico de cafeeiro, pastagem e floresta em região do médio paraíba, Fluminense-RJ. 2006.

- REZENDE, C. D. et al. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Dordrecht, v.54, n. 2, p.99-112,1999.
- RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, G. T. A.; RODRIGUES, K. M.; OLIVEIRA, W. R. D.; CORREIA, M. E. F. Artropodes do solo durante o processo de decomposição da matéria orgânica. *Agronomía Colombiana*; v.31 p.89-94, 2013.
- ROBIN, M. SMITH, JOSSEY-BASS, *Plant & Soil Science: Fundamentals and Applications*, 153p.2009.
- ROVEDDER, A. P.; ANTONIOLLI, Z. I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S. F. Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do rio grande do sul. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.3, n.2, p.87-96, 2005.
- SÁNCHEZ, S.; REINÉS, M. Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. Estación Experimental Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central Española Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. Facultad de Biología. Universidad de La Habana, Cuba.2001.
- SCORIZA, R. N.; SILVA, A. P.; CORREA, M. E. F.; LELES, P. S. S.; RESENDE, A. S. Efeito de Herbicidas sobre a Biota de Invertebrados do Solo em Área de Restauração Florestal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39 p.1576-1584, 2015.
- SEASTEDT, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, v.29 n.1p.25-46, 1984.
- SEEBER, J.; SEEBER, G.U.H.; KÖSSLER, W.; LANGEL, R.; SCHEU, S.; MEYER, E. Abundance and trophic structure of macrodecomposers on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol): effects of abandonment of pasturing. *Pedobiologia*, v.49, p.221-228, 2005.
- SILVA, R.F. da; AQUINO, A.M. de; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.697-704, 2006.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, 2. ed.rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica,627 p.2009.
- SILVA, M. S. C.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R.; MADDOCK, J. E. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F. Comunidades da Fauna do Solo e Atributos Edáficos sob Agroflorestas em Paraty, RJ. *Floresta e Ambiente*, 2016.
- SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. *Biosci. J.*, Uberlândia, v.29, n.6 , p.1796-1805, 2013.
- STEVENSON, F. J. *Cycles of soil-carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur and micronutrients*. New York, John Wiley & Sons, 380p.1986.
- STINNER, B. R. & HOUSE, G. J. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Ann. Rev. Entomol.*, v.35, p.299-319, 1990.
- TARRÁ, I. L. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E. V.; TEIXEIRA, W. G.; MORAIS, W. J.; FERNANDES, E. C. M.; BROCHEL, K. V.; PÉREZ, N. V. Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da amazônia central. *Prospect*. v.10, n.1, p.6-17.2012.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. *Boletim Técnico/UFRGS*, Porto Alegre. Departamento de solos, UFRGS, (2.Ed.), n.5, 174p. 1995.

- TOPP, E. Bacteria in agricultural soils: diversity, role and future perspectives. *Soil Sci.*v.83, p.303-309.2003.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. decomposição e liberação de nitrogênio deresíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29 p.609-618. 2005.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A; BARDGETT, R. D; VAN STRAALLEN, N. M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *EcolLett*, v.11, p.296-310.2008.
- VAZ-DE-MELO, F.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. A importância da mesa e macrofauna do solo na fertilidade e como biondicadores. *Biologia do solo*, 38p. 2009.
- VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ, A multifunctional indicator of soil quality.*Soil Biology and Biochemistry*, v.39, p.3066-3080, 2007.
- VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L. C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigoem plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v.72, n.1, p.90-100, 2013.
- VOHLAND, K.; SCHROTH, G. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in central Amazonia as affected by plant species and management.*Applied Soil Ecology*, v.13, p.57-68, 1999.
- WARDLE, D.A., GILLER, K.E., 1997. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology.*Soil Biology & Biochemistry*. v.28:1549-1554.
- WINK, C.; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K. & ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores de qualidade ambiental. *R. Ci. Agrovet*, v.4, p.60-71, 2005.
- WOLTERS,V. 2000.Invertebrate control of soil organic matter stability.*Biology and Fertility of Soil*. v.31, p.1-19. 1999.
- WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. *Pesq. agropcc. bras.*, Brasília, v.32, n.11, p.1191-1197. 1997.