

ORGANISMOS EDÁFICOS EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

Hazael Soranzo de Almeida¹; Helena Wichineski Trombeta²; Paola Daiane Welter³
e Ângela Denise Hubert Neufeld⁴

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de solos, Av. Bento Gonçalves, 7712, bairro Agronomia, CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, E-mail: hazaelsoranzo@yahoo.com.br,

²Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Departamento de Solos. Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: helenatrombeta@hotmail.com

³Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais. Linha sete de setembro s/n. CEP: 98400-000, Frederico Wetphalen, RS, Brasil. E-mail: pdaianew@hotmail.com.

⁴Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Campus de Santo Ângelo. Rua Universidade das Missões. Bairro Universitário. CEP: 98802470 - Santo Ângelo, RS – Brasil. angeneufeld@gmail.com

RESUMO: O sistema de integração lavoura pecuária é uma alternativa viável e sustentável para maximizar o rendimento e o uso do solo. Os organismos edáficos são suscetíveis as mudanças de manejo, impactando dessa forma nos atributos físicos e químicos do solo. Os indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis, abrangendo diversas avaliações dos atributos físicos, químicos e biológicos, e através deles, compreendem os processos pelos quais o solo passa, sendo possível através deste, verificar a sua qualidade. Os indicadores de qualidade biológica do solo ou os bioindicadores de qualidade do solo são principalmente os ácaros, colêmbolos e as minhocas, pois esses organismos são sensíveis as alterações no solo e são encontrados nas mais diversas condições. Objetiva-se com essa revisão, uma visão generalizada sobre o sistema de integração lavoura pecuária e a fauna do solo com enfoque nos principais bioindicadores de qualidade do solo.

PALAVRAS CHAVES: ILP, minhocas, colêmbolos, ácaros.

EDAPHI ORGANISMS IN CROP-LIVESTOCK SYSTEM

ABSTRACT: The integrated crop livestock system is a viable and sustainable alternative to maximize yield and the land use. Soil organisms are susceptible to changes in soil management, thus affecting soil physical and chemical attributes. Soil quality indicators are measurable properties, covering various assessments of the physical, chemical and biological attributes of the soil, and through them, it is possible to understand the processes by which the soil passes and verify its quality. The indicators of soil biological quality or soil quality bioindicators are mainly mites, collembola and earthworms, as these organisms are sensitive to changes in soil and are found under the most diverse conditions. The objective of this review is to provide a generalized view on the integrated crop livestock system and soil fauna, focusing on the main bioindicators of soil quality.

KEY WORDS: Integrated Crop Livestock System, earthworms, collembola, mites.

INTRODUÇÃO

O sistema de Integração Lavoura-pecuária (ILP) vem sendo reconhecido como uma alternativa agrícola sustentável para os agricultores e pecuaristas visando maximizar o rendimento e o uso do solo. Este sistema tem apresentado impactos positivos sobre os atributos físicos e químicos do solo. Entretanto, pouco se conhece sobre sua ação nos atributos biológicos, especialmente, sobre a meso e macrofauna.

Sabe-se que a importância da biota do solo está muito além das avaliações básicas de presença no solo, envolve desde controle biológico, manutenção da umidade, sequestro de substâncias tóxicas, resistência a erosão, mobilização de nutrientes, produção de metabólitos para resistência a doenças e funcionalidade do ecossistema. Contudo, para o máximo desempenho do agroecossistema é importante conhecer quais grupos da biota do solo que apresentam participação ativa em algum destes fatores, assim como o uso do solo que favorece a sua ocorrência.

A biota do solo se constitui em um elemento vivo do solo, o que pode ser considerado a principal vantagem desse atributo, apresentando, portanto, uma resposta mais rápida sobre a variação no agroecossistema, se comparados com os atributos químicos ou físicos.

Neste sentido, busca-se, com esse trabalho, fazer uma breve revisão dos organismos edáficos em sistema de integração lavoura pecuária no sul do Brasil, buscando compreender os benefícios que esse sistema causa aos organismos, os potenciais bioindicadores de qualidade biológica do solo e quais as vantagens desses organismos para o sistema.

Integração Lavoura Pecuária (ILP)

O sistema de ILP é baseado na diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades da agricultura e da pecuária dentro da propriedade rural (Kluthcouski et al., 1991). Este manejo pode favorecer ambas as atividades, através de um sinergismo que é criado entre lavoura e pastagem. O solo é explorado durante praticamente o ano inteiro, o que favorece o aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um menor custo (Alvarenga & Noce, 2005). Além dos benefícios econômicos, o sistema ILP tem sido associado à melhoria dos atributos físicos e químicos do solo e redução de pragas e doenças (Carvalho et al., 2005).

Segundo a FAO, com a ILP é possível se atingir o objetivo de produzir alimentos para suprir nove bilhões de pessoas até 2050, e, além disso, contribuir para

a melhoria da qualidade do solo em uso agrícola e mitigar os atuais problemas de mudanças climáticas (Carvalho et al., 2011a). Aumentos significativos na produtividade animal por área são obtidos em pastagem sob ILP. Além do ganho em peso vivo, as maiores taxas de lotação interferem diretamente no ponto de vista econômico, pois a ILP apresenta significativa redução dos custos de produção (Zimmer et al., 2012).

No Rio Grande do Sul, a ILP tem como foco a rotação e diversificação de cultivos gerando aumento da renda e melhor utilização do solo. Nos períodos entre safras, as áreas são pouco ocupadas principalmente pela rotação de lavouras de arroz irrigado, milho e soja e intercalado com as forrageiras de inverno, como aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) (Carvalho et al., 2011). Porém, este sistema ainda é pouco utilizado pelos produtores rurais (Carvalho et al., 2011b).

Em relação aos atributos químicos e físicos do solo, uma das principais características deste sistema é a reposição da matéria orgânica do solo (MOS) (Franzuebbers, 2007). A ILP também reduz a flutuação no teor da MOS que ocorre durante a mudança de componentes (aumento durante o período de pastagem e uma redução no período de lavoura de grãos), levando a um maior equilíbrio, quanto o teor de MOS (Garcia-Préchac et al., 2004).

Inúmeros benefícios podem ser obtidos com o sistema de ILP, porém, quando este é explorado de maneira inadequada pode levar a processos de degradação dos solos, ocasionando uma redução na sua capacidade produtiva (Oliveira et al., 2004), devido à perda na qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Em geral os impactos negativos gerados no solo estão associados ao pisoteio excessivo, ocasionado pela alta lotação animal (Greenwood & Mckenzie, 2001). O grau de compactação pelo pisoteio, entretanto, é influenciado por fatores como textura do solo (Correa & Reichart, 1995) umidade (Betteridge et al., 1999), pelo manejo adotado ao sistema de produção de forragem, tal como altura da pastagem e quantidade de resíduos vegetais deixados sobre o solo (Cassol, 2003). Dessa forma com a ILP, deve-se tomar uma série de cuidados para não prejudicar a estrutura do solo, gerando o processo de degradação da pastagem e do próprio solo, interferindo nos fatores físicos, químicos e biológicos.

A ILP pode alterar direta e intensamente a biota do solo através de vários processos como: alteração na entrada e saída de material orgânico pela atividade e

deposição de excreções dos animais em pastejo (Haynes & Williams, 1999); aporte diversificado de resíduos vegetais devido à introdução das pastagens no sistema de rotação (Souza et al., 2010); alterações nos atributos físicos e químicos do solo (Greenwood & Mckenzie, 2001), entre outros. Os poucos estudos já realizados demonstram que comunidades microbianas respondem rapidamente às mudanças no pastejo (Le Roux et al., 2008). Assim, a busca por novas informações sobre as relações entre os organismos do solo dentro do sistema ILP vem aumentando gradativamente com a disseminação desta técnica.

Os resultados existentes na região subtropical do Brasil acerca da fauna do solo, relacionados à ILP ainda são escassos. Quanto à microbiologia, os dados se resumem a avaliações de biomassa do solo e teores de Carbono orgânico e Fósforo microbiano (Souza et al., 2010). Para a fauna do solo, trabalhos neste sentido são encontrados na região Centro-Oeste, mostrando que os sistemas de ILP favorecem a manutenção da diversidade da fauna invertebrada (Portilho et al., 2011), e beneficiam um ambiente edáfico mais ativo biologicamente, se comparado aos sistemas de revolvimento intensivo do solo (Silva et al., 2011).

Indicadores de qualidade do solo

A Sociedade Americana de Ciência do Solo conceitua como qualidade do solo, todo e qualquer solo funcional, dentro de um sistema natural ou manejado de forma a manter a produtividade vegetal e animal, manter e ou melhorar a qualidade da água e do ar, além de suportar a saúde humana e habitacional (Karlen et al., 1997).

Desta forma para avaliar se esse solo atende os preceitos acima, criou-se os “Indicadores de Qualidade do Solo” em que são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas), mas que necessitam um número razoável de variáveis, para ser estimada a partir dos indicadores de qualidade do solo (Araújo et al., 2012; Karlen & Stott, 1994; Karlen et al., 1997).

Esses indicadores abrangem diversas avaliações dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, e através deles, compreendem os processos pelos quais o solo passa e possibilitam a verificação da sua qualidade. Para a qualidade química do solo são avaliados o pH, MO, P, K, Ca, Mg (Cherubin et al., 2016; Araújo et al., 2012; Stevenson, 1994, Baldock & Nelson, 2000), a qualidade física do solo avalia-se por meio da densidade, porosidade, resistência a penetração, condutividade hidráulica e estabilidade de agregado (Araújo et al., 2012; Batey & Mckenzie, 2006; Gardner et

al., 1999; Reichardt, 1990; Sá et al., 2000).

Já os indicadores biológicos de qualidade do solo são constituídos pela macro, meso e ou microfauna invertebrada do solo. A macrofauna é composta por animais com diâmetro corporal acima de 2 mm, tais como minhocas, centopéias, cupins, formigas, aracnídeos, coleópteros, em estado larval e adulto, diplópodes, isópodes, entre outros (Lavelle & Spain, 2001). A mesofauna abrange os organismos com tamanho corporal entre 0,2 e 2,0 mm, principalmente membros dos grupos dos ácaros e colêmbolos, que colonizam os poros do solo, e atuam na decomposição da matéria orgânica, na agregação do solo, no controle biológico, na mineralização de nutrientes, entre outros (Höfer et al., 2001). A microfauna é constituída por organismos menores que 0,2 mm, pertencentes principalmente ao grupo dos nematóides, rotíferos e organismos de menor tamanho (Lavelle, 1997).

A fauna edáfica tem grande influência sobre os processos biológicos ocorrentes no solo e apresenta sensibilidade às alterações químicas, físicas e biológicas do ambiente, que se refletem na alteração da sua atividade e diversidade, o que a qualifica como bioindicadora de qualidade do solo (Rovedder et al., 2009). É utilizada com frequência em diversos estudos, para avaliar a qualidade em diferentes sistemas de plantio (Bartz et al., 2013; Cluzeau et al., 2012; Marinari et al., 2006), em ecossistemas naturais.

Diversos autores tem recomendado a utilização da macro e da mesofauna como bioindicadores de qualidade do solo, devido a sua alta sensibilidade as alterações causadas no ambiente em que vivem (Baretta et al., 2007; Moreira et al., 2010; Baretta et al., 2011; Bartz et al., 2014; Almeida, 2016). Mas, um fator a ser ponderado na sua utilização é devido as metodologias de coleta, em que não existe uma metodologia universal, capaz de avaliar unicamente a fauna edáfica, necessitando de uma combinação de métodos para sua coleta (Correia & Andrade, 2008).

Na avaliação da mesofauna edáfica tem-se destaque para os aparatos de extração proposto por Berlese-Tüllgren, que consiste em um gradiente de umidade (Moreira et al., 2010), forçando os organismos a migrarem para baixo e assim serem capturados em copo coletor (Figura 1^a). Esse método é recomendado para melhor avaliação de ácaros e colêmbolos. Para a macrofauna são utilizados basicamente dois métodos, as armadilhas de queda pitfall ou PROVID (Figura 1B) (Santos et al., 2007; Antonioli et al., 2006) ou pelo método recomendado pelo programa “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF) (Figura 1C) (Anderson & Ingram, 1993), que consiste na coleta de

monólitos de solo e por meio de uma catação manual coleta-se os organismos visíveis a olho nu.

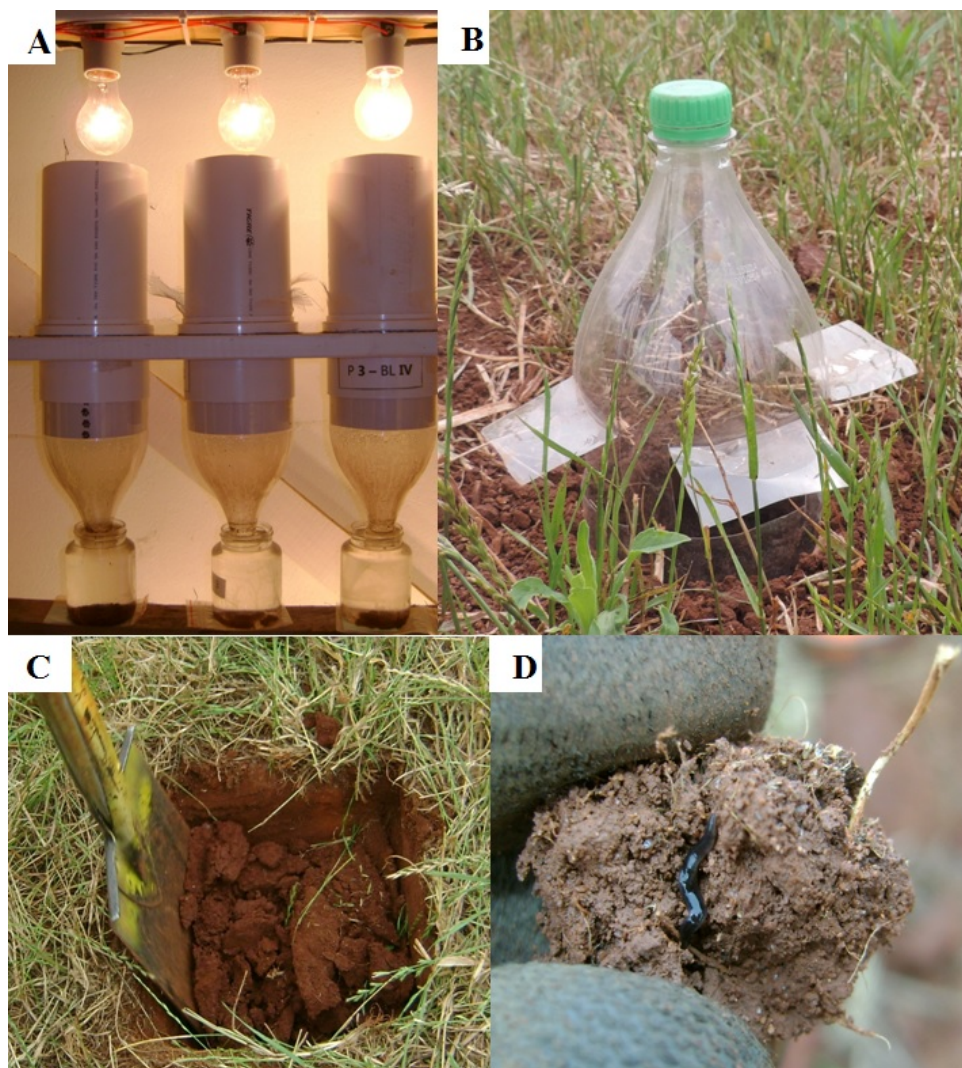


Figura 1. Métodos de coleta da fauna edáfica do solo para avaliação da qualidade do solo. A= funil de Berlese-Tullgren modificado, B= PROVID, C= TSBF (monólito), D= Agregado do solo de boa qualidade. Imagem do autor.

Na figura 1D é possível observar um agregado de solo de boa qualidade, onde ocorre uma forte interação entre plantas-solo-fauna, estando esses três interagindo no mesmo local. A planta fixando-se no local, absorvendo os nutrientes para seu desenvolvimento e ao mesmo tempo a presença de um organismo edáfico que promove a decomposição do material orgânico morto, predação de fitopatógenos e com seus dejetos ajuda a nutrir as plantas fechando um ciclo de retroalimentação.

A influência dos organismos edáficos sobre as plantas é muito grande, pois atuam nos processos de decomposição do material orgânico, mineralização,

regulação de pragas, doenças, entre outros (Devide & Castro, 2009; Manhaes & Francelino, 2012; Baretta, 2007), influenciando desta forma na fertilidade das plantas.

Biota do solo

O solo é o habitat natural para uma grande gama de organismos, sendo esses microrganismos e animais invertebrados. Esses organismos se diferenciam quanto ao tamanho, metabolismo e distribuição dentro do solo, sendo responsáveis por inúmeras funções, tais como: ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, ativação da biomassa microbiana e melhoria de atributos físicos, como por exemplo, agregação, porosidade e infiltração da água no solo (Baretta et al., 2011; Huerta & Wahl, 2012).

As práticas inadequadas de produção e uso intensivo do solo podem simplificar os ecossistemas e reduzir a biodiversidade (Cardoso et al., 2011). Isso acarreta em modificações na composição e diversidade dos organismos do solo, em função de mudanças de habitat, fornecimento de alimento, criação de microclimas, competição intra e interespecífica (Assad, 1997) e tipo de uso do solo (Silva et al., 2008). Desse modo, devem ser adotadas práticas de manejo do solo que favoreçam a conservação da comunidade da fauna edáfica.

A mesofauna abrange os organismos com tamanho corporal entre 0,2 e 2,0 mm, principalmente membros dos grupos dos ácaros e colêmbolos, que colonizam os poros do solo, e atuam na decomposição da matéria orgânica, na agregação do solo, no controle biológico, na mineralização de nutrientes, dentre outros (Höfer et al., 2001; Coimbra et al., 2007; Hoffmann et al., 2009). Esse grupo participa diretamente da ciclagem de nutrientes e no equilíbrio da população microbiana do solo (Kautz et al., 2006). As comunidades da mesofauna, devido ao seu tamanho são altamente afetadas pelas condições ambientais e de manejo que o solo sofre, impactando na sua abundância e diversidade (Wahl et al., 2012).

A macrofauna é composta por organismos maiores, com diâmetro corporal com mais de 2,0 mm, tais como minhocas, formigas, coleópteros, entre outros. Esses são denominados “engenheiros do ecossistema”, pois vivem na serrapilheira e principalmente nos primeiros 30 cm do solo, modificam as propriedades físico-químicas do solo e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Velásquez et al., 2012). Portanto, desempenham um papel de grande importância para o

funcionamento do ecossistema, pois ocupam diversos níveis dentro da cadeia alimentar (Aquino et al., 2008).

Promovem intensa fragmentação dos resíduos vegetais, redistribuição dos nutrientes no perfil solo, abertura de bioporos, bioturbação, predação de meso e de microrganismos (Aquino et al., 2008). Desta forma os organismos que compõem a fauna do solo são de extrema importância e qualquer alteração no sistema pode vir a influenciar positivamente ou negativamente este grupo.

Os organismos edáficos podem realizar funções ecológicas, tais como os processos naturais, controle biológico, ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão de sementes, manutenção e formação de solos, fixação de carbono, produção de oxigênio, despoluição de corpos de água e balanço climático (Lavelle et al., 2006; Moreira et al., 2013). Os serviços ambientais englobam todas as funções ecológicas realizadas pelos organismos vivos que de alguma forma são importantes economicamente para o homem.

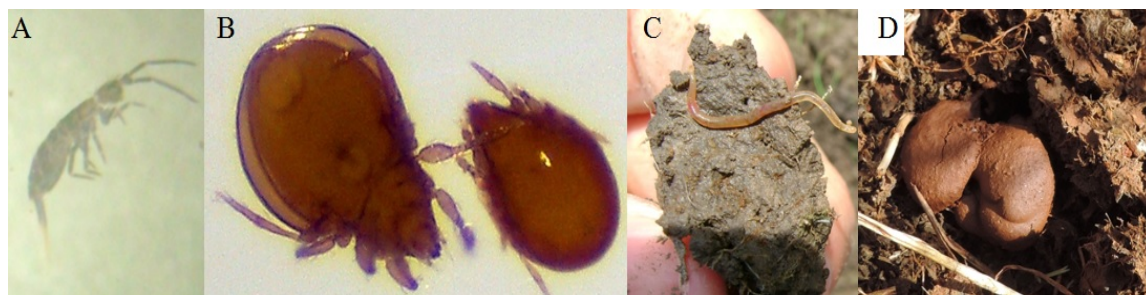


Figura 2. Organismos utilizados com bioindicadores de qualidade do solo. A = Colêmbolo, B= ácaro edáfico, C = minhoca, D = coprólito de minhoca, como indicador desses organismos no solo.

A macro e mesofauna invertebrada do solo, como minhocas, centopéias, cupins, formigas, aracnídeos, coleópteros (em estado larval e adulto), diplópodes, isópodes, colêmbolos, ácaros, entre outros (Lavelle & Spain, 2001), são alguns dos indicadores biológicos de qualidade do solo ou bioindicadores de qualidade do solo. Estes grupos vêm sendo utilizados por diversos estudos para avaliar a qualidade de agroecossistemas e de ecossistemas naturais (Bartz et al., 2013; Cluzeau et al., 2012; Marinari et al., 2006; Jose et al., 2013; Rieff et al., 2014). Dentre esses, os ácaros e as minhocas tem importância devido sua sensibilidade as alterações antrópicas.

Ácaros

Os ácaros edáficos estão entre os representantes da mesofauna mais abundantes,

podendo chegar até 97% dos artrópodes do solo (Bedano et al., 2011). Estes organismos possuem corpo não segmentado, quatro pares de pernas nas fases pós-larvais, apêndices articulados e exoesqueleto, variando de 0,1 a 2,0 mm de comprimento (Moraes & Flechtmann, 2008). Até o momento não se tem um número exato da diversidade total de ácaros, mas estima-se que varia de 500.000 a 1.000.000 de espécies, sendo já descritas mais de 9000 espécies de ácaros do solo, distribuídos em 172 famílias (Krantz & Walter, 2009).

Os ácaros edáficos são umas das comunidades da mesofauna do solo que contém grande diversidade de espécies que interagem umas com as outras e podem ser influenciadas por condições ambientais (Wahl et al., 2012). Isso ocorre devido a sua grande abundância e riqueza de espécies, tornando-se uma excelente fonte de avaliação da qualidade do solo. Os ácaros participam e desempenham funções de renovação dos nutrientes no solo (Kautz, 2006). Dentre as atividades tróficas destes microartrópodes, destaca-se a sua contribuição significativa na regulação da população microbiana (Swift et al., 1979).

Segundo Bedano (2011) os ácaros possuem todas as características necessárias para serem utilizados como indicadores de qualidade do solo, pois além de suas relações com as alterações no solo, também possuem alta abundância de indivíduos, riqueza de espécies e praticamente a onipresença nos solos. As variações das comunidades da ácarofauna refletem das alterações na vegetação e condições da qualidade biológica do solo, desta forma justifica-se a utilização desses microartrópodes como bioindicador de qualidade do solo, principalmente para mensurar o impacto das ações antrópicas e distúrbios ocorridos nos ecossistemas (Chagnon et al., 2000; Migliorini et al., 2004; Schowalter et al., 2003).

Colêmbolos

Os Colêmbolos pertencem à classe Insecta, Subclasse Apterygota e Ordem Collembola e representam os insetos apterigotas mais primitivos (Coleman, 2008). São integrantes da mesofauna do solo, sendo decompositores primários e secundários, atuando na fragmentação de detritos vegetais, favorecendo a ação de fungos e bactérias no processo de decomposição de resíduos orgânicos do solo (Moreira e Siqueira, 2006).

Os organismos do solo são influenciados pelo clima, solo, qualidade e quantidade do recurso vegetal, atividade humana e tipo de manejo do solo (Lavelle, 1997).

Segundo Maraun et al. (1998), os microartrópodes são importantes para a resiliência de sistemas agrícolas e florestais, promovendo rápida recuperação da biomassa microbiana e a estabilização dos nutrientes.

Sautter e Santos (1991), preconizam os colêmbolos como bioindicadores da qualidade do solo, pois caracterizam as condições edáficas através de sua flutuação populacional, ecossistemas, condições climáticas e manejo do solo (Bedano et al., 2011; Heid et al., 2012; Rieff et al., 2014), pelo seu monitoramento ao longo do tempo (José et al., 2013; Rieff et al., 2014) e por ser sensível para estimar os impactos antrópicos causados aos sistemas naturais e cultivados (Schowalter et al., 2003; Migliorini et al., 2004).

Minhocas

As oligochetas (minhocas) são organismos da macrofauna que possuem corpo segmentado, geralmente cilíndrico de diâmetro e comprimento variado. Quando adultas apresentam o clitelo, onde se desenvolve o casulo (local onde ocorre a deposição do(s) ovos) para sua multiplicação. As minhocas também estão no grupo dos engenheiros do solo, (Lavelle et al., 2001; Ruiz et al., 2008; Melo et al., 2009; Mathieu et al., 2009), são de grande importância para a agregação do solo influenciando conseqüentemente sua estruturação física, sendo amplamente utilizadas em estudos da qualidade do solo (Silva et al., 2011). Devido a intensa movimentação das minhocas no solo elas promovem a incorporação de material orgânico da superfície do perfil do solo, melhorando as propriedades químicas e por conseqüência a fertilidade deste (Jouquet et al., 2006; Brown & Dominguez, 2010).

As minhocas intervêm, direta ou indiretamente nos atributos físicos, melhorando a porosidade, a aeração, a condutividade hidráulica, a formação de macro e microagregados. Também modificam os atributos químicos como, o pH, mineralização da matéria orgânica a disponibilidade de nutrientes, a regulação da atividade microbiana, a diversidade e abundância das comunidades microbianas do solo (Fragoso et al., 1997; Bartz et al., 2010), tendo as características necessárias para sua utilização como bioindicadora de qualidade do solo.

No Brasil, foram encontradas minhocas pertencentes a nove famílias oriundas das mais diversas regiões do mundo. As famílias mais diversificadas são a Glossoscolecidae (Michaelson, 1900), com 201 espécies/subespécies (todas nativas do Brasil) agrupadas em 24 gêneros. A Ocnerodrilidae (Beddard, 1891) possui 46

espécies/subespécies (39 nativas) agrupadas em 15 gêneros e a Acanthodrilidae (Claus, 1880) com 24 espécies/subespécies (12 nativas) pertencentes a sete gêneros. As demais famílias são Lumbricidae (13 espécies), Megascolecidae (11 espécies), Almidae e Criodrilidae (7 espécies), Eudrilidae (2 espécies) e Sparganophilidae (1 espécie). Dentro da família Glossoscolecidae, a mais diversificada do Brasil, os gêneros que apresentam maior diversidade de espécies são: *Glossoscolex* (54 espécies/subespécies), *Rhinodrilus* (31 espécies/subespécies) e *Righiodrilus* (21 espécies/subespécies) (Brown & James, 2007). Sendo a avaliação das diferentes famílias das minhocas uma excelente forma de avaliar a qualidade dos solos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de integração lavoura pecuária, é de suma importância para os novos rumos da agropecuária nacional, pois com ele se otimiza a utilização do solo, aproveitando de uma melhor forma, reduzindo os processos de degradação do solo, pois o solo sob esse sistema fica recoberto todo ano, possibilitando ao produtor rural a obtenção de uma maior renda. O sistema também beneficia a ciclagem de nutrientes e os organismos edáficos.

A fauna edáfica tem grande importância nos processos dos elementos químicos do solo, e ajudam na manutenção das características físicas do solo, por serem sensíveis as modificações do ambiente, os organismos edáficos podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo, por meio de suas alterações nas populações e na diversidade dos organismos edáficos.

Dentro dos bioindicadores de qualidade do solo, os ácaros, colêmbolos e minhocas são os mais indicados, pois esses organismos podem ser encontrados em todos os sistemas de produção com ampla variedade de espécies. O estudo e avaliação das famílias desses organismos é de grande importância, pois nos fornece um bom indicativo da qualidade do solo a ser estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. S. **Diversidade de ácaros edáficos e minhocas em área de integração lavoura pecuária no centro oeste do Rio Grande do Sul**. 2016. 69p. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

ALTIERI, A. M. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environmet**, Amsterdam, v. 74, p. 19-31, 1999.

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração Lavoura-Pecuária**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2005.

ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P.C.; BOCK, V.D.; PORT, O.; SILVA, D.M.; SILVA, R.F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, p. 407-417, 2006.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da Mesofauna Edáfica utilizando Funis de Berlese-Tüllgren Modificado**. Circular Técnica n. 17- Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ, 2006.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; João Luiz LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava. v.5, n.1, p. 187-196, 2012. DOI: 10.5777/PAeT.V5.N1.12

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos do Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 363-443. 1997.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo**. 2007. 158 f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVEZ, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, v. 7, p. 119-170.

BARTZ, M. L. C.; COSTA, A. C. S.; TORMENA, C. A.; SOURA JR, I. G.; BROWN, G. G. Sobrevivência, produção e atributos químicos de coprólitos de duas espécies de minhocas (*Pontoscolex corethrurus*: Glossoscolecidae e *Amyntas gracilis*: Megascolecidae) em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 261-280, 2010.

BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam v. 69, p. 39-48, 2013.

BARTZ, M.L.C. BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; KLAUBERG FILHO, O.; JAMES, S. W.; DECAENS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.83, p.59-70, 2014.

BATEY, T.; MCKENZIE, D.C. Soil compaction: identification directly in the field. **Soil Use and Management**, v.22, n.2, p.123-131, 2006.

BALDOCK, J.A.; NELSON, P.N. Soil organic matter. In: SUMMER, M.E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Georgia, USA: University of Georgia, 2000. p.25-84.

BEDANO, J. C.; DOMÍNGUEZ, A.; AROLFO, R. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 117, p. 55-60, 2011.

CHERUBIN, M. R.; KARLEN, D. L.; FRANCO, A. L. C.; CERRI, C.E.P.; TORMENA, C.A.; CERRI, C.C. A Soil Management Assessment Framework (SMAF) Evaluation of Brazilian Sugarcane Expansion on Soil Quality. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 80, p. 215–226, 2016. doi:10.2136/sssaj2015.09.0328.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. de A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. de A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F.. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M. et al. (Eds.) **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília. Embrapa, 2015. p. 113-146.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – o 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETAO3). **Acta Zoológica Mexicana**, Xalapa, v. 26, número especial 2, p. 1-18, 2010.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 297-381.

CARDOSO, P.; ERWIN, T. L.; BORGES, P. A. V.; NEW, T. R. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 144, p. 2647-2655, 2011.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A.; SILVA, F. D.; ASSMANN, J. M.; LOPES, M. L. T.; PFEIFER, F. M.; CONTE, O.; SOUZA, E. D.; **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil/ Grupo de Integração Lavoura-Pecuária UFRGS**. Boletim Técnico. Porto Alegre 2011.

CARVALHO, P. C. F.; BARRO, R. S.; KUNRATH, T. R.; SILVA, F. D.; NETO, A. B.; SAVIAN, J. V.; PFEIFER, F. M.; TISCHLER, M. R.; ANGHINONI, I. Experiências de Integração Lavoura-Pecuária no Rio Grande do Sul. **Synergismus scyentifica**, Curitiba. v. 06, n. 2, 2011b.

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

CHAGNON, M.; HÉBERT, C.; PARE, D. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to húmus type and seasonal trends. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, n. 2, p. 148-174, 2000.

COIMBRA, J. L. M.; SANTOS, J. C. P.; ALVEZ, M. V.; BARZOTTO, I. Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 2, p. 271-277, 2007.

COLEMAN, D. C. From peds to paradoxes: Linkages between soil biota and their influences on ecological processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 2, p. 271-289, 2008.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 107-114, 1995.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas.** Seropédica: EMPRABA Agrobiologia, 2002. (Documentos, v. 156).

DEVIDE, A.C.P.; CASTRO, C.M. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica.** 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/ManejoSolo/index.htm>. Acesso em: 3 set. 2016.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.

FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B.K.; BLANCHART, E.; RODRIGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Coord.) **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.** Oxon: CAB International, 1999. p. 01-25.

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, p. 361-372. 2007.

GÁRCIA-PRÉCHAC, F.; ERNST, O.; SIRI-PRIETO, G.; TERRA, J. A. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 77, p. 1-13, 2004.

GARDNER, C.M.K.; LARYEA, K.B.; UNGER, P.W. **Soil physical constraints to plant growth and crop production.** Roma: FAO, 1999. 106 p.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1231-1250, 2001.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Influence of stock camping behavior on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, Amsterdam, v. 28, p. 253-258, 1999.

HEGER, T. J.; INFERKD, G.; MITCHELL, E. A. D. Special Issue on Bioindication in soil ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 49, p. 1-4, 2012.

HEID, D. M.; DANIEL, O.; GLASER, D. F.; VITORIONO, A. C. T.; PADOVAN, M.P. Edaphic mesofauna of land use systems in two soils in the state of Mato Grosso do Sul. **Revista de Ciência Agrárias**, Belem (Pará), v. 55, n. 1, p. 17-25, 2012.

HORFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; ROMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, Paris. v. 37, p. 229-235, 2001.

HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, V. M. S.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, A. L. H.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o maeno do solo em areia, Paraiba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 121-125, 2009.

HUERTA, E.; WAL, H. Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. **European Journal of Soil Biology**, Paris. v. 50, p. 68-75, 2012.

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**, Pelotas, v. 19, p. 56-66, 2013.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, Madison. v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KARLEN, D.L.; STOTT, D. A framework for evaluating physical and chemical indicators. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American, 1994. p.53-72. (Special Publication, 35).

KAUTZ, L. F.; ELLMER, C. F. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long term field experiment in Central Spain. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 278-285, 2006.

KLUTHCOSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. de.. **Renovação de pastagem do cerrado com arroz: I Sistema Barreirão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP. 20 P. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 33). 1991.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock, Texas: Tech University Press, 2009. 807 p.

LAVELLE, P. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654p.

LE ROUX, X.; POLY, F.; CURREY, P.; COMMEAUX, C.; HAI, B.; NICOL, G. W.; PROSSER, J. I.; SCHLOTTER, M.; ATTARD, E.; KLUMPP, K. Effects of aboveground grazing on coupling among nitrifier activity, abundance and community structure. **The ISME Journal**, v. 2, p. 221-232, 2008.

LEIVAS, F. W.; FISCHER, M. L. Avaliação da composição de invertebrados terrestres em uma área rural localizada no município de Campina Grande do Sul, Paraná, Brasil. **Biotemas**. Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 65-73, 2008.

MANHAER, C. M. C.; FRANCELINO, F. M.A. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, Ituverava, v.9, n.2, 2012. DOI: 10.3738/1982.2278.701.

MARAUN, M.; VISSER, S. & SCHEU, S. Oribatid mites enhance the recovery of the microbial community after a strong disturbance. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, p. 175-181. 1998.

MIGLIORINI, M.; PIGINO, G.; BIANCHI, N.; BERNINI, F.; LEONZIO, C. The effects of heavy metal contamination on the soil arthropod community of a shooting range. **Environmental Pollution**. v.129, p. 331-340, 2004. DOI: 10.1016/j.envpol.2003.09.025.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas no Brasil**. Editora Holos, Ribeirão Preto, SP, 2008. P. 288.

MOREIRA, F. M. S, CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STRUMER, S. L. O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. In: MOREIRA, F. M. S. et al. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: Editora UFLA, 2013. p. 15–30.

NUNES, L. A. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 043- 049, 2009.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura- pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 46, p. 1262-1268, 2011.

PULLEMAN, M.; CREAMER, R.; HAMER, U.; HELDER, J.; PELOSI, C.; PÉRES,

G.; RUTGERS, M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services: an overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 5, p. 529-538, 2012.

RIEFF, G. G.; MACHADO, R. G.; STROSCHEIN, M. R. D.; SÁ, E. J. S. Diversidade de famílias de ácaros e colembolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1p. 67-61, 2010.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, W. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores de recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 9, n. 4, p. 1061-1068, 2009.

RUIZ, N.; LAVELLE, P.; JIMENEZ, J. **Soil macrofauna field manual**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2008. 101p.

SÁ, M.A.C.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M.S. Comparison of methods for aggregate stability studies in soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p. 1825-1834, 2000.

SANTOS, S.A.P.; CABANAS, J.E.; PEREIRA, J.A. Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v.43, p. 77-83, 2007.

SAUTTER, K.D. & H.R. DOS SANTOS. Recuperação de solos degradados pela mineração de xisto, tendo como bioindicadores insetos da ordem Collembola. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, v. 11, p. 85-91. 1991.

SCHOWALTER, T. D.; ZHANG, Y. L.; RYKKEN, J. J. Litter invertebrate responses to variable density thinning in western washington forest. **Ecological Applications**. Tmepe, v. 13, p. 1204-1211, 2003.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 30, p. 725- 731, 2008.

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

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: John Wiley, 1994. 496 p.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of Bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, p. 429-437, 1998.

VELÁSQUEZ, E.; FONTE, S. J.; BAROT, S.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.;

LAVELLE, P. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 56, p. 43-50, 2012.

WAHL, J. J.; THERON, P. D.; MABOETA, M. S. soil mesofauna as bioindicators to assess environmental disturbance at a platinum mine in South Africa. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 86, p. 250-260, 2012.

ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, J.; KICHEL, A. N. **Uso da ILP como estratégia na melhoria da produção animal**. EMBRAPA. Disponível em: <<http://cpamt.sede.embrapa.br/biblioteca/capacitacao-continuada-de-tecnicos-da-cadeia-produtiva-de-bovinos-de-corte/modulo-03/Uso-ILP-estrategia-melhoria-producao-animal-Ademir-Zimmer.pdf/view>>. Acesso: 24 fev. 2014.