

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

TESE

**Organismos da Mesofauna e Manejo da
Adubação Verde**

Luiz Rodrigues Freire

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

ORGANISMOS DA MESOFAUNA E MANEJO DA ADUBAÇÃO VERDE

LUIZ RODRIGUES FREIRE

Sob a orientação do Professor

Ricardo Luis Louro Berbara

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Maio de 2015

631.874

F866o

T

Freire, Luiz Rodrigues, 1945-

Organismos da mesofauna e manejo da adubação verde / Luiz Rodrigues Freire. – 2015.

84 f.: il.

Orientador: Ricardo Luís Louro Berbara.

Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, 2015.

Bibliografia: f. 63-72.

1. Adubação verde - Teses. 2. Animais do solo - Teses. 3. Leguminosa - Teses. 4. Ecologia agrícola – Teses. I. Berbara, Ricardo Luís Louro, 1957- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-CIÊNCIA DO SOLO**

LUIZ RODRIGUES FREIRE

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 27/05/2015.

Ricardo Luis Louro Berbara. Ph.D. UFRRJ
(Orientador)

Antonio Carlos de Souza Abboud. Dr. UFRRJ

Maurício Ballesteiro Pereira. Dr. UFRRJ

Ednaldo da Silva Araújo. Dr. Embrapa Agrobiologia

Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa Agrobiologia

DEDICATÓRIA

A

Célia,
Martin, Daniel, Luzia, Leonardo, Fernanda,
Maria Clara, Luíz Eduardo, Luiza, Pietra, Amanda e Laura.

Dedico.

O privilégio do domínio do saber Científico e Tecnológico, acumulado durante séculos pela humanidade, acarreta uma contrapartida de natureza ética: **o compromisso em utilizar esse saber para atender aos anseios e necessidades da humanidade, que se traduz na busca da melhoria da qualidade de vida para todos.**

Antonio José Martins, Engenheiro Eletricista.

AGRADECIMENTOS

Deus me permitiu ter uma vida prazerosa, cujo balanço entre os bons momentos e os percalços eventuais, não me deixa qualquer dúvida sobre seu positivo resultado. Tenho a mais absoluta consciência da sua Presença permanente e sinto-me privilegiado em perceber isso no meu cotidiano, o que inclui a conclusão do Doutorado na minha Universidade.

Não vou mencionar nomes porque a lista é enorme e cada um que me deu o seu apoio, fundamental e em dimensão não mensurável, tem o meu reconhecimento sincero e, acredito, sabe que isso vai me acompanhar sempre. Você sabe que eu estou me referindo a você e que sei que lhe devo muito e que me emociono com a sua torcida e carinho. Você entende e sente isso, o que torna não ser necessário seu nome ficar explicitado em uma folha de agradecimentos.

Quero ressaltar o estímulo forte que recebi dos que não se sentirão satisfeitos com o término feliz desta etapa. Reconheço que isso me impeliu a não esmorecer até este momento tão especial e também agradeço.

Muito obrigado!

RESUMO GERAL

FREIRE, Luiz Rodrigues. **Organismos da mesofauna e manejo da adubação verde**. 2015. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

A utilização de leguminosas associadas com simbioses tem tido um grande êxito para a recuperação de áreas degradadas não só por reduzir a necessidade de adubação mineral, mas também por incorporar ao solo um conjunto de associações biológicas. Contudo, a deficiência de informações é acentuada no que concerne à estrutura e composição da mesofauna sob condições naturais e/ou modificadas, além de permanecer a necessidade de adequação dos métodos de captura dos organismos. O objetivo central da tese foi avaliar os efeitos qualitativos e quantitativos de dois sistemas de manejo da adubação verde sobre a população de organismos da mesofauna edáfica em solo fortemente antropizado, definindo o período de tempo de permanência do material de solo no extrator Berlese-Tüllgren para o adequado uso dos índices caracterizadores da riqueza, dominância, equitabilidade e diversidade dessa população. O estudo foi conduzido no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, em terreno altamente antropizado. Foram instaladas parcelas experimentais com os tratamentos: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea, em delineamento de quadrado latino, em dois períodos. Em cada uma das parcelas foram coletadas, em cinco ocasiões, amostras formadas por serrapilheira e material de solo, (camada de cinco centímetros): um dia antes do plantio das leguminosas (outubro), por ocasião do corte da parte aérea das plantas (março), quinze dias antes de novo plantio (outubro), dez dias após o plantio (dezembro) e no dia seguinte ao corte da parte aérea das plantas (abril). As amostras da primeira e segunda coleta foram submetidas a uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tüllgren, por um período de 15 dias, realizando-se a contagem diária dos organismos. As demais coletas permaneceram nos funis de Berlese-Tüllgren por um período de doze dias. A contagem e identificação dos organismos capturados foi feita em nível de grupo (Ordem/Família), foram também usadas para os cálculos dos índices de Margalef, Simpson, Shannon e Pielou. As parcelas experimentais foram divididas, em março, em dois subtratamentos: cultivo convencional (incorporação mecânica da parte aérea) e cultivo mínimo (cobertura morta). Os dados foram submetidos à avaliação estatística, com o emprego da correlação por ordem de Kendall (coletas 1 e 2) e a análise de variância em níveis múltiplos (*Multi Level Anova*) aplicada aos dados das demais coletas. Os resultados permitiram concluir que o tempo mínimo de permanência no funil de Berlese-Tüllgren que permite inferências adequadas sobre a diversidade ecológica da mesofauna edáfica é de quatro dias para ambientes menos heterogêneos e de seis dias para ambientes mais heterogêneos. A análise de variância em múltiplos níveis comprovou a superioridade do cultivo mínimo em relação ao convencional, mas não se constatou efeito significativo dos adubos verdes sobre a mesofauna. Os efeitos sazonais sobre a população dos organismos da mesofauna foram expressivos, refletindo-se nos valores dos índices caracterizadores da comunidade.

Palavras-chave: Agroecologia. Leguminosas. Método Berlese-Tüllgren

GENERAL ABSTRACT

FREIRE, Luiz Rodrigues. **Mesofauna organisms and management of green manuring**. 2015. 84p. Thesis (Doctor Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil. 2015.

The use of legumes associated with symbionts has been a great success for the recovery of degraded areas not only for reducing the need for mineral fertilizer, but also to increase biological activity. However, there is a need for more studies on the structure and composition of mesofauna under natural and / or modified conditions. The main objective of the thesis was to evaluate the qualitative and quantitative effects of two green manure of management systems on the population of organisms in the soil mesofauna in a strongly altered soil by using the Berlese-Tullgren method. It has been determined indexes for dominance, evenness and diversity of this population. The study was conducted at the Department of Soil Science Agronomy Institute of Rural Federal University of Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, in highly altered soil. Experimental plots were installed with the treatments: *Canavalia ensiformis*, *Mucuna aterrima*, *Canavalia brasiliensis*, *Cajanus cajan* and spontaneous vegetation in a Latin square design in two periods. In each of the plots were samples formed by litter and soil material (five-centimeter layer) were collected: a day before the planting of legumes (October), during the cutting of the shoots (March), fifteen days before new planting (October), ten days after planting (December) and the next day after cutting the shoots (April). Samples from the first and second sample were subjected to a several types of time extractions with Berlese-Tüllgren along a period of 15 days, performing the daily count of organisms. Other samples remained in the Berlese-Tüllgren for a period of twelve days. The amount and identification of organisms were determined (Order / family), and used for calculating Margalef index, Simpson, Shannon and Pielou indexes. The experimental plots were divided in March in two subplots: conventional tillage (mechanical incorporation of the shoot) and minimum tillage (mulch). Data were subjected to statistical analysis with the use of correlation of Kendall order (samples 1 and 2) and variance analysis at multiple levels (Multi Level Anova) applied to data from other samples. The results showed that the minimum residence time in the Berlese-Tullgren funnel that allows appropriate inferences about the ecological diversity of soil mesofauna is four days to less heterogeneous environments and six days to more heterogeneous environments. The variance analysis at multiple levels proved the superiority of minimum tillage compared to conventional, but there was no significant effect of green manures on mesofauna. Seasonal effects on the population of the mesofauna organisms were significant, reflecting on the values of indices characterizing the community.

Keywords: Agroecology. Legumes. Berlese-Tüllgren method

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Número de organismos capturados acumulado dia a dia - Primeira coleta.	18
Tabela 2. Número de organismos capturados acumulado dia a dia - Segunda coleta.	19
Tabela 3. Total de organismos capturados, por tratamento - Segunda coleta.	25
Tabela 4. Correlação por ordem de Kendall. Dados referentes à segunda coleta.	26
Tabela 5. Cronograma das atividades desenvolvidas.	33
Tabela 6. Número total de espécimes coletados nas diferentes épocas.	36
Tabela 7. Produtividade média dos adubos verdes, em Mg.ha ⁻¹	36
Tabela 8. Quantidade de grupos (riqueza) de organismos capturada em cada coleta.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variação diária do Índice de Simpson (D) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.....	21
Figura 2. Variação diária do Índice de Shannon (H') em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.....	22
Figura 3. Variação diária do Índice de Pielou (J) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.....	22
Figura 4. Variação diária do Índice de Margalef (I) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.....	23
Figura 5. Variação diária do Índice de Simpson (D) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.....	23
Figura 6. Variação diária do Índice de Shannon (H') em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.....	24
Figura 7. Variação diária do Índice de Pielou (J) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.....	24
Figura 8. Variação diária da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.....	26
Figura 9. Estimativa dos componentes da variância (desvio padrão s) derivados da ANOVA em múltiplos níveis (MLANOVA). Dados de produção de matéria seca obtidos em abril de 2000.....	37
Figura 10. Efeito estimado da produtividade dos adubos verdes. Dados de produção de matéria seca obtidos em abril de 2000.....	38
Figura 11. Efeito do tipo de cultivo sobre a produtividade de diferentes tipos de adubação verde. Dados de produção de matéria seca obtidos em abril de 2000.....	39
Figura 12. Análise de variância em múltiplos níveis particionando a variabilidade na contagem de colêmbolos, ácaros e formigas entre as diferentes fontes de variação do delineamento experimental. Pontos são a mediana da distribuição de probabilidade do componente da variância (desvio padrão) calculado para cada fonte de variação. Essas distribuições posteriores foram produzidas por simulação de Gibbs usando cadeias de Markov.....	40
Figura 13. Efeito do adubo verde sobre a contagem de colêmbolos, ácaros e formigas nos anos 1999 e 2000. Pontos são as médias estimadas da distribuição “posterior” de probabilidade para os parâmetros representando os efeitos de ambos os tipos de cultivo: convencional e mínimo. Intervalos são intervalos de credibilidade (95% Cr. I) indicando que há 95% de probabilidade do valor estimado do efeito se encontrar dentro do intervalo. Intervalos não abrangendo o valor zero indicam forte evidência para efeito negativo ou positivo. Também, intervalos não sobrepostos indicam diferenças entre efeitos.....	41
Figura 14. Efeito do sistema de cultivo sobre a contagem de colêmbolos, ácaros e formigas nos anos 1999 e 2000. Pontos são as médias estimadas da distribuição “posterior” de probabilidade para os parâmetros representando os efeitos de ambos os tipos de cultivo: convencional e mínimo. Intervalos são intervalos de credibilidade (95% Cr. I) indicando que há 95% de probabilidade do valor estimado do efeito se encontrar dentro do intervalo. Intervalos não abrangendo o valor zero indicam forte evidência para efeito negativo ou positivo. Também, intervalos não sobrepostos indicam diferenças entre efeitos.....	42

Figura 15. Total de organismos capturados. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.	53
Figura 16. Total de organismos capturados. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.....	53
Figura 17. Índice de riqueza de Margalef. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.	54
Figura 18. Índice de Margalef. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000	55
Figura 19. Índice de Pielou. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.....	56
Figura 20. Índice de Pielou. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.....	56
Figura 21. Índice de Simpson. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.	57
Figura 22. Índice de Simpson. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.....	57
Figura 23. Índice de Shannon. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.	58
Figura 24. Índice de Shannon. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.....	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. CAPÍTULO I TEMPO DE EXTRAÇÃO DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA DO SOLO PLEO MÉTODO BERLESE-BERLESE-TÜLLGREN	11
3.1. RESUMO	12
3.2. ABSTRACT	13
3.3. INTRODUÇÃO.....	14
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.6. CONCLUSÕES	27
4. CAPÍTULO II MANEJO AGRÍCOLA DE ADUBOS VERDES E A POPULAÇÃO DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA	28
4.1. RESUMO	29
4.2. ABSTRACT	30
4.3. INTRODUÇÃO.....	31
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.6. CONCLUSÕES	44
5. CAPÍTULO III DIVERSIDADE DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA EM SOLO ANTROPIZADO	45
5.1. RESUMO	46
5.2. ABSTRACT	47
5.3. INTRODUÇÃO.....	48
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.6. CONCLUSÕES	60
6. CONCLUSÕES FINAIS	61
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	62
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
9. ANEXO	74

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em 1919, Gustavo D'Utra publicou o livro que provavelmente seja o pioneiro na divulgação do emprego da adubação verde no Brasil. O que chama a atenção nesse documento é a atualidade dos conceitos nele apresentados, como o trecho a seguir:

“As leguminosas são as preferidas para as culturas de enterrio destinadas ao aumento da fertilidade, pela razão, assaz conhecida, de haurirem na atmosphera o azoto que gratuitamente fornecem às terras pobres e às plantas que constituem o objecto principal da exploração, ainda que vegetaes de outras famílias lhes forneçam annualmente avultada massa de matéria verde geradora desse maravilhoso húmus, sem o qual não há terra realmente fértil.” Em outro trecho destaca a necessidade de seu emprego para recuperação de áreas degradadas *“(…) que se tornam assim susceptíveis de restauração relativamente completa e rápida.”*, destacando que *“Toda terra despida de vegetação tende a se empobrecer, sendo eliminados pelas águas de drenagem não só o azoto nítrico, como os saes minerais mais úteis, notadamente a cal, elemento de primeira importância para as produções forrageiras.”*

O conceito de solo está ligado indissolúvelmente à presença da matéria orgânica. De idêntica forma, está sobejamente demonstrada a importância da atividade biológica para a produção primária nos sistemas naturais e é fundamental que, na agricultura, sejam adotados esquemas de manejo que permitam o aperfeiçoamento do uso racional dos recursos naturais, particularmente sob condições de restrições financeiras e/ou econômicas. Destaque-se que o "uso racional dos recursos naturais" não pode se limitar às situações de penúria financeira ou econômica, devendo se estabelecer como regra conceitual a ser atendida em qualquer condição.

A utilização da adubação verde, uma das opções atraentes para a melhoria global das condições edáficas, pode se dar sob diferentes manejos, o que gera a necessidade de serem estudadas as variáveis que interferem na definição dos sistemas de produção a serem adotados. Essa linha de estudos tem sido desenvolvida por diferentes instituições e em variadas regiões, possibilitando o conhecimento a ser repassado aos produtores rurais.

As pesquisas sobre os efeitos agrônômicos de adubos verdes têm demonstrado a eficácia do emprego de leguminosas no manejo dos solos. Os dados obtidos permitem visualizar três grandes vertentes no uso dos adubos verdes: como condicionador do solo, na melhoria da produtividade das culturas e na recuperação de áreas degradadas. Devido à dependência óbvia das condições ambientais, a extrapolação da informação gerada exige cuidados específicos e o conhecimento dos fatores que podem afetar os resultados é importante para a tomada de decisões. Parte desses fatores está vinculada à atividade dos organismos do solo, dentre os quais figuram os componentes da mesofauna e as interações do manejo agrícola dos adubos verdes com tais componentes devem ser esclarecidas adequadamente.

A biodiversidade de organismos do solo é um importante indicador para a agricultura sustentada. Em sistemas agrícolas, as condições edáficas são influenciadas pelas práticas de manejo, tais como aração, gradagem e adubação, que têm efeitos diretos sobre a composição e funcionamento da fauna do solo. A mesofauna do solo é constituída de animais que variam de 0,1 mm a 2 mm de largura, sendo constituída essencialmente por ácaros, colêmbolos, pequenos insetos, algumas aranhas e minhocas. Estes organismos possuem diferentes estratégias alimentares e, por consequência, exercem diferentes papéis funcionais nos processos do solo. Dentre as funções desempenhadas pela fauna do solo figuram a fragmentação da matéria orgânica – o que facilita a ação dos micro-organismos na

transformação dos substratos orgânicos – e a atividade predadora. Ingerindo os microorganismos, a fauna do solo pode acelerar ou diminuir a taxa de renovação microbiana e, desta forma, afetar indiretamente o crescimento das plantas e o conteúdo de nutrientes no solo.

As comunidades da fauna dos solos mostram uma variedade de reações às trocas induzidas pelo homem no manejo da terra. Práticas de cultivo convencionais têm de um modo geral depauperado não só o solo, mas, principalmente as comunidades da fauna.

O papel e diversidade da fauna têm sido grandemente ignorados pela agricultura; as práticas agrícolas utilizadas trazem como consequência mudanças na biota do solo, diminuindo a diversidade e densidade das espécies. Pesquisas, entretanto, têm demonstrado que as práticas que eliminam o benefício da comunidade da fauna do solo não podem ser utilizadas por um longo período, especialmente em sistemas com baixas adições de insumos. Grupos-chaves como minhocas, térmitas, formigas e alguns artrópodes, consumidores de serrapilheira, têm efeitos sobre a estrutura física do solo e influência direta sobre a dinâmica de nutrientes.

Para a recuperação de áreas degradadas, a utilização de leguminosas em associação com bactérias e fungos micorrízicos, tem tido um grande êxito, não só por reduzir a necessidade de adubação mineral, mas também por incorporar ao solo um conjunto de associações biológicas. Contudo, a deficiência de informações é acentuada no que concerne à estrutura de comunidades edáficas sob condições naturais e/ou modificadas. Aliada a essa questão, também permanece a necessidade de adequação dos métodos de captura dos organismos. Há diferentes procedimentos e o que utiliza os funis de Berlese-Tüllgren é um dos mais utilizados.

Com base nesse contexto, o objetivo central da tese é o exame de fatores inerentes aos efeitos da adubação verde em solo fortemente antropizado sobre a população de organismos da mesofauna edáfica e que diferentes sistemas de manejo interferem, quantitativa e qualitativamente, na composição da mesma. As hipóteses a serem verificadas em cada um dos capítulos da tese são:

i - O tempo de permanência das amostras de material de solo e serrapilheira no funil de Berlese-Tüllgren para a captura dos organismos pode ser inferior a quinze dias.

ii - A composição quantitativa e qualitativa da população de organismos da mesofauna é alterada pelo emprego da adubação verde e do sistema de cultivo adotado.

iii - A utilização da adubação verde e o sistema de cultivo afetam a avaliação da população de organismos da mesofauna expressada pelos índices utilizados para definir a riqueza, dominância, equitabilidade e diversidade dessa população.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A matéria orgânica do solo é largamente reconhecida como um indicador crítico da qualidade e produtividade do solo devido à sua influência sobre os processos de ciclagem de nutrientes, estrutura do solo, disponibilidade de água e outras importantes propriedades físicas, químicas e biológicas. Entretanto, essa qualidade varia de acordo com sua fonte ou origem.

Adubo verde é definido como a planta cultivada, ou não, com a finalidade principal de aumentar a produtividade do solo através da sua fitomassa produzida no próprio local ou oriunda de outra área (DE-POLLI et al., 1988). Estão bem documentadas na literatura as melhorias físicas, químicas e biológicas proporcionadas ao solo pela adubação verde (ALLISON, 1973; EDWARDS & FLETCHER, 1979; MIYASAKA, 1984; IGUE, 1984; ABBOUD, 1986; DE-POLLI et al., 1988; COSTA, 1992; LOURENÇO et al., 1993; PRIMAVESI, 1993; FAGERIA & SANTOS, 2007; FERREIRA et al., 2012; SILVA e CASTRO et al., 2014). Além disso, outros efeitos são também relatados, como: supressão de ervas daninhas por alelopatia (LORENZI, 1984), abafamento e quebra de dormência (MONEGAT, 1991); controle de nematóides, uso na apicultura e como forrageiras (COSTA, 1992), e exudatos de raízes (DELARMELINDA et al., 2010).

Plantas não leguminosas como espécies de *Brassica* e outras usadas como adubos verdes de inverno também são eficientes na absorção de N após o cultivo de interesse, prevenindo perdas desse elemento por lixiviação (DOLD, 2010).

Dentre os possíveis adubos verdes, as leguminosas destacam-se, sobretudo, devido à capacidade de formar simbioses com bactérias do gênero *Rhizobium*, fixadoras de nitrogênio atmosférico (IGUE e PAVAN, 1984; CHADA e DE-POLLI, 1988; FERREIRA et al., 2012). Segundo CHADA e DE-POLLI (1988), ocorre um saldo significativamente positivo de nitrogênio no solo quando o material é incorporado. Além disso, as leguminosas apresentam outras características bastante favoráveis à adubação verde, tais como: alta produção de fitomassa por unidade de área, sistema radicular geralmente profundo - com grande capacidade de mobilização de nutrientes em camadas profundas (MIYASAKA et al., 1983; SILVA et al., 1985) - e recuperação da população microbiana em solos degradados (SILVA FILHO e VIDOR, 1984). De acordo com COSTA (1992), tanto leguminosas como outras plantas para adubação verde podem causar uma elevação do pH do solo, fato que é de particular importância às condições de solos ácidos brasileiros.

A adubação verde afeta o pH do solo de duas formas, ou seja, ácidos orgânicos e gás carbônico produzidos durante a decomposição do adubo verde podem fornecer prótons ao solo, induzindo a um decréscimo no pH (YADVINGER-SINGH et al., 1992). Entretanto, segundo os autores, substâncias orgânicas redutoras formadas nesse período, podem reduzir óxidos de Fe e Mn, causando uma elevação no pH do solo, pois prótons são consumidos no decurso da redução desses óxidos. De acordo com HUE e AMIEN (1989), o efeito de liberação de OH⁻ pela adição de adubos verdes ao solo é oriundo do ambiente redutor criado logo após a adição do material vegetal (devido à intensa atividade microbiana) e/ou das reações de troca de ligantes pelas quais ânions OH⁻ dos oxihidróxidos de Fe e Al são substituídos por ânions orgânicos (produto da decomposição dos adubos verdes), tais como malato, citrato e tartarato (HUNTER et al., 1995). Um aumento no pH do solo pode também resultar da mineralização de ânions orgânicos a gás carbônico e água, desse modo removendo prótons (YADVINGER-SINGH et al., 1992). Outro mecanismo envolvido no processo de reação do material orgânico com a acidez do solo é a adsorção de prótons e alumínio na superfície do material orgânico (HOYT e TURNER, 1975).

A natureza alcalina de um material orgânico resulta da dissociação de ácidos orgânicos (metabolizados dentro da planta) em resposta ao desbalanço cátion/ânion causado pela fixação biológica de nitrogênio atmosférico ou absorção de NH_4^+ (RITCHIE e DOLLING, 1985). Segundo esses autores, nenhuma mudança líquida no pH do solo é observada se os ânions liberados pelo material em decomposição estiverem próximos aos íons H^+ . Durante a adubação verde (YADVINGER-SINGH et al., 1992), os ânions ficam separados dos prótons (H^+), pois são repostos às camadas superficiais do solo, ao invés do subsolo, onde a maioria das raízes originalmente excretam prótons (RITCHIE e DOLLING, 1985).

De acordo com YADVINGER-SINGH et al. (1992), a direção e a magnitude de uma mudança no pH do solo, após a incorporação do adubo verde, são determinadas pelo número relativo de prótons consumidos e liberados. Segundo ASGHAR e KANEHIRO (1980), a extensão da mudança do pH depende da natureza e da quantidade de matéria orgânica adicionada e das características do solo. RITCHIE e DOLLING (1985) concluíram que o efeito acidificante da matéria orgânica é determinado pelo pH inicial do solo e pela concentração aniônica, isto é, a porcentagem de dissociação de ácidos orgânicos solúveis quando liberados no solo.

EIRA e CARVALHO (1970) citaram um aumento significativo do pH do solo devido à decomposição da palha de cana-de-açúcar incorporada ao solo. HOYT e TURNER (1975) concluíram que a adição de grande quantidade ($3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de solo) de resíduo de alfafa ("alfafameal") teve um efeito benéfico na produção de cevada devido, dentre outros fatores, ao aumento do valor de pH. Todavia, após 24 semanas de incubação, os autores observaram que o pH havia praticamente retornado ao seu valor original determinado antes da adição do material vegetal. Comportamento semelhante foi detectado por ASGHAR e KANEHIRO (1980) que, trabalhando com resíduos de cana-de-açúcar (folhas) e de abacaxi (parte aérea exceto frutos), observaram um aumento do pH nas duas primeiras semanas após a incorporação dos materiais vegetais, ocorrendo o seu decréscimo gradual até atingir a estabilização em um nível acima ou abaixo daquele inicial. RITCHIE e DOLLING (1985) observaram um aumento do pH com pequena quantidade de matéria orgânica (resíduo de alfafa) adicionada ao solo, sendo que adições maiores tenderam a alcançar um valor máximo de pH.

Em experimento realizado por HUE e AMIEN (1989) em casa de vegetação, a adição de caupi (*Vigna unguiculata*) e leucena (*Leucaena leucocephala*) a um Ultissolo provocou um aumento no pH da solução do solo, tendo-se observado, por exemplo, que a adição de 20 g de caupi kg^{-1} de solo alterou o pH inicial (3,80) para 4,21. MAGALHÃES et al. (1991) relataram que, após um período de 40 dias de decomposição de mucuna-preta e crotalaria incorporadas, houve um aumento do pH inicial do solo de 5,6 para 5,9 e 5,8, respectivamente. MIYAZAWA et al. (1993), incubando solo com material vegetal de leguminosas e gramíneas, observaram que os resíduos das primeiras foram mais eficientes na neutralização do próton. Segundo eles, os materiais vegetais com as menores relações C/N causaram as maiores neutralizações de próton. ASGHAR e KANEHIRO (1980) sugeriram uma atividade microbiana mais intensa no tratamento onde houve a incorporação de material (resíduos de abacaxi) com menor relação C/N, fato que também resultou em um maior aumento de pH. A elevação do pH através da prática da adubação verde também foi constatada por PEREIRA et al. (1984), HANES (1989) e COSTA (1992).

RUSSELL (1973) afirmou que, durante o processo de decomposição de adubos verdes incorporados ao solo, ocorre uma redução do pH devido à produção de dióxido de carbono. VITTI et al. (1979) mencionaram um aumento do teor de H^+ (acidez potencial) devido à incorporação de leguminosas ao solo. Segundo ANDRADE (1982), a incorporação de *Crotalaria juncea* e dos resíduos do seu desfibramento provocaram uma diminuição do pH do

solo. BRACCINI et al.. (1995) relataram redução linear do pH do solo devido à incorporação de palha de feijão.

Com a incorporação de material vegetal ao solo ocorre um aumento inicial do pH do solo com o seu posterior retorno ao valor inicial, ou até mesmo inferior a ele (HOYT e TURNER, 1975; ASGHAR e KANEHIRO, 1980; MIYAZAWA et al., 1993).

JAN (1993) sugeriu que há menor sensibilidade ao alumínio trocável em plântulas de arroz pré-crescidas em solução nutritiva livre de Al, concluindo que tal fato reduziria o risco de toxicidade de Al quando as plantas fossem transplantadas para solos ácidos. HUNTER et al.. (1995) concluíram que, de acordo com o crescimento e a produção de milho doce demonstrados em seu experimento, a infertilidade de solos ácidos pode ser corrigida tanto com calagem, quanto com adições de adubo verde. Dessa forma, poder-se-ia pensar em um manejo onde a adubação verde agiria como uma leve calagem efêmera, promovendo condições de pH do solo menos estressantes ao desenvolvimento inicial do sistema radicular das plantas (MIYAZAWA et al., 1993). A cultura beneficiada poderia, posteriormente, apresentar-se mais resistente à acidez do solo e à toxicidade de alumínio, fato que provavelmente resultaria em maior produtividade.

As leguminosas apresentam inúmeros benefícios para o solo, como já discutido por vários autores e, além de aumentar a disponibilidade de N às plantas em sucessão aos adubos verdes, aumentam a quantidade de matéria orgânica do solo. Espécies de leguminosas, tolerantes à acidez e a baixos níveis de nutrientes no solo, podem ser de grande utilidade em sistemas agrícolas. Isto decorre do potencial de fixação do nitrogênio atmosférico pela simbiose com bactéria dos gêneros *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium*, bem como da simbiose com fungos do solo (Fungos Micorrízicos Arbusculares), capazes de aumentar o potencial de absorção dos nutrientes e da presença, nos arredores de seu sistema radicular, de bactérias capazes de solubilizar fosfatos (PERIN et al., 1996).

Segundo CERETA e colaboradores (1994), o milho plantado em sucessão ao feijão-de-porco teve um rendimento de grãos equivalente ao obtido com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de N mineral, proporcionando uma produtividade superior à obtida após vegetação espontânea em até 70%. Os aumentos de rendimentos após o plantio do feijão-de-porco foram similares nos dois tipos de manejo de cultivo estudo (mínimo e convencional). Estudos realizados por DE-POLLI & CHADA (1989) demonstraram que a produção de grãos de milho, em sucessão ao feijão-de-porco, apresentou diferença com os diferentes tipos de manejo, sendo maior quando essa leguminosa foi incorporada ao solo.

O uso das leguminosas feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e lablab (*Lablab purpureum*), como adubos verdes em citrus, promoveu a melhoria nas propriedades químicas do solo, notavelmente na camada de 0-0,10 m (com exceção do alumínio) e a saturação de bases aumentou com a profundidade. Lablab foi um dos tratamentos que apresentou maior teor de nutrientes na camada de 0-0,10 m; isso indica que esta espécie absorveu nutrientes nas camadas mais profundas (0,10, 0,20, 0,40 m) e a decomposição dos restos culturais, deixados na superfície causou modificações no teor dos mesmos. (ALVES et al.. 1996).

Estudo de sucessão das comunidades de macroartrópodes edáficos em plantação de três leguminosas constatou que os Coleoptera e Formicidae foram os grupos dominantes durante todo período de estudo. O terceiro grupo funcional mais abundante foi o representado pelos saprófagos, seguido pelos predadores (ANDRADE & FARIA, 1997).

SILVA et al. (2012/13) desenvolveram trabalho com o objetivo de determinar a contribuição dos cultivos invernais de aveia branca, azevém, canola, linhaça e triticale sobre os indivíduos da mesofauna e da macrofauna do solo. Os dados obtidos revelaram a presença de indivíduos da fauna do solo distribuídos nos grupos: Acarina, Aranae, Anura, Collembola, Coleóptera, Díptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidóptera, Orthoptera e Pulmonata. A ordem collembola representou 64, 57 e 65 % da quantidade total de indivíduos nas coletas dos

50, 100 e 150 dias, respectivamente, enquanto que a população da ordem Acarina representou 16, 4 e 7 %, respectivamente. Os autores atribuem essa variação, pelo menos parcialmente, ao sistema de preparo inicial do solo e às acomodações dos componentes da população ao longo do tempo.

De acordo com SIQUEIRA (1988), o solo é um sistema complexo e muito dinâmico, onde fatores não apenas de natureza física e química, mas também biológica interagem contínua e simultaneamente, de tal maneira que modificações em qualquer um dos fatores desencadearão alterações diversas.

Os organismos do solo interagem intensamente e são responsáveis por inúmeros processos biológicos e bioquímicos. Para garantir a sustentação do ecossistema onde eles vivem, é necessário nascer uma população diversificada, viável e fisiologicamente ativa. Apesar da divulgação intensa sobre a importância da biodiversidade do planeta, ainda se conhece pouco sobre a diversidade microbiana. A densidade e a atividade de microrganismos são altamente influenciadas pelas condições edáficas, existindo situações ou fatores que as favorecem ou limitam. Desde que os processos, por eles mediados, podem ser benéficos ou maléficos para as plantas, existe uma relação entre microbiota e a produtividade e sustentabilidade agrícola (SIQUEIRA & MOREIRA, 1996). Há uma interação contínua entre organismos do solo e as raízes das plantas. Além de inúmeras outras vantagens contribuem para ciclagem de nutrientes e os pelotes fecais por eles produzidos persistem no solo e são importantes para formação de solos agregados e estáveis. (LEE & FOSTER, 1991, citados por PANKHURST & LINCH, 1994).

A mesofauna do solo é conhecida por desempenhar um papel na dispersão de *Coniothyrium minitans*, parasitóide que afeta *Sclerotium sp*, porém os mecanismos de transmissão ainda não estão claros (Williams et al., 1998). Além disso, é reconhecido que os artrópodes podem afetar significativamente a distribuição espacial de propágulos de fungos no solo e tem sido sugerido que a transmissão de esporos sobre e dentro de animais do solo seja mais importante que a extensão de hifas ou penetração pela água, para a distribuição dos fungos. Embora seja aparente que os animais do solo podem ser importantes na dispersão de microrganismos, parece haver poucos registros de disseminação pela fauna do solo (WILLIAMS et al., 1998).

Em trabalho projetado para a verificação de método alternativo ao da armadilha de TRETZEL, ANTONIOLLI et al. (2006) detectaram que os grupos predominantes foram Acarina, Collembola e Himenoptera em todos as áreas, correspondendo a 20,75 % (496 indivíduos), 47,49 % (1135 indivíduos) e 17,87 % (427 indivíduos), respectivamente, perfazendo juntos 86,11 % do total de organismos coletados pelo método TRETZEL modificado. Para o método Provid, dos indivíduos coletados, 10,74 % (345 indivíduos) pertenciam ao grupo Acarina, 35,56 % (1142 indivíduos) ao grupo Collembola e 42,4 % (1362 indivíduos) ao grupo Himenoptera, sendo esses três grupos equivalentes a 88,72 % do total de indivíduos coletados por esse método.

Em alguns sistemas naturais e modificados da Amazônia Central, foi registrado, no que tange à distribuição de grupos edáficos, que os grupos Acari, Collembola e Formicidae foram dominantes, com abundância relativas máximas de 87, 29, e 6 % respectivamente (ANTONY, 1997). Considerando a forma de manejo – plantio direto versus cultivo mínimo – foi constatado que as ordens Collembola e Acarina foram as mais abundantes, representando, respectivamente, 61,7 e 29,2 % do total de indivíduos no cultivo mínimo e 77,7 e 12 % no plantio direto (SILVA et al., 2014).

Dentre os insetos sociais destacam-se Isoptera e Hymenoptera, sendo que a maior parte dos indivíduos Hymenoptera (cerca de 99 %) são da família Formicidae. Independente de qualquer problema metodológico, as formigas e os térmitas não apenas estão presentes em

todos os sítios de estudo como também representam uma fração importante da comunidade de macroartrópodes edáficos (PELLENS, 1996).

É consistente a constatação de serem Acari, Collembola e Formicidae os organismos mais frequentes no diversos ambientes pesquisados, com a abundância maior de um ou grupo oscilando em função das características próprias de cada área pesquisada.

FERREIRA & MARQUES (1998) comparam a composição, a riqueza e a diversidade da fauna de artrópodes em serrapilheira de uma mata secundária heterogênea e de uma monocultura adjacente de *Eucalyptus sp.* no Parque Estadual do Rio Doce, MG, analisando, também, a existência ou não de relação entre a riqueza e a diversidade de espécies com a distância do aceiro que separava os dois sistemas. A comunidade de artrópodes na serrapilheira da mata mostrou maior riqueza de taxa (149 morfo-espécies), maior diversidade ($H'=1,80$) e baixa similaridade com a área de eucaliptal, cuja riqueza foi de 46 morfoespécies e a diversidade correspondeu a $H'=1,46$. Não se observou relação entre a riqueza e a diversidade de artrópodes em serrapilheira com o aumento da distância do aceiro. A comunidade de serrapilheira na mata mostrou-se mais estruturada do que a presente na área de monocultura de *Eucalyptus sp.*

A riqueza média por amostra não está intimamente relacionada com a densidade, porém quando esta última for alta, os diferentes grupos encontram-se distribuídos em maior número de amostras. Desta maneira, um elevado valor de riqueza média representa uma maior coexistência dos diferentes grupos de artrópodes em cada ponto de amostragem e, provavelmente, reflete condições mais propícias à instalação e sobrevivência destas populações nas camadas orgânicas (PELLENS, 1996). Nesse trabalho, a autora relata que os insetos sociais são mais numerosos na comunidade sob a floresta primária e menos abundantes naquela sob *Eucalyptus grandis*. No primeiro sítio, as densidades encontradas são sempre superiores a 2000 ind m⁻². Na plantação de *Acacia mangium* são sempre maiores que 1000 ind m⁻², enquanto que na plantação de *E. grandis* a densidade observada varia desde 75 ind m⁻² a 170 ind m⁻². Os efetivos dos insetos sociais observados na plantação de *A. mangium* são significativamente inferiores aos encontrados na floresta primária somente no mês de fevereiro. No solo sob *E. grandis*, a densidade dos insetos sociais foi significativamente menor que na floresta em agosto, novembro e fevereiro, sendo que nas duas últimas datas o número de indivíduos foi também menor do que na plantação de *A. mangium*. Em junho, foi observada importante densidade dos insetos sociais na plantação de *E. grandis* (1170 ind m⁻²) e, em consequência, não há diferença significativa entre os três sítios estudados pela autora.

É indiscutível o efeito de plantios no sentido de favorecer o estabelecimento de vários taxa pertencentes à maior parte dos grupos funcionais do solo. Dentre estes se destaca plantação onde há espessa camada de serrapilheira, que por sua vez é rica em nutrientes, proporcionando condições microclimáticas e tróficas bastante estáveis às comunidades edáficas (PELLENS, 1996). A biodiversidade de animais do solo é um importante indicador para agricultura sustentada. Ela é influenciada pelos diferentes manejos (Figueira et al., 1999; ALVES et al., 1999). Quando se comparam manejos iguais, porém com idades diferentes observa-se que as plantações mais antigas apresentam maior diversidade (DIAS & BROSSARD, 1999). FIGUEIRA et al. (1999) reportaram que as condições edáficas são influenciadas pelas práticas de manejo tradicionais como aração, gradagem e adubação, que têm efeitos diretos sobre a composição e funcionamento da fauna do solo.

Como os organismos da mesofauna são seres vivos e aeróbicos, evidentemente sua distribuição e a permanência no solo, sazonalmente, varia em função de fatores como disponibilidade de alimentos, umidade, espaço poroso, teor de oxigênio, variações de temperatura, tipos e manejo de culturas, agrotóxicos utilizados, teor de matéria orgânica, sistemas de cultivo, tipos de vegetação, predação e hábito alimentar.

As variações climáticas afetam fortemente a mesofauna. Em estudo realizado em Santa Catarina, CRISTOFOLINI (2011) reportou o impacto de inundações e as chuvas por período prolongado sobre a comunidade da mesofauna, diminuindo o número de espécimes coletados durante este período, mesmo na área floresta secundária inicial, onde não ocorreram inundações. Contudo o excedente hídrico observado no período pode ter contribuído para queda no número de espécimes coletados nesta área. Foi observada uma queda no número de indivíduos coletados em todas as áreas. Na floresta secundária avançada a queda no número de indivíduos coletados foi de 44,6% no mês de setembro e de 41,4% no mês de outubro. Na área de restauração induzida a queda foi de 20,1% no mês de setembro e de 70,9% outubro e na floresta secundária inicial a queda no número de indivíduos coletados foi de 20,4% no mês de setembro e de 49,0% no mês de outubro. Deve-se considerar que os meses de primavera e verão eram esperados com maior quantidade e diversidade de artrópodes, que os de inverno. Por isso, o autor concluiu que as inundações podem ter influenciado na abundância dos taxa.

SOUTO (2006), analisando a acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos, em área de caatinga, observou decréscimo na população da mesofauna nos períodos secos, atribuindo esse fato, provavelmente, à diminuição na oferta de alimento, o que limita a existência de alguns grupos, restando apenas os mais adaptados às condições de escassez hídrica e de alimento, bem como das temperaturas elevadas do solo.

RODRIGUES et al. (2009) avaliaram a ocorrência de organismos da meso e megafauna em quatro áreas do Semi Árido da Paraíba nos períodos chuvoso e seco. Ao relacionar a quantidade de organismos capturados com o teor de água no solo, constataram efeito marcante da umidade sobre a quantidade e diversidade da fauna do solo. Além do efeito da umidade em si, os autores atribuíram as diferenças também pela oferta menor de alimento durante o período seco. Na mesma linha de trabalho, ALMEIDA et al. (2013) relataram que a umidade do solo condicionou importante variação na população da comunidade da mesofauna edáfica e maior riqueza de grupos na época efetiva de chuvas. Collembola não foi registrado nos meses secos e Hymenoptera apresentou picos populacionais em ambas as estações; Acarina apresentou ocorrência independente da época analisada, e sua abundância influenciou na menor e maior diversidade mensal da comunidade edáfica, respectivamente no início da época chuvosa e de estiagem, sugerindo que o grupo possua função significativa na ecologia e no ciclo de nutrientes do Curimataú da Paraíba. Em pesquisa realizada na Nigéria, OGEDEGBE & EGWUONWU (2014) concluíram que a população dos artrópodes aumentou com o incremento da umidade e decréscimo da temperatura do solo.

Em relação à variação da população da mesofauna quando se comparam os períodos chuvoso e seco, é interessante apresentar o trabalho desenvolvido por FERES et al. (2002). Visando obter uma base de dados inicial sobre a comunidade de ácaros de seringueiras, os autores realizaram estudo em três cultivos na região noroeste do Estado de São Paulo. Nesse trabalho, foram registradas 22 espécies de ácaros, pertencentes a 20 gêneros de 10 famílias, em um total de 5.330 exemplares. Do total de espécies registradas, 36,4% são fitófagas, 36,4% são preponderantemente predadoras e 27,2% não tem o hábito alimentar definido, sendo possivelmente micófagas. Como o levantamento foi realizado na parte aérea das plantas, é interessante destacar que o percentual de ácaros fitófagos é menor que os que apresentam distinto hábito alimentar, com possível reflexo na composição dos ácaros que são encontrados nas capturas de organismos epiedáficos. A corroborar essa hipótese, está a observação feita pelo autor principal desse trabalho sobre o efeito mecânico da chuva em remover espécimes que habitam a página superior dos folíolos. Assim, não se pode deixar de considerar que o aumento de organismos capturados no solo no período chuvoso possa ser, pelo menos em parte, decorrente da adição dos que vivem na parte aérea da cobertura vegetal.

Diversos autores citados por SILVA et al. (2012) relataram que a população de organismos edáficos sofre alterações devido a fatores como: precipitação, temperatura,

umidade do ar e do solo, compactação, quantidade de material orgânico e a ação de herbicidas, sendo colêmbolos menos suscetíveis aos agroquímicos que os ácaros, mas algumas espécies são afetadas por altas doses. Entretanto, LINS et al. (2007), indicaram que herbicidas como o 2,4-D e atrazina influenciam a abundância de colêmbolos, reduzindo sua população. Os colêmbolos são sensíveis também a variações de umidade no solo, pois a redução na umidade do solo pode resultar em migração, menor taxa reprodutiva e mortalidade. Assim, a ordem Collembola é considerada bioindicadora da qualidade do solo, sendo extremamente sensível a alterações no ambiente. Os coleópteros têm grande importância na incorporação e decomposição de material orgânico contribuindo também no aumento da permeabilidade, na capacidade de absorção de água, fertilidade, na aeração e estrutura do solo, além de serem importantes na regulação de população de artrópodes fitófagos, podendo afetar a taxa de absorção de nutrientes pelas plantas. DOLD (2010) destaca que podem ocorrer efeitos indesejados de muitas práticas agrícolas sobre organismos benéficos, mencionando besouros carabédeos, ácaros e colêmbolos, importantes no controle biológico ou na decomposição. Um desses efeitos pode advir do emprego de Brassicaceae como planta de cobertura, por possuírem glucosinolatos: quando seus tecidos são danificados, mirosinase hidroliza glucosinolatos em presença de água e produz uma variedade de compostos como tiocianatos, isotiocianatos e nitrilas, com efeitos negativos sobre diversos insetos. Na revisão da literatura, não foi encontrado trabalho realizado no Brasil, nessa interessante linha de pesquisa.

NUNES et al. (2012), em trabalho sobre os efeitos de sistemas com leucena, capim-Tifton e capim-Tanzânia, reportaram que a maior abundância de fauna edáfica foi registrada no sistema com leucena seguido pelo capim-Tanzânia no período seco, e capim-Tifton e capim-Tanzânia seguido pela leucena no período úmido. Estudo realizado no Rio Grande do Sul, com diferentes manejos, indicou que, para ácaros, as áreas de coxilha pousio, coxilha esterco de suíno e plantio direto aveia-preta foram significativamente melhores que as demais áreas. Os ácaros são considerados os mais numerosos artrópodes do solo, o que reflete na diversidade de habitat alimentar do grupo. (ANTONIOLLI et al., 2006). Para colêmbolos, destacou-se a área de coxilha com esterco diferindo significativamente das demais. O grupo Himenoptera, não diferiu estatisticamente em nenhuma área. Para Isoptera, a área com maior população foi a área plantio direto sobre campo nativo, enquanto que a área com pinus foi a que apresentou a menor população desses organismos. Para o grupo Diptera, a área de várzea foi a que apresentou maior população, diferindo das demais, sendo a área de *Pinus* a com menor população (ANTONIOLLI et al., 2006).

Em trabalho cujo objetivo foi avaliar a influência da aplicação de doses de dejetos líquido de suíno na fauna do solo em dois sistemas de manejo do solo (mínimo e plantio direto), SILVA et al. (2014) reportaram que o sistema plantio direto associado a 40 e 80m³ ha⁻¹ do resíduo resultou em maior abundância de organismos, ocasionada pelo maior número de colêmbolos. A população de ácaros foi mais elevada no cultivo mínimo, em comparação ao sistema plantio direto na dose de 80m³ ha⁻¹. No sistema plantio direto, a dominância de Simpson aumenta e a diversidade de Shannon diminui com a elevação das doses de dejetos líquido de suíno.

No cultivo da cana-de-açúcar com a queima como manejo de colheita, as densidades dos artrópodes do solo diminuem, não mais se recuperando. Diversamente, a manutenção da palha promove uma maior riqueza de grupos taxonômicos, com uma maior complexidade da comunidade, com diferentes padrões de atuação da fauna (PINHEIRO, 1996).

O procedimento para estudo dos organismos consiste em sua captura, identificação e quantificação dos componentes da comunidade em questão. Atualmente são encontrados trabalhos com o emprego de diferentes métodos, adotados segundo o arbítrio dos pesquisadores, levando em conta principalmente os objetivos do estudo e a praticidade dos

procedimentos. O mais tradicional dos métodos é o que utiliza a retirada de material de solo e posterior extração dos organismos seja por catação, flotação ou emprego de funis (SANDLER et al., 2010). Os métodos de funil, baseados naqueles descritos por Antonio Berlese (PASS. & SZUCSICH, 2011.) e modificados por Tüllgren em 1918 (SANDLER et al., 2010), são simples para extração de animais em boas condições para identificação (EDWARDS & FLETCHER, 1979), apesar de se encontrar grande variabilidade na sua aplicação.

A captura através do uso de armadilhas de queda (“*pitfall*”) é usada amplamente pela praticidade e os procedimentos têm recebido adaptações variadas. Conforme expõe WOODCOCK (2005), o método foi inicialmente concebido por Hertz em 1927 e utilizado por Barber em 1931, tendo sistemática de emprego simples e de baixo custo. Originalmente desenvolvida como técnica qualitativa foi posteriormente reconhecido o potencial do método para a amostragem quantitativa da população epígea de invertebrados (WOODCOCK, 2005). A armadilha de TRETZEL e suas variações como a tipo Provid são técnicas nas quais se instalam recipientes de plástico enterrados no solo de maneira que suas bordas fiquem niveladas com a superfície do terreno (ANTONIOLLI et al., 2006). Os recipientes contém solução aquosa com composição determinada pelo pesquisador (formol, álcool, detergente) para morte e conservação dos organismos capturados. Por suas características, são capturados os animais que constituem a fauna epígea, tanto da macro como da mesofauna. AQUINO et al. (2006) expõem os cuidados para uso de armadilhas de queda.

Dentre as limitações do método que utiliza os funis de Berlese-Tüllgren figuram a possibilidade de fuga de organismos durante a coleta das amostras, a localização do ponto de amostragem e a não detecção de formas imaturas e de baixa mobilidade, o que pode levar a distorções na avaliação (SANDLER et al., 2010). O emprego de monólitos de terra e posterior flotação não separam organismos vivos dos já mortos, mas permite a obtenção de formas imaturas e as de restrita mobilidade. As armadilhas de queda capturam os organismos com alta atividade na superfície do terreno e não avalia os demais.

WOODCOCK (2005) alerta que, como cada espécie tem o potencial de responder particularmente às armadilhas de queda, as taxas com as quais ela pode ser capturada pode variar. Assim, a proporção de cada espécie nas armadilhas não representa necessariamente sua abundância relativa no habitat objeto de amostragem, o que transfere ao pesquisador a responsabilidade pela compreensão e conhecimento das vantagens e desvantagens desse método, o que inclui não apenas as diferenças entre os modelos e estratégias de amostragens como o que deve ser feito para melhorar a natureza quantitativa dos dados.

OGEDEGBE & EGWUONWU (2014) comparando a quantidade de organismos capturados com o uso de armadilha de queda com os detectados com o extractor Berlese-Tüllgren constataram maior quantidade de espécimes obtidos com o emprego do método de funis. Em um dos locais pesquisados, as armadilhas de queda capturaram em torno de 66% dos artrópodes encontrados no método de Berlese-Tüllgren, enquanto que na outra área essa percentagem chegou a quase 83%, indicando efeito local sobre a eficácia dos métodos.

Na avaliação feita por KROLLOW (2009), tanto a armadilha de TRETZEL quanto os funis de Berlese-Tüllgren dão resultados satisfatórios. Na mesma linha de investigação, QUEMER & BRUCKNER (2010) concluíram que a combinação dos dois procedimentos leva a um resultado mais adequado, especialmente para a avaliação da população de colêmbolos. BARETTA et al. (2008), sugeriram que, para trabalhos de avaliação da diversidade de Collembola, além da utilização de armadilhas, sejam também utilizados métodos de amostragens complementares, como a coleta de solo e extração com funil de Berlese-Tüllgren, visando à extração de maior diversidade de famílias.

3. CAPÍTULO I

TEMPO DE EXTRAÇÃO DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA DO SOLO PELO MÉTODO BERLESE-BERLESE-TÜLLGREN

3.1. RESUMO

A mesofauna edáfica compreende organismos de dimensões entre 100 µm e 2 mm e a importância do conhecimento da sua composição tem sido reconhecida pela comunidade científica. Os objetivos deste trabalho foram o de se definir o período de tempo de permanência do material de solo no extrator Berlese-Tüllgren para a captura dos organismos da mesofauna e determinar o tempo mínimo de extração para a correta utilização dos índices de Shannon, Simpson, Pielou e Margalef, empregados na avaliação da diversidade, dominância e equabilidade das comunidades da mesofauna. O estudo foi conduzido no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, em terreno altamente antropizado. Foram instaladas parcelas experimentais com os seguintes tratamentos: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea, em delineamento de quadrado latino. Em cada uma das unidades experimentais foram coletadas amostras formadas por serrapilheira e material de solo, nos primeiros cinco centímetros da camada superficial do solo realizada um dia antes do plantio das leguminosas (outubro), e posteriormente, por ocasião do corte da parte aérea das plantas (março). As amostras foram submetidas a uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tüllgren, por um período de 15 dias, realizando-se a contagem diária dos organismos. A partir da contagem e identificação em nível de grupo (Ordem/Família) dos organismos capturados, foram determinados os índices de Margalef, Simpson, Shannon e Pielou, e verificada a correlação por ordem de Kendall entre os valores obtidos dia a dia até o oitavo dia de extração, usando-se o índice de Shannon como referência. Conclui-se que é possível a redução do tempo de permanência das amostras de material de solo nos funis Berlese-Tüllgren, não sendo recomendável a adoção de período de tempo inferior a seis dias para se determinar a composição da mesofauna edáfica ou para a obtenção de dados mais consistentes e confiáveis para a avaliação dos índices de diversidade, quando se utiliza esse procedimento.

Palavras-chave: Método de Berlese-Tüllgren. Índices de Shannon. Simpson e Pielou. Ecologia do solo.

3.2. ABSTRACT

The soil mesofauna comprises organisms with dimensions between 0.100 mm and 2 mm and the importance of knowledge of its composition has been recognized by the scientific community. The objectives of this study were to define the length of time period of the soil material in Berlese-Tüllgren extractor to the capture of the mesofauna bodies and determine the minimum extraction time for the correct use of the indices of Shannon, Simpson, Pielou and Margalef, employed to evaluate diversity, dominance and richness of mesofauna communities. The study was conducted at the Department of Soil Science at the Institute of Agronomy of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil, in a intensively altered soil. Experimental plots were installed with the following treatments: jack bean (*Canavalia ensiformis*), velvet bean (*Mucuna aterrima*), Ceará bravo bean (*Canavalia brasiliensis*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and spontaneous vegetation in Latin Square design. In each of the experimental units were collected samples, made up of litter and soil material in the first five centimeters of topsoil, held the day before the planting of legumes (October), and later, during the cutting of the shoots (March). The samples were subjected to a battery of the type extractors Berlese-Tüllgren, for a period of 15 days, performing the daily count of organisms. From the count and group-level identification (Order/Family) of the captured organisms were determined indices of Margalef, Simpson, Shannon and Pielou, and verified by the correlation Kendall order between the values obtained from day to day until the eighth day extraction, using Shannon index as reference. It is concluded that the reduction of the residence time of the ground material samples in Berlese-Tüllgren funnels is possible, but is not recommended the adoption of time less than six days to determine the composition of the soil mesofauna or to obtain more consistent and reliable data to evaluate diversity indices when using this procedure.

Key-words: Berlese-Tüllgren method. Indices of Shannon. Simpson and Pielou. Soil Ecology.

3.3. INTRODUÇÃO

A mesofauna edáfica compreende organismos de dimensões entre 100 µm e 2 mm e são constituídos pelos grupos Acari, Aranea, Chilopoda, Collembola, Diplopoda, Diplura, Diptera, Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Mollusca, Protura e Symphyla, podendo incluir também pequenos indivíduos da ordem Coleoptera (ROSSI et al., 2009; Morais et al., 2013). As ordens Acari e Collembola são as mais numerosas constituindo 72 a 97% da população total de artrópodes da fauna do solo (LINS et al., 2007). De acordo com Assad (1997), a mesofauna edáfica é importante como catalisadora na atividade microbiana de decomposição da matéria orgânica, desagregação mecânica do material vegetal em decomposição, formação e manutenção da estrutura do solo. Além disso, esses invertebrados destacam-se pela sua contribuição significativa na regulação das populações microbianas, na fragmentação de resíduos vegetais e na predação de outros invertebrados (ANTONINI et al., 2003).

O procedimento para estudo dos organismos consiste em sua captura, identificação e quantificação dos componentes da comunidade em questão. Atualmente são encontrados trabalhos com o emprego de diferentes métodos, adotados segundo o arbítrio dos pesquisadores, levando em conta principalmente os objetivos do estudo e a praticidade dos procedimentos. O mais tradicional dos métodos é o que utiliza a retirada de material de solo e posterior extração dos organismos seja por catação, flotação ou emprego de funis (SANDLER et al., 2010). Os métodos de funil, baseados naqueles descritos por Antonio Berlese (Pass. & SZUCSICH, 2011.) e modificados por Tüllgren em 1918 (SANDLER et al., 2010), são simples para extração de animais em boas condições para identificação (EDWARDS & FLETCHER, 1979), apesar de se encontrar grande variabilidade na sua aplicação. Assim, ainda que o tempo padrão seja de 15 dias de permanência da amostra no extrator, há trabalhos com o tempo de extração em 48 h (Ferreira & Marques, 1998; KROLLow, 2009; OGEDEGBE & EGWUONWU, 2014), 72 h (MINEIRO & MORAES, 2001), quatro dias (SOUTO et al., 2007), sete dias (VIEIRA, 2008; ROSSI et al., 2009; BARROS et al., 2010; São JOSÉ et al., 2013) e dez dias (ALFARO VILLATORO, 2004, SANDLER et al., 2010).

A captura por meio do uso de armadilhas de queda (*"pitfall"*) tem sido usada amplamente devido a sua praticidade e os procedimentos têm recebido adaptações variadas. Conforme expõe WOODCOCK (2005), o método, simples e de baixo custo, foi inicialmente concebido por Hertz em 1927 e utilizado por Barber em 1931. Originalmente desenvolvida como técnica qualitativa foi, posteriormente, reconhecido o potencial do método para a amostragem quantitativa da população epigea de invertebrados (WOODCOCK, 2005). A armadilha de TRETZEL e suas variações como a tipo Provid são técnicas nas quais se instalam recipientes de plástico enterrados no solo de maneira que suas bordas fiquem niveladas com a superfície do terreno (ANTONIOLLI et al., 2006). Os recipientes contém solução aquosa com composição determinada pelo pesquisador (formol, álcool, detergente) visando à morte e conservação dos organismos capturados. Por suas características, são capturados os animais que constituem a fauna epigea, tanto da macro como da mesofauna. O tempo de permanência das armadilhas não é uniforme: a proposição mais frequente é a de sete dias (ANTONIOLLI et al., 2006; KROLLow, 2009; SILVA et al., 2012; NUNES et al., 2012; Cezar, 2013; SILVA et al., 2014; Brito et al., 2014) mas há relatos com coletas em um dia (Araújo et al., 2010), dois dias (OGEDEGBE & EGWUONWU, 2014), três dias (BARETTA et al., 2008), quatro dias (ROVEDDER et al., 2004) e permanência das armadilhas por 21 dias, com retirada do material biológico a cada sete dias (CRISTOFOLINI, 2011). AQUINO et al. (2006) expõem os cuidados para uso das armadilhas de queda.

Os dados obtidos têm sido interpretados com o emprego de índices como os de Shannon-Weaver, Simpson, Pielou, dentre outros, visando caracterizar riqueza, abundância,

dominância, equabilidade e qualidade do solo (ARAUJO & MONTEIRO, 2007; BARETTA et al., 2008; ESTEVAM, 2011; SILVA et al., 2014; MARTÍNEZ-FALCÓN et al., 2015).

Em razão da ampla adoção do método Berlese, um dos objetivos deste trabalho foi definir o período de tempo de permanência do material de solo no extrator Berlese-Tüllgren para a captura de organismos da mesofauna. Adicionalmente, determinar o tempo mínimo de extração para a correta utilização dos índices de Shannon, Simpson e Pielou, usualmente empregados na avaliação da diversidade, dominância e equabilidade das comunidades dos componentes da mesofauna edáfica.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), situada no km 7 da BR 465, no município de Seropédica, Rio de Janeiro. O preparo inicial do terreno foi realizado por meio de aração e gradagem. O solo dessa área, originalmente Argissolo Vermelho Amarelo, foi altamente antropizado, devido ao fato de o terreno ter sido destinado anteriormente a outras atividades. Foram instaladas parcelas experimentais com os seguintes tratamentos: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea. O delineamento utilizado foi o quadrado latino com cinco tratamentos, com emprego de parcelas com dimensões de 3 x 5 m. A vegetação predominante no local antes da instalação do experimento era formada, predominantemente, pelas espécies *Hemarthria altíssima*, *Panicum maximum* e *Sorghum halepense*. Em cada uma das unidades experimentais foi coletada amostra formada por serrapilheira e material de solo, nos primeiros cinco centímetros da camada superficial do solo, com a utilização de cilindro metálico com 0,15 m de diâmetro. A primeira coleta foi realizada um dia antes do plantio das leguminosas (outubro), com o objetivo de fazer a quantificação dos organismos da mesofauna, caracterizando-se previamente a comunidade em cada parcela. Posteriormente, por ocasião do corte da parte aérea das plantas (março), foi feita nova amostragem, também em cada uma das parcelas experimentais, adotando-se o mesmo método já descrito.

Após a coleta, as amostras foram submetidas a uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tüllgren, por um período de 15 dias, realizando-se a contagem diária dos organismos, a fim de se obter o tempo necessário para completa extração.

A partir da contagem e identificação em nível de grupo (Ordem/Família) dos organismos capturados, foram calculados conforme Barros (2007) os seguintes índices de biodiversidade: (1) índice de riqueza de Margalef, dado por $I = [(S-1)/\ln N]$, em que I é a diversidade, S é o número de espécies presente e N é o número total de indivíduos encontrados na amostra; (2) índice de Simpson, forma de dominância dada por $D = \sum (n_i/N)^2$, sendo n_i = número indivíduos do grupo "i", N o somatório da densidade de todos os grupos; (3) índice de Diversidade de Shannon ($H = -\sum P_i \ln P_i$), em que P_i é a proporção do grupo i no total da amostra; e (4) índice de equabilidade de Pielou definido por: $J = H/\ln S$, em que H corresponde ao índice de Shannon e S é o número total de grupos na comunidade. A riqueza dos grupos taxonômicos foi indicada pelo número de grupos presentes no tratamento.

Para a determinação do tempo de extração adequado para o uso dos índices de diversidade foi calculada a correlação por ordem de Kendall entre os valores obtidos dia a dia até o oitavo dia de extração, usando-se o índice de Shannon como referência.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os totais de organismos capturados em cada ocasião de coleta estão apresentados nas tabelas 1 e 2. Além da grande diferença na quantidade total de organismos encontrados na segunda coleta, nesta constatou-se a presença de Protura, larva de Diptera, Orthoptera e Trichoptera, não detectados na primeira coleta. As diferenças em quantidade e riqueza de grupos taxonômicos podem ser atribuídas a efeitos de preparo inicial do terreno, com distúrbios que afetaram a comunidade da mesofauna, à resiliência de organismos e à adição de matéria orgânica decorrente da cobertura vegetal nas parcelas. As razões das diferenças detectadas entre as ocasiões das coletas não estão abordadas neste trabalho, em virtude de o seu escopo estar centralizado na variação da quantidade de espécimes capturados em cada dia.

Além da grande diferença na quantidade total de organismos encontrados na segunda coleta, nesta constatou-se a presença de Protura, larva de Diptera, Orthoptera e Trichoptera, não detectados na primeira coleta. As diferenças em quantidade e riqueza de grupos taxonômicos podem ser atribuídas a efeitos de preparo inicial do terreno, com distúrbios que afetaram a comunidade da mesofauna, à resiliência de organismos e à adição de matéria orgânica decorrente da cobertura vegetal instalada nas parcelas. As razões das diferenças detectadas entre as ocasiões das coletas não estão abordadas neste trabalho, em virtude de o seu escopo estar centralizado na variação da quantidade de espécimes capturados em cada dia.

Ao serem apreciados os dados constantes nos tabelas mencionados e considerando o conjunto dos espécimes, constata-se que a maioria dos organismos é capturada até o oitavo dia da extração. Ao se fazer o exame de cada grupo de organismos, verifica-se que os espécimes de Acari, Formicidae, Simphyla, Diptera, Chilopoda, Isoptera, Isopoda, Diplopoda, Protura e larvas de Coleoptera e Diptera tem mais de 95 % de seus representantes capturados até o quinto dia de extração, nas duas épocas avaliadas. Collembola diferiu ligeiramente dos demais, superando 95 % no quarto dia em março e alcançando 96 % no sexto dia em outubro. Os organismos que demandaram mais tempo para sua completa extração foram Thysanoptera e Coleoptera.

As diferenças na velocidade de captura dos distintos organismos podem ser atribuídas aos hábitos particulares de cada grupo, incluindo-se sua mobilidade e resistência às condições adversas provocadas pelo sistema de captura.

Os dados obtidos merecem a ressalva de os organismos não terem sido identificados taxonomicamente ao nível de espécie e restringem-se às condições experimentais prevalentes no local. Contudo, a consistência dos dados sugere que é possível a redução do tempo de permanência das amostras de material de solo nos funis Berlese-Tüllgren, dependendo dos objetivos. Entretanto, para a maioria dos organismos, os dados obtidos indicam não ser recomendada a adoção de período de tempo inferior a seis dias para avaliar a composição da mesofauna edáfica quando se utiliza a sistemática de processamento das amostras com o funil Berlese-Tüllgren.

Tabela 1. Número de organismos capturados acumulado dia a dia - Primeira coleta.

Organismo	Dias de avaliação															Total
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	
Acari	64	147	243	277	296	301	304	306	307	307	307	307	307	307	307	307
Collembola	36	123	259	300	328	339	345	347	347	348	349	349	349	349	349	349
Formicidae	122	185	229	268	277	283	287	289	289	289	289	289	289	289	289	289
Chilopoda	12	26	58	70	76	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Coleoptera	2	15	32	37	40	43	45	48	50	51	53	53	53	53	53	53
Protura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diplura	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thysanoptera	0	7	18	36	40	42	43	43	45	46	47	47	47	47	47	47
Larva Coleoptera	37	60	79	91	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Larva Diptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Symphyla	19	60	116	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
Heteroptera	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Isopoda	1	4	9	16	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Hymenoptera	8	14	18	21	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Lepidoptera	0	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Diplopoda	1	6	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Araneae	0	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Orthoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isoptera	21	58	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Trichoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	42	71	85	91	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Psocoptera	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	366	783	1233	1419	1500	1533	1549	1558	1563	1566	1570	1570	1570	1570	1570	1570
%	23,31	49,87	78,54	90,38	95,54	97,64	98,66	99,23	99,55	99,75	100	100	100	100	100	100

Tabela 2. Número de organismos capturados acumulado dia a dia - Segunda coleta.

Organismo	Dias de avaliação															Total
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	
Acari	334	965	2040	2471	2584	2650	2689	2706	2706	2707	2707	2707	2707	2707	2707	2707
Collembola	153	483	1212	1429	1444	1451	1456	1468	1469	1480	1481	1491	1501	1503	1503	1503
Formicidae	82	116	146	224	258	258	258	258	258	259	259	259	259	259	259	259
Chilopoda	15	32	106	143	155	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158
Coleoptera	12	18	36	54	86	92	94	99	105	105	110	117	120	122	128	128
Protura	0	1	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Diplura	0	0	63	72	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Thysanoptera	0	4	10	20	23	24	28	31	34	34	37	38	45	57	65	65
Larva Coleoptera	18	32	60	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Larva Diptera	6	16	25	26	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Symphyla	3	14	30	30	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Heteroptera	6	7	7	10	12	13	15	16	16	20	26	26	26	26	26	26
Isopoda	5	6	8	20	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Hymenoptera	4	9	9	10	10	10	11	12	12	22	22	22	22	22	22	22
Lepidoptera	1	2	4	5	7	9	9	9	11	11	13	13	13	13	13	13
Diplopoda	0	1	8	9	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Araneae	3	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
Orthoptera	1	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Isoptera	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Trichoptera	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Diptera	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Psocoptera	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	643	1723	3857	4688	4915	5002	5056	5096	5109	5136	5153	5171	5191	5207	5221	5221
%	12,32	33,00	73,87	89,79	94,14	95,81	96,84	97,61	97,85	98,37	98,70	99,04	99,43	99,73	100	

Apesar de não ser o objetivo deste trabalho, é conveniente abordar as diferenças entre os métodos mais usualmente usados para a captura de organismos da mesofauna edáfica. A seleção do método a ser empregado deve considerar suas vantagens, praticidade, tipo de organismo avaliado e a limitação de cada técnica. Dentre as limitações do método que utiliza os funis de Berlese-Tüllgren figuram a possibilidade de fuga de organismos durante a coleta das amostras, a localização do ponto de amostragem e a não detecção de formas imaturas e de baixa mobilidade, o que pode levar a distorções na avaliação (SANDLER et al., 2010). O emprego de monólitos de terra e posterior flotação não separam organismos vivos dos já mortos, mas permite a obtenção de formas imaturas e as de restrita mobilidade. As armadilhas de queda capturam os organismos com alta atividade na superfície do terreno e não avalia os demais.

OGEDEGBE & EGWUONWU (2014), comparando o método de armadilha de queda com o extrator Berlese-Tüllgren, verificaram que o primeiro permitiu número mais reduzido de espécimes capturados nos dois locais estudados. Nesse estudo deve ser considerado que o uso de tempo reduzido (48 h, nos dois métodos) para captura dos organismos restringe o alcance dessa conclusão. Na avaliação feita por KROLLOW (2009) tanto a armadilha de TRETZEL quanto os funis de Berlese-Tüllgren dão resultados satisfatórios. Na mesma linha de investigação, QUEMER & BRUCKNER (2010) concluíram que a combinação dos dois procedimentos leva a um resultado mais adequado, especialmente para a avaliação da população de colêmbolos.

Em trabalho projetado para a verificação de método alternativo ao da armadilha de TRETZEL, ANTONIOLLI et al. (2006) detectaram que os grupos predominantes foram Acarina, Collembola e Himenoptera em todos as áreas, correspondendo a 20,75 % (496 indivíduos), 47,49 % (1135 indivíduos) e 17,87 % (427 indivíduos), respectivamente, perfazendo juntos 86,11 % do total de organismos coletados pelo método TRETZEL modificado. Para o método Provid, dos indivíduos coletados, 10,74 % (345 indivíduos) pertenciam ao grupo Acarina, 35,56 % (1142 indivíduos) ao grupo Collembola e 42,4 % (1362 indivíduos) ao grupo Himenoptera, sendo esses três grupos equivalentes a 88,72 % do total de indivíduos coletados por esse método. BARETTA et al. (2008), estudando a ocorrência de colêmbolos em florestas de *Araucaria angustifolia*, constataram que as áreas apresentaram grande variabilidade em termos da distribuição da abundância e da diversidade de famílias de colêmbolos. Esses autores consideraram que, para trabalhos de avaliação da diversidade de Collembola, além da utilização de armadilhas, sejam também utilizados métodos de amostragens complementares, como a coleta de solo e extração com funil de Berlese-Tüllgren, visando à extração de maior diversidade de famílias.

No que tange à distribuição de grupos edáficos, em alguns sistemas naturais e modificados da Amazônia Central foi registrado que os grupos Acari, Collembola e Formicidae foram dominantes, com abundâncias relativas máximas de 87, 29 e 6 % respectivamente (ANTONY, 1997).

Considerando a forma de manejo – plantio direto ou cultivo mínimo – foi constatado que as ordens Collembola e Acarina foram as mais abundantes, representando, respectivamente, 61,7 e 29,2 % do total de indivíduos no cultivo mínimo e 77,7 e 1 2% no plantio direto (SILVA et al., 2014).

Dentre os insetos sociais destacam-se Isoptera e Hymenoptera, sendo que a maior parte dos indivíduos Hymenoptera (cerca de 99 %) são da família Formicidae. PELLENS (1996) afirmou que, independente de qualquer problema metodológico, as formigas e os térmitas não apenas estão presentes em todos os sítios de estudo como também representam uma fração importante da comunidade de macroartrópodes edáficos.

É consistente a constatação de serem Acari, Collembola e Formicidae os organismos mais frequentes no diversos ambientes pesquisados, com a abundância maior de um ou outro

grupo oscilando em função das características próprias de cada área pesquisada. Essa situação foi também verificada neste estudo.

Diante do exposto, pode-se inferir que nenhum dos métodos, isoladamente, permite a detecção de todos os espécimes e espécies de organismos.

No que tange à avaliação dos índices de diversidade, verificou-se que os mesmos, como era de se esperar, apresentaram variação compatível com as diferenças apresentadas no que concerne à quantidade de espécimes capturados a cada dia da avaliação.

A variação dos valores calculados para os diversos índices e relacionada com a comparação entre as épocas (outubro e março) de coleta das amostras de material do solo está apresentada nas Figuras 1 a 4. Ao se considerar os dados referentes à primeira coleta (outubro), deve ser ressaltado que nessa ocasião a amostragem foi feita antes da instalação dos tratamentos. Assim, pode se admitir que as diferenças entre as parcelas estivessem condicionadas pela variabilidade espacial da área e o conjunto dos dados pode ser entendido como reflexo de uma comunidade. Nesse pressuposto, as oscilações dos diversos índices são menores do que as verificadas na avaliação realizada com as amostras coletadas em março do ano seguinte, onde os efeitos dos tratamentos levaram às diferenças mais marcantes.

A apreciação global das Figuras 1 a 4 indica que a utilização de período de tempo inferior a quatro dias, para avaliação dos índices de diversidade em uma comunidade menos heterogênea, não permite inferências adequadas sobre a diversidade ecológica da mesofauna edáfica.

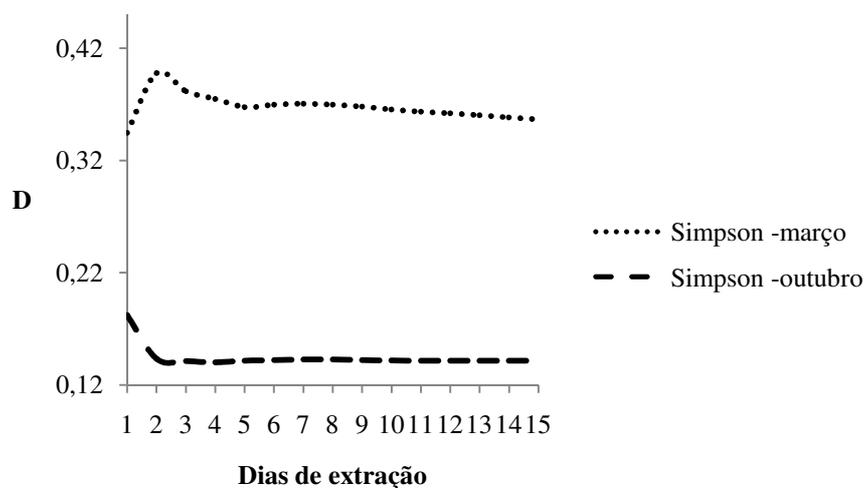


Figura 1. Variação diária do Índice de Simpson (D) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.

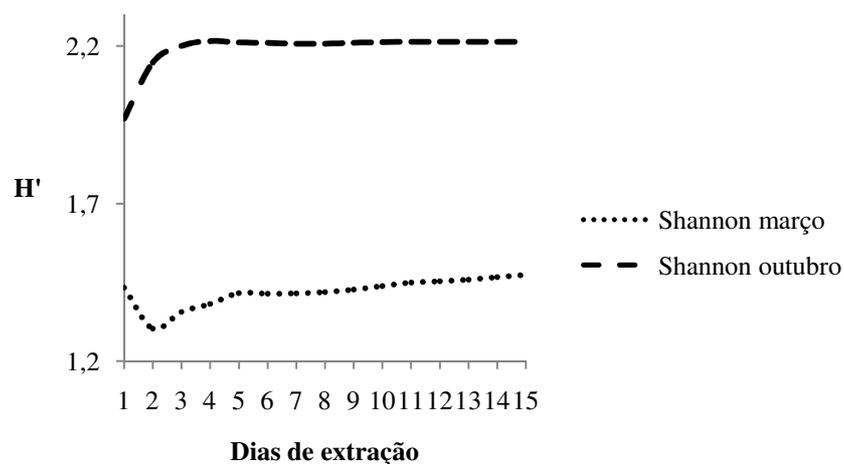


Figura 2. Variação diária do Índice de Shannon (H') em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.

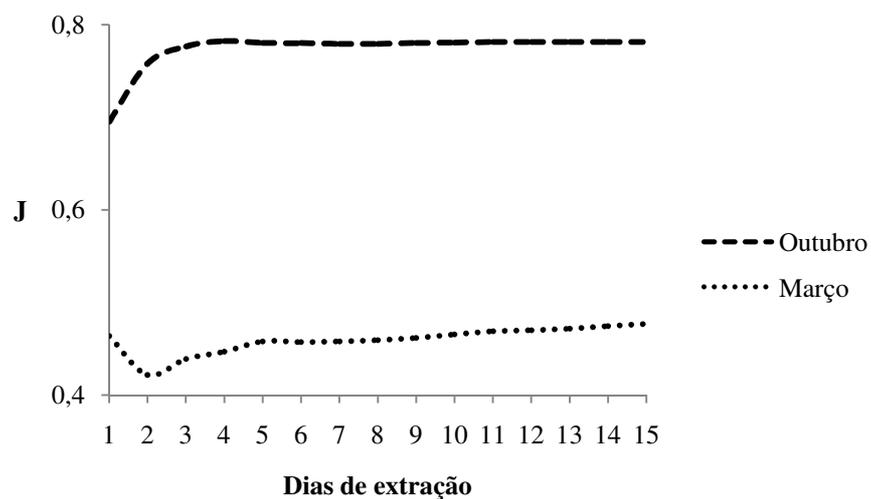


Figura 3. Variação diária do Índice de Pielou (J) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.

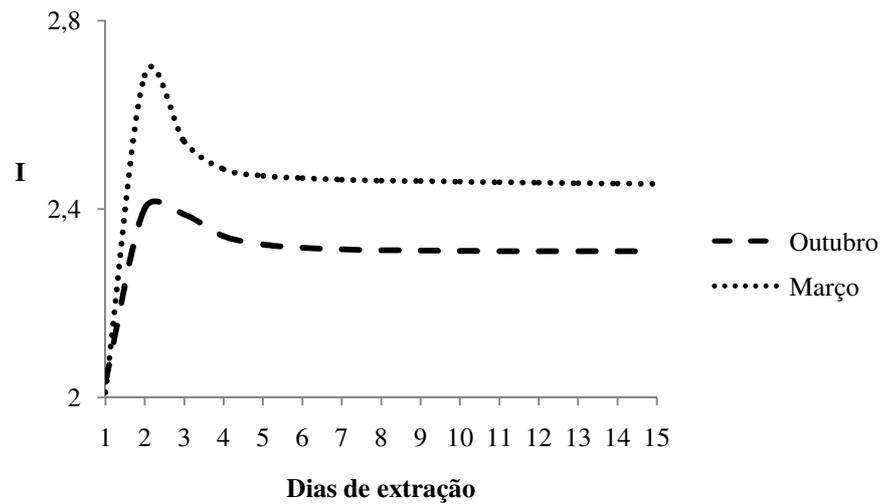


Figura 4. Variação diária do Índice de Margalef (I) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por época de avaliação.

Quando são apreciados os efeitos dos tratamentos (Figuras 5 a 7), observa-se que há mudança no que concerne ao tempo mínimo para a obtenção de índices confiáveis.

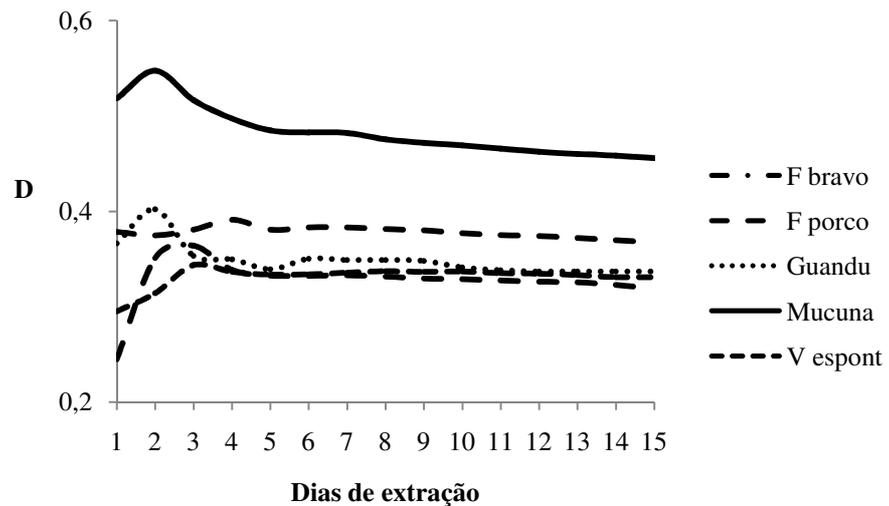


Figura 5. Variação diária do Índice de Simpson (D) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.

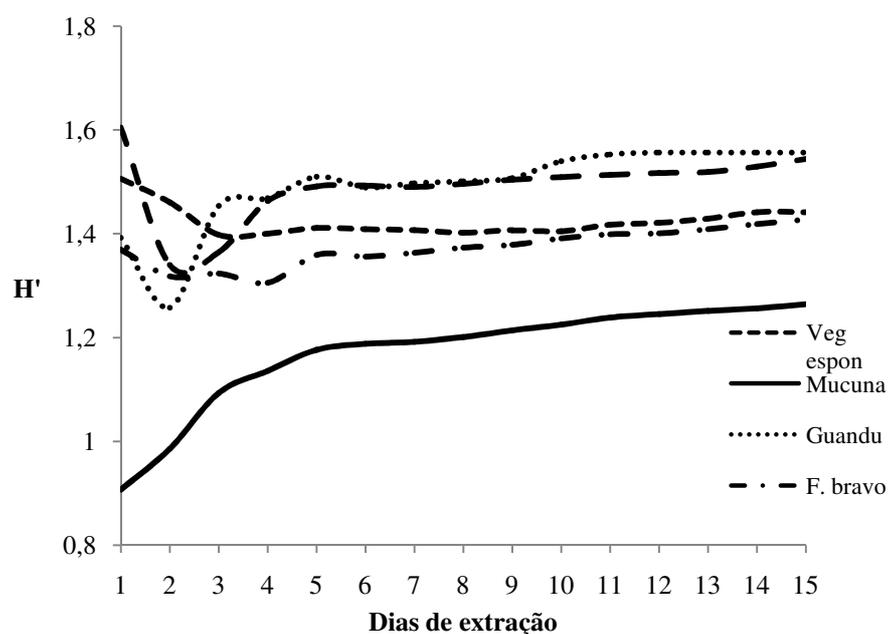


Figura 6. Variação diária do Índice de Shannon (H') em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.

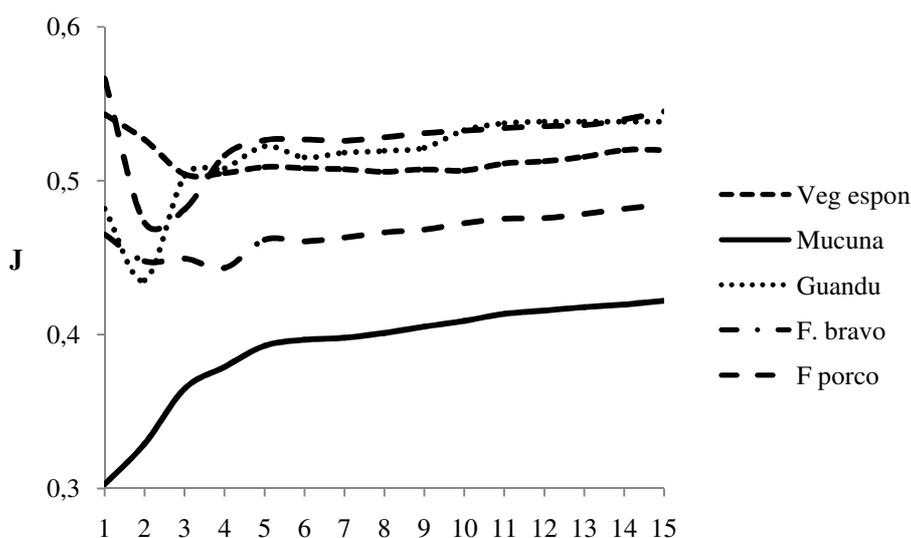


Figura 7. Variação diária do Índice de Pielou (J) em função da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.

Os efeitos de cada tratamento induzem a modificação da interpretação feita quando os dados são agrupados. Isso pode ser atribuído às variações de riqueza, abundância e diversidade próprias de cada comunidade afetada pelas condições geradas pela adoção de revestimento vegetal diferente. Na Tabela 3 estão apresentadas as quantidades totais de organismos capturados, discriminados por tratamento e a riqueza de grupos e na Figura 8 figura a variação diária da quantidade de organismos capturados, também contemplada por tratamentos. Os dados apresentados nas figuras de 5 a 8 e na tabela 3 são os da segunda coleta pois a primeira coleta foi feita antes da instalação dos tratamentos.

Tabela 3. Total de organismos capturados, por tratamento - Segunda coleta.

Organismos	Feijão de porco	Feijão bravo do Ceará	Guandu	Mucuna preta	Vegetação espontânea
Acari	415	654	375	840	423
Collembola	303	351	166	269	414
Formicidae	34	50	62	38	75
Chilopoda	39	28	21	29	41
Coleoptera	35	25	13	42	13
Protura	0	43	25	5	7
Diplura	24	12	10	13	16
Thysanoptera	19	20	3	12	11
Larva Coleoptera	11	15	8	18	11
Symphyla	4	3	7	2	16
Isopoda	15	3	1	0	4
Larva Diptera	9	6	3	13	1
Heteroptera	2	6	10	3	5
Hymenoptera	2	9	5	6	0
Diplopoda	2	2	1	6	0
Isoptera	2	1	0	1	1
Lepidoptera	1	1	4	6	1
Araneae	2	1	1	1	2
Diptera	0	2	0	0	0
Orthoptera	0	0	3	3	0
Trichoptera	0	0	0	3	0
Psocoptera	0	0	0	1	0
Total	919	1232	718	1311	1041
Riqueza	17	19	18	20	16

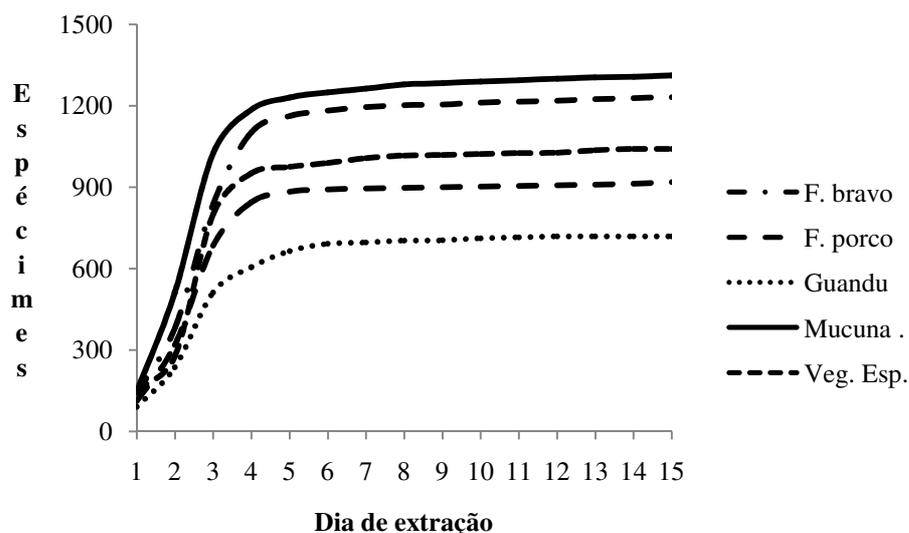


Figura 8. Variação diária da quantidade de organismos capturados, discriminada por tratamentos e referente à segunda coleta.

Para confirmação do tempo mínimo de permanência no funil de Berlese-Tüllgren adequado para inferências mais consistentes tanto no que concerne à quantidade de organismos capturados e para a avaliação dos índices de diversidade, foi calculada a correlação por ordem de Kendall cujos resultados estão apresentados na tabela 4. A correlação por ordem de Kendall é um teste estatístico de associação entre duas variáveis mensuradas a nível ordinal (postos). Visando dar mais simplicidade nesta avaliação, foi utilizado o índice de Shannon como referência para a tomada de decisão e os dados referentes à avaliação do oitavo dia de extração da segunda coleta, quando já estavam estabilizados os valores calculados. Os resultados apresentados sugerem que, para o número total de organismos, sem considerar Ordem/Família, são necessários quatro dias de permanência no extrator de Berlese-Tüllgren, enquanto a interpretação mais apropriada do índice de Shannon se dá a partir do sexto dia.

Tabela 4. Correlação por ordem de Kendall. Dados referentes à segunda coleta.

Dia	Índice de Shannon	Total de organismos
1	0,3200000	0,1866667
2	0,4000000	0,4600000
3	0,7266667	0,7800000
4	0,8400000	0,9333333
5	0,8266667	0,9666667
6	0,9000000	0,9666667
7	0,9133333	0,9866667
8	1,0000000	1,0000000

3.6. CONCLUSÕES

a) É possível a redução do tempo de permanência das amostras de material de solo nos funis Berlese-Tüllgren. Entretanto, para a maioria dos organismos, não é recomendável a adoção de período de tempo inferior a seis dias para avaliar a composição da mesofauna edáfica quando se utiliza esse procedimento.

b) Em ambiente menos heterogêneo, a utilização de período de tempo de captura dos organismos inferior a quatro dias para a avaliação dos índices de diversidade não permite inferências adequadas sobre a diversidade ecológica da mesofauna edáfica.

c) Em ambientes mais heterogêneos, o tempo mínimo de permanência no funil de Berlese-Tüllgren adequado para a obtenção de dados mais consistentes e confiáveis para a avaliação dos índices de diversidade, é de pelo menos seis dias.

4. CAPÍTULO II

MANEJO AGRÍCOLA DE ADUBOS VERDES E A POPULAÇÃO DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA

4.1. RESUMO

Neste capítulo, procurou-se avaliar a hipótese que a composição quantitativa e qualitativa da população de organismos da mesofauna é alterada pelo emprego da adubação verde e do sistema de cultivo adotado. O experimento foi conduzido conforme descrito no Capítulo I. Em uma área da UFRRJ, anexo ao Dept. de Solos (Instituto de Agronomia), foram coletadas amostras de organismos da mesofauna seguindo o método de Berlese-Tüllgren em áreas submetidas a dois manejos: convencional e mínimo. As leguminosas utilizadas foram: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea, em delineamento de quadrado latino, em dois períodos. A apreciação dos valores apresentados refletem preliminarmente a superioridade do sistema de cultivo mínimo sobre o convencional, mas não permite indicar efeitos consistentes entre os diversos adubos verdes. As perturbações provocadas no solo por ocasião da incorporação do material vegetal, adotada no sistema de cultivo convencional leva à diminuição da população global dos organismos da mesofauna. Quanto a produção de matéria seca da parte aérea das plantas, foram detectados consistentemente os efeitos decorrentes dos sistemas de cultivo, fortalecendo o conceito da preservação do ambiente solo. Tais efeitos foram relativamente similares para os grupos representativos da mesofauna do solo. As leguminosas (Fabáceas) mucuna preta, feijão bravo do Ceará, guandu e feijão de porco não diferiram da vegetação espontânea, com predominância de gramíneas (Poáceas) em seus efeitos sobre a população de organismos da mesofauna da camada superficial do solo antropizado onde foram desenvolvidos os experimentos. O sistema de cultivo mínimo mostrou-se superior ao convencional no que concerne à população de artrópodes da mesofauna.

Palavras-chave: Método de Berlese-Tüllgren. Índices de Shannon, Simpson e Pielou. Ecologia do solo.

O texto em amarelo não está inteiramente no abstract.

4.2. ABSTRACT

In this chapter, it was evaluated the hypothesis that the quantitative and qualitative composition of the soil mesofauna is altered by the use of green manure and the crop system. The experiment was conducted as described in Chapter I. Organisms from mesofauna samples were collected following the Berlese-Tullgren method in areas submitted to two managements: conventional and minimum. Legumes were: *Canavalia ensiformis*, *Mucuna aterrima*, *Canavalia brasiliensis*, *Cajanus cajan* and spontaneous vegetation in a Latin square design in two periods. The results suggest the superiority of the minimum tillage system over conventional, but they do not indicate consistent effects among the various green manure. Disturbances caused by soil management at the time of incorporation of plant material, adopted in conventional farming system, induced decreased global population of mesofauna organisms. As the production of dry matter of the shoot, there were consistent effects of cultivation systems, strengthening the concept and need of preserving the soil environment. There is a clear superiority of minimum tillage system over conventional, but not among the various green manures. Disturbances caused by conventional farming system leads to decreased global population of mesofauna organisms strengthening the concept of preserving the soil environment. These effects were relatively similar for representative groups of soil mesofauna. Legumes did not differ from spontaneous vegetation, especially grasses (Poaceae) in their effects on the mesofauna. The minimum tillage system was superior to the conventional with regard to the population of soil mesofauna.

Keywords: Berlese-Tullgren method. Index of Shannon. Simpson and Pielou. Soil ecology.

4.3. INTRODUÇÃO

A atenção aos fatores ambientais é imanente ao exercício profissional dos responsáveis pela produção agrosilvopastoril, não apenas pelos efeitos diretos sobre a produtividade das culturas como pelas consequências advindas da aplicação da tecnologia. O conhecimento dos fatores bióticos e abióticos é condição *sine qua non* para o sucesso dos empreendimentos rurais. Desde que haja fortes interações entre os fatores da produção, sobressai a necessidade de ampliação do estudo das relações entre os organismos do solo e as técnicas a serem utilizadas, sendo lugar comum realçar a importância da obtenção de dados experimentais que reforcem o conhecimento daquelas interações.

Os organismos que compõem a mesofauna edáfica têm sido estudados em variados ambientes e a publicação de resultados de pesquisas sobre o assunto no Brasil tem se ampliado nas últimas três décadas. Apesar disso, ainda são escassas as informações sobre as interrelações da biota edáfica com os sistemas de manejo. A criação da Embrapa Agrobiologia representou grande avanço no estímulo às pesquisas sobre biologia do solo e a implantação do Sistema Integrado de Produção Agroecológica – em parceria com a UFRRJ e a Pesagro-Rio - tem dado resultados reconhecidos por pesquisadores e produtores rurais. Não se trata de tecer loas aos seus idealizadores e participantes e, sim, registrar a sua importância institucional tanto na geração e aplicação do conhecimento científico quanto na disseminação de conceitos e sólida formação de pesquisadores.

A influência do ambiente sobre a composição e estrutura da população de organismos do solo impõe a realização de trabalhos no âmbito regional para assegurar a extrapolação dos seus resultados para uso adequado da tecnologia aperfeiçoada pela pesquisa. Apesar da aparente obviedade dessa afirmativa, ela deve ser objeto de atenção permanente para evitar frustrações de expectativas do usuário da informação técnica. Assim, emerge a necessidade de pesquisa local para a compreensão dos processos e mecanismos interferentes nos sistemas de produção rural. Isto é particularmente importante quando são abordados os efeitos de sistemas de manejo agrícola sobre a comunidade representada pelos organismos da mesofauna do solo devido a sua sensibilidade às alterações provocadas pelo uso do solo.

As interações da fauna de solo com os microrganismos e a sua ação sobre a decomposição e ciclagem de nutrientes variam entre os diferentes grupos, sendo resultantes de características intrínsecas de cada grupo e, por vezes, de cada espécie da fauna de solo (CORREIA & Oliveira, 2005).

SILVA et al. (2012/13) desenvolveram trabalho com o objetivo de determinar a contribuição dos cultivos invernais de aveia branca, azevém, canola, linhaça e triticale sobre os indivíduos da mesofauna e da macrofauna do solo. Os dados obtidos revelaram a presença de indivíduos da fauna do solo distribuídos nos grupos: Acari, Aranae, Anura, Collembola, Coleoptera, Díptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Orthoptera e Pulmonata. A ordem Collembola representou 64, 57 e 65% da quantidade total de indivíduos nas coletas dos 50, 100 e 150 dias, respectivamente, enquanto que a população da ordem Acarina representou 16, 4 e 7%, respectivamente. Os autores atribuem essa variação, pelo menos parcialmente, ao sistema de preparo inicial do solo e às acomodações dos componentes da população ao longo do tempo.

Estudo de sucessão das comunidades de macroartrópodes edáficos em plantação de três leguminosas constatou que os Coleoptera e Formicidae foram os grupos dominantes durante todo período de estudo. O terceiro grupo funcional mais abundante foi o representado pelos saprófagos, seguido pelos predadores (ANDRADE & FARIA, 1997).

A diferença fundamental que se verifica num mesmo solo cultivado no sistema convencional e no sistema de plantio direto é, respectivamente, a destruição freqüente e a preservação das relações construídas no solo com o tempo de cultivo nesses sistemas. (Nicolodi et al., 2008).

Nunes et al. (2012), em trabalho sobre os efeitos de sistemas com leucena, capim-Tifton e capim-Tanzânia, reportaram que a maior abundância de fauna edáfica foi registrada no sistema com leucena seguido pelo capim-Tanzânia no período seco, e capim-Tifton e capim-Tanzânia seguido pela leucena no período úmido.

Está largamente registrado em diferentes locais que as variações climáticas afetam fortemente a mesofauna, conforme dados reportados, dentre outros, por FERES et al. (2002), SOUTO (2006), Rodrigues et al. (2009), CRISTOFOLINI (2011) e ALMEIDA et al. (2013). Em pesquisa realizada na Nigéria, OGEDEGBE & EGWUONWU (2014) concluíram que a população dos artrópodes aumentou com o incremento da umidade e decréscimo da temperatura do solo.

Há relativamente poucos trabalhos relacionando a população de organismos com a produtividade das culturas. Em trabalho cujo objetivo foi avaliar a capacidade do conceito mineralista em expressar a fertilidade percebida pelas plantas em solo cultivado por longo período de tempo no sistema de plantio direto com diferentes rotações de culturas, Nicolodi et al. (2008) concluíram que esse conceito e os procedimentos a ele vinculados para avaliar a fertilidade do solo são insuficientes para explicar os resultados obtidos com milho em solo cultivado no SPD por longo período com diferentes rotações de culturas. Os autores, certamente por não constar do escopo do trabalho, não examinaram a contribuição da biota do solo mas, considerando o histórico de vinte anos da adoção do sistema de plantio direto e rotação de culturas, pode-se especular que pelo menos parte dos resultados obtidos foram consequência da atividade biológica nos locais pesquisados.

Neste capítulo, procurou-se avaliar a hipótese que a composição quantitativa e qualitativa da população de organismos da mesofauna é alterada pelo emprego da adubação verde e do sistema de cultivo adotado.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), situada no km 7 da BR 465, no município de Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. O preparo do inicial do terreno foi realizado através de aração e gradagem. O solo desta área, originalmente Argissolo Vermelho Amarelo, foi altamente antropizado, devido ao fato de o terreno ter sido destinado anteriormente a outros tipos de atividades. Foram instaladas parcelas experimentais com os seguintes tratamentos: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea. O delineamento utilizado foi o quadrado latino com cinco tratamentos, com emprego de parcelas com dimensões de 3 m x 5 m. A vegetação predominante no local antes da instalação do experimento era formada predominantemente pelas espécies *Hemarthria altíssima*, *Panicum maximum* e *Sorghum halepense*.

Em cada uma das unidades experimentais foi coletada amostra formada por serrapilheira e material de solo, nos primeiros cinco centímetros da camada superficial do solo, com a utilização de cilindro metálico com 0,15m de diâmetro. A primeira coleta foi realizada um dia antes do plantio das leguminosas, com o objetivo de fazer a quantificação dos organismos da mesofauna, caracterizando-se previamente a comunidade em cada parcela. Por ocasião do corte da parte aérea das plantas, foi feita nova amostragem, também em cada uma das parcelas experimentais, adotando-se o mesmo método descrito acima. As amostras dessa duas coletas foram submetidas a uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tüllgren, por um período de 15 dias.

Após o corte da parte aérea das plantas, as parcelas foram divididas, procedendo-se à incorporação mecânica do material da parte aérea em metade de cada parcela e deixando-o como cobertura morta na outra metade. A essas subparcelas deu-se a designação de cultivo convencional (com incorporação mecânica) e cultivo mínimo (com cobertura morta). A tabela 5 retrata o cronograma dos procedimentos adotados.

Tabela 5. Cronograma das atividades desenvolvidas.

Data	Procedimento	Estágio do experimento/objetivo
13/out/1998	Amostragem terra	Parcelas demarcadas, sem cultivo/análises químicas
17/out/1998	Amostragem biota	Parcelas demarcadas, sem cultivo
19/out/1998	Plantio	Instalação do experimento
04/mar/1999	Amostragem biota	Véspera do 1º Corte
05/mar/1999	Corte da parte aérea	Avaliação matéria seca
12/mar/1999	Amostragem terra	Análises químicas
22/out/1999	Amostragem biota	Avaliação nas parcelas com cobertura morta
08/dez/1999	Novo plantio	Repetição do experimento
16/dez/1999	Amostragem biota	Avaliação em todas as parcelas
01/abr/2000	Corte da parte aérea	Avaliação matéria seca
02/abr/2000	Amostragem biota	Avaliação em todas as parcelas

Em razão dos resultados das contagens dos organismos das duas primeiras coletas, nas demais foi adotado o tempo de permanência de doze dias das amostras nos extratores de Berlese-Tüllgren.

Para determinação da biomassa produzida pelos adubos verdes foi demarcada uma área de 1 m² no centro de cada subparcela, onde se executou o corte da parte aérea das plantas, rente ao solo. O material coletado foi seco em estufa com circulação de ar por três dias, à temperatura de 60°C.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística com o emprego da Análise de Variância (ANOVA) em múltiplos níveis - MLANOVA (Multilevel ANOVA), utilizada para acessar a contribuição individual de diferentes variáveis categóricas explicativas (fontes de variação) sobre a variação dos dados obtidos. Com foco na estimação em detrimento da dualidade do teste de significância da ANOVA clássica, a MLANOVA pode ser sumarizada pela estimação de componentes de variância e dos efeitos referentes às diferentes fontes de variação surgidas a partir de desenhos amostrais com estrutura hierárquica (QIAN & SHEN, 2007), por exemplo, em quadrado latino com parcelas subdivididas (GELMAN, 2005). Tal abordagem segue a ótica Bayesiana no sentido de utilizar simulação para amostrar valores dos parâmetros de interesse a partir de posterior distribuição de probabilidade, diferente de utilizar a tradicional soma dos quadrados como em ANOVA clássica. Também, o caráter Bayesiano se dá pelo fato de que todos os parâmetros são considerados como efeitos aleatórios.

Dentro do quadrado latino com parcelas subdivididas, e sem repetição, cada fonte de variação m foi considerada como um agrupamento de diferentes efeitos β . Dessa forma, para uma dada fonte de variação m com número j de níveis, temos $\beta_j(m)$ (GELMAN, 2005). Em MLANOVA o componente da variação é estimado em termos de desvio padrão s_m para uma população finita de efeitos β_j dentro de um agrupamento m . Dessa forma, s_m é uma medida da variabilidade entre efeitos β_j dentro de uma determinada fonte de variação m , o que faz com que a apresentação gráfica dessas estimativas tenha forte apelo intuitivo, facilitando a interpretação e comparação das principais fontes de variação (GELMAN, 2005; SHEN & QIAN, 2007). Aqui, a produtividade de parte aérea no nível individual i foi assumido ter distribuição normal, tal que:

$$y_i \sim N(\mu_i, \sigma^2_i) \quad (1)$$

Onde μ_i é a média geral da produtividade vegetal, e σ^2_i o termo de erro referente a variação residual no nível de observações individuais i . Aqui também foi assumido que esperada produtividade vegetal média μ no nível de observação individual i , μ_i , teve contribuição aditiva da média geral da produtividade vegetal, o intercepto ($\beta_0(i)$); da linha experimental ($\beta_j(i)$ linha, $j = 1, \dots, 5$); da coluna experimental ($\beta_k(i)$ coluna, $k = 1, \dots, 5$); do tratamento (tipo de adubação verde) ($\beta_l(i)$ trat., $l = 1, \dots, 5$), da parcela experimental ($\beta_m(i)$ parcela, $m = 1, \dots, 25$); do tipo de cultivo (mínimo ou convencional) ($\beta_n(i)$ cultivo, $n = 1, 2$); da interação entre o tipo de cultivo e a linha ($\beta_{n,j(i)}$ cultivo *linha, $n = 1, \dots, 10$); da interação entre o tipo de cultivo e a coluna ($\beta_{n,k}$ cultivo *coluna, $n = 1, \dots, 10$); da interação entre o tipo de cultivo e o tratamento ($\beta_{n,l(i)}$ cultivo *trat., $n = 1, \dots, 10$); e da interação entre tipo de cultivo e a parcela experimental ($\beta_{n,m(i)}$ cultivo *parcela, $n = 1, \dots, 50$). Dessa forma:

$$\mu_i = \beta_0(i) + \beta_j(i) \text{linha} + \beta_k(i) \text{coluna} + \beta_l(i) \text{trat.} + \beta_m(i) \text{parcela} + \beta_n(i) \text{cultivo} + \beta_{n,j(i)} \text{cultivo} * \text{linha} + \beta_{n,k(i)} \text{cultivo} * \text{coluna} + \beta_{n,l(i)} \text{cultivo} * \text{trat.} + \beta_{n,m(i)} \text{cultivo} * \text{parcela} \quad (2)$$

Todos os efeitos β 's, referentes às diferentes fontes de variação na Eq (2), foram consideradas como sendo amostras derivadas de distribuições normais independentes, cada qual com média zero e variação σ^2 (efeitos aleatórios = random effects). Assim:

$$\beta_j(i) \sim N(0, \sigma^2_j) \quad (3)$$

$$\beta_k(i) \sim N(0, \sigma^2_k) \quad (4)$$

$$\beta_l(i) \sim N(0, \sigma^2_l) \quad (5)$$

$$\beta_m(i) \sim N(0, \sigma^2_m) \quad (6)$$

$$\beta_n(i) \sim N(0, \sigma^2_n) \quad (7)$$

$$\beta_{n,j}(i) \sim N(0, \sigma^2_{n,j}) \quad (8)$$

$$\beta_{n,k}(i) \sim N(0, \sigma^2_{n,k}) \quad (9)$$

$$\beta_{n,l}(i) \sim N(0, \sigma^2_{n,l}) \quad (10)$$

$$\beta_{n,m}(i) \sim N(0, \sigma^2_{n,m}) \quad (11)$$

Como recomendado por GELMAN (2005), os componentes da variância σ^2 para cada agrupamento de efeitos β (fonte de variação) foram estimados na escala de desvio padrão, s , de uma população finita de valores, tal que: $\sigma^2_j = s_j$ (variabilidade entre os efeitos na linha experimental β_j); $\sigma^2_k = s_k$ (variabilidade entre os efeitos na coluna experimental β_k); $\sigma^2_l = s_l$ (variabilidade entre os efeitos de tratamento β_l); $\sigma^2_m = s_m$ (variabilidade entre os efeitos de parcela β_m); $\sigma^2_n = s_n$ (variabilidade entre os efeitos do tipo de cultivo β_n); $\sigma^2_{n,j} = s_{n,j}$ (variabilidade entre os efeitos da interação linha experimental e tipo de cultivo $\beta_{n,j}$); $\sigma^2_{n,k} = s_{n,k}$ (variabilidade entre os efeitos da interação coluna experimental e tipo de cultivo $\beta_{n,k}$); $\sigma^2_{n,l} = s_{n,l}$ (variabilidade entre os efeitos da interação linha experimental e o tratamento $\beta_{n,l}$); $\sigma^2_{n,m} = s_{n,m}$ (variabilidade entre os efeitos da interação linha experimental e as parcelas $\beta_{n,m}$). Uma vez que não existe replicação no experimento, ou seja, tem-se 50 observações individuais no total, o componente de variação para a interação entre o tipo de cultivo e as parcelas corresponde àquele referente ao β_i .

A média de cada componente da variância, s , e suas respectivas medidas de incerteza (intervalos de credibilidade a 50 e 95%), são as medidas de interesse em MLANOVA, sendo plotadas de maneira similar à tabela clássica de ANOVA. Tais medidas são derivadas da posterior distribuição de probabilidade de cada um dos componentes da variância, s , as quais são produzidas por simulação de amostragem baseada nas cadeias de Markov (Markov Chain Monte Carlo (MCMC) usando o algoritmo de Gibbs disponível no programa JAGS (Just Another Gibbs Sampler) (PLUMMER, 2003).

É preciso salientar que não só os componentes da variação serão mostrados. Os efeitos β 's também podem ser plotados de forma a possibilitar inferências sobre a força do efeito. Assim, não há perda de informação quando usando MLANOVA. Ao contrário, se ganha em interpretabilidade e quantidade de informação.

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas das amostras de terra estão registrados no Anexo 1, não tendo sido utilizados para a discussão a seguir.

Para mais simplicidade e objetividade da apresentação dos resultados, as quantidades de organismos capturados, discriminados por grupos e por tratamentos estão apresentados no Anexo 2. A Tabela 6 apresenta a quantidade total de organismos capturados em cada uma das coletas.

Tabela 6. Número total de espécimes coletados nas diferentes épocas.

Sistema de cultivo	Data coleta	Tratamentos					Total
		F. porco	Veg. espont.	Guandu	F. Ceará	Mucuna	
Convenc.	17.out.1998	310	206	265	230	559	1570
Convenc.	4.mar.1999	926	1041	728	1226	1300	5221
Mínimo	22.out.1999	1779	1090	1630	1944	929	7372
Mínimo	16.dez.1999	413	252	445	335	417	1862
Convenc.	16.dez.1999	143	217	95	74	83	612
Mínimo	1.abr.2000	417	262	419	455	578	2131
Convenc.	1.abr.2000	313	394	153	253	474	1587

A apreciação dos valores apresentados na Tabela 6 refletem preliminarmente a superioridade do sistema de cultivo mínimo sobre o convencional, mas não permite indicar efeitos consistentes entre os diversos adubos verdes. As perturbações provocadas no solo por ocasião da incorporação do material vegetal, adotada no sistema de cultivo convencional leva à diminuição da população global dos organismos da mesofauna. Na Tabela 7 constam os dados da produção de matéria seca da parte aérea das plantas.

Tabela 7. Produtividade média dos adubos verdes, em Mg.ha⁻¹.

Tratamento	5/03/1999	1/4/2000(conv)*	1/4/2000(min)**
Feijão bravo do Ceará	11,83	9,46	9,02
Feijão de porco	17,88	12,59	11,14
Guandu	13,47	13,13	12,43
Mucuna	10,25	7,81	8,24
Vegetação espontânea	19,19	16,38	14,86

*conv = sistema de cultivo convencional. **min = sistema de cultivo mínimo.

Na Figura 9, apenas os efeitos β 's referentes ao tratamento e ao cultivo e a interação entre eles.

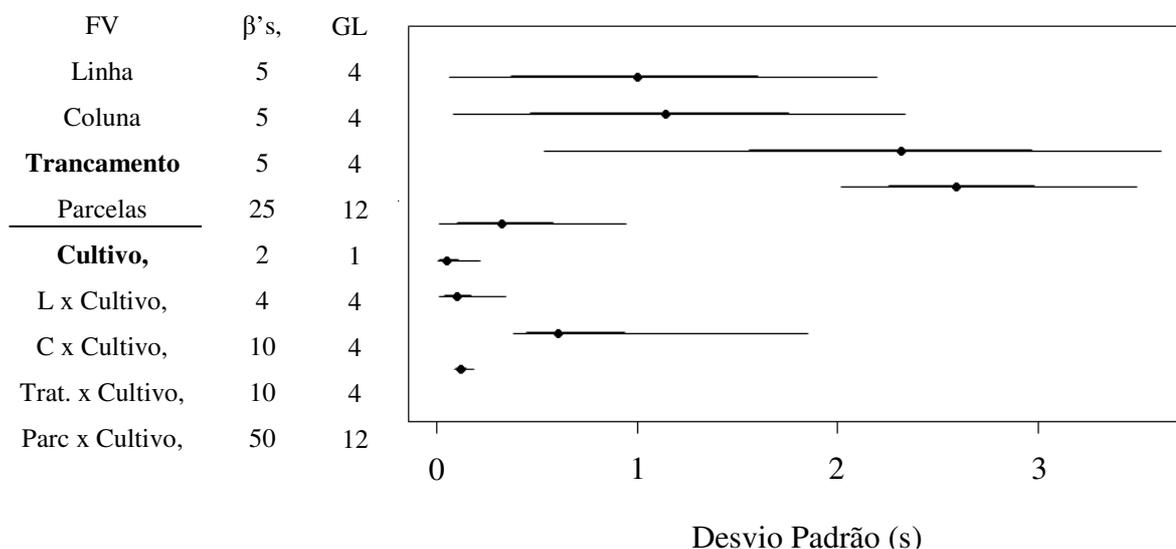


Figura 9. Estimativa dos componentes da variância (desvio padrão s) derivados da ANOVA em múltiplos níveis (MLANOVA). Dados de produção de matéria seca obtidos em abril de 2000.

As estimativas correspondem à variabilidade dentro de cada agrupamento de “efeitos” β 's, cada qual referente a uma fonte de variação (FV). Os pontos representam a mediana da posterior distribuição de probabilidade para cada estimativa de desvio padrão. As linhas representam o grau de incerteza das estimativas, comumente chamadas de intervalos de credibilidade posteriores (CI 50%, linha grossa; e CI 95%, linha fina) na ótica Bayesiana. No Quadrado Latino com parcelas subdivididas, a linha separando as fontes de variação FV é intencionada para separar os dois termos de erro (Parcela e Parcela*Cultivo) utilizados para facilitar a comparação entre FV's.

De forma geral, e no nível de parcela, a maior contribuição para a variabilidade da produtividade vegetal foi da própria variação entre parcelas. Apesar, disso, a contribuição do tratamento (tipo e adubação verde) foi bastante similar à variação da produtividade devido à parcela. No nível de sub-parcelas a interação entre o tipo de cultivo, mínimo ou convencional, e o tipo de adubação verde teve contribuição claramente maior sobre a variação da produtividade do que a variação residual representada pela interação Parcela * Cultivo. Também, o tipo de cultivo foi o segundo maior contribuinte para a variação da produtividade vegetal, sendo este também maior que a contribuição devida à interação Parcela * Cultivo.

Tais resultados da MLANOVA podem ser o ponto final ou, mais comumente, o ponto de partida para inferências sobre os efeitos principais, ou seja, dentro das fontes de variação. Nesse caso, (Figura 10) foi observado que o feijão bravo do Ceará teve a maior evidência em termos de efeito positivo sobre a produtividade vegetal, indicando que entre todos os tipos de adubação verde este foi o mais produtivo. Por outro lado, a produtividade do guandu e da mucuna foi a menor entre os tipos de adubação verde. Uma vez que feijão de porco e a vegetação espontânea não possuem clara porção dos seus intervalos de credibilidade acima ou abaixo de zero, como nos outros tipos de adubação, não se tem evidência suficiente sobre o efeito desses tipos de adubo verde sobre a produtividade vegetal.

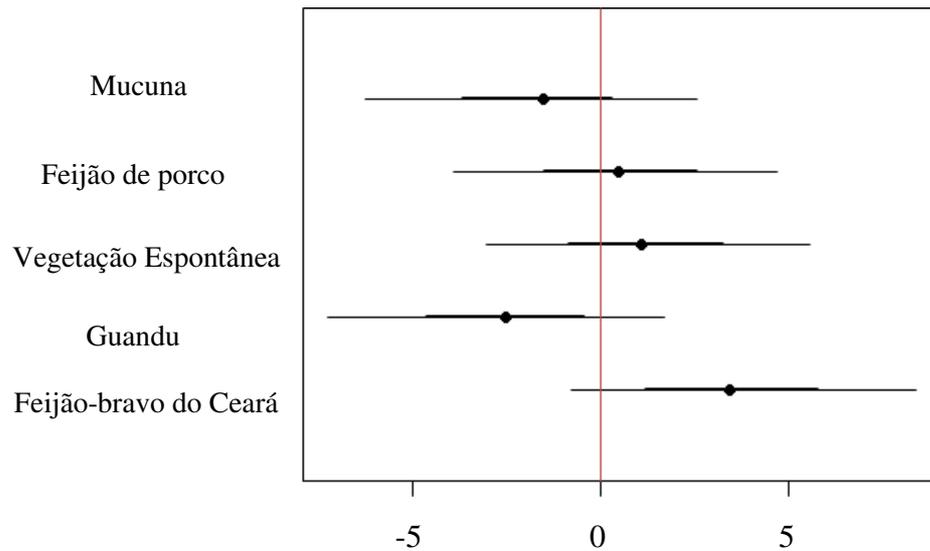


Figura 10. Efeito estimado da produtividade dos adubos verdes. Dados de produção de matéria seca obtidos em abril de 2000.

Círculos representam a média da posterior distribuição de probabilidade dos efeitos β dentro da fonte de variação tratamento (tipo de adubação verde). A linha grossa representa a medida de incerteza na estimativa do efeito à 50% de credibilidade, enquanto a linha fina corresponde à incerteza na estimativa à 95% de credibilidade.

A magnitude do efeito da interação entre tipo de cultivo sobre a produtividade vegetal dos tipos de adubo verde, variou na escala de 2 (Figura 11). Um ponto a ser destacado é a alternância de padrão dentro do tipo de cultivo. Por exemplo, a produtividade da mucuna e do guandu no cultivo convencional foi negativa, ao passo que no cultivo mínimo a produtividade desses adubos verdes tendeu a ser positiva, apesar de a maior parte da incerteza (intervalos de credibilidade) abarcar o valor zero. Padrão similar foi observado para o feijão de porco, pois este foi ligeiramente mais produtivo sob cultivo convencional do que sob cultivo mínimo (Gráfico 12). DE-POLLI & CHADA (1989) relataram efeito similar a respeito da incorporação da biomassa da parte aérea favorecendo o cultivo seguinte mas a análise apresentada no gráfico 12 não mostra consistência dessa tendência. Dessa forma, os resultados sugerem que, apesar de não ter sido detectada diferenças entre os dois tipos de cultivo (convencional e mínimo), dentro de cada um deles a resposta em produtividade para um particular tipo de adubação verde pode ser diferente.

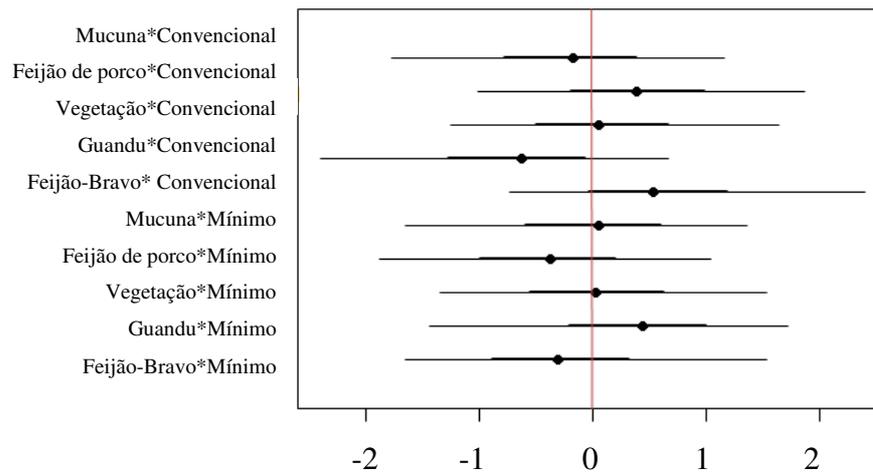


Figura 11. Efeito do tipo de cultivo sobre a produtividade de diferentes tipos de adubação verde. Dados de produção de matéria seca obtidos em abril de 2000.

Na Figura 11, círculos representam a média da posterior distribuição de probabilidade dos efeitos $\beta_{n,l}$ dentro da fonte de variação correspondente à interação entre tratamento (tipo de adubação verde) e tipo de cultivo. A linha grossa representa a medida de incerteza na estimativa do efeito à 50% de credibilidade, enquanto a linha fina corresponde à incerteza na estimativa à 95% de credibilidade.

Onde i, j, k, l , e m representam índices para observações individuais, para efeitos ao longo da linha experimental; para efeitos ao longo da coluna experimental; para efeitos do tratamento (tipo de adubação verde); para efeitos no nível de parcela experimental, e para efeitos no nível de tipo de cultivo (mínimo ou convencional), respectivamente. O termo μ_i representa a média geral da produtividade vegetal. O termo σ^2_{ijkl} dá conta da variação residual geral do dado, ou seja, aquela sem considerar a estrutura hierárquica do desenho experimental.

No que concerne aos efeitos dos tratamentos sobre os organismos, nas figuras que se seguem estão discutidos os efeitos dos tratamentos sobre os grupos de organismos mais numerosos em todas as épocas de amostragem: Collembola, Acari e Formicidae. A superioridade desses grupos tem sido registrada em diferentes ambientes (ANTONY, 1997; ANTONIOLLI et al., 2006; MOÇO, 2010; SILVA et al., 2014). As avaliações feitas permitiram selecionar esses três grupos e as conclusões sobre os mesmos representam adequadamente os efeitos dos tratamentos adotados. Os dados se referem às coletas realizadas em dezembro de 1999 e abril de 2000, ocasiões em que foram coletadas amostras dos dois sistemas de cultivo em todas as parcelas experimentais. A contagem esperada de organismos foi assumida ter distribuição de Poisson com parâmetro λ , tal que $C \sim \text{Poisson}(\lambda)$.

A Figura 12 mostra a análise de variância em múltiplos níveis particionando a variabilidade na contagem de colêmbolos, ácaros e formigas entre as diferentes fontes de variação do delineamento experimental.

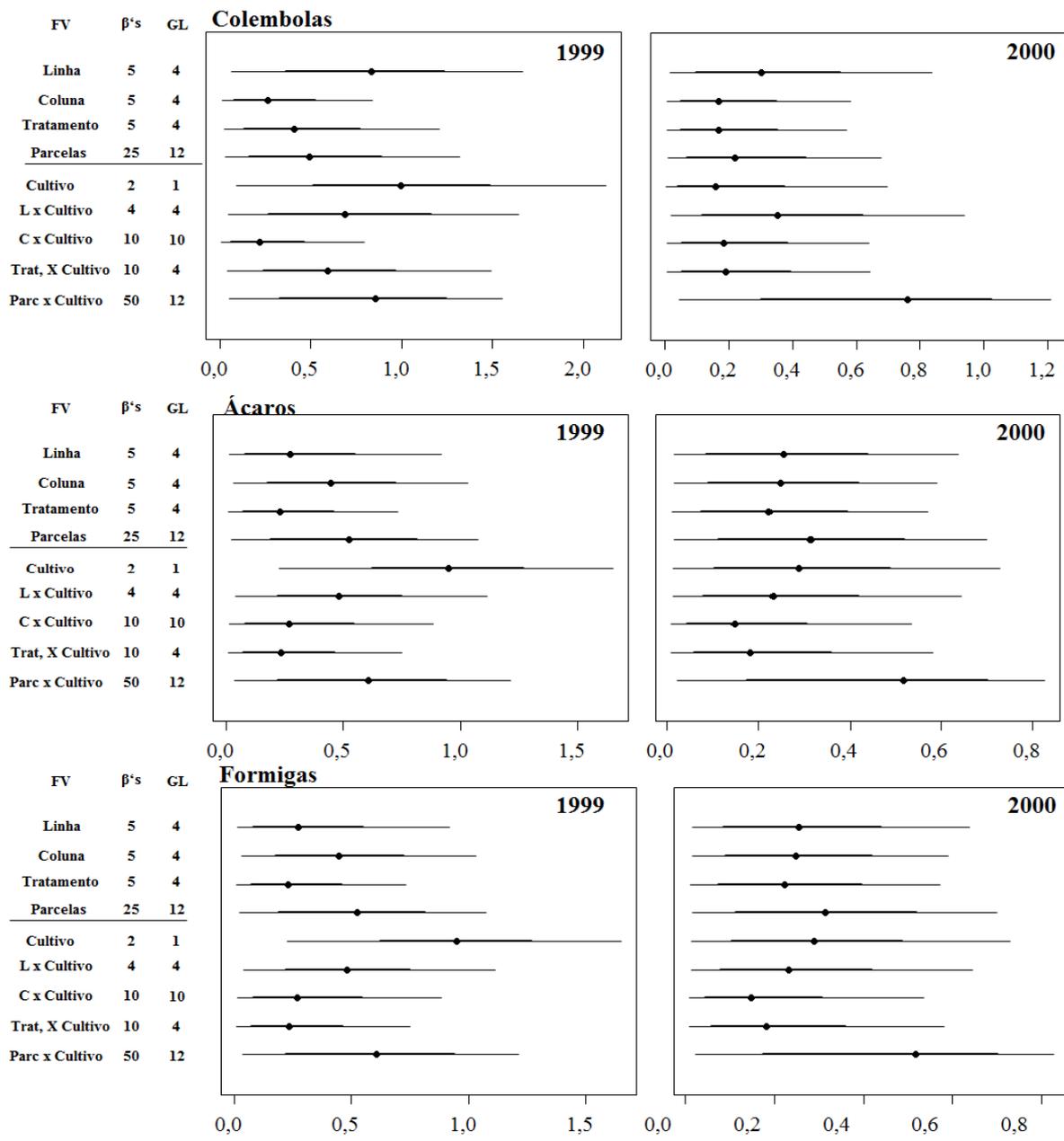


Figura 12. Análise de variância em múltiplos níveis particionando a variabilidade na contagem de colêmbolos, ácaros e formigas entre as diferentes fontes de variação do delineamento experimental. Pontos são a mediana da distribuição de probabilidade do componente da variância (desvio padrão) calculado para cada fonte de variação. Essas distribuições posteriores foram produzidas por simulação de Gibbs usando cadeias de Markov.

A análise feita para avaliar os efeitos principais decorrentes de cada adubo verde os três grupos de organismos está exposta na Figura 13.

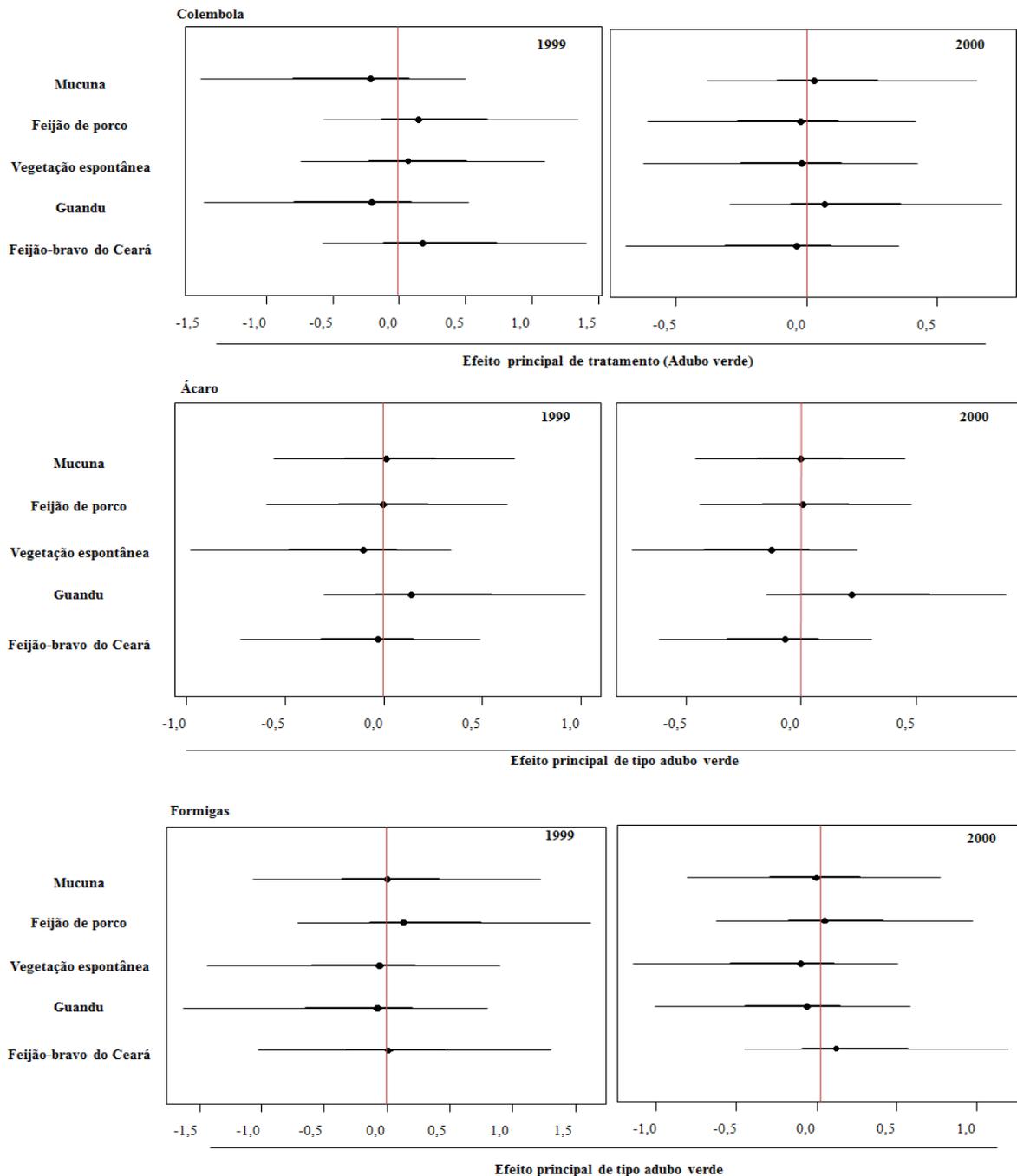


Figura 13. Efeito do adubo verde sobre a contagem de colêmbolos, ácaros e formigas nos anos 1999 e 2000. Pontos são as médias estimadas da distribuição “posterior” de probabilidade para os parâmetros representando os efeitos de ambos os tipos de cultivo: convencional e mínimo. Intervalos são intervalos de credibilidade (95% Cr. I) indicando que há 95% de probabilidade do valor estimado do efeito se encontrar dentro do intervalo. Intervalos não abrangendo o valor zero indicam forte evidência para efeito negativo ou positivo. Também, intervalos não sobrepostos indicam diferenças entre efeitos.

No que tange ao efeito do sistema de cultivo sobre os três grupos de organismos, os resultados das análises estatística estão mostrados na Figura 14.

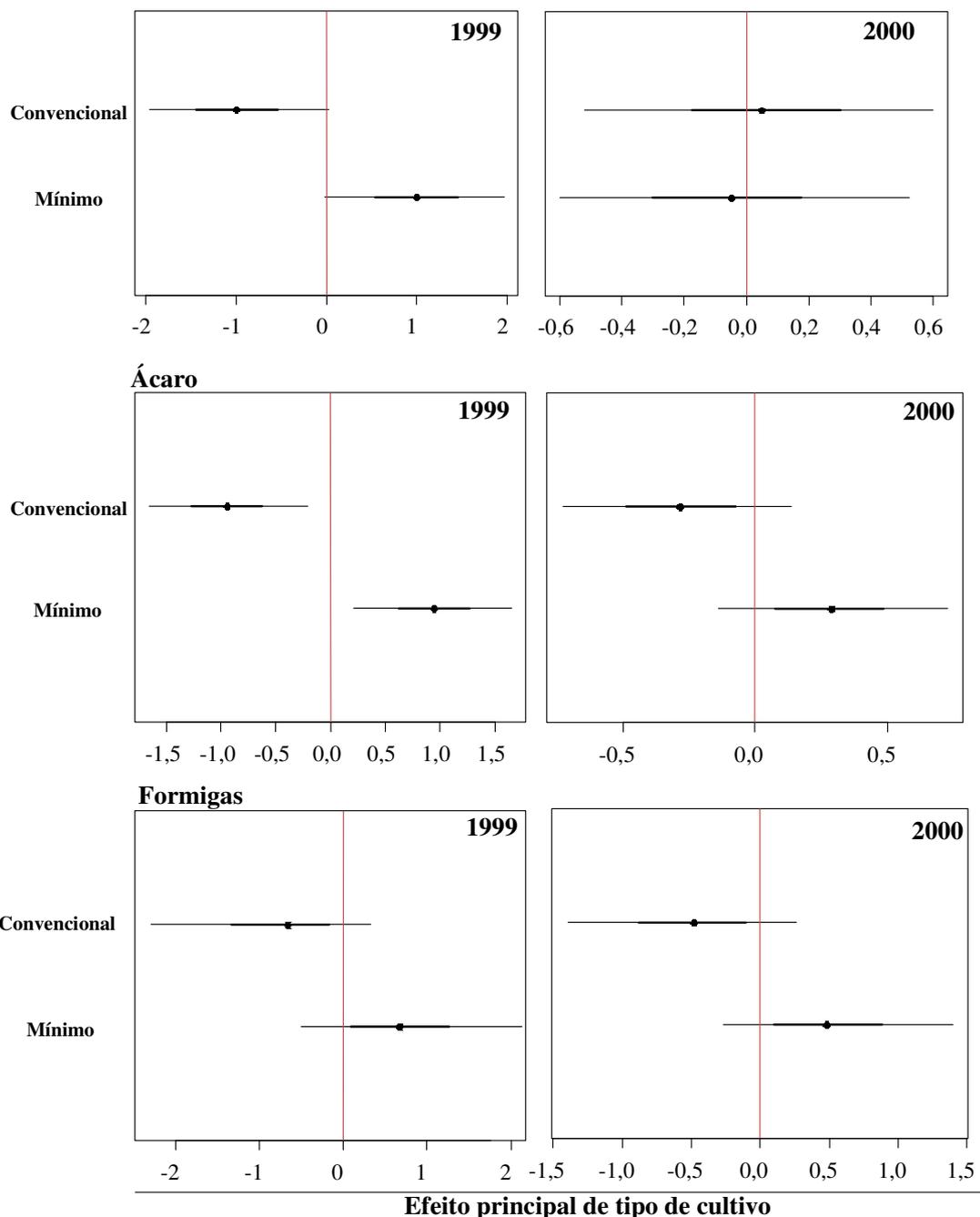


Figura 14. Efeito do sistema de cultivo sobre a contagem de colêmbolos, ácaros e formigas nos anos 1999 e 2000. Pontos são as médias estimadas da distribuição “posterior” de probabilidade para os parâmetros representando os efeitos de ambos os tipos de cultivo: convencional e mínimo. Intervalos são intervalos de credibilidade (95% Cr. I) indicando que há 95% de probabilidade do valor estimado do efeito se encontrar dentro do intervalo. Intervalos não abrangendo o valor zero indicam forte evidência para efeito negativo ou positivo. Também, intervalos não sobrepostos indicam diferenças entre efeitos.

Ao se particionar a variabilidade nas contagens de colêmbolos, ácaros ou formigas entre as diferentes fontes de variação do delineamento experimental, não ficaram demonstrados efeitos marcante dos adubos verdes utilizados.

Por outro lado, foram detectados consistentemente os efeitos decorrentes dos sistemas de cultivo, fortalecendo o conceito da preservação do ambiente solo. Tais efeitos foram relativamente similares para os grupos representativos da mesofauna do solo e têm sido reportados por diversos autores (DOLD, 2010).

4.6. CONCLUSÕES

Circunscritas às limitações impostas pelas condições sob as quais foram obtidos os dados experimentais, as principais conclusões do presente capítulo são as seguintes:

a) As leguminosas (Fabáceas) mucuna preta, feijão bravo do Ceará, guandu e feijão de porco não diferiram da vegetação espontânea, com predominância de gramíneas (Poáceas) em seus efeitos sobre a população de organismos da mesofauna da camada superficial do solo antropizado onde foram desenvolvidos os experimentos.

b) O sistema de cultivo mínimo mostrou-se superior ao convencional no que concerne à população de artrópodes da mesofauna.

5. CAPÍTULO III

DIVERSIDADE DE ORGANISMOS DA MESOFAUNA EM SOLO ANTROPIZADO

5.1. RESUMO

O experimento foi conduzido conforme descrito nos capítulos I e II. Em uma área da UFRRJ, anexa ao Departamento de Solos (Instituto de Agronomia), foram coletadas amostras de organismos da mesofauna seguindo o método de Berlese-Tüllgren em áreas submetidas a dois manejos: convencional e mínimo. As leguminosas utilizadas foram: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu (*Cajanus cajan*) e vegetação espontânea, em delineamento de quadrado latino, em dois períodos. A partir da contagem e identificação em nível de grupo (Ordem/Família) dos organismos capturados, foram calculados conforme os seguintes índices de biodiversidade: (i) índice de riqueza de Margalef; (ii) índice de Simpson; (iii) índice de Diversidade de Shannon e (iv) índice de equabilidade de Pielou. A riqueza dos grupos taxonômicos foi indicada pelo número de grupos presentes no tratamento. Os índices calculados neste trabalho seguem, basicamente, a mesma tendência, o que era de se esperar, pois todos se baseiam na quantidade de organismos. Os efeitos sazonais sobre a população dos organismos da mesofauna foram expressivos e condicionaram a evolução qualitativa e quantitativa dos componentes dessa comunidade, enquanto os efeitos de cada adubo verde e dos sistemas de cultivo empregados não foram consistentes o suficiente para afirmar que as espécies e os manejos utilizados influenciaram marcadamente os índices caracterizadores da mesofauna do solo.

Palavras-chave: Método de Berlese-Tüllgren. Índices de Shannon. Simpson e Pielou. Ecologia do solo.

5.2. ABSTRACT

The experiment was conducted as described in Chapters I and II. In an area of UFRRJ annexed to Soils Department (Agronomy Institute), organisms from the mesofauna were collected following the Berlese-Tullgren method in areas submitted to two managements: conventional and minimum. The legumes used were: *Canavalia ensiformis*, *Mucuna aterrima*, *Canavalia brasiliensis*, *Cajanus cajan* and spontaneous vegetation in a Latin square design in two periods. From the sample identification (Order / family) of the captured organisms, it was calculated different levels of biodiversity: (i) Margalef richness index; (ii) Simpson index; (iii) Shannon diversity index and (iv) evenness index. The taxonomic groups were indicated by the number of groups present in each treatment. The indices followed basically the same trend, which was to be expected, since all indices are based on the number of organisms. Seasonal effects on the population of the mesofauna bodies were expressive and conditioned the qualitative and quantitative evolution of the components of that community, while the effects of each green manure and farming systems employed were not consistent enough to suggest that the species and soil managements markedly influenced the indices of the soil mesofauna.

Keywords: Berlese-Tullgren method. Indices of Shannon. Simpson and Pielou. Soil ecology.

5.3. INTRODUÇÃO

A adubação verde compreende o uso de variadas espécies vegetal desde que, conceitualmente, qualquer espécie cultivada com a finalidade precípua de ser cortada após atingir determinada fase de seu desenvolvimento pode ser considerada adubo verde. É frequente a associação da expressão adubo verde com plantas leguminosas em virtude do benefício adicional proveniente da eficaz fixação biológica do nitrogênio. Para avaliar os efeitos da adubação verde são adotados, frequentemente, critérios que podem ser enquadrados como reducionistas, em virtude da limitação da abordagem holística e por motivos que fogem da finalidade deste documento.

A avaliação de uma comunidade de organismos leva, necessariamente, à adoção de critérios que possam classificar os resultados obtidos e permitir adequada interpretação dos dados. Para atender essa assertiva, são utilizados índices consagrados em estudos ecológicos e que buscam refletir a complexidade das interrelações que se estabelecem internamente entre os componentes da comunidade – envolvendo associações mutualistas, predação, parasitismo e comensalismo, etc – e externamente com as condicionantes ambientais. Destas, sobressaem a oferta de alimento em qualidade e quantidade, disponibilidade de fatores abióticos como água e oxigênio, efeitos de características pedológicas e eventual ocorrência de substâncias tóxicas. Destarte, é de se esperar que variações sazonais interfiram na composição e estrutura das comunidades representadas pelos organismos da mesofauna do solo, complementadas pelo sistema de manejo agrícola adotado na exploração agrosilvopastoril.

CATANOZI (2011) em revisão bibliográfica ressalta a importância dos aspectos, atributos e índices ecológicos na análise qualitativa da macrofauna edáfica para sistemas naturais conservados ou sob manejo agrícola convencional ou agroecológico.

Atualmente é crescente o interesse em definir modelos para classificar a qualidade do solo. A princípio, presume-se que as alterações de variáveis biológicas levam à modificação de atributos positivos do solo e, por consequência, seriam passíveis de uso como indicadores da qualidade do solo. A bem fundamentada revisão feita por VEZZANI & MIELNICZUK (2009) aborda de forma abrangente a questão, mostrando os aspectos que devem ser observados ao se avaliar a qualidade do solo através de indicadores - biológicos ou abióticos.

O critério para o uso de um parâmetro como indicador do solo é a sua capacidade de interferir nos processos ecológicos, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas, além de ser facilmente utilizável por especialistas, técnicos e agricultores (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). Esses autores concluem, em sua revisão, que os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, apresentam potencial uso na avaliação da qualidade do solo. Apesar de compreensível a intenção dos autores em propor critério com a abrangência acima exposta, é inexequível que agricultores utilizem facilmente parâmetros complexos que integrem as propriedades físicas, químicas e biológicas.

Como os componentes da mesofauna do solo desempenham papel relevante no ambiente isso se reflete nos indicadores usualmente mais utilizados. A quantificação da diversidade de espécies em comunidades ecológicas é, normalmente, realizada considerando três enfoques: i) os modelos de distribuição; ii) os índices de diversidade; e iii) os estimadores de riqueza. (ZANZINI, 2007).

Alterações na fauna edáfica podem ocorrer em função do uso da terra, de modificações no ambiente, do preparo e cultivo do solo e da adição de matéria orgânica (BARETTA et al., 2011). SILVA et al. (2014) destacam que a comunidade edáfica é um parâmetro sensível ao impacto de diferentes tipos de sistemas de produção, o que possibilita seu uso como instrumento na determinação de opções de manejo dos sistemas agropecuários. O conhecimento dos grupos funcionais da fauna do solo pode fornecer informações sobre o

impacto gerado no solo, a partir da exclusão de um ou mais organismos edáficos (BARETTA et al., 2011).

No que se refere a grupos funcionais da fauna do solo, ácaros e colêmbolos são considerados indicadores das condições biológicas do solo, por causa da sua sensibilidade às condições ambientais e alterações antrópicas impostas ao solo (BARETTA et al., 2008). Associado a isso, a habilidade manifestada pelos organismos da fauna edáfica para integrar propriedades físicas, químicas e biológicas do ecossistema os tornaram um potencial bioindicador da qualidade do solo (DORAN & ZEISS, 2000, citados por SILVA et al., 2014). Desse modo, grupos específicos da fauna edáfica, como ácaros e colêmbolos poderão ser utilizados para avaliar modificações no solo, impostas pelos sistemas de manejo.

Para avaliar o efeito da revegetação com *Lupinus albus* na recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa, no Rio Grande do Sul, ROVEDDER et al. (2009) desenvolveram um estudo comparativo de diferentes coberturas do solo tomadas como tratamentos e tendo por base a abundância e diversidade de grupos epigéicos de organismos edáficos como bioindicadores da qualidade do solo. A fauna edáfica foi um indicador eficiente da influência da presença ou ausência de cobertura vegetal, tendo sido influenciada pela época de coleta, presença ou ausência de cobertura vegetal e tipo de cobertura vegetal. A arenização reduziu o desenvolvimento das populações edáficas amostradas, contribuindo para a degradação do compartimento biológico do solo. Os grupos Collembola e Hymenoptera foram bons bioindicadores dos efeitos da arenização e da variação entre tratamentos.

Em estudo realizado em áreas com *Araucaria angustifolia*, BARETTA et al. (2008) sugeriram a utilização de Collembola como bioindicadores de ações antrópicas e da qualidade do solo. Nesse trabalho, a amostragem dos organismos foi feita com o uso de armadilhas tipo Pitfall. SÃO JOSÉ et al. (2013) estudaram a diversidade dos grupos de colêmbolos e ácaros edáficos, e o potencial uso como bioindicador de qualidade do solo juntamente com avaliações da atividade microbiana nos diferentes sistemas de manejo da cultura do fumo em área de Neossolo Litólico. Suas conclusões indicaram que a diversidade dos grupos de ácaros e colêmbolos edáficos foi influenciada pelo sistema de cultivo convencional do fumo e que ácaros Oribatida e colêmbolos da família Hypogastruridae apresentam potencial para serem bioindicadores de qualidade biológica do solo.

As variações climáticas devem ser consideradas, por afetarem fortemente a mesofauna. Em estudo realizado em Santa Catarina, CRISTOFOLINI (2011) reportou o impacto de inundações e as chuvas por período prolongado sobre a comunidade da mesofauna, diminuindo o número de espécimes coletados durante este período, mesmo na área Floresta Secundária Inicial, onde não ocorreram inundações. Contudo o excedente hídrico observado no período pode ter contribuído para queda no número de espécimes coletados nesta área. Foi observada uma queda no número de indivíduos coletados em todas as áreas. Na Floresta Secundária Avançada a queda no número de indivíduos coletados foi de 44,6% no mês de setembro e de 41,4% no mês de outubro. Na Área de Restauração Induzida a queda foi de 20,1% no mês de setembro e de 70,9% outubro e na Floresta Secundária Inicial a queda no número de indivíduos coletados foi de 20,4% no mês de setembro e de 49,0% no mês de outubro. Deve-se considerar que os meses de primavera e verão eram esperados com maior quantidade e diversidade de artrópodes, que os de inverno. Por isso, o autor concluiu que as inundações podem ter influenciado na abundância dos taxa.

SOUTO (2006), analisando a acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos, em área de caatinga, observou decréscimo na população da mesofauna nos períodos secos, atribuindo esse fato, provavelmente, à diminuição na oferta de alimento, o que limita a existência de alguns grupos, restando apenas os mais adaptados às condições de escassez hídrica e de alimento, bem como das temperaturas elevadas do solo.

RODRIGUES et al. (2009) avaliaram a ocorrência de organismos da meso e megafauna em quatro áreas do Semi Árido da Paraíba nos períodos chuvoso e seco. Na mesma linha de trabalho, ALMEIDA et al. (2013) relataram que a umidade do solo condicionou importante variação na população da comunidade da mesofauna edáfica e maior riqueza de grupos na época efetiva de chuvas. Collembola não foi registrado nos meses secos e Hymenoptera apresentou picos populacionais em ambas as estações.

OGEDEGBE & EGWUONWU (2014) verificaram que a população de artrópodes edáficos correlacionou-se positivamente com os teores de carbono orgânico, conteúdo de umidade e pH do solo sendo negativa a correlação com a temperatura do solo, nos dois locais onde a pesquisa foi realizada, concluindo que a população desses organismos irá flutuar sazonalmente.

Em relação à variação da população da mesofauna quando se comparam os períodos chuvoso e seco, é interessante apresentar o trabalho desenvolvido por FERES et al. (2002). Visando obter uma base de dados inicial sobre a comunidade de ácaros de seringueiras, os autores realizaram estudo em três cultivos na região noroeste do Estado de São Paulo. Nesse trabalho, foram registradas 22 espécies de ácaros, pertencentes a 20 gêneros de 10 famílias, em um total de 5.330 exemplares. Do total de espécies registradas, 36,4 % são fitófagas, 36,4 % são preponderantemente predadoras e 27,2 % não tem o hábito alimentar definido, sendo possivelmente micófagas. Como o levantamento foi realizado na parte aérea das plantas, é interessante destacar que o percentual de ácaros fitófagos é menor que os que apresentam distinto hábito alimentar, com possível reflexo na composição dos ácaros que são encontrados nas capturas de organismos epiedáficos. A corroborar essa hipótese, está a observação feita pelo autor principal desse trabalho sobre o efeito mecânico da chuva em remover espécimes que habitam a página superior dos folíolos. Assim, não se pode deixar de considerar que aumentos dos organismos capturados no solo em período chuvoso possam ser, pelo menos em parte, decorrentes da adição daqueles que vivem na parte aérea da cobertura vegetal.

Diversos métodos são utilizados para quantificar e analisar a diversidade e a composição da comunidade, e muitos são índices baseados em presença e abundância das espécies. Estes índices são usados para transformar várias medidas de abundância (contagens) em um único número adequado para análise estatística univariada (DOLD, 2010).

Alguns dos índices de diversidade mais frequentemente utilizados são a função de Shannon-Wiener (H') e o índice de Simpson (D). A função de Shannon-Wiener representa tanto a riqueza e uniformidade das espécies e cada adição de espécies aumenta o valor do índice. O índice de Simpson, que varia de 0 a 1, é fortemente influenciado por espécies dominantes e avalia a probabilidade de que um segundo indivíduo tirado a partir de uma população seja da mesma espécie que o primeiro. (CATANOZI, 2011). O índice de uniformidade de Pielou, cujo valor pode variar de 0 a 1, refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre os grupos, ou seja, fornece informações acerca do grau de uniformidade das proporções entre as diversas espécies que constituem uma comunidade.

ZANZINI (2007) alerta que

“As medidas da diversidade envolvem a utilização de modelos matemáticos e, assim, torna-se necessário ressaltar que tais modelos constituem recursos para representar de forma matemática, exata portanto, observações realizadas sobre entidades biológicas. Nesse contexto, é preciso perceber que a utilização de tais modelos pode implicar uma considerável perda de informações porque, evidentemente, nenhum modelo matemático consegue expressar com perfeição suficiente a importância dos fenômenos biológicos que gravitam em torno do estudo da diversidade de espécies na comunidade ecológica.”

DOLD (2010) realizou um inventário de carabédeos, colêmbolos e ácaros em parcelas onde foram implantadas culturas de cobertura de mostarda e em parcelas sem cultura de cobertura, sendo amostras coletadas em 2008 e 2009. As listas de taxa recolhidos dentro de cada grupo serviram como um registro de sua ocorrência sazonal neste local.

Neste capítulo, examinou-se a hipótese que a utilização da adubação verde e o sistema de cultivo afetam a avaliação da população de organismos da mesofauna expressada pelos índices utilizados para definir a abundância, riqueza e diversidade dessa população.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados para a obtenção dos dados já foram descritos no capítulo anterior.

A partir da contagem e identificação em nível de grupo (Ordem/Família) dos organismos capturados, foram calculados conforme Barros (2007) os seguintes índices de biodiversidade:

i) índice de riqueza de Margalef, dado por $I = [(S-1)]/\ln N$, em que I é a diversidade, S é o número de espécies presente e N é o número total de indivíduos encontrados na amostra;

ii) índice de Simpson, forma de dominância dada por $D = \sum (n_i/N)^2$, sendo n_i = número indivíduos do grupo “ i ”, N o somatório da densidade de todos os grupos;

iii) índice de Diversidade de Shannon ($H' = -\sum P_i \ln P_i$), em que P_i é a proporção do grupo i no total da amostra; e

iv) índice de equabilidade de Pielou definido por: $J = H'/\ln S$, em que H' corresponde ao índice de Shannon e S é o número total de grupos na comunidade. A riqueza dos grupos taxonômicos foi indicada pelo número de grupos presentes no tratamento.

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de contagem dos organismos foram utilizados para a determinação dos índices de riqueza de Margalef, Pielou, Simpson e Shannon e separados por data de coleta e por sistema de cultivo. As figuras 15 a 23 permitem rápida apreciação de cada um dos conjuntos de dados. Devido à evidência apresentada nos mesmos, optou-se por não efetuar a análise estatística dos resultados obtidos.

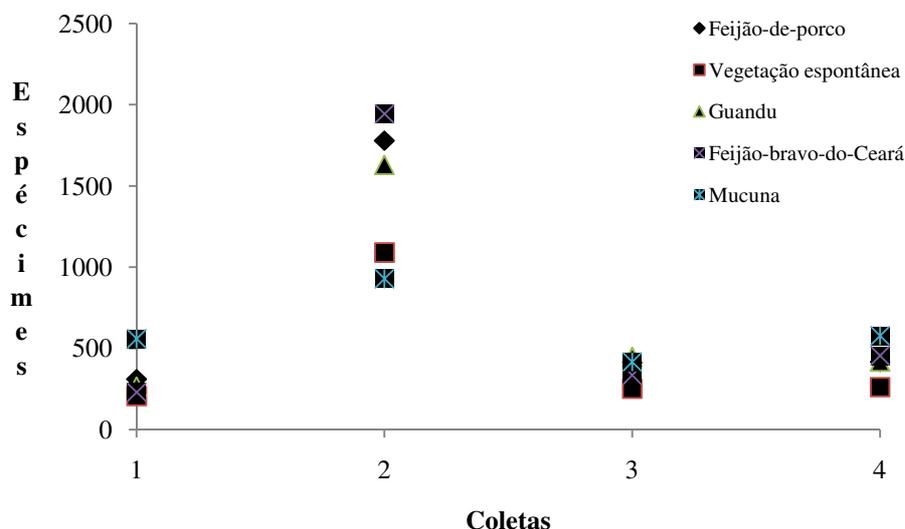


Figura 15. Total de organismos capturados. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

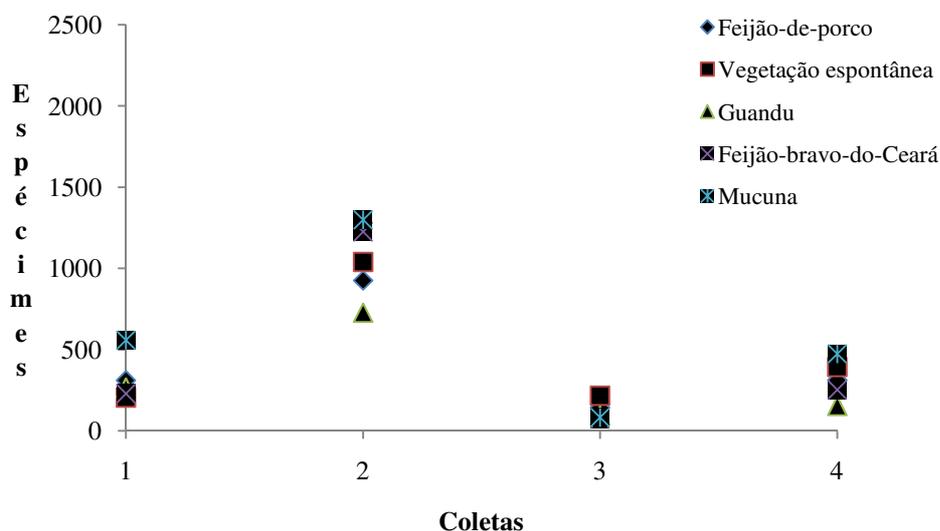


Figura 16. Total de organismos capturados. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

As oscilações da quantidade de organismos obtidos em cada coleta expressam a mesma tendência em todos os tratamentos, resguardada a diferença numérica entre os sistemas de cultivo: após o preparo inicial do terreno – que submeteu os organismos aos

distúrbio inerentes ao reviramento e exposição da camada superficial do solo às intempéries – ocorreram condições ambientais mais favoráveis. SILVA et al. (2012/13) atribuem essa variação, pelo menos parcialmente, ao sistema de preparo inicial do solo e às acomodações dos componentes da população ao longo do tempo.

RODRIGUES et al. (2009) constataram efeito marcante da umidade sobre a quantidade e diversidade da fauna do solo. Além do efeito da umidade em si, os autores atribuíram as diferenças também pela oferta menor de alimento durante o período seco. ALMEIDA et al. (2013) relataram que Acarine apresentou ocorrência independente da época analisada, e sua abundância influenciou na menor e maior diversidade mensal da comunidade edáfica, respectivamente no início da época chuvosa e de estiagem, sugerindo que o grupo possua função significativa na ecologia e no ciclo de nutrientes do Curimataú da Paraíba.

Os índices calculados neste trabalho seguem, basicamente, a mesma tendência, o que era de se esperar, pois todos se baseiam na quantidade de organismos.

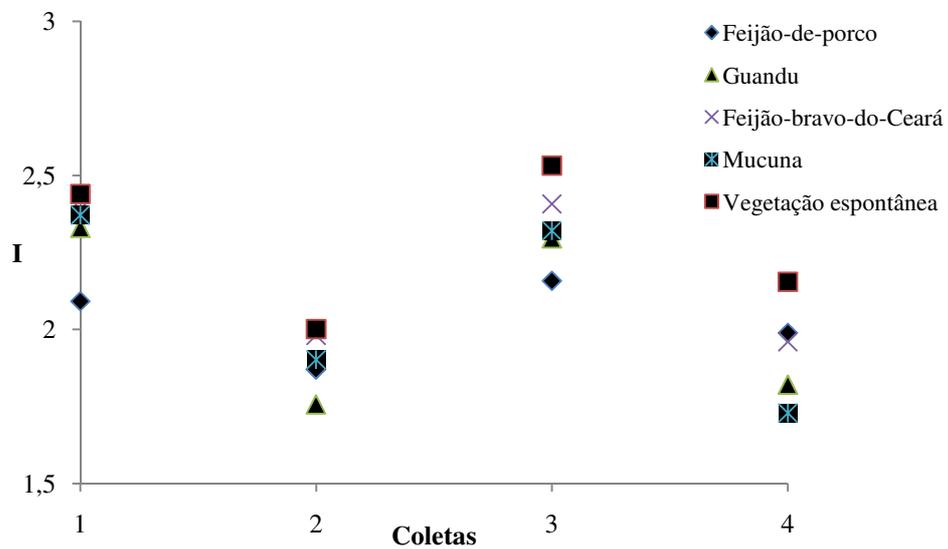


Figura 17. Índice de riqueza de Margalef. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

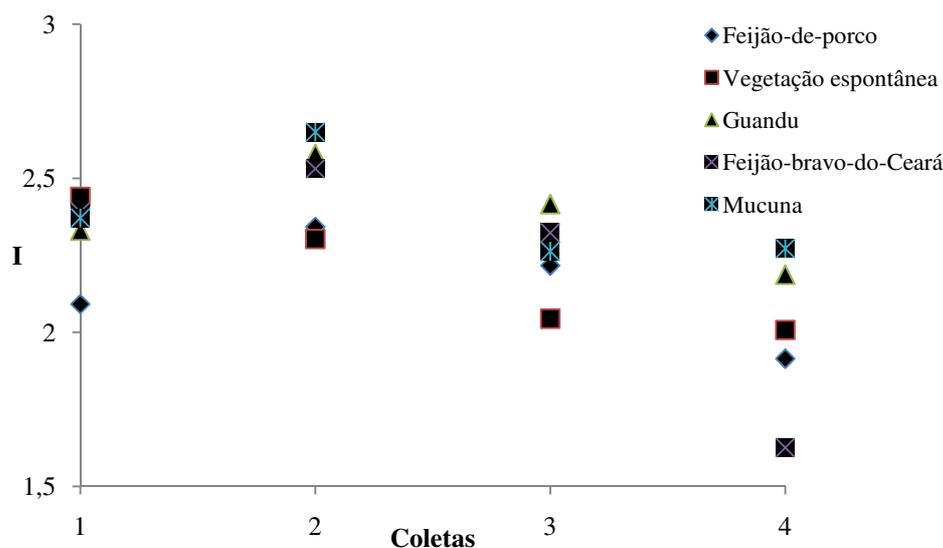


Figura 18. Índice de Margalef. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000

O Índice de Margalef considera as quantidade de grupos de organismos capturados e para ampliar sua apreciação, estão apresentadas na Tabela 8 a riqueza verificada em cada ocasião de coleta. O menor valor para o Índice de Margalef verificado para a vegetação espontânea, na segunda coleta no sistema de cultivo convencional, provocou distorção no gráfico 25. Independentemente dessa constatação, observa-se claramente o grau de resiliência da comunidade de artrópodes pelos números exibidos na coleta realizada em março de 1999, na véspera do corte da parte aérea das plantas, com expressiva recuperação da população global.

Tabela 8. Quantidade de grupos (riqueza) de organismos capturada em cada coleta.

Tratamento	Época da coleta						
	Out. 1998	Mar. 1999	Out. 1999	Dez. 1999	Dez. 1999	Abr. 2000	Abr. 2000
	Sistema de cultivo						
	Conv.*	Conv.*	Mín.**	Mín.**	Conv.*	Mín.**	Conv.*
Feijão-de-porco	13	17	15	14	12	13	12
Vegetação espontânea	14	17	15	15	15	13	13
Guandu	14	18	14	15	12	12	12
Feijão-bravo-do-Ceará	14	19	16	15	11	13	10
Mucuna	16	20	14	15	11	12	15

*Sistema de cultivo convencional. **Sistema de cultivo mínimo.

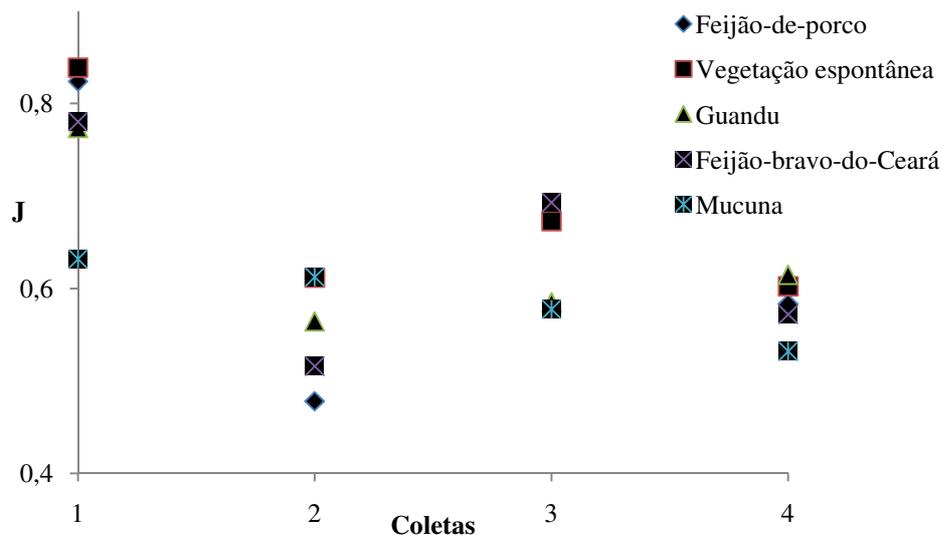


Figura 19. Índice de Pielou. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

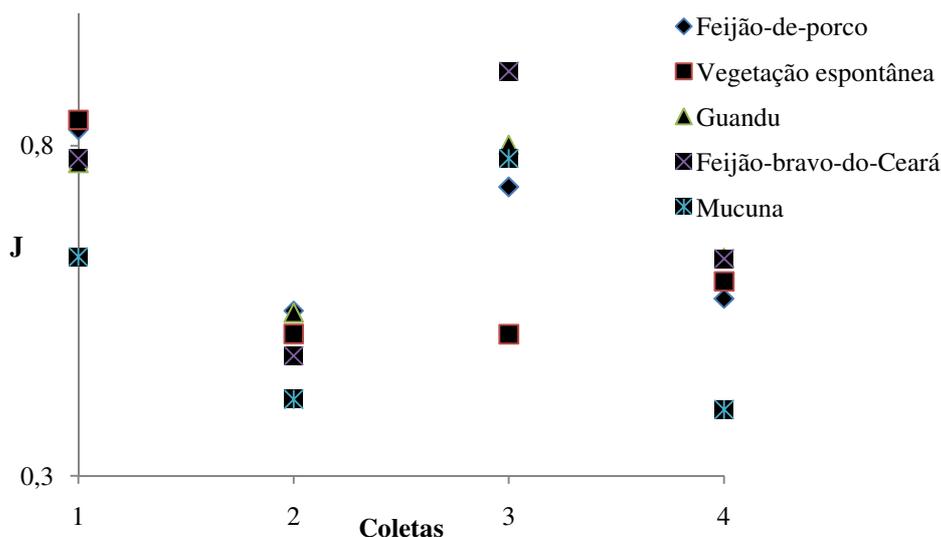


Figura 20. Índice de Pielou. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

O índice de Pielou dá a noção de distribuição dos indivíduos entre as populações, cujo valor pode variar de 0 a 1. Valores mais próximos de zero sugerem comunidades mais heterogêneas (menor uniformidade) e, conseqüentemente, menor diversidade. Por outro lado, valores tendendo a um (1,0) indicam maior homogeneidade na comunidade (maior uniformidade) e, portanto, máxima diversidade, uma vez que todas as espécies são igualmente abundantes. As oscilações dos valores determinados não permitem assumir efeitos expressivos do sistema de cultivo sobre este índice. Na coleta de dezembro de 1999 verificou-se comportamento diferenciado para as parcelas com vegetação espontânea, no sistema de cultivo convencional.

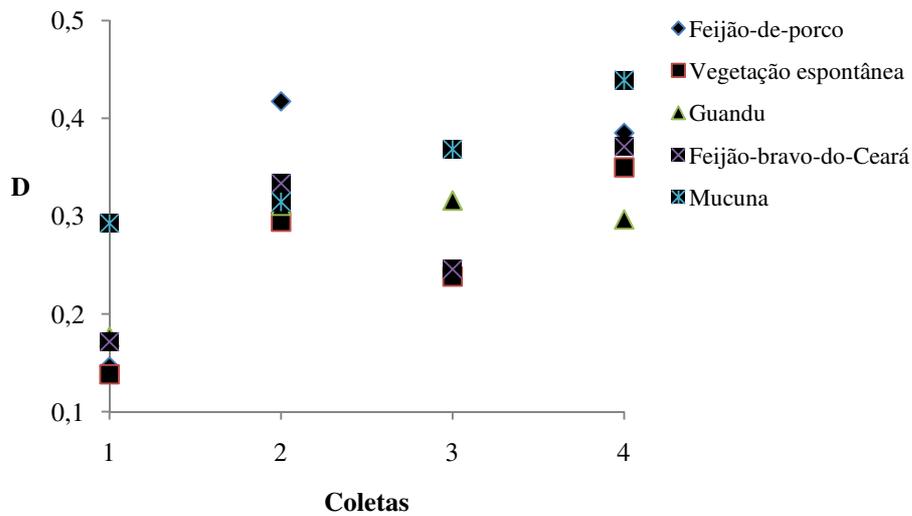


Figura 21. Índice de Simpson. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

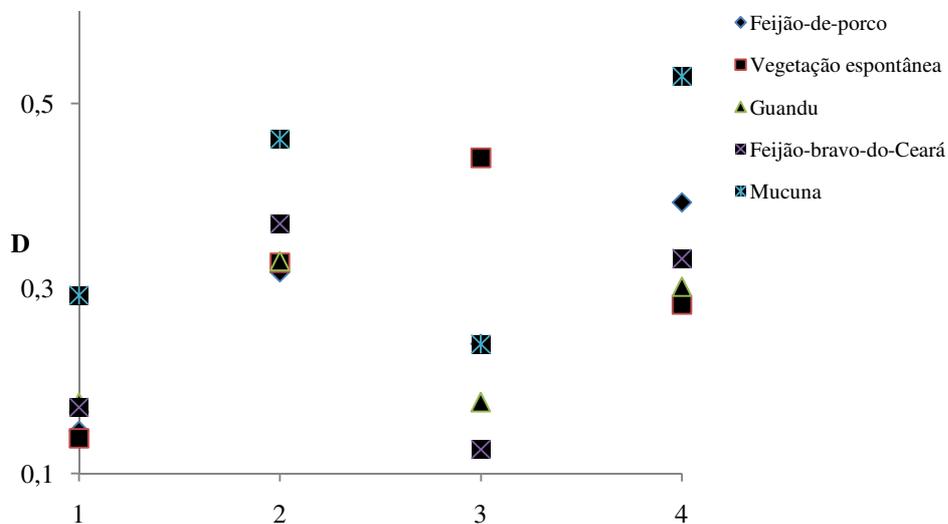


Figura 22. Índice de Simpson. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

O Índice de Simpson expressa o grau de diversidade pois se relaciona com a abundância relativa de cada grupo de organismos: quanto menor o valor encontrado mais diversa é a população. na literatura pertinente, encontra-se discussões sobre este índice pois o seu inverso espelhariá com mais facilidade de compreensão o que se pretende mostrar.

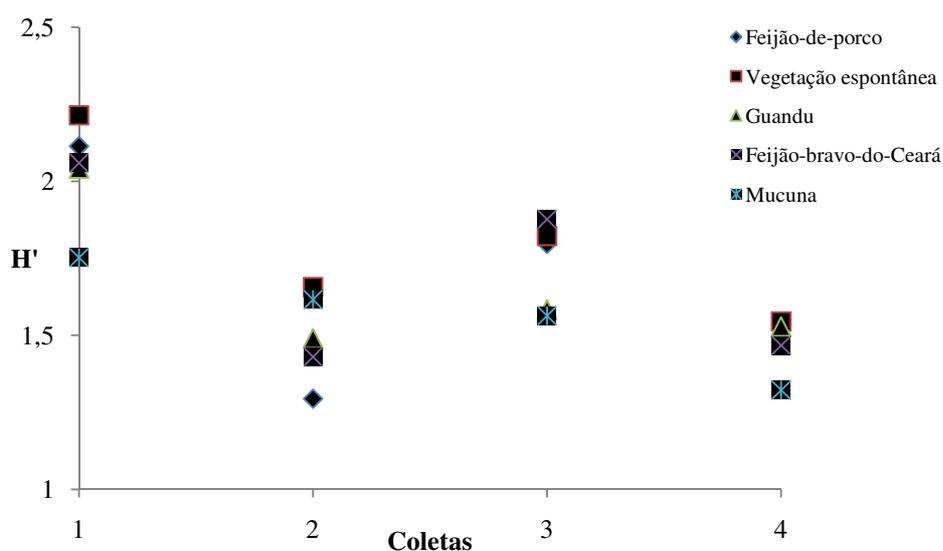


Figura 23. Índice de Shannon. Cultivo mínimo, exceto coleta 1, usada como referência. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = outubro de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

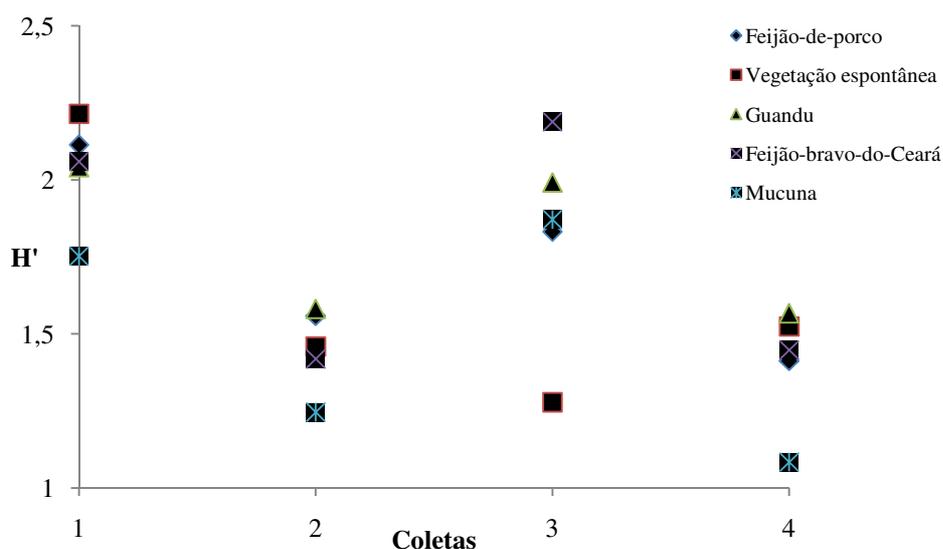


Figura 24. Índice de Shannon. Cultivo convencional. Coletas: 1 = outubro 1998; 2 = março de 1999; 3 = dezembro de 1999; 4 = abril de 2000.

Ao se examinar os gráficos de tendência do índice de Shannon verifica-se que, sob cultivo convencional, o valor calculado para vegetação espontânea difere do padrão apresentado pelas demais culturas nas coletas de dezembro de 1999 e abril de 2000, exibindo tendência oposta nessas coletas. Sob cultivo mínimo, é mucuna que diverge das demais, na coleta de outubro de 1998.

DOLD (2010) reportou que seus resultados não detectaram diferenças em densidades globais destes grupos ou densidades de taxa dominante dentro de cada grupo decorrente da presença ou ausência de plantas da cultura de cobertura. Do mesmo modo, as medidas de

diversidade e análises de respostas da comunidade ao longo do tempo não diferiram ou diferiam apenas raramente entre os tratamentos adotados.

ROVEDDER et al. (2009) registraram que, para solos sujeitos à arenização, o índice de diversidade de Shannon não foi adequado para a observação dos aspectos funcionais desempenhados pelas populações de artrópodes edáficos. Não é o caso do presente trabalho, pois, por exemplo, quando houve aumento de presas (dípteros) houve aumento de predadores (Araneae); ao ocorrer maior número de larvas de coleópteros, verificou-se em coletas posteriores aumento da população de adultos.

O exame minucioso dos dados constantes dos Anexos 1 e 2 desta tese pode levar a outras conclusões. Contudo, para evitar a ampliação deste documento, optou-se pela exploração futura da informação gerada.

5.6. CONCLUSÕES

Para as condições ambientais sob as quais foram gerados os dados experimentais, as principais conclusões deste Capítulo podem ser sumarizadas como se segue:

a) Os efeitos sazonais sobre a população dos organismos da mesofauna foram expressivos e condicionaram a evolução qualitativa e quantitativa dos componentes dessa comunidade, o que se refletiu nos índices de diversidade, equitabilidade, riqueza e abundância utilizados para caracterizar a mesofauna do solo.

b) Os efeitos de cada adubo verde e dos sistemas de cultivo empregados não foram consistentes o suficiente para afirmar que as espécies e os manejos utilizados influenciaram marcadamente os índices caracterizadores da mesofauna do solo.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições experimentais prevalentes no ambiente sob o qual foi desenvolvido este trabalho, e cotejando-se os resultados com as hipóteses formuladas, as principais conclusões são as seguintes:

i) Foi confirmada a hipótese de possível redução do tempo de permanência das amostras de material de solo nos funis Berlese-Tüllgren. Para a maioria dos organismos, não é recomendável a adoção de período de tempo inferior a seis dias para avaliar a composição da mesofauna edáfica quando se utiliza esse procedimento.

ii) O tempo mínimo de permanência no funil de Berlese-Tüllgren adequado para a obtenção de dados mais consistentes e confiáveis que permitam inferências adequadas sobre a diversidade ecológica da mesofauna edáfica é de pelo menos quatro dias para ambientes menos heterogêneos e de seis dias para ambientes mais heterogêneos.

iii) Quanto à hipótese formulada a respeito de a composição quantitativa e qualitativa da população de organismos da mesofauna ser alterada pelo emprego da adubação verde e do sistema de cultivo adotado, somente foram confirmados os efeitos dos sistemas de cultivo, não se verificando efeitos significativos dos adubos verdes utilizados.

iv) O sistema de cultivo mínimo mostrou-se superior ao convencional no que concerne à população de artrópodes da mesofauna, sendo essa condição confirmada pela análise de variância em múltiplos níveis.

v) No que concerne aos efeitos da adubação verde e do sistema de cultivo sobre os índices utilizados para avaliar a diversidade ecológica, os dados obtidos não foram consistentes o suficiente para afirmar que as espécies e os sistemas de manejo empregados influenciam marcadamente os índices caracterizadores da mesofauna do solo.

vi) Os efeitos sazonais sobre a população dos organismos da mesofauna foram expressivos, condicionando a evolução qualitativa e quantitativa dos seus componentes. Isso se refletiu nos índices de diversidade, equitabilidade, riqueza e abundância utilizados para caracterizar a mesofauna do solo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exame da literatura – tanto a diretamente ligada à tese, quanto a diversos outros documentos compulsados – provoca necessariamente a reflexão sobre a aplicação eficaz do conhecimento gerado ao longo do tempo. Se, ao tempo de Gustavo d’Utra, primeiro Diretor da Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária, hoje UFRRJ, já se sabia que a qualidade do solo é dependente da sua riqueza em matéria orgânica, incluindo organismos edáficos, e que a adubação verde garante a sustentabilidade social e econômica da produção agrosilvopastoril, certamente urge recuperar o tempo perdido. A leitura cuidadosa do livro mencionado na Introdução da tese é recomendação a ser seguida pelos profissionais de Ciências Agrárias.

A adoção massiva pelos produtores brasileiros do sistema de cultivo mínimo, com destaque para o plantio direto sobre palha, permite antever que há um futuro mais promissor para a preservação ambiental nas áreas destinadas para a exploração agrícola. Mesmo que se saiba que essa adoção ocorre inicialmente pela redução de custos financeiros e não pelo consciente despertar de uma compreensão e sensibilidade da degradação do meio ambiente e de suas consequências, já é um bom começo. Diferentes núcleos de expansão do conceito da produção agroecológica tem se estabelecido em diversas regiões no Brasil, multiplicando os seguidores da boa prática agrícola. Entraves como a reduzida oferta de sementes de adubos verdes, começam a ser superados pela criação de cooperativas de produtores de sementes, fomentadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em vários estados da Federação. Mas ainda falta muito por fazer e essa tarefa tem de ser liderada por pesquisadores e professores de Ciências Agrárias.

Os argumentos que atribuem à “Revolução Verde” (a designação mais apropriada talvez seja “Involução Perniciosa”) a responsabilidade pela mudança de hábito dos produtores rurais não são suficientes, pois há muitas consciências adormecidas atuando no meio rural e urbano. Como despertá-las é um grande desafio!

O conhecimento dos organismos edáficos ainda é limitado, o que se verifica pela quantidade e, especialmente, pela qualidade dos trabalhos publicados no Brasil. Um campo que deve ser estimulado é a formação de taxonomistas, pois a identificação das espécies é o passo inicial para a correta compreensão da dinâmica das inter-relações que ocorrem no sistema solo-água-biota. A opção de uso de índices, como os apresentados nesta tese para caracterização dos processos ecológicos, se defronta com a precariedade de sua interpretação mais aprofundada. Conforme está apresentada nas Conclusões, a influência da variação sazonal se sobrepôs aos esperados efeitos dos adubos verdes utilizados. Entretanto, caso os organismos tivessem sido identificados ao nível taxonômico de espécie ou de gênero, talvez surgisse interpretação que permitisse detalhar com mais acuidade a dinâmica desse importante componente da biota edáfica. Mesmo com essa limitação, os resultados permitem afirmar que o sistema de cultivo mínimo supera positivamente o cultivo convencional e que os organismos demonstraram elevada resiliência.

Para finalizar, há carência muito expressiva de padronização de parâmetros, no que tange aos organismos do solo, para que estes possam servir como indicadores da qualidade ambiental. Os argumentos nos quais se baseia essa opinião envolvem as dificuldades para a obtenção de dados básicos confiáveis e passíveis de serem extrapolados. Tais dificuldades compreendem, dentre outros, critérios diferentes no que concerne à coleta de amostras (profundidade do solo; número de amostras coletadas; equipamentos e métodos de amostragem); épocas; variações climáticas e topográficas; manejo agrícola das áreas; parâmetros e métodos utilizados; duração da investigação e interpretações não raramente subjetivas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A. C. de S. **Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Pato de Minas**. 1986. 269 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UFRRJ, Rio de Janeiro.
- ALFARO VILLATORO, M. A.. **Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura de café sob manejo agroflorestal e orgânico**. 2004. 186 f. Tese (Doutorado em Agronomia) UFRRJ, Rio de Janeiro.
- ALLEN, H. E. & JANSSEN, C. R.. Incorporating bioavailability into criteria for metals. In: Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation. I. Irena Twardowska, Herbert E. Allen, Max M. Haggblom (eds.), Springer, pp. 93-105. 2006.
- ALLISON, F. E. Soil organic matter and its role on crop production. *Developments in Soil Science*, 3. **Elsevier**, Amsterdam, 1973. 637 p.
- ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S. & SOUTO, P. C.. Composição e sazonalidade da mesofauna do solo do semiárido paraibano. **Revista Verde**, Mossoró-RN, 8 (4): 214-222, 2013.
- ALVES, G. C.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, B. A. O.; VARANDA, E. M. Comunidade de fauna do solo associadas a diferentes espécies vegetais em um ecossistema de restinga. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1999, Brasília - DF. **Anais...** Brasília - DF: CBCS 1999. 1 CD-ROM.
- ALVES, J. M.; MARTINS, R. C.; FREITAS, R. A.; BARRELLA, T. P. & CAMPOS, A. N. R. Efeito da adubação verde com espécies herbáceas e arbóreas na micorrização do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, 4 (1):11-16. 2014.
- ALVES, M. C.; BOLONHEZI, A. C. & RESSUDE, M. A. Adubação verde em citrus, efeitos nas propriedades químicas do solo. In: XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: 1996.
- ANDRADE. A. G. & FARIA. S. M. Sucessão das comunidades de macroartrópodes edáficos em plantações de três leguminosas arbóreas. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBCS 1997. 1 CD-ROM.
- ANDRADE, L. A. de B. **Efeitos da incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre algumas características do solo e do desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1982. ?? f. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ, Piracicaba-SP.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M. & SILVA, R. F.. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 16 (4): 407-417. 2006.
- ANTONINI, Y.; COLLI, G. R.; ACCACIO, G. M.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHINELLI, E. V.; LAPS, R. R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M. V. E.; WIEDERHECKER, H. C. Fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade brasileira: uma síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S.(Ed.). Fragmentação de ecossistemas:

causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília, MMA/SBF, pp. 317-324. 2003.

ANTONY, L. M. K. Abundância e distribuição da fauna vertical do solo de ecossistemas amazônicos naturais e modificados. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBCS 1997. 1 CD-ROM.

AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. & QUEIRÓZ, J. M.. **Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (Pitfall Traps)**. Seropédica-RJ. Embrapa Agrobiologia. 2006. 188 p. (Circular Técnica).

ARAÚJO, A. S. F. & MONTEIRO, R. T. R.. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, 23 (3): 66-75, 2007.

ARAÚJO, C. C.; NOMELINI, Q. S. S.; PEREIRA, J. M.; LIPORACCI, H. S. N. & KATAGUIRI, V. S.. Comparação da abundância de invertebrados de solo por meio da estimativa intervalar encontrados em diferentes ambientes na cidade de Ituiutaba-MG. **Biosci. J.**, Uberlândia, 26 (5): 817-823. 2010.

ASGHAR, M. & KANEHIRO, Y. Effects of sugar-cane trash and pineapple residue on soil pH, redox potential, extractable Al, Fe and Mn. **Trop. Agric.**, Trinidad, 57 (3): 245-258, 1980.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. pp. 363-443.

BACHE, B. W. Measurements and mechanisms in acid soils. Commun. In: **Soil Sci. Plant Anal.**, 19 (7-12): 775-792, 1988.

BARETTA, D.; FERREIRA, C. S.; SOUZA, J. P. & CARDOSO, E. J. B. N. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 2693-2699, 2008. (Número especial).

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. & ALVES, M. V.. Fauna edáfica e qualidade do solo. SBCS. **Tópicos Ci. Solo**, 7: 119-170, 2011.

BARROS, R. S. M. Medidas de Diversidade Biológica. **Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais-PGECOL**. Juiz de Fora-MG: Universidade Federal de Juiz de Fora. 13 p. 2007.

BARROS; Y. J.; MELO, V. F.; SAUTTER, K. D.; BUSCHLE, B.; OLIVEIRA, E. B.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C. P. & KUMMER, L. . Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II – Mesofauna e plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1413-1426, 2010.

BRACCINI, A. de L.; BRITO, C. H. de; PÔNZIO, J. B.; MORETTI, C. L. & LOURES, E. G. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos com diferentes relações C/N sobre algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. In: ??? Congresso Brasileiro de

Ciência do Solo. 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: CBCS 1995. Resumos expandidos, v. 1. pp. 463-464.

BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; GOMES, S. S.; SILVA, R. F.; OTSUBO, A. A. & MERCANTE, F. M. Atributos microbiológicos e fauna invertebrada epigeica do solo em cultivo de milho consorciado com leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados-MS, vol. 9, n. 4, nov. 12 p. 2014.

BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, **Freitas Bastos**, 7ª edição. 898 p. 1989.

CATANOZI, G.. Importância dos aspectos ecológicos na análise qualiquantitativa da macrofauna edáfica. **Rev. Ibirapuera**, São Paulo, 1:42-52. 2011.

CERETA, C. A.; ALTA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A. & SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, pp. 215-220. 1994.

CEZAR, R. M. **Parâmetros biológicos de solos em sistemas agroflorestais multiestrata sucessional e regeneração natural**. 2013. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

CHADA, S. de S. & DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 23:1197-1202, 1988.

CORREIA, M. E. F. & OLIVEIRA, L. C. M. . Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In: Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. **Informação Tecnológica**, Brasília: Embrapa, pp. 77-99, 2005.

COSTA, J. B. da. **Caracterização e constituição do solo**. 4ª edição. Lisboa: Gulbenkian Fundação Calouste,. 1991. 527 p.

COSTA, M. B. B. (coord.). Adubação Verde no Sul do Brasil. Rio de Janeiro, **AS-PTA**. 346 p. 1992.

CRISTOFOLINI, J. **Fauna edáfica como indicador da recuperação ambiental em três áreas distintas às margens do rio Itajaí-açu, Apíuna, SC**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). URB. Blumenal-SC.

DELARMELINDA, E. A.; SAMPAIO, F. A. R.; DIAS, J. R. M.; TAVELLA, L. B.; SILVA, J. S. Adubação verde e alterações nas características químicas de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 625-628, 2010.

DE-POLLI, H. & CHADA S. DE S.; Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 13. n. 3 pp. 287-293. 1989.

DE-POLLI, H. (coord.); ALMEIDA, D. L. de; SANTOS, G. de A.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A. da; BLOISE,

R. M. & SALEK, R. C. Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro. **Coleção Universidade Rural, Série Ciências Agrárias**, Itaguaí, n. 2. 179 p. 1988.

DIAS, V. S. & BROSSARD, M. Efeito da renovação de pastagens na população e distribuição de macroinvertebrados edáficos em um latossolo. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1999, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: 1999. CD-ROM.

DOLD, S. E. **Impact of mustards (Brassicaceae) grown as cover crops on nontarget arthropod communities**. 2010. 75 p. Dissertation (Master Science in Agronomy). University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois.

D'UTRA, G. R. P.. Adubos verdes – sua produção e modo de emprego. São Paulo-SP. **Serviço de Publicação. Secretaria da Agricultura, Commercio e Obras Públicas do Estado de São Paulo**. 77 p. 1919.

ECKHARDT, D. P.; NEUFELD, A. D. H.; ALMEIDA, H. S.; SILVA, R. F. & ANTONIOLLI, Z. I. . Diversidade da fauna do solo avaliada em dois diferentes métodos em área de cultivo de cana de açúcar na região central do RS. In: Fatos e Mitos em Ciência do Solo, X Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. 2014, Pelotas-RS. **Anais...** Pelotas-RS: 2014. 15 a 17 de outubro de 2014.

EDWARDS, C. A. & FLETCHER, K. E. Assessment of terrestrial invertebrate populations. In: Ecology and Conservation – Methods of Study in Soil Ecology. In: **Proceedings of the Paris Symposium**. 1979. UNESCO, p. 57-66.

EIRA, A. F. da & CARVALHO, P. de C. T. A decomposição da matéria orgânica, pelos microrganismos do solo, e sua influência nas variações do pH. **R. Agric.**, 45:15-21, 1970.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 212 p.

ESTEVAM, R. F. H. **Uso de atributos físicos, químicos, biológicos e bioquímicos para a indicação e predição de degradação em solo de Tabuleiro Costeiro**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas-BA.

FAGERIA, N. K. & SANTOS, A. B. Resposta do arroz irrigado à adubação verde e química no Estado de Tocantins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, 11(4):387-392. 2007.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1975. 398 p.

FERES, R. J. F.; ROSSA-FERES. D. C.; DAUD. R. D. & SANTOS, R. S. Diversidade de ácaros (Acari, Arachnida) em seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg., Euphorbiaceae) na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Zool.** 19 (1):137-144, 2002.

FERREIRA, R. L. & MARQUES, M. M. G. S. M.. A Fauna de Artrópodes de Serrapilheira de Áreas de Monocultura com *Eucalyptus sp.* e Mata Secundária Heterogênea. **An. Soc. Entomol. Brasil**, 27(3): 95-403, 1998.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. & CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) 7(1): 33-38. 2012.

FIGUEIRA, A. F.; GRANHA, J. R.; ANDRADE, D. C.; & BERBARA, R. L. Diversidade da fauna de solos submetidos a distintos manejos. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1999, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: 1999. 1 CD-ROM.

FORTES NETO, P.; FERNANDES, S. A. P. & JAHNEL, M. C.. Microbiota da Solo como Indicadora da Poluição do Solo e do Ambiente. In: **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Adriana Parada Dias da Silveira & Sueli dos Santos Freitas (ed.). Campinas: Instituto Agronômico, p. 259-274. 2007.

GELMAN, A. Analysis of variance – why it is more important than ever. **Ann. Statist.** 33 (1): 1-53. 2005

HANES, J. Influence of green manures on some chemical properties of Orthic Luvisol in laboratory conditions. **Soils and Fertilizers**, 52(9):1288. 1989.

HOYT, P. B. & TURNER, R. C. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum, exchangeable NH, and crop yields. **Soil Sci.**, 119(3):227-237. 1975.

HUE, N. V. & AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. **Commun. in Soil Sci. Plant Anal.**, 20(15 & 16):1499-1511. 1989.

HUNTER, D. J.; YAPA, L. G. G.; HUE, N. V. & EAQUB, M. Comparative effects of green manure and lime on the growth of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in Western Samoa. **Commun. in Soil Sci. Plant Anal.**, 26(3&4):375-388, 1995.

IGUE, K. & PAVAN, M. A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: ESPINOZA, W. & OLIVEIRA, A. J. de. **Anais do Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira**. Brasília: EMBRAPA – DEP. p. 383-418. 1984.

JAN, F. Effects of a pregrowth period in Al-free nutrient solution on macronutrient composition of two upland rice cultivars with various Al sensitivity. **Physiol. Plant.**, 88:123-128, 1993.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia da relação solo-planta**. São Paulo: Ed. Ceres. 1979. 262 p.

KROLOW, D. R. V.. **Estudo da macro e mesofauna do solo em um sistema de produção de base ecológica**. 2009. 75 f. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas.

LINS, V. S.; SANTOS, H. R.; GONÇALVES, M. C. The effect of the glyphosate, 2,4-D, atrazine e nicosulfuron herbicides upon the edaphic collembola (Arthropoda: Ellipura) in a no tillage system. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 261-267, 2007.

- LOPES, A. A. C. **Interpretação de indicadores microbiológicos em função da matéria orgânica do solo e dos rendimentos de soja e milho.** 2012, 96 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) Universidade de Brasília. Brasília-DF.
- LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In: **Adubação Verde no Brasil.** Campinas, Fundação Cargill. pp. 183-198, 1984.
- LOURENÇO, J. A.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J.; BOIN, C. & BORTOLETO, O. Efeito de leguminosas tropicais na matéria orgânica do solo e na produtividade do sorgo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 17:263-268, 1993.
- MAGALHÃES, J. C. A. J. de; VIEIRA, R. F.; PEREIRA, J. & PERES, J. R. R. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 15: pp. 329-337, 1991.
- MARTÍNEZ-FALCÓN; A. P.; MORENO, C. E. & PAVÓN, N. P. Litter fauna communities and litter decomposition in a selectively logged and an unmanaged pine-oak forest in Mexico. **BOSQUE** 36(1): 81-93, 2015.
- MCLEAN, E. O. Testing soils for pH and lime requirement. In: WALSH, L. M. & BEATON, J. D. Soil testing and plant analysis. **Madison, Soil Science Society of America**, Revised edition. p. 78-95. 1973.
- MELO, W. J.. Uso de Resíduos na Agricultura e Qualidade Ambiental. In: **Microbiota do solo e qualidade ambiental.** Adriana Parada Dias da Silveira & Sueli dos Santos Freitas (ed.). Campinas: Instituto Agrônômico, pp. 275-297. 2007.
- MINEIRO, J. L. C. & MORAES, G. J.. Gamasida (Arachnida: Acari) Edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology** 30(3):379-385. 2001.
- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação Verde no Brasil.** Campinas, Fundação Cargill. pp. 64-123, 1984.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A. de; CAVALIERI, P. A.; GODOY, J. J. de; WERNER, J. C.; CURI, S. M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J. C.; CERVELINI, G. da S. & BULISANI, E. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo.** Campinas, Fundação Cargill. 1983. 138 p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. & CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 17:411-416, 1993.
- MOÇO, M. K. S. **Atributos biológicos em solo e serapilheira sob sistemas agroflorestais de cacau e outras coberturas vegetais.** 2010. 100 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo - características e manejo em pequenas propriedades.** Santa Catarina: Ed. do Autor. 1991. 337 p.

MONIZ, A. C. Elementos de Pedologia. São Paulo, Universidade de São Paulo. 1972. 459 p.
MOORE, T. J. & LOEPPERT, R. H. Significance of potassium chloride pH of calcareous soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 51:908-912, 1987.

MORAIS, J. W.; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F. & KORASAKI, V. Mesofauna. In: **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Fátima M. S. Moreira (Eds.). Lavras. Ed. UFLA, pp. 183-200. 2013.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; MARRÉ, J. & MIELNICZUK, J. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2735-2744, 2008, Número Especial.

NUNES, L. A. P. L.; SILVA, D. I. B.; ARAÚJO, A. S. F.; LEITE, L. F. C. & E CORREIA, M. E. F.. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agrônômica**, 43(1): 30-37. 2012.

OGEDEGBE, A. B. O. & EGWUONWU, I. C. Biodiversity of Soil Arthropods in Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR), Nigeria. **J. Appl. Sci. Environ. Manage.** 18(3) 377-386. 2014.

PANKHURST, C. E. & LYNCH, J. M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: **Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems**. PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA V. V. S. R.; GRACE, P. R. (Eds.). CSIRO: East Melbourne-Australia. pp. 9-4. 1994.

PASS, G. & SZUCSICH, N. U. 100 years of research on the Protura: many secrets still retained. **Soil Organisms**. 83 (3): 309-334. 2011.

PAVAN, M. A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre o alumínio não-trocável, trocável e solúvel, com o pH, CTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 7:39-46, 1983.

PAVANELLI, L. E. & ARAÚJO, F. F.. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Rev. Ceres**, Viçosa, 57 (1):118-124, 2010.

PELLENS, R. **A comunidade de macroartrópodos edáficos de *Acacia mangium* Wild, *Eucalyptus grandis* Hill, *Coffea robusta* Linden e de floresta primária**. 1996. 84 f. Tese. (Doutorado). UFRJ, Rio de Janeiro.

PEECH, M. Hydrogen-ion activity. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E. & CLARK, F. E. Methods of soil analysis. Agronomy N° 9, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965.

PEREIRA, J; RESCK, D. V.; PERES, J. R. R. & SUHET, A. R. Efeito de restos culturais e adubos verdes. In: **Adubação Verde no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill. pp. 323-324, 1984.

PERIN, R.; CORRÊA, J. C.; CRAVO, M. S.; CANTO, A. C. & MATRES, J. C. S. Desempenho produtivo de leguminosas arbustiva de múltiplos usos com baixos níveis de fósforo. In: XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 1996. Manaus. **Anais...** Manaus: 1996.

PIETERS, A. J. **Green manuring - principles and practice**. New York, John Willey & Sons. 1927. 356 p.

PINHEIRO, L. B. A. **Estudo da macrofauna de solos cultivados com cana-de-açúcar sob diferentes manejos de colheita crua e queimada**. 1996. ?? f. Dissertação (Mestrado em agronomia) UFRRJ, Rio de Janeiro.

PIZAURO JR. J. M. & MELO W. J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablab nas frações da matéria orgânica de um latossolo vermelho-escuro. **R. B. Ci. Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, pp. 1-158, 1995.

PLUMMER, M.. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. In: **Proceedings of the 3rd international workshop on distributed statistical computing**. Vienna, 2003. p. 125.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel, 9ª edição. 1993. 543 p.

QUADROS, V. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; CASALI, C. A.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; STEFFEN, R. B. & PUJOL, S. B. Fauna edáfica em sistemas de cultivo de batata, soja, feijão e milho. **Ciência e Natura**, UFSM, 31 (1): 115-130, 2009.

QIAN, S. S. & SHEN, Z. Ecological applications of multilevel analysis of variance. **Ecology**, 88(10): 2489-2495. 2007.

QUEMER, P. & BRUCKNER, A. Combining pitfall traps and soil samples to collect Collembola for site scale biodiversity assessments. **Applied Soil Ecology**, 45(3): 293-297, 2010.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres, POTAFOS. 1991. 343 p.

RAIJ, B. van. Propriedades eletroquímicas dos solos. In: DECHEN, A. R. & CARMELLO, Q. A. de C. (coord.) **Simpósio Avançado de Química e Fertilidade do Solo**. Piracicaba, Fundação Cargill. pp. 9-42. 1986.

RITCHIE, G. S. P. & DOLLING, P. J. The role of organic matter in soil acidification. **Aust. J. Soil Res.**, 23:569-576, 1985.

RODRIGUES, M. Q.; SOUTO, J. S.; GOMES, M. M. S.; ANDRADE, R. L.; ARAUJO, I. E. L. & FERREIRA, C. D. Diversidade da fauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo no Semi-Árido da Paraíba. In: VI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande-PB. Campina Grande-PB 2009. **Anais...** Campina Grande-PB: 2009. Resumo expandido.

ROSSI, C. Q.; NOBRE, C. P.; COELHO, C. P.; BENAZZI, E. S.; RODRIGUES, K. M. & CORREIA, M. E. F. . Efeito de diferentes coberturas vegetais sobre a mesofauna edáfica em manejo agroecológico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4(2), 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, 3(2): 87-96. 2004.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B. & ANTONIOLLI, Z. I. . Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, 39(4):1061-1068 , 2009.

RUSSELL, E. W. **Soil conditions and plant growth**. London, Longman, 10h edition. 1973. 849 p.

SÃO JOSÉ, J. B. S.; RIEFF, G. G. & SÁ, E. L. S. Mesofauna edáfica e atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do tabaco. **Current Agricultural Science and Technology** 19:56-66, 2013.

SANDLER, R. V.; FALCO, L. B.; CIOCCO, C.; LUCA, R. & COVIELLA, C. E.. Eficiencia del embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos argiudoles típicos de la Provincia de Buenos Aires. **Ci. Suelo** (Argentina) 28(1): 1-7, 2010.

SCHEID, A. L. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA/POTAFOS.1989. 155 p.

SILVA E CASTRO, L. H.; OLIVEIRA, L. S. A.; SOBRAL, A. & SILVEIRA, W. R. . Avaliação do desempenho agrônômico do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 4(1):63-69. 2014.

SILVA, E. M. R. da; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. & DÖBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 9: 85-88, 1985.

SILVA FILHO, G. N. & VIDOR, C. As práticas de manejo de solo na população microbiana. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 8:291-296, 1984.

SILVA, R. F.; BERTOLLO, G. M.; CORASSA, G. M.; COCCO, L. B.; STEFFEN, R. B. & BASSO, C. J.. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, Santa Maria, 44(3): 418-424, 2014.

SILVA, R. F.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; BERTOLLO, G. M. & CORASSA G. M. Influência de plantas de cobertura de inverno na estrutura da comunidade da fauna edáfica. **Ciência & Natura**, UFSM, 34(2): 27-45. 2012/13.

SILVA, R. F.; SCHEID, D. L.; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; KUSS, C. C. & LAMEGO, F. P.. Influência da aplicação de herbicidas pré-emergentes na fauna do solo em sistema convencional de plantio de cana-de-açúcar. **Revista Biotemas**, 25 (3) 227-238, 2012.

SIQUEIRA, J. O. Microbiologia do solo e seus processos relevantes para a produtividade agrícola! A responsabilidade social da ciência do solo. Microbiologia do solo; Só Simbioses?

Campinas, 1988, In: ?? Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1988, Campinas. **Anais...** Campinas SBPC. 1988. pp. 337-352.

SIQUEIRA, J. O. & MOREIRA, F. M. S. Microbiologia do solo e a sustentabilidade agrícola e a nutrição de vegetal; Enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In: XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: RBFSNP 1996. Palestras.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil.** 2006. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V. & ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no Semi-Árido da Paraíba. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:151-160, 2008.

SOUZA J. L.; GUIMARÃES G. P.; FAVARATO L. F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira** 33: 019-026. 2015.

SWIFT, M. J. Towards the second paradigm: integrated biological management of soils. In: SIQUEIRA, J. O. Eds. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas.** Lavras, SBCS; UFLA/DCS, cap. 1, pp. 11-24. 1999.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. & BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers.** New York, Macmillan Publishing Company, 4th edition. 1985. 754 p.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:743-755, 2009.

VIÉGAS, G. P.; GARGANTINI, H. & FREIRE, E. S. Efeito da mucuna, do calcário e de outros adubos verdes sobre as propriedades químicas do solo. **Bragantia**, 19(8):91-100, 1960.

VIEIRA, M. H. P. **Mesofauna edáfica e a taxa de decomposição da resteva de três sucessões de cultura em sistema plantio direto.** 2008. 128 p. Tese. (Doutorado em agronomia) Universidade Federal da Grande Dourados-MS, Dourados-MS.

VITTI, G. C.; FERREIRA, M. E.; PERECIN, D. & NETO, P. Z. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa (LVa). **Científica, Jaboticabal**, 7(3):431-435, 1979.

WILLIAMS, R. H.; WHIPPS, J. M. & COOKE, R. C.. Role of soil mesofauna in dispersal of *Coniothyrium minitans*: mechanisms of transmission. **Soil Biology and Biochemistry**. 30(14):1929-1935. 1998.

WOODCOCK, B.A. Pitfall trapping in ecological studies. In: **Insect sampling in forest ecosystems**. ed. Simon R. Leather. Blackwell Science Ltd., pp. 37-57. 2005.

YADVINGER-SINGH; BIJAY-SINGH & KHIND, C. S. Nutrient transformations in soils amended with green manures. In: Stewart, B. A. **Advances in Soil Science**. v. 20, pp. 238-298. 1992.

ZANZINI, A. C. S.. **Descritores de riqueza e diversidade em espécies em estudos ambientais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 43 p.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1 – Resultado de Análises Químicas

Amostragem realizada em 13 de outubro de 1998. Camada de 0 a 0,20 m de profundidade.

TRAT	REP	pH	Ca*	Mg*	Al*	H + Al*	Na*	K**	P**	C***
Mucuna	1	4,2	1,6	1,8	0	2,14	0,06	82,68	9,3	18,3
Mucuna	2	5,2	2,1	1,6	0	2,14	0,06	87,36	19,22	21,7
Mucuna	3	4,9	1,4	1,8	0	2,47	0,07	87,36	14,88	20,5
Mucuna	4	4,8	2	2,5	0	4,29	0,04	140,4	8,68	25,2
Mucuna	5	4,9	2,1	1,2	0	3,96	0,048	101,4	15,5	23,4
Feijão-de-porco	1	4,8	0,9	2,7	0	2,97	0,08	85,8	9,92	24,9
Feijão-de-porco	2	4,8	2,2	1,4	0	3,47	0,07	84,24	10,54	20,9
Feijão-de-porco	3	4,7	2,6	2,4	0	3,79	0,064	156	10,54	41,4
Feijão-de-porco	4	5	2,2	2,7	0	4,79	0,048	156	7,44	26,8
Feijão-de-porco	5	5,1	2,5	2,1	0	3,96	0,056	135,7	6,2	24,8
Vegetação espontânea	1	5	1,6	1,7	0	2,97	0,08	109,2	9,3	24,5
Vegetação espontânea	2	5,1	1,8	1,7	0	2,8	0,08	96,72	14,88	20,7
Vegetação espontânea	3	4,7	2,5	1,5	0	3,79	0,072	131,04	8,68	36
Vegetação espontânea	4	5,1	2,5	2,3	0	3,96	0,048	156	7,44	25,5
Vegetação espontânea	5	4,9	2	1,4	0	3,46	0,04	132,6	7,44	21,4
Guandu	1	5,3	1,6	2	0	3,3	0,08	112,32	8,06	26,1
Guandu	2	5,5	2,3	1,4	0	2,47	0,05	156	18,6	19,2
Guandu	3	4,8	2	1,4	0,2	3,96	0,064	109,2	7,44	28,3
Guandu	4	4,8	1,9	2,1	0,1	3,96	0,032	96,72	9,92	25,3
Guandu	5	4,5	2	1,4	0	4,29	0,04	117	6,2	25,2
Feijão-bravo-do-Ceará	1	4,8	2,1	1,5	0	2,97	0,08	124,8	17,36	22,1
Feijão-bravo-do-Ceará	2	5	1,7	1,9	0	2,97	0,06	140,4	37,82	23,6
Feijão-bravo-do-Ceará	3	4,8	0,8	1,7	0	2,31	0,07	84,24	12,4	36,6
Feijão-bravo-do-Ceará	4	4,8	2	2,3	0,1	4,12	0,032	113,88	6,82	24,1
Feijão-bravo-do-Ceará	5	4,7	1,9	1,5	0	3,63	0,04	124,8	11,16	26,4

*cmolc. dm⁻³. **mg. dm⁻³. *** g.dm⁻³.

Amostragem realizada em 13 de outubro de 1998. Camada de 0,2 a 0,40 m de profundidade.

TRAT	REP	pH	Ca*	Mg*	Al*	H + Al*	Na*	K**	P**	C***
Mucuna	1	4,7	1,4	1	0,1	4,12	0,016	49,92	6,82	18
Mucuna	2	4,7	1,4	1,6	0,1	3,13	0,024	73,32	12,4	17,5
Mucuna	3	4,9	1,4	1,3	0	2,47	0,016	49,92	14,26	18,1
Mucuna	4	4,7	1	1,4	0	3,13	0,024	48,36	11,16	17,7
Mucuna	5	4,6	1,3	1,2	0	3,13	0,016	40,56	5,58	17,1
Feijão-de-porco	1	4,7	1	2,9	0,2	2,8	0,016	20,28	7,44	21,8
Feijão-de-porco	2	4,7	1,3	1,1	0	3,3	0,016	42,12	8,06	18
Feijão-de-porco	3	4,9	1,5	1,9	0	3,13	0,032	73,32	4,34	25,8
Feijão-de-porco	4	4,7	1,5	1,6	0,1	3,13	0,024	85,8	4,96	20,7
Feijão-de-porco	5	4,7	1	2	0,1	2,97	0,016	39	6,2	21,4
Vegetação espontânea	1	4,8	1,5	1,3	0,3	2,8	0,016	39	8,06	23,2
Vegetação espontânea	2	5,1	1,7	0,9	0,2	2,47	0,016	56,16	8,06	19,6
Vegetação espontânea	3	4,7	1,8	1,8	0	3,13	0,032	70,2	4,34	31,1
Vegetação espontânea	4	4,7	1,5	1,9	0	3,13	0,024	39	4,96	17,7
Vegetação espontânea	5	4,8	1,6	1,6	0	2,97	0,016	78	4,96	21,2
Guandu	1	4,4	0,7	1,8	0,3	4,45	0,016	37,44	9,3	16,6
Guandu	2	5	1,8	0,8	0	2,64	0,016	57,42	9,3	12,1
Guandu	3	4,7	1,9	1,1	0	3,3	0,028	59,28	4,34	25,8
Guandu	4	4,8	1,5	0,9	0,3	3,3	0,016	49,92	6,82	16
Guandu	5	4,6	1,5	1,2	0	3,13	0,024	70,2	4,34	18,8
Feijão-bravo-do-Ceará	1	4,7	1,5	1,6	0,3	2,47	0,024	78	8,68	18,9
Feijão-bravo-do-Ceará	2	4,6	1,6	1,1	0	2,8	0,024	63,96	8,68	21,6
Feijão-bravo-do-Ceará	3	4,6	1,1	1,6	0,2	3,3	0,024	95,16	14,26	27,2
Feijão-bravo-do-Ceará	4	4,7	1,4	1,4	0	3,13	0,016	73,32	6,82	17,7
Feijão-bravo-do-Ceará	5	4,7	1,4	1,9	0	2,97	0,016	51,48	4,34	15,5

*cmolc. dm³. **mg. dm³. *** g.dm³.

Amostragem realizada em 12 de março de 1999. Camada de 0 a 0,20 m de profundidade.

TRAT	REP	pH	Ca*	Mg*	Al*	H + Al*	Na*	K**	P**	C***
Mucuna	1	4,97	1,4	2,4	0,2	4	0,05	81	2,3	14,2
Mucuna	2	5,56	2,5	2,1	0	3,46	0,04	156	1,9	17,1
Mucuna	3	5,38	2	2,1	0	3,46	0,09	92	2,5	16,1
Mucuna	4	5,22	1,7	1,1	0,1	4,12	0,03	151	3	19,5
Mucuna	5	5,56	1,6	3,8	0	3,96	0,04	146	4	18,5
Feijão-de-porco	1	5,11	1,2	1,3	0,1	3,05	0,05	23	0,6	16,4
Feijão-de-porco	2	5,11	1,5	2	0,1	3,8	0,08	109	2,5	13,9
Feijão-de-porco	3	5,99	2,7	1,8	0	4,12	0,08	257	3,8	27,5
Feijão-de-porco	4	5,5	2,6	2,5	0	3,8	0,03	153	6	17,6
Feijão-de-porco	5	5,47	2	2,8	0	3,46	0,04	132	4	16,6
Vegetação espontânea	1	5,25	2,1	1,2	0,1	3,96	0,04	62	1,9	19,8
Vegetação espontânea	2	5,46	2,2	2,3	0	2,64	0,13	87	2,8	16,8
Vegetação espontânea	3	5,54	1,8	2,4	0	3,46	0,09	140	2,5	29,3
Vegetação espontânea	4	5,64	3,7	1,7	0	3,63	0,04	102	6	20,5
Vegetação espontânea	5	5,49	2	2,2	0	3,8	0,03	137	4	17,4
Guandu	1	5,16	1	2,1	0,1	3,14	0,07	140	2,2	24,6
Guandu	2	5,82	1,8	1,9	0	2,64	0,14	156	2,8	18,2
Guandu	3	5,74	3	2	0	1,65	0,08	154	4	26,9
Guandu	4	5,44	2,5	0,8	0	3,96	0,02	120	2,2	23,8
Guandu	5	5,17	1,6	1,9	0,1	4,12	0,03	110	4	24,1
Feijão-bravo-do-Ceará	1	5,77	2,9	2,4	0	1,32	0,07	156	2,5	17,1
Feijão-bravo-do-Ceará	2	5,27	2,1	1,6	0	3,8	0,08	156	1,9	18,4
Feijão-bravo-do-Ceará	3	5,37	2	1,4	0	3,46	0,02	124	1,6	28,6
Feijão-bravo-do-Ceará	4	5,28	1,8	2,2	0,1	3,63	0,02	151	2,5	18,5
Feijão-bravo-do-Ceará	5	5,13	1,8	1,6	0,1	3,14	0,02	84	3	20,8

*cmolc. dm⁻³, **mg. dm⁻³, *** g.dm⁻³.

Amostragem realizada em 12 de março de 1999. Camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade.

TRAT	REP	pH	Ca*	Mg*	Al*	H ⁺ Al*	Na*	K**	P**	C***
Mucuna	1	5,05	1,3	2,5	0,2	3,63	0,02	53	1,9	13,9
Mucuna	2	5,24	2,4	1,2	0	2,8	0,03	112	1,2	13,7
Mucuna	3	5,05	1,5	1,9	0,1	3,22	0,07	53	1,2	14,2
Mucuna	4	5,14	1,5	1,7	0	2,97	0,02	81	1,2	13,6
Mucuna	5	5,14	1,6	1,4	0,05	2,765	0,045	81	0,85	13,75
Feijão-de-porco	1	5,1	1,9	2,1	0,2	3,96	0,06	71	2,5	14,3
Feijão-de-porco	2	5	1,5	1,2	0,2	3,38	0,08	40	1,7	11,9
Feijão-de-porco	3	5,56	1,9	2	0	3,05	0,16	148	2,2	17,1
Feijão-de-porco	4	5,16	2	5	0,1	3,3	0,03	82	2,5	13,5
Feijão-de-porco	5	5,15	1,9	1,3	0	3,14	0,03	37	4	14,3
Vegetação espontânea	1	5,14	1,3	3,1	0,3	3,14	0,03	40	1,2	18,7
Vegetação espontânea	2	5,33	1,5	2	0	3,05	0,09	74	1,2	15,9
Vegetação espontânea	3	5,23	2,5	1,3	0	3,63	0,09	75	2	25,3
Vegetação espontânea	4	5,32	2,7	1,8	0	2,97	0,01	70	3	14,2
Vegetação espontânea	5	5,41	2	3	0,1	3,14	0,03	93	3	17,2
Guandu	1	5,06	2	1,3	0	3,8	0,03	101	1,2	15,6
Guandu	2	5,57	2	3,5	0	2,47	0,08	96	1,2	11,5
Guandu	3	5,19	1,7	1,7	0,1	1,65	0,11	81	0,6	24,5
Guandu	4	5,1	1,8	2,3	0	3,22	0,02	93	1,2	15,1
Guandu	5	5,12	1,2	2,4	0,1	3,55	0,03	101	3	17,9
Feijão-bravo-do-Ceará	1	5,25	1,9	2	0	2,89	0,08	110	2,2	14,6
Feijão-bravo-do-Ceará	2	5,13	2	1,4	0	3,46	0,08	101	1,9	16,8
Feijão-bravo-do-Ceará	3	5,02	1,5	3	0	2,89	0,02	59	1,2	21,2
Feijão-bravo-do-Ceará	4	5,01	1,7	2,2	0,1	3,96	0,02	62	1,2	13,5
Feijão-bravo-do-Ceará	5	5,15	1,3	1,7	0,1	3,3	0,02	71	2,5	12,2

*cmolc. dm⁻³. **mg. dm⁻³. *** g.dm⁻³.

9.2. Anexo 2 – Quantidade de Organismos Capturados por Tratamento e Época de Coleta.

Coleta em outubro 1998 – Sistema de cultivo convencional.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
colembola	282	20	16	20	11	349
formicidae	79	70	37	78	49	313
acaros	53	67	52	65	70	307
symphyla	27	30	24	24	17	122
díptera	17	18	20	22	19	96
larva coleoptera	16	21	14	18	26	95
chilopoda	25	29	14	4	8	80
isoptera	3	41	4	12	3	63
coleoptera	27	4	8	7	7	53
thysanoptera	13	5	7	8	14	47
isopoda	8	2	2	3	3	18
diplopoda	3	2	6	2	0	13
lepidoptera	2	0	1	1	1	5
aranaea	2	1	0	0	1	4
heteroptera	1	0	1	0	1	3
psocoptera	1	0	0	0	0	1
diplura	0	0	0	1	0	1
trichoptera	0	0	0	0	0	0
orthoptera	0	0	0	0	0	0
larva diptera	0	0	0	0	0	0
protura	0	0	0	0	0	0
hymenoptera	0	0	0	0	0	0
Total	559	310	206	265	230	1570

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.

Coleta em 4 de março de 1999 – Sistema de cultivo convencional.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
acaros	839	416	423	375	654	2707
colebola	268	307	410	169	349	1503
formicidae	38	35	75	61	50	259
chilopoda	29	39	41	21	28	158
coleoptera	34	31	17	19	27	128
protura	5	0	7	25	43	80
diplura	13	24	16	10	12	75
thysanoptera	13	19	9	9	15	65
larva coleopt	18	11	11	8	15	63
larva diptera	13	9	1	3	6	32
symphyla	2	4	16	7	3	32
heteroptera	3	4	5	9	5	26
isopoda	0	15	4	1	3	23
hymenoptera	6	4	2	3	7	22
lepidoptera	4	2	2	3	2	13
diplopoda	6	2	0	1	2	11
aranaea	1	2	1	1	2	7
orthopera	3	0	0	3	0	6
isoptera	1	2	1	0	1	5
trichoptera	3	0	0	0	0	3
diptera	0	0	0	0	2	2
psocoptera	1	0	0	0	0	1
Total	1300	926	1041	728	1226	5221

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.

Coleta realizada em 22 de outubro de 1999 – Sistema de cultivo mínimo.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
colebola	184	1077	274	597	895	3027
acaros	476	369	511	665	651	2672
chilopoda	54	47	63	116	162	442
isopoda	40	135	25	76	46	322
symphyla	49	56	72	16	46	239
formicidae	54	9	31	76	61	231
diplopoda	25	23	16	28	14	106
protura	3	15	37	17	30	102
coleoptera	16	15	14	17	13	75
thysanoptera	12	8	26	15	8	69
aranea	8	9	11	1	3	32
larva cole	2	12	1	1	3	19
larva diptera	0	1	4	0	5	10
heteroptera	1	0	0	3	5	9
lepidoptera	5	2	0	0	0	7
diplura	0	0	4	0	1	5
diptera	0	0	1	2	1	4
isoptera	0	1	0	0	0	1
trichoptera	0	0	0	0	0	0
orthopera	0	0	0	0	0	0
psocoptera	0	0	0	0	0	0
hymenoptera	0	0	0	0	0	0
Total	929	1779	1090	1630	1944	7372

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.

Coleta em 16 de dezembro de 1999 – Sistema de cultivo mínimo.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
acaros	243	107	82	101	145	678
colembola	55	165	86	224	69	599
isopoda	21	26	21	20	19	107
formicidae	14	28	15	5	16	78
larva diptera	30	33	1	29	10	103
coleoptera	12	8	9	7	13	49
chilopoda	3	9	7	21	25	65
diplopoda	8	10	12	15	6	51
symphyla	11	13	2	11	11	48
thysanoptera	2	2	5	4	6	19
protura	8	6	1	1	6	22
heteroptera	5	0	4	1	0	10
larva coleoptera	1	3	4	2	5	15
aranaea	0	0	2	2	2	6
diplura	3	2	0	2	1	8
isoptera	1	1	0	0	0	2
diptera	0	0	0	0	1	1
orthoptera	0	0	1	0	0	1
trichoptera	0	0	0	0	0	0
lepidoptera	0	0	0	0	0	0
psocoptera	0	0	0	0	0	0
hymenoptera	0	0	0	0	0	0
Total	417	413	252	445	335	1862

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.

Coleta em 16 de dezembro de 1999 – Sistema de cultivo convencional.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
acaros	37	16	4	18	12	87
colembola	4	62	3	29	6	104
isopoda	5	0	1	2	5	13
formicidae	0	22	0	11	7	40
larva diptera	0	3	0	3	0	6
coleoptera	11	13	1	15	15	55
chilopoda	5	6	1	6	10	28
diplopoda	6	2	0	5	1	14
symphyla	4	8	1	0	3	16
thysanoptera	6	6	0	0	6	18
protura	0	1	0	1	8	10
heteroptera	2	3	0	3	0	8
larva coleoptera	0	1	0	1	0	2
aranea	2	0	0	1	0	3
diplura	0	0	0	0	0	0
isoptera	1	0	0	0	1	2
diptera	0	0	0	0	0	0
orthoptera	0	0	0	0	0	0
trichoptera	0	0	0	0	0	0
lepidoptera	0	0	0	0	0	0
psocoptera	0	0	0	0	0	0
hymenoptera	0	0	0	0	0	0
Total	83	143	11	95	74	406

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.

Coleta em 01 de abril de 2000 – Sistema de cultivo mínimo.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
acaros	371	250	147	173	261	1202
colebola	72	39	31	140	76	358
formicidae	22	42	30	40	47	181
isopoda	53	20	7	24	12	116
coleoptera	10	16	13	15	11	65
symphyla	8	10	16	3	10	47
chilopoda	10	10	6	6	16	48
protura	8	4	0	3	5	20
diplopoda	11	15	3	2	4	35
larva coleoptera	10	7	3	9	5	34
diplura	1	2	3	3	2	11
thysanoptera	0	0	1	1	1	3
larva diptera	2	1	1	0	0	4
isoptera	0	0	0	0	5	5
heteroptera	0	0	1	0	0	1
aranea	0	1	0	0	0	1
díptera	0	0	0	0	0	0
trichoptera	0	0	0	0	0	0
orthoptera	0	0	0	0	0	0
lepidoptera	0	0	0	0	0	0
psocoptera	0	0	0	0	0	0
hymenoptera	0	0	0	0	0	0
Total	578	417	262	419	455	2131

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.

Coleta em 01 de abril de 2000 – Sistema de cultivo convencional.

Organismos	Mucuna	F. porco*	Veg. espont.**	Guandu	F. Ceará***	Total
acaros	336	186	106	68	120	816
colebola	75	56	159	47	80	417
formicidae	11	18	84	3	8	124
isopoda	5	4	3	10	8	30
coleoptera	8	13	11	9	8	49
symphyla	10	11	8	3	4	36
chilopoda	5	9	3	5	4	26
protura	6	4	10	3	15	38
diplopoda	4	7	3	2	4	20
larva	4	2	4	1	2	13
coleoptera	4	2	1	1	0	8
diplura	4	2	1	1	0	8
thysanoptera	3	0	1	0	0	4
larva diptera	1	0	0	0	0	1
isoptera	0	0	0	0	0	0
heteroptera	1	1	0	1	0	3
aranaea	1	0	1	0	0	2
díptera	0	0	0	0	0	0
trichoptera	0	0	0	0	0	0
orthoptera	0	0	0	0	0	0
lepidoptera	0	0	0	0	0	0
psocoptera	0	0	0	0	0	0
hymenoptera	0	0	0	0	0	0
Total	474	313	394	153	253	1587

(*) feijão de porco; (**) vegetação espontânea; (***) feijão bravo do Ceará.