

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

Bioindicadores de qualidade do solo em agroecossistemas

Rafael Aparecido Crepaldi

Dourados – MS.
Agosto de 2011

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Rafael Aparecido Crepaldi

**BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM
AGROECOSSISTEMAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Orientador: Rogério Silvestre

Dourados – MS.
Agosto de 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C917b	Crepaldi, Rafael Aparecido. Bioindicadores de qualidade do solo em agroecossistemas. / Rafael Aparecido Crepaldi. – Dourados, MS : UFGD, 2011. 51p. Orientador: Prof. Dr. Rogério Silvestre. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Formigas. 2. Indicadores biológicos. 3. Fauna edáfica. I. Título.
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

“Bioindicadores de qualidade do solo em agroecossistemas”

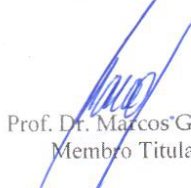
Por

Rafael Aparecido Crepaldi

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Entomologia



Prof. Dr. Rogério Silvestre
— Orientador - UFGD



Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes
Membro Titular – UFGD



Dr. Eduardo Mitio Shimbori
Membro Titular – EMBRAPA

Aprovado em: 29 de Agosto de 2011

Biografia do Acadêmico

Rafael Aparecido Crepaldi, nascido em Monte Aprazível no dia três de Agosto de 1984. Filiação: Antônio Wanderley Crepaldi e Dirce Marçon Crepaldi. Coursou o ensino fundamental na Escola Raul Vieira Luz, o ensino médio na E.E.P.S.G: Capitão Porfírio de Alcântara Pimentel.

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Grande Dourados (2009) e mestre Entomologia e Conservação da Biodiversidade na UFGD. Tem experiência em Agroecologia e biodiversidade de insetos. Atuando nas seguintes áreas: Bioindicadores, Agroecologia e Sistemas Agroflorestais com ênfase na biodiversidade de organismos do solo e conservação do solo.

Uma Relação de Agradecimentos

Aos meus pais, Dirce Marçon Crepaldi e Antônio Wanderley Crepaldi, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida;

À minha irmã Márcia Fernanda Crepaldi

À minha avó, Helena Rigueti Crepaldi que me ensinou o valor das coisas e a lucides da vida;

Ao meu avô Vergílio Crepaldi, que está se transformando em matéria orgânica nesse momento. Um dos últimos produtores agroflorestais e não ambiciosos do século XX. Morador bárbaro do Estado de São Paulo nasceu no início da segunda Guerra mundial e viveu até parte do século XXI. Com toda a revolução industrial e tecnológica ele não conhecia o dinheiro, suas conversas se direcionavam somente para a Agricultura Alternativa e as Construções de Baixo Impacto contra o meio-ambiente.

Aos meus tios Célia Benta Crepaldi Borgato e Antonio Borgato pelo apoio e incentivo para que eu seguisse em frente, que as coisas eram assim mesmo;

Ao meu orientador Rogério Silvestre, por ter aguentado meus devaneios acerca da construção de uma Agricultura Alterativa e de cunho Camponês;

Ao meu co-orientador Fábio Martins Mercante, por coordenar o presente trabalho e ter me recebido na Embrapa Agropecuária Oeste de mãos abertas para o desenvolvimento de trabalhos para o PROBIO II (Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para a Biodiversidade);

A toda a equipe da Embrapa Agropecuária Oeste, Irzo, Luciane, Leosmar, Paula, Vladimir, Ingrid, Sadrac e Lucimeire, pela ajuda no processamento das análises microbiológicas no laboratório;

Aos membros do Exército de Libertação da Natureza, Murilo Moressi, Tiago Henrique Auko, Manoel Fernando Demétrio, Breno Trad, Vander Carbonari, Hadassa e Dalponte;

Aos amigos de faculdade: Alcides Moraes Neto (Cidão), Daniel Alves dos Santos (Xuxa), Marcos Soares Junior (Marquim), Felipe Varussa de Oliveira (Felpex), Opalão, Mateus, Juliana, Rafiusk e Finim;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pelos conhecimentos e aperfeiçoamento profissional adquiridos;

Aos professores do curso de Graduação em Ciências Biológicas pelos conhecimentos adquiridos;

Aos companheiros de Mestrado: Emilio Colzan, Roberto Chichera, Felipe Zambão (Pinguin), Japonês, Samir, Érica, Greici e Charlote;

Aos tripulantes do Sítio João de Barro, Tales, Bia, Lara, Luana, Felipe, Garaio, Gloria e toda vizinhança;

Ao Dr. Rogério Ferreira da Silva pelas fotos da área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste e por seus esforços e trabalhos com a macrofauna do solo;

A todos os amigos de Monte Aprazível, terra natal, Bruno, Jair, Giovani, Eduardo, Douglas, Carla, Juliana, Vanessa, Marília, Birolo, Sandro, Patrícia, Jairzinho e por ai vai;

Aos companheiros da FAO, PNUD e FUNAI: Lia, Vander, Luciana, Anastácio, Maurício, Cleber, Renan, Renata, Mauricio, Jerusa por me resgatarem das profundezas espirituais do inconsciente e À CAPES.

Dedicatória

Sofia Rodrigues Crepaldi

Caio Felipe Borges de Oliveira

In memoriam: Vergílio Crepaldi

Fábio Martins Mercante

Obrigado!

Apresentação

A avaliação do potencial bioindicador de comunidades de qualquer agroecossistema requer informações prévias das populações que compõem essas comunidades. A partir dessa premissa a condição taxonômica do grupo seria importante como ferramenta da bioindicação. Desta forma, grupos taxonômicos supra-específicos ou supra-genéricos, como família e ordem não seriam eficientes para indicar de forma mais refinada as alterações advindas das diferentes formas de manejo do solo em sistemas agropecuários. A identificação dos organismos da população avaliada em espécie revelaria as diferentes formas de ocupação do nicho, ratificando a importância da espécie como unidade funcional básica dentro do nível de organização.

Portanto, o grupo taxonômico escolhido, no presente trabalho, para um melhor refinamento taxonômico foi a família Formicidae, onde os espécimes foram identificados com referência às espécies depositadas no Museu de Biodiversidade da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados. Esta é a primeira coleção científica de formigas na Região Centro-Oeste do Brasil e demonstra toda sua importância perante as investigações acerca dos bioindicadores de qualidade do solo em agroecossistemas. A formação de uma coleção científica específica pode propiciar também a realização de estudos referentes a outras óticas de investigação, com inferências de ordem taxonômica, biogeográfica e ecológica.

A essência do presente trabalho consiste em avaliar como diferentes práticas agrícolas interagem com a comunidade da macrofauna edáfica, visando relacionar a presença ou ausência de algum grupo, espécie ou guilda com a qualidade do solo, comparando as comunidades de diversos manejos do solo (Sistema Plantio Direto, Sistema Integração Lavoura Pecuária e Sistema Convencional) tendo como referência o sistema natural local (Cerrado e Floresta Semidecidual).

Os estudos relacionados nesta dissertação estão inseridos nas atividades vinculadas ao projeto “PROBIO II - Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para a Biodiversidade”, que integra o Acordo de Doação do Fundo Fiduciário do Fundo Mundial para o Meio Ambiente – GEF. O trabalho foi realizado no Campus Experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, município de Dourados, MS.

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial que os bioindicadores avaliados (microbiológicos, formigas e macrofauna) têm para aferirem a qualidade do solo e, até que ponto as condições taxonômicas podem influenciar nos critérios de bioindicação. O trabalho foi conduzido em Dourados, Mato Grosso do Sul, abrangendo diferentes agroecossistemas: sistema integrado lavoura-pecuária em plantio direto, lavoura em sistema plantio direto, sucessão de culturas agrícolas sob preparo convencional do solo, pastagem contínua e dois fragmentos de vegetação nativa, um do bioma Cerrado e o outro de Floresta Semidecidual. A avaliação dos bioindicadores ocorreu no período chuvoso (janeiro de 2010), sendo as amostragens conduzidas de acordo com os protocolos vigentes para cada grupo avaliado. Para avaliar o potencial de bioindicação das formigas foi realizada uma amostragem utilizando-se o aparelho de Winkler, seguindo a metodologia do protocolo *A.L.L* (Ants of the Leaf Litter), as formigas foram identificadas em nível de morfo-espécies para testar a hipótese de que a condição taxonômica do grupo seria importante como ferramenta da bioindicação. A macrofauna foi amostrada segundo a metodologia do protocolo TSBF (Tropical Soil Biology e Fertility). Os atributos microbiológicos (carbono da biomassa microbiana, atividade microbiana, quociente microbiano e o quociente metabólico) foram avaliados para compreendermos a dinâmica entre os micro e macro-organismos do solo. Foram coletadas 48 morfoespécies de formigas, distribuídas em 25 gêneros e seis subfamílias nos diferentes sistemas avaliados. Na avaliação para aferição da macrofauna edáfica foram capturados 1.385 indivíduos, distribuídos em 12 ordens e 21 famílias identificados nos tratamentos. De acordo com os resultados obtidos os gêneros de formigas *Strumigenys* e *Hypoponera* apresentam-se como potencial bioindicador por serem encontrados em solos estruturados com uma palhada permanente. Para uma aferição mais refinada dos bioindicadores de qualidade do solo em agroecossistemas é necessária a integração de diversos meios de se determinar os bioindicadores (Biomassa microbiana, Formigas e Fauna edáfica) tornando possível, assim, revelar as particularidades de cada agroecossistema.

Palavras-chave: Formigas, indicadores biológicos, fauna edáfica

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the potential of the evaluated bioindicators (microbiological, ants and macrofauna) to assess soil quality and to what extent taxonomic conditions may influence the bioindication criteria. The work was carried out in Dourados, Mato Grosso do Sul, covering different agroecosystems: integrated system of crop-livestock in no-tillage, no-tillage system, succession of agricultural crops under conventional soil preparation, continuous pasture and two fragments of native vegetation, one of the Cerrado biome and the other of the semideciduous forest. The evaluation of the bioindicators occurred in the rainy season (January 2010), and the samplings were conducted according to the protocols in force for each group evaluated. To evaluate the bioindication potential of the ants, a sampling was performed using the Winkler apparatus, following the methodology of the ALL (Ants of the Leaf Litter) protocol, the ants were identified at morpho-species level to test the hypothesis that the taxonomic condition of the group would be important as a tool of bioindication. The macrofauna was sampled according to the TSBF protocol (Tropical Soil Biology and Fertility). The microbiological attributes (microbial biomass carbon, microbial activity, microbial quotient and metabolic quotient) were evaluated to understand the dynamics between the micro and macro-organisms of the soil. A total of 48 morphospecies of ants were collected, distributed in 25 genera and six subfamilies in the different evaluated systems. In the assessment for soil macrofauna, 1,385 individuals were captured, distributed in 12 orders and 21 families identified in the treatments. According to the results obtained, the genera of ants *Strumigenys* and *Hypoponera* are presented as potential bioindicator because they are found in soils structured with a permanent straw. For a more refined assessment of soil quality bioindicators in agroecosystems, it is necessary to integrate several means of determining the bioindicators (microbial biomass, Ants and Fauna edaphic) making it possible to reveal the particularities of each agroecosystem.

Key words: Ants, biological indicators, edaphic fauna

SUMÁRIO

1 - Introdução	13
2 – Objetivos	15
2.1 - Objetivo Geral	15
2.2 - Objetivos Específicos	15
3 – Hipóteses	16
4 - Revisão bibliográfica	16
4.1 – Bioindicadores de qualidade do solo em agroecossistemas	16
4.2 - O funcionamento biológico do solo	18
5 - Material e Métodos	20
5. – Caracterização da área experimental e sistemas de manejo	20
5.2 – Metodologia amostral	22
5.2.1 – Fauna de formigas de serapilheira	22
5.2.2 – Fauna de invertebrados do solo	22
5.2.3 – Caracterização química do solo	23
5.3 – Atributos microbiológicos	23
5.3.1 – Determinação do carbono da biomassa microbiana (C-BMS)	23
5.3.2 – Determinação da atividade microbiana (C-CO ₂)	24
5.3.3 – Determinação do quociente metabólico (qCO ₂)	24
5.3.4 – Determinação do quociente microbiano (qMIC)	24
5.4 – Análises estatísticas	24
6 – Resultados e Discussão	25
7 – Conclusões	39
8 – Referências bibliográficas	42
Anexo A - Riqueza da comunidade de formigas	47
Anexo B - Densidade da comunidade de fauna invertebrada	49
Anexo C – Sistemas de produção avaliados	51
Anexo D – Sistemas naturais avaliados	52

1. INTRODUÇÃO

Comunidades ou indivíduos da fauna edáfica têm potencial para serem utilizados como bioindicadores de qualidade do solo (Wink *et al.*, 2005; Ré, 2007). Nesse caso, então, depende do ecossistema a ser avaliado, do objetivo da avaliação, do recurso financeiro disponível e do nível de especialização do investigador.

Entre os organismos que constituem a fauna do solo, a macrofauna edáfica compreende os maiores invertebrados (organismos com mais que 10 mm de comprimento ou com mais de 2 mm de diâmetro corporal), como minhocas, coleópteros em estado larval e adulto, centopéias, cupins, formigas, piolhos de cobra, dípteros e aracnídeos (Wolters, 2000; Lavelle e Spain, 2001).

Muitos trabalhos, no Brasil, relacionados à utilização de bioindicadores têm utilizado critérios taxonômicos supragenéricos para identificação da macrofauna do solo (Cordeiro *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 2010). Entretanto, há que considerar se a bioindicação depende de profundos conhecimentos taxonômicos ou não. No caso das formigas que compreendem um dos grupos de insetos terrestres mais comumente adotados como bioindicadores (Correia, 2002), se as classificarmos em guildas, grupos de espécies que partilham o mesmo tipo de recurso alimentar de maneira escalonada no espaço-tempo (Root, 1967), seriam mais evidentes a expressão das condições do ambiente avaliado, pois qualquer distúrbio se revelaria na sobreposição de espécies de mesma guilda. Entretanto, a utilização desses insetos como bioindicadores requer especialização para a identificação das espécies, e ainda, um conhecimento prévio das relações ecológicas que ocorrem entre as espécies.

A agricultura tem sido considerada como um dos principais agentes de fragmentação dos ecossistemas, alterando a paisagem local e, conseqüentemente, a composição e a estrutura das comunidades biológicas do solo (Lavelle, 2002). Dentre estas comunidades estão as formigas, com cerca de 12.577 espécies, distribuídas em 21 subfamílias em todo mundo, com destaque, para região Neotropical, com 3.100 espécies viventes e distribuídas em 15 subfamílias e 121 gêneros (Agosti, 2005).

A mirmecofauna tem sido utilizada como bioindicador da qualidade de sistemas naturais, por apresentar grande complexidade estrutural e sensibilidade às mudanças do ambiente (Andersen, 1997). Com um protocolo de coletas bem definido, as formigas (Hymenoptera/Formicidae) apresentam grande densidade e riqueza de espécies locais e regionais e são facilmente separadas em morfoespécies, o que agiliza os processos de identificação de inventários rápidos de diversidade (Hölldobler e Wilson, 1990). A descrição

da diversidade de Formicidae e dos processos responsáveis de sua manutenção é importante para modelar planos de conservação de ecossistemas naturais ou ameaçados, além de contribuir para estudos biogeográficos, ecológicos e taxonômicos (André *et al.*, 2002).

Outra forma de avaliar o potencial dos bioindicadores pode ser encontrada na biomassa microbiana do solo. A atividade da biomassa é avaliada pela evolução do CO₂ *in situ* ou em laboratório. Os atributos da biomassa microbiana do solo têm sido utilizados como indicadores sensíveis da condição ambiental (Vargas, 2003). Os métodos de quantificação da biomassa microbiana do solo são bastante variados e permitem avaliação do *pool* de carbono e, também, de outros nutrientes contidos nos microrganismos (Roscoe *et al.*, 2006).

A razão entre o CO₂ evoluído e o *pool* de carbono da biomassa microbiana fornece o quociente metabólico ou taxa de respiração específica ($q\text{CO}_2$), que indica o estado metabólico dos microrganismos e pode ser utilizada como um indicador de estresse/perturbação ou estabilidade do ecossistema (De-Polli e Guerra, 1997).

Estes microrganismos atuam na manutenção da matéria orgânica do solo, que é desejável para a sustentabilidade do uso do solo, em razão dos múltiplos benefícios sobre o *status* de nutrientes e sobre a capacidade de retenção da água na estrutura do solo (Tótola e Chaer, 2002). As alterações decorrentes dos diferentes tipos de manejo do solo provocam efeitos na biomassa microbiana, antes de serem percebidos no teor de matéria orgânica do solo (Carter, 1986; Silva e Resck, 1997).

Desta forma, um solo de alta qualidade possui atividade biológica intensa e contém populações microbianas balanceadas, sendo vários os indicadores microbiológicos que podem fornecer uma estimativa de qualidade do solo (Tótola e Chaer, 2002). Neste contexto, as práticas de manejo que preconizam uma menor movimentação do solo e promovem um menor impacto ambiental têm recebido maior atenção, por promover incrementos nos estoques de C no solo e contribuir para sua retirada da atmosfera. A biomassa microbiana é controlada pelo acúmulo de restos culturais, que irão se decompor, regulando o fluxo de matéria orgânica e energia no solo (Roscoe *et al.*, 2006). Por meio dessa abordagem, tem sido demonstrado que a biomassa microbiana responde, de maneira diferenciada, aos manejos agrícolas adotados em cada agroecossistema (Catelan e Vidor, 1990; Moreira e Siqueira, 2002), tornando-se assim, um atributo sensível para avaliar a qualidade do solo.

A fragmentação de habitats naturais resulta na perda de importantes centros para a conservação da biodiversidade (Primack e Rodrigues, 2001). Na Região Centro-Oeste do Brasil, os sistemas com soja, milho e pastagem cultivada continuamente têm grande importância econômica e ocupa grande parte do território. Entretanto, a ocupação da

paisagem por agroecossistemas não a transforma em um ambiente totalmente inóspito a todas as espécies da fauna do solo. Neste contexto, o manejo de sistemas agropecuários, com o uso de coberturas vegetais, tem demonstrado benefícios na sustentabilidade e manutenção das propriedades do solo (Silva *et al.*, 2008). Contudo, são escassos estudos avaliando parâmetros ecológicos da comunidade da macrofauna em sistemas de integração lavoura-pecuária e plantio direto com rotação de culturas.

Portanto, o presente trabalho consiste em avaliar diferentes sistemas de manejo do solo, utilizando-se de indicadores microbiológicos e bioindicadores da fauna edáfica para aferição da qualidade do solo. No presente estudo pretende-se, ainda, caracterizar a comunidade de formigas do solo, a nível específico, em sistema integrado lavoura-pecuária, comparando sua diversidade com a de outros sistemas de manejo envolvendo agricultura e pecuária, separadamente, além de sistemas naturais da região (Cerrado e Floresta Semidecídua). Os sistemas agrícolas avaliados, para comparação, incluem o sistema convencional (aração e gradagem) e sistema plantio direto. A forma de manejo do solo com pastagem cultivada continuamente também será utilizado para aferição da qualidade do solo. A importância da condição taxonômica do grupo será avaliada como uma ferramenta eficiente de bioindicação sendo confrontada a macrofauna, identificada em nível de família, com as morfoespécies de formigas.

2. OBJETIVOS

2.1 - Objetivo geral

- Identificar o grupo biológico de maior potencial para utilização como indicador da qualidade do solo em sistemas agropecuários de produção.

2.2 - Objetivos específicos

- Avaliar o impacto de diferentes sistemas de manejo do solo, utilizando-se de indicadores microbiológicos e bioindicadores da fauna edáfica para aferição da qualidade do solo.
- Confrontar a macrofauna de solo com a mirmecofauna em termos de respostas às variáveis analisadas;

- Identificar e analisar a estrutura das guildas de formigas presentes nos diferentes sistemas de manejo agropecuário avaliado;

3. HIPÓTESES

A primeira hipótese gerada parte do pressuposto que a condição taxonômica do grupo é importante como ferramenta da bioindicação. Desta forma, grupos taxonômicos supraspecíficos ou supra-genéricos, como família e ordem não seriam eficientes para indicar de forma mais refinada as alterações advindas das diferentes formas de manejo do solo e de resposta aos atributos químicos e microbiológicos. A identificação até espécie revela diferentes formas de ocupação do nicho, ratificando a importância da espécie como unidade funcional.

As guildas como grupos de espécies que exploram os mesmos tipos de recursos, sobrepondo desta forma seu nicho multidimensional, representariam de forma mais eficiente a perda de unidade funcional nos diferentes tratamentos. A presença ou ausência de uma determinada guilda pode bioindicar a perda ou a hiperoferta de um determinado recurso alimentar.

Dentro da classe dos bioindicadores existem aqueles que são mais viáveis e respondem fielmente às mínimas alterações provocadas pelos sistemas agropecuários. Sendo assim, qual seria o grupo capaz de bioindicar (diversidade, microbiológico ou ecológico) os fatores relacionados com a fertilidade e qualidade do solo dentro dos sistemas avaliados.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 - Bioindicadores da qualidade do solo em agroecossistemas

Os bioindicadores são instrumentos que podem ser empregados para inferir sobre a qualidade do ambiente ou o efeito positivo ou negativo de algum agente estressor sobre os organismos vivos (Louzada *et al.*, 2000). Estes indicadores biológicos devem apresentar sua taxonomia, ciclo e biologia bem conhecidos, como também apresentar características de ocorrência em diversas condições ambientais ou serem limitados a certas áreas. Além disso, devem ser sensíveis às alterações ambientais para que possam ser utilizados no monitoramento das perturbações ambientais (Büchs, 2003).

Entre os insetos as formigas são consideradas ótimos indicadores do ambiente devido principalmente à sua característica social de formar colônias, são seres relativamente fiéis aos ambientes, não mostrando grandes flutuações sazonais de presença/ausência nas comunidades das quais fazem parte (Perfecto e Sediles, 1992; Santos e Marques, 1996).

Alguns estudos têm indicado que as formigas podem potencialmente ser utilizadas como bioindicadores, pois apresentam uma ampla distribuição geográfica, espécies localmente abundantes, possuem importância funcional nos variados níveis tróficos, separação em morfo espécies é relativamente fácil, ocupam nichos diversificados no ecossistema, podem ser classificadas em grupos funcionais e correlacionadas com fatores bióticos (Osborn *et al.*, 1999; Silva e Brandão, 1999; Silvestre e Silva, 2001).

O conhecimento sobre essas comunidades é de suma importância por nos fornecer uma imagem sobre a situação transitória ou permanente do ambiente avaliado, enfatizando sobre sua conservação ou degradação, frequentemente associada ao uso da terra pelo homem (Noss, 1990; McKenzie, 1995); impactos de práticas florestais, sucesso de recuperação ecológica, comparação de diferentes ferramentas de manejo, impacto de perturbações em áreas de conservação; avaliação da diversidade biológica (Oliveira e Brandão, 1991).

De ordem microbiológica, a biomassa microbiana é considerada como um ótimo bioindicador de qualidade do solo, pois é influenciada pelo sistema de cultivo, que, geralmente, afeta a densidade, diversidade e a atividade da população microbiana nos diferentes usos do solo (Doran e Parkin, 1994). Práticas agropecuárias, tipo de manejo do solo, aração, rotação de culturas e aplicação de agrotóxicos interferem na microbiota do solo (Lourente *et al.*, 2011). Estudos recentes têm demonstrado que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas convencionais, com o uso de arações e gradagens, tem resultado em decréscimo da qualidade do aporte de C nos diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo (Marchiori Júnior e Melo, 2000; Matsuoka *et al.*, 2003). Neste sentido, sistemas agrícolas convencionais têm sido caracterizados por ocasionarem perdas de carbono orgânico do solo, afetando negativamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, ocasionando baixos rendimentos nas culturas exploradas. Assim, a utilização de espécies vegetais de cobertura do solo em sistemas de manejo agrícola é de suma importância para recuperação e manutenção da sua qualidade, com reflexo no rendimento das culturas (Roscoe *et al.*, 2006). Neste sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos resíduos no solo, no tamanho da biomassa microbiana e, consequentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas (Mercante *et al.*, 2004).

Entre os sistemas conservacionistas para o Cerrado, a integração lavoura-pecuária, envolvendo a rotação de culturas anuais e pastagens, tem sido destacado como uma das alternativas para o manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos nos trópicos. Deve-se considerar que as pastagens, quando bem manejadas, são mais eficientes na reciclagem de nutrientes, reestruturação do solo, no armazenamento da água e na produção de matéria orgânica do que as culturas anuais, obtendo efeitos positivos na qualidade do solo (Marchão, 2007). Este sistema busca diversificar os sistemas de produção e superar os problemas advindos de cultivos anuais sucessivos, como plantas invasoras e doenças (Kluthcouski *et al.*, 2003). Alterações relativamente pequenas nas condições do sistema do solo, as quais desencadearão processos mais complexos de melhoria ou perda na sua qualidade, podem ser percebidas com a análise de atributos microbiológicos, como a biomassa microbiana do solo e seus índices derivados (Roscoe *et al.*, 2006). Neste contexto, deve-se salientar a importância em avaliar a biomassa microbiana do solo, que está envolvida na decomposição de materiais orgânicos do solo e ciclagem de nutrientes, sendo frequentemente relacionada como um indicador capaz de detectar mais precocemente as alterações no solo decorrentes de seu uso e manejo, antecedendo as detecções de mudanças provocadas nas propriedades químicas e físicas do solo nos agroecossistemas (Matsuoka *et al.*, 2003, Mercante *et al.*, 2004).

4.2 – O funcionamento biológico do solo

A matéria orgânica do solo é constituída por diversos compartimentos funcionais, dos quais a biomassa microbiana (constituída por fungos, actinomicetes, protozoários, bactérias, e algas), juntamente com as raízes e a fauna (macro e microrganismos) constituem a parte viva (Roscoe *et al.*, 2006). A matéria orgânica viva não ultrapassa o teor de 4% do carbono orgânico total do solo. O componente ‘morto’ da matéria orgânica pode contribuir com cerca de 98% do carbono orgânico total, podendo ser subdividido em matéria macrorgânica e húmus. A matéria macrorgânica, ou serapilheira, contém cerca de 10 a 33% do carbono orgânico total do solo. Basicamente, essa fração da matéria orgânica é composta por resíduos de plantas em vários estágios de decomposição. No caso de uma floresta tropical a abundância e a riqueza de formigas de serapilheira são de extrema importância ecológica (Campiolo e Delabie, 2003), isso por que a hiperdiversidade de formigas e a heterogeneidade de habitats, associados a esse segmento da mata, refletem diretamente na estrutura das comunidades locais de insetos. Metade da fauna de formigas, em florestas tropicais, está relacionada à serapilheira (Delabie e Fowler, 1995) e, cerca de 63% (aproximadamente 7600), de todas espécies

descritas do mundo, habitam o solo e/ou a serapilheira (Kaspari, 1996; Wall e Moore, 1999; Silva e Silvestre, 2000), podendo ocorrer mais de 30 espécies por metro quadrado de serapilheira (Silva, 2004).

O húmus é um compartimento que contém substâncias húmicas e não-húmicas. As substâncias não-húmicas são grupos de compostos orgânicos tais como carboidratos, lipídeos, ácidos orgânicos, pigmentos e proteínas. As substâncias húmicas constituem-se de moléculas humificadas em arranjos complexos. Esse compartimento é o principal componente da matéria orgânica do solo consistindo na reserva orgânica do solo (Leite e Mendonça, 2003).

O solo é um sistema aberto, onde o fluxo de matéria e energia é controlado por seus processos internos e por suas relações com o meio externo (Figura 1). O material de origem (rochas) serve de base para a formação da fração mineral, constituída por partículas de areia, silte e argila. Os diversos resíduos que entram no solo são transformados em matéria orgânica, podendo interagir com a fração mineral no processo de agregação do solo. Em uma primeira etapa, ocorre a interação da fração mineral com a matéria humificada, formando complexos organo-minerais. Em uma segunda etapa, com a inclusão de mais matéria orgânica humificada e parte de matéria macrororgânica há a formação de microagregados. Finalmente os microagregados se juntam formando os macroagregados. A energia necessária para a formação desses agregados maiores vem do crescimento de raízes e hifas fúngicas e da ação mecânica da biodiversidade (formação de galerias, escavação do solo, trituração de alimentos pelas mandíbulas e modificações impostas pelo trato digestivo), sendo que a estabilização depende dos polissacarídeos da matéria orgânica transitória (Roscoe *et al.*, 2006 *op. cit.*).

A fauna invertebrada do solo desempenha papel relevante na trituração, na distribuição do material orgânico e na movimentação mecânica do solo; além disso, influenciam indiretamente os microrganismos que mineralizam o material orgânico (Lourente *et al.*, 2007). A microbiota do solo regula as transformações da matéria orgânica e atua na manutenção da estrutura do solo (Mercante, 2001), na decomposição dos resíduos orgânicos e na assimilação do carbono (Jenkinson e Ladd, 1981), tornando, assim, importante a sua determinação para estimativa do tamanho do reservatório mais ativo e dinâmico da matéria orgânica para a conservação dos solos (Sparling, 1992; Wardle e Ghani, 1995). Assim, a biomassa microbiana do solo tem um importante papel, funcionando como reservatório de vários nutrientes para as plantas (Grisi e Graiy, 1986), representando um recurso vital para a conservação do solo e para a produção de alimentos.

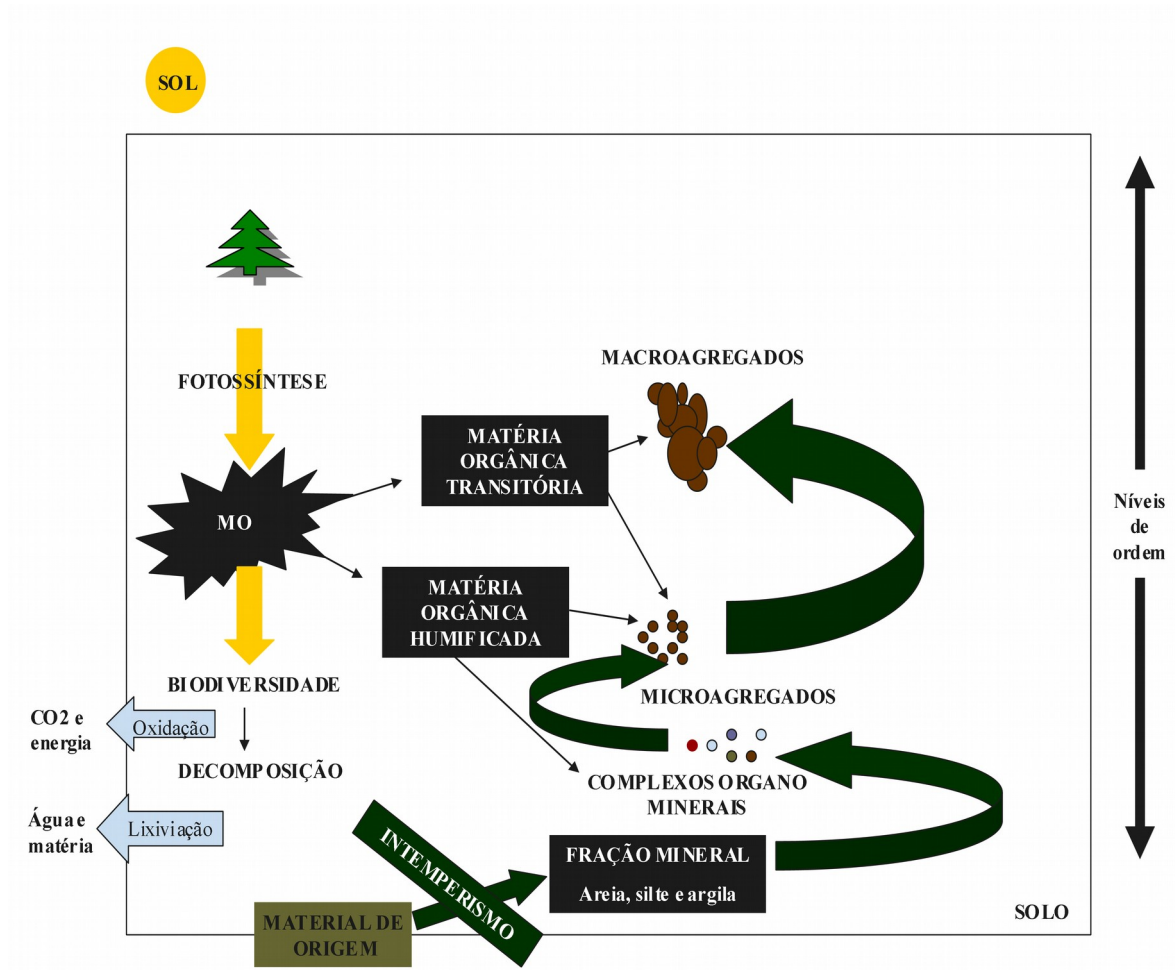


Figura 1 - Representação esquemática do processo de ordenação do solo, destacando os principais sub-processos e fluxo de energia e matéria. Modificado de Roscoe *et al.*, 2006.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 - Caracterização da área experimental e sistemas de manejo

O estudo foi realizado em janeiro de 2010, num experimento estabelecido desde 1995, na *Embrapa Agropecuária Oeste*, em Dourados, MS (22°14' S e 54°49' W), em Latossolo Vermelho distroférico típico, com 70% de argila. Os tratamentos de manejo do solo consistiram dos seguintes sistemas: **sistema convencional (SC)**, com cultivo de soja no verão e aveia no outono/inverno, sendo o solo preparado com o uso de grades de disco e utilização de herbicidas residuais em pré-emergência, ocupando uma parcela de 2,0 ha; **sistema plantio direto (SPD)**, caracterizado pelo não revolvimento do solo e rotações de culturas, tendo como culturas de verão o milho e a soja, intercaladas com trigo, aveia e nabo forrageiro. Este sistema está subdividido em três faixas, ocupando 2,0 ha cada; **Sistema integrado lavoura-**

pecuária (SI), caracterizado pela alternância de lavoura (soja/aveia) com pastagem (*Brachiaria decumbens*), conduzido no SPD, com ciclo de dois anos. Cada subparcela ocupa 4,0 ha, totalizando 8,0 ha, sendo que a gleba com pastagem tem sido submetida à pastejo rotativo por bovinos; **Pastagem contínua (PC)**, abrangendo uma área de 4,0 ha com pastagem de *B. decumbens*, manejada em pastoreio rotativo. Na implantação do modelo físico dos sistemas de produção, foi estabelecido um plano de amostragem, obedecendo a um croqui previamente definido, com 30 m de intervalo entre os pontos, possibilitando o georeferenciamento de todas as amostragens (Figura 2). Para comparação, foram avaliados dois sistemas sob vegetação nativa da região (Anexo D), em áreas adjacentes aos sistemas manejados: Floresta Semidecídua (FS) e Cerrado (CE).

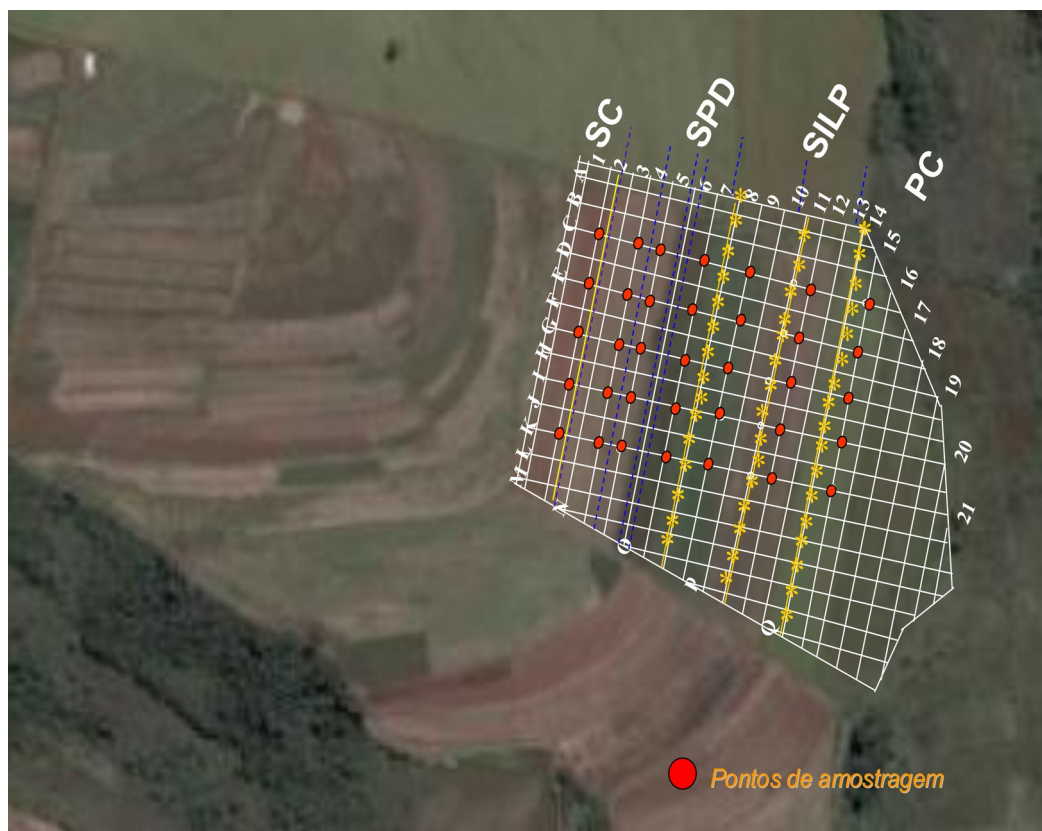


Figura 2 - Croqui da área experimental predeterminada. O sistema plantio direto (SPD) é dividido em três faixas cultivadas com milho, soja e soja na primavera/verão e com aveia, trigo e nabo forrageiro no outono/inverno, no sistema convencional (SC) é cultivada soja na primavera/verão e aveia no outono/inverno no sistema integração lavoura pecuária (SI) ocorre a alternância entre lavoura (soja e aveia) e pecuária e na pastagem contínua (PC) o gado é criado intensivamente.

5.2 - Metodologia amostral

5.2.1 - Fauna de formigas da serapilheira

As formigas foram coletadas seguindo-se o Protocolo *All* (Ants of leaf litter) (Agosti e Alonso, 2000). Em cada sistema avaliado foram definidos, cinco pontos de amostragem

equidistantes em 30 m, ao longo de um transecto. Em cada ponto uma parcela de 1m² de serapilheira/solo foi recolhida e peneirada com peneira de malha 0,5mm. O volume recolhido com cerca de 2 quilos foi transferido para saquinhos de malha e dependurados dentro dos extratores do tipo mini-Winkler. Os espécimes de formigas foram montados e identificados em nível específico seguindo os guias de identificação disponíveis (Bolton, 1994; Fernandez, 2003) e por comparação com a coleção científica do Museu da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados. As formigas foram classificadas em guildas de acordo com os trabalhos de (Silva e Brandão, 2010 e Silvestre, 2000).

5.2.2 - Fauna de invertebrados do solo

A fauna do solo foi amostrada adjacente à fauna de serapilheira (Figura 3) através da extração de um monólito de solo de 0,25 x 0,25 m de largura e 10 cm de profundidade, de acordo com as recomendações de Anderson e Ingram (1993). A comunidade da fauna invertebrada das amostras de solo foram triadas manualmente, e os organismos encontrados, com mais que 10 mm de comprimento ou com diâmetro corporal superior a 2 mm, foram extraídos e armazenados numa solução de álcool 70%. Com auxílio de lupa binocular, procedeu-se à identificação e contagem dos organismos. Além disso, os organismos foram separados, de acordo com estágio de desenvolvimento, em adultos e imaturos.



Figura 3 - Camada superficial (0 – 10 cm) do perfil do solo onde foram realizadas as amostragens da fauna invertebrada. Foto: Rafael Aparecido Crepaldi.

5.2.3 - Caracterização química do solo

Paralelamente às amostragens da fauna foram realizadas amostragens do solo para

caracterização química e o conteúdo de matéria orgânica. Todo material foi processado e determinado no Laboratório de Análises de Solos da *Embrapa Agropecuária Oeste*, utilizando a metodologia descrita por Claessen (1997). A finalidade dessa caracterização tem como premissa captar a essência que a biodiversidade apresenta sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo e verificar como ocorre a renovação dos nutrientes essenciais no desenvolvimento normal da vida.

5.3 – Atributos microbiológicos do solo

5.3.1 – Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana (C-BMS)

As determinações do C da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foram realizadas pelo método fumigação-extração, proposto por Vance *et al.* (1987). Inicialmente, as amostras de solo foram maceradas, peneiradas (2mm) e umedecidas a uma condição de capacidade de campo. Em seguida, pesadas em triplicatas, sendo três amostras (20,0g) fumigadas com clorofórmio previamente purificado e deixadas por vinte e quatro horas em dessecadores mantidos hermeticamente fechado em ambiente escuro.

Após 24h, realizaram-se aspirações sucessivas com a bomba de vácuo até que o clorofórmio fosse totalmente eliminado dos frascos, sendo realizada a extração do carbono com 50ml K_2SO_4 0,5 M nas amostras fumigadas e nas não fumigadas, agitando-se por 30 minutos em aparelho de agitação com movimento circular horizontal (250 rpm). Após 30 minutos de extração sob agitação, as amostras foram filtradas (filtros para filtração rápida ou o Inlab 50). Para quantificação do carbono utilizou-se a metodologia proposta por Bartlett e Ross (1988) e tem como princípio a utilização do permanganato de potássio como agente oxidante. Para a preparação das amostras para a leitura, foram Pipetados 2 mL do extrato filtrado e 3 ml de água destilada para tubos de ensaio e em seguida adicionado, em ordem, 2,5 mL da solução de trabalho e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Em seguida, as amostras foram agitadas e deixadas em repouso por um período de duas horas. Após este período, a leitura foi realizada, em absorbância da curva padrão e das amostras em espectrofotômetro, utilizando-se um comprimento de ondas de 495 nm.

5.3.2 – Determinação da atividade microbiana (C-CO₂)

No presente estudo, foi utilizado o método da respirometria (evolução de CO₂), modificado por De-Polli e Guerra (1997). Amostras de 50g de solo foram colocadas em

frascos, individualizadas. Além da amostra de solo, foi colocado, em cada frasco, um recipiente com 10 mL de NaOH 1,0N, para absorver o CO₂ liberado pela respiração microbiana. Após um período de incubação (sete dias), foram feitas as titulações do NaOH com HCl 0,5N, acrescentando-se 2 mL de solução saturada de BaCl₂ para precipitação de Na₂CO₃ e duas gotas de fenoftaleína. O cálculo do CO₂ liberado foi dado pela diferença entre os volumes de HCl gastos para titular a amostra de soda no frasco com solo e na prova em branco, transformando estes valores para massa de CO₂ por massa de solo.

5.3.3 – Determinação do quociente metabólico (qCO_2)

O quociente metabólico foi definido pela relação entre respiração e o C da biomassa microbiana, conforme Anderson e Domsch (1990): (g C-CO₂. µg Cmic⁻¹ h⁻¹) 10⁴.

5.3.4 – Determinação do quociente microbiano ($qMIC$)

Os índices da qualidade nutricional da matéria orgânica foram expressos pelo quociente microbiano, definido pela relação entre o C da biomassa microbiana e o C orgânico total do solo.

5.4 – Análises estatísticas

Para se compreender o papel da diversidade de formigas sobre a atividade da comunidade microbiana e dos fluxos de matéria orgânica e Carbono da biomassa microbiana foi realizada uma análise paramétrica de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$). As análises foram realizadas através do programa Biostat (versão 5.0) (Ayres *et al.*, 2007). Os índices de diversidade, Shannon-Weaver (H'), da comunidade de formigas e da macrofauna foram calculados com auxílio do programa EstimateS, versão 8.2 (Colwell, 2005).

Para responder à hipótese de como a biodiversidade da macrofauna contribui para o processo de conservação do solo foi realizada uma análise de principais componentes (PCA) dos atributos químicos, físicos e microbiológicos dos diferentes manejos dos solos, essa análise recupera gradientes de ordem não biológica (atributos físicos e químicos). Para recuperar os gradientes de ordem biológica a diversidade da macrofauna foi submetida à análise de agrupamento, adotando-se o método do vizinho mais distante a partir da Distância Euclidiana, para descrever a similaridade entre os sistemas estudados e, para a comunidade de formigas foi realizada uma análise de agrupamento a partir do índice de Bray Curtis.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo do pressuposto de que a condição taxonômica do grupo seria importante como ferramenta da bioindicação as formigas (Hymenoptera-Formicidae), coletadas de acordo com o Protocolo *All* (Ants of leaf litter) (Agosti e Alonso, 2000) foram identificadas em nível de espécies. Desta forma, grupos taxonômicos supra-específicos ou supra-genêricos, como família e ordem não seriam eficientes para indicar de forma mais refinada as alterações advindas das diferentes formas de manejo do solo. A identificação até espécie revela as diferentes formas de ocupação do nicho, confirmando a importância da espécie como unidade funcional, além de permitir um melhor refinamento bibliográfico acerca do comportamento das espécies, o que pode levar à classificação das espécies em grupos funcionais ou guildas.

Para verificar se a condição taxonômica é uma importante ferramenta para aferição do potencial bioindicador de um organismo a macrofauna edáfica foi coleta seguindo se o método TSBF (Tropical soil biology e fertility) (Anderson e Ingran, 1993), e identificada a nível de família, incluindo as formigas coletadas por esse método.

Ambas as avaliações foram realizadas na safra 2009/2010. Foram coletadas 48 morfoespécies de formigas, distribuídas em 25 gêneros e seis subfamílias nos diferentes sistemas avaliados (Anexo A). Dezesesseis espécies (33,5%) foram representadas por apenas um registro em todos os sistemas avaliados, evidenciando a contribuição que as espécies menos frequentes apresentam para a composição da biodiversidade. Na avaliação para aferição da macrofauna edáfica foram capturados 1.385 indivíduos, distribuídos em 12 ordens, 21 famílias e três grupos de imaturos (larvas) identificados nos tratamentos. A maioria das famílias coletadas foi identificada como sendo da ordem Coleoptera (seis), (adulto e larva). A ordem Diptera (adulto e larva) foi representada por três famílias e as ordens Araneae e Isoptera, por duas famílias; as outras ordens, Hymenoptera, Orthoptera, Dermaptera, Collembola, Thysanura, Geophilida, Blatodea e Tubificina, por uma família (Anexo B).

Bioindicadores de diversidade

Muitos trabalhos têm utilizado índices de diversidade (ex: Shannon-Wiener, e Simpson) para verificar o potencial bioindicador da fauna edáfica em agroecossistemas (Silva *et al.*, 2006; Aquino *et al.*, 2008). A interpretação destes resultados tem sido atribuída basicamente em correlações entre a diversidade e riqueza de espécies dos agroecossistemas com os sistemas naturais.

Na figura 4 foi feita uma comparação entre os índices de diversidade de Shannon-Wiener da macrofauna e da comunidade de formigas.

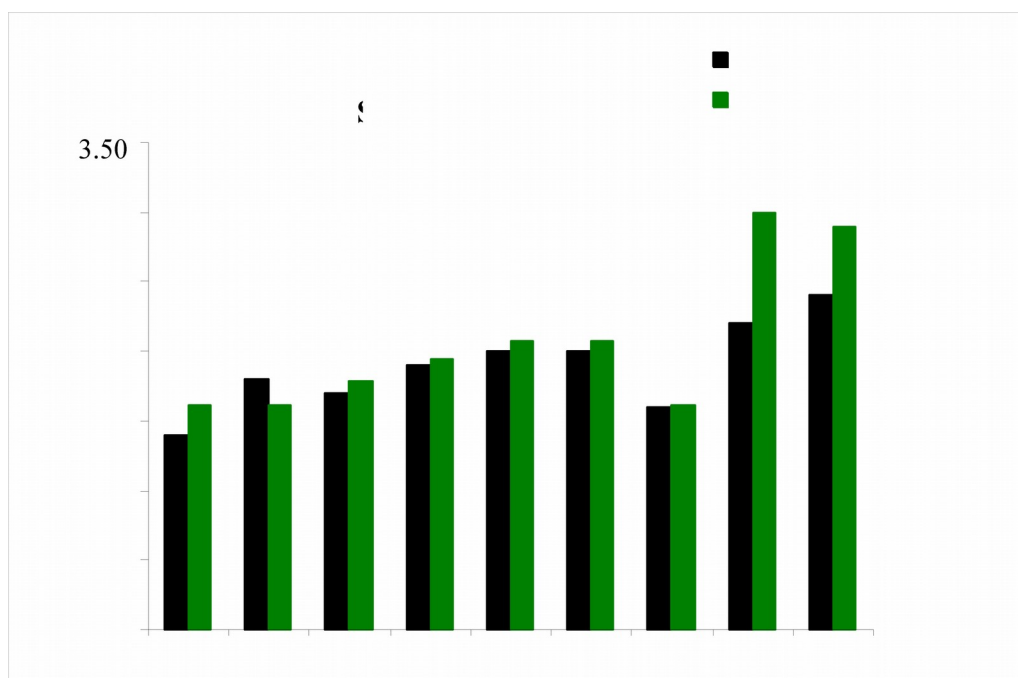


Figura 4 - Comparação entre os índices de diversidade entre a macrofauna e a comunidade de formigas nos diferentes sistemas avaliados: sistema convencional (SC), pastagem contínua (PC), sistema plantio direto (SPD-a, SPD-b, SPD-c), sistema integrado (SI-a e SI-b), Cerrado (CE) e Floresta Semidecídua (FS). Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. Janeiro de 2010.

Os resultados mostram que a diversidade de formigas, quando comparada com a diversidade da macrofauna, é mais alta nos sistemas naturais, e que essa diferença se reduz nos agroecossistemas, com exceção do SPD-a, em que a diversidade da macrofauna foi maior que a de formigas. Essa diferença pode estar relacionada com os critérios taxonômicos aplicados, para classificação dos grupos, em que os índices de diversidade são aferidos para computar organismos a nível (taxonômico) de espécies e não em nível de famílias. O índice de Shannon-Wiener é calculado através da seguinte fórmula: $H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$, onde H' = índice de diversidade, p = espécies encontradas, S = riqueza específica. No anexo B é apresentada uma tabela com a densidade da macrofauna, coletada pelo método TSBF. Através dela observa-se que a família Formicidae está presente em todos os ecossistemas avaliados, desta forma não seria possível verificar se as formigas são bioindicadores de qualidade do solo de agroecossistemas, pois o refinamento taxonômico não permite distinguir a magnitude das diversas funções edáficas realizadas pelas formigas, corroborando com os resultados de Bucks (2003). No anexo A é apresentada uma tabela com a riqueza de espécies de Formicidae, coletadas de acordo com o protocolo ALL. Em todos os sistemas avaliados a família Formicidae foi amostrada, porém a composição da comunidade de formigas, quando

avaliada em nível de espécies, sofre forte influência perante aos meios de produção agropecuária, apresentando-se como potencial bioindicador dos sistemas de manejo agropecuários.

A correlação positiva entre a diversidade de formigas e a quantidade de matéria orgânica ($r = 0,7391$ e $p = 0,0228$) sugere que os agroecossistemas que apresentam maior suprimento de resíduos de culturas anteriores são capazes de abrigar uma fauna intimamente associada à serapilheira, como é o caso de grupos crípticos como: *Hypoconer* e *Strumigenys*. À medida que aumenta a matéria orgânica no solo, a diversidade cresce de valor (Figura 5). Entre os sistemas com interferência antrópica, verificou-se que o sistema integrado lavoura-pecuária apresentou a maior diversidade de formigas, provavelmente em função da maior disponibilidade de resíduos vegetais provenientes da rotação de lavouras e pastagem, propiciando condições mais favoráveis quanto à fonte de alimento e habitat para grande parte das espécies de invertebrados que habitam estes solos, aumentando a disponibilidade de energia no sistema (Barros *et al.*, 2003; Benito *et al.*, 2004; Marasas *et al.*, 2001).

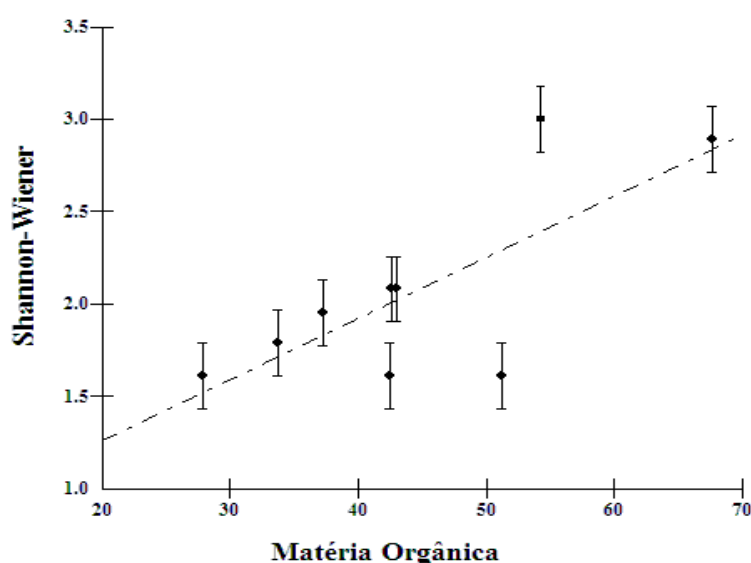


Figura 5 - Coeficiente de correlação linear de Pearson ($r = 0.7391$ e $p = 0.0228$). O índice de diversidade de Shannon-Wiener foi calculado a partir de uma matriz de presença e ausência entre as espécies de formigas e os sistemas avaliados.

Deve-se salientar que o SC e PC apresentaram os menores índices de diversidade da macrofauna e da comunidade de formigas. Provavelmente, a baixa diversidade encontrada no SC pode estar relacionada às modificações impostas pela aração e gradagens, como a destruição do habitat, a escassez de alimentos e as condições de temperatura e umidade desfavoráveis (Decaëns *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2006). Em um estudo realizado por Dias *et al.* (2007), verificaram uma baixa diversidade da macrofauna do solo em sistema sob

pastagem contínua. Neste estudo, observou-se que a rotação de pastagem e leguminosas, favoreceu o aumento da diversidade da fauna, provavelmente em função da maior disponibilidade de serapilheira depositada no solo. A presença de resíduos na serapilheira com maior teor de N e, conseqüentemente, menor relação C:N, poderia resultar em maiores benefícios para a diversificação da comunidade de formigas.

Através da análise de agrupamento realizada com a comunidade de formigas, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis foi possível observar a formação de dois grandes grupos sendo representados pelos sistemas naturais (1º grupo) e sistemas manejados (2º grupo), com o SC separado dos demais agroecossistemas e o SI-a mais próximo do CE e FS (Figura 6).

O primeiro grupo engloba os ecossistemas naturais (Cerrado e Floresta Semidecídua), com 53% de similaridade. Nesse grupo, está presente uma fauna típica e intimamente relacionada com taxa elevada de táxons especializados de serapilheira, que são sensíveis à cobertura vegetal (Demétrio, 2008). O fornecimento constante e heterogêneo de material orgânico pela vegetação nativa proporciona níveis mais adequados de temperatura e umidade e favorece as condições edáficas necessárias para abrigar uma maior diversidade (Silva *et al.*, 2008).

O segundo agrupamento envolve os diferentes sistemas de manejo agropecuário, com o SC separando-se dos demais agroecossistemas e o SI-a como o sistema que mais se aproximou dos sistemas naturais. Segundo Cordeiro et al. (2004), o tipo de manejo e a modificação da quantidade de resíduos vegetais sobre o solo podem promover alterações de habitats e disponibilidade de alimento, alterando a diversidade da comunidade. E ainda, propriedades como resiliência e estabilidade dos solos estão inseridas nas definições de qualidade dos solos, supondo que o solo seja capaz de resistir às modificações e de se recuperar após algum impacto (Correia, 2002). Os resultados indicam que o sistema de manejo com integração lavoura-pecuária pode ter provocado um efeito positivo no ambiente do solo, favorecendo as condições de microclima, disponibilidade de alimento e habitat para o estabelecimento de novas populações de formigas, uma vez que a capacidade de resiliência da comunidade de formigas é alta (Holdobler e Wilson, 1990).

Em outro estudo, conduzido no Cerrado, avaliando a comunidade da macrofauna invertebrada do solo, em sistema integrado lavoura-pecuária, Marchão (2007) também verificou que este sistema favorecia a diversidade destes organismos no solo. Este resultado demonstra que as espécies vegetais e seus processos que ocorrem no compartimento do solo

influenciam diretamente a ocorrência de comunidades de organismos do solo (Aquino *et al.*, 2008). Por outro lado, o SC proporcionou a menor diversidade da comunidade da fauna invertebrada do solo. Este fato pode estar relacionado à redução na quantidade de resíduos culturais, principal fonte de alimento e habitat natural, que, segundo Baretta et al. (2006), afeta o equilíbrio dos organismos do solo, com redução de inúmeros indivíduos e espécies.

A similaridade entre os SPD pode estar relacionada com o sistema de rotação de culturas que permite o estabelecimento definitivo de colônias de formigas, em ambos os sistemas. Esses sistemas se enquadrariam dentro de um programa de biodiversidade planejada (Altieri *et al.*, 2007), em que o sistema de cobertura enriquece o solo e auxilia o desenvolvimento das culturas de soja e milho. Além disso, com uma função indireta, essa cobertura proporcionaria o estabelecimento de colônias de formigas provindas áreas de reserva legal (Cerrado e Floresta Semidecídua).

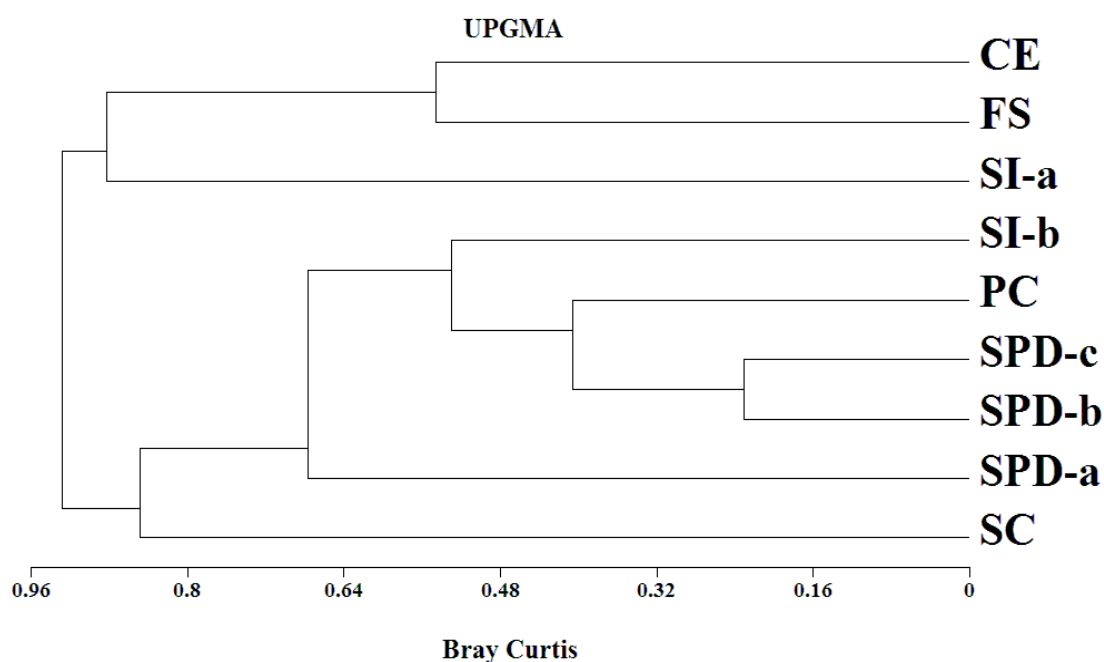


Figura 6 - Dendrograma de similaridade (Bray Curtis) da comunidade de formigas comparando os diferentes manejos dos solos e os sistemas naturais: sistema convencional (SC), pastagem contínua (PC), sistema plantio direto (SPD-a, SPD-b, SPD-c), sistema integrado (SI-a e SI-b), Cerrado (CE) e Floresta Semidecídua (FS). Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. Janeiro de 2010.

Em relação à análise de agrupamento da comunidade da macrofauna do solo, foi possível verificar a formação de três grupos distintos: G1, formado por FS e CE; G2, abrangendo SPD-a, SPD-c, SI-a, SI-b e PC; e G3, formado pelo SC e SPD-b (Figura 7). Estes grupamentos possivelmente ocorreram em virtude dos manejos dos solos possuírem características distintas, que proporcionam maior proteção do solo e maior quantidade de resíduos culturais nos manejos

com rotação de culturas, onde os restos culturais servem como principal fonte de alimento e habitat para grande parte dos organismos invertebrados presentes no solo. Os sistemas presentes no grupo G1 apresentaram 78% de semelhança entre si. No grupamento G2, foram 58% de semelhança; entre os manejos do G3, houve 72% de semelhança (Figura 3). Segundo Shinitzer, (1991), compostos orgânicos, como açúcares, aminoácidos, ceras, fenóis, ligninas e ácidos, fonte de alimento de populações de invertebrados, tem origem a partir da decomposição de resíduos vegetais, promovendo um habitat favorável ao estabelecimento destes organismos.

Os grupos G1 e G2 englobam a ligação com distância inferior a 64%, o que permite inferir que a similaridade entre eles é de 36%. Isto demonstra que o manejo com rotação de culturas, como os sistemas integrados lavoura-pecuária e plantio direto, interfere de forma positiva nos parâmetros ecológicos, riqueza e diversidade da comunidade de invertebrados da fauna do solo.

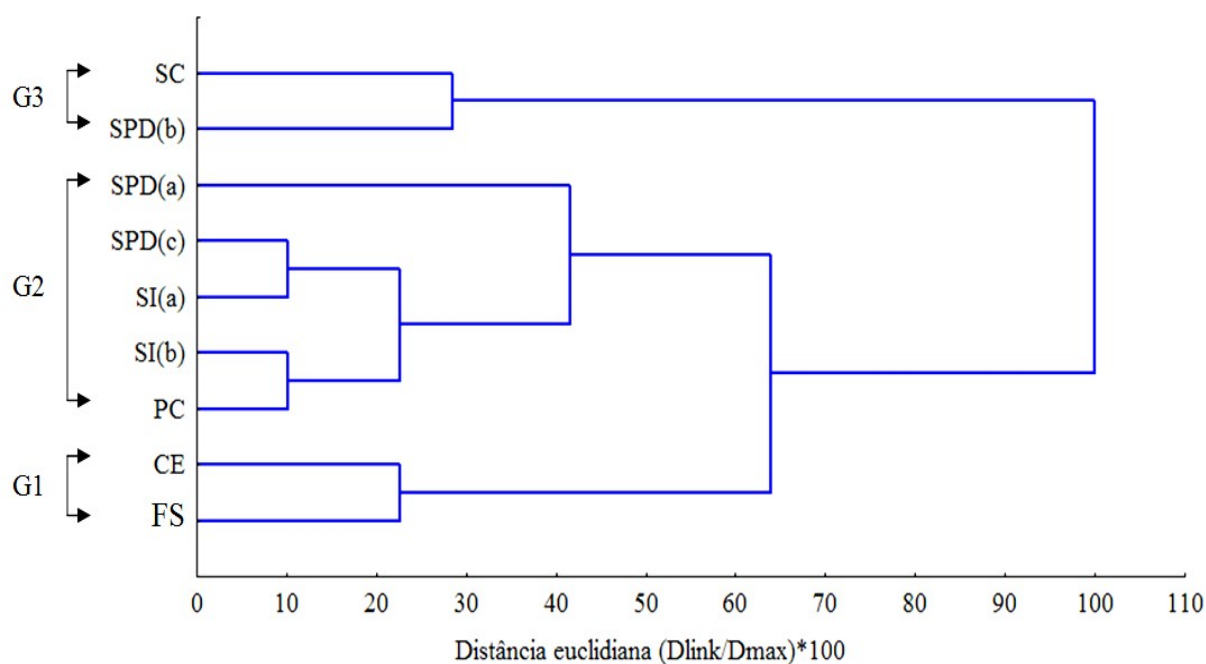


Figura 7 - Dendrograma das distâncias entre as comunidades da fauna invertebrada, considerando a riqueza (nº de grupos) e Índice de diversidade de Shannon-Wiener, nos sistemas estudados: sistema integrado lavoura/pecuária (SI-a e SI-b), sistema plantio direto (SPD-a, SPD-b e SPD-c), sistema convencional (SC), pastagem contínua (PC), Cerrado (CE) e Floresta Semidecídua (FS). Grupos formados: G1, G2 e G3.

Bioindicadores microbiológicos

A substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo pode causar alterações instantâneas nos atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo (Carneiro *et al.*, 2009; Lourente *et al.*, 2011), esse fato pode ser observado e interpretado de acordo com a Figura 8,

em que através da análise de componentes principais (PCA) houve o agrupamento da MO, C-BMS, CTC, Ca e C-CO₂ com os sistemas naturais (Cerrado e Floresta Semidecidual) cuja magnitude e atributos dos processos são mais estáveis.

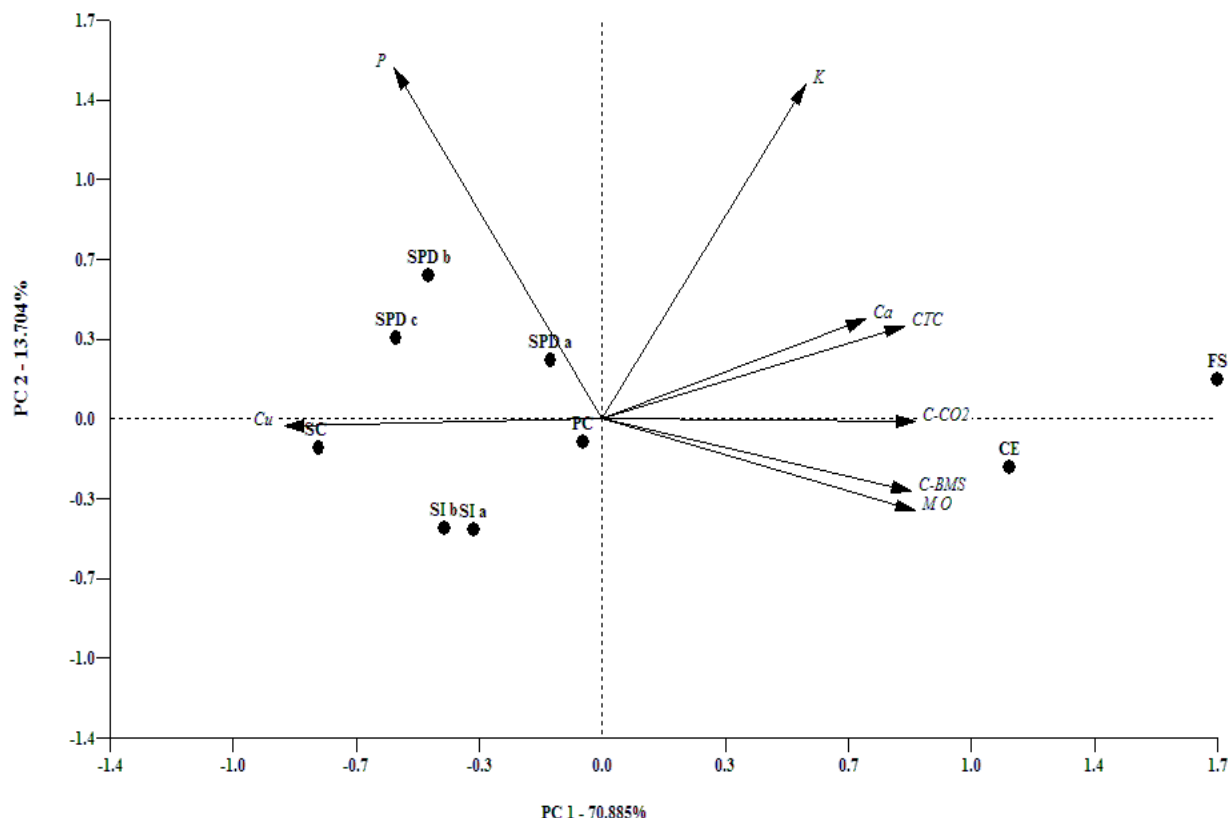


Figura 8 - Análise dos Principais Componentes (PCA) dos atributos químicos, físicos e biológicos dos diferentes manejos dos solos e os sistemas naturais: sistema convencional (SC), pastagem contínua (PC), sistema plantio direto (SPD-a, SPD-b, SPD-c), sistema integrado (SI-a e SI-b), Cerrado (CE) e Floresta Semidecidual (FS). Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. Janeiro de 2010.

Os valores do C-BMS variaram de 127,9 à 508,3 mg de C kg⁻¹ solo, onde o valor mais expressivo foi observado no Cerrado (CE), seguido da Floresta Semidecidual (FS). Contudo, não foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre estes sistemas naturais, sendo superiores à maioria demais sistemas (Tabela 1). A exceção foi observada no SI-a que mostrou teores de C-BMS semelhante ao verificado na Floresta Semidecidual. A diversidade de espécies vegetais encontradas no Cerrado e na Floresta Semidecidual implica numa deposição contínua e diversificada de substratos orgânicos, que favorece maiores teores de biomassa microbiana (Correia e Andrade 1999, D'Andréa *et al.*, 2002, Matsuoka *et al.*, 2003). A redução nos valores do quociente metabólico no Cerrado e Floresta semidecidual indica que a biomassa microbiana está sendo mais eficiente, ou seja, está havendo menor perda de CO₂ por unidade de biomassa. À medida que determinada biomassa microbiana se

torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e fração significativa de C é incorporada ao tecido microbiano (Gama-Rodrigues, 1999).

Segundo Baretta et al. (2005), o bioma Cerrado de uma mesma região tende a ter um decréscimo nos teores de C-BMS em relação a uma mata mais densa. Tais constatações discordam com os resultados encontrados neste estudo, onde o teor de C-BMS na FS foi de 422,4 mg de C kg⁻¹ solo e no CE foi de 508,3 mg de C kg⁻¹ solo, não diferindo estatisticamente, conforme observado na Tabela 1.

Entre os sistemas manejados, foi observada uma tendência de valores mais elevados de C-BMS no sistema integrado SI-a em relação aos demais sistemas de manejo. Deve-se salientar que valores mais elevados de teor de C microbiano implicam em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (Mercante *et al.*, 2004). Quanto à respiração basal (C-CO₂), que representa a atividade biológica e está diretamente relacionada à disponibilidade da biomassa microbiana, os valores mais expressivos foram observados na FS e CE, que foram superiores aos verificados nos demais sistemas avaliados. De acordo com Mercante et al. (2004), valores mais elevados da respiração basal implicam em maior atividade biológica, que está diretamente relacionada com a disponibilidade de C do solo e/ou da biomassa microbiana. Nos diferentes sistemas de manejo avaliados não foram verificadas diferenças (p<0,01) entre si. Numericamente, verificaram-se valores mais reduzidos de C-CO₂ no SC.

Em relação às taxas de respiração específica (quociente metabólico - qCO₂), que representam as quantidades de C-CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, os maiores valores foram verificados no SC, que não diferiu significativamente do SPD-b e SI-a. De acordo com Roscoe et al. (2006), quocientes metabólicos elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento com maior proporção de microrganismos ativos em relação aos inativos, ou ainda, um indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico. O quociente metabólico (q-CO₂), que representa o quanto a biomassa está respirando, a maior eficiência implica em menor perda de carbono na forma de CO₂ e mais C está sendo incorporado no tecido microbiano.

Os valores observados do quociente microbiano (q-MIC), expressos pela relação C microbiano/ C orgânico total (Cmic/Corg), nos diferentes sistemas, demonstraram que a vegetação nativa sob Cerrado foi superior aos demais sistemas avaliados. Altas taxas de

quociente microbiano indicam que mais C está sendo acumulado ao solo, assim uma BMS que apresenta valores elevados é aquela que apresentará uma mobilização e, conseqüentemente, disponibilizará mais nutrientes para o respectivo solo (Roscoe *et al.*, 2006).

Tabela 1 - Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (*q*CO₂), quociente microbiano (*q*MIC) e matéria orgânica do solo (MOS) determinados na camada 0 - 10 cm de profundidade, Dourados-MS.

Sistemas	C-BMS		C-CO ₂		<i>q</i> CO ₂		<i>q</i> MIC		MOS	
	µg C g ⁻¹ solo seco		µg C-CO ₂ g ⁻¹ solo dia ⁻¹		µg C-CO ₂ µg ⁻¹ C-BMS h ⁻¹		%		g.kg ⁻¹	
SC	127,9	f	15,9	b	55,9	a	0,7	d	27,8	e
SPD-a	262,5	cde	17,6	b	27,9	c	1,0	bc	42,5	c
SPD-b	166,5	ef	20,1	b	47,0	ab	0,9	cd	33,7	de
SPD-c	211,8	def	18,8	b	37,7	bc	1,0	bc	37,2	cd
SI-a	322,3	bc	20,7	b	25,9	c	1,2	ab	42,9	c
SI-b	185,8	def	18,3	b	43,5	ab	0,7	d	42,5	c
PC	271,9	cd	17,4	b	26,6	c	0,9	cd	51,1	b
CE	508,3	a	33,5	a	29,4	c	1,6	a	54,2	b
FS	422,4	ab	33,1	a	29,0	c	1,2	bc	67,6	a

SC: sistema convencional; SPD: sistema plantio direto subdividido em três faixas (a, b e c); SI: sistema integração lavoura-pecuária subdividido em duas faixas (a e b); PC: pastagem contínua; CE: cerrado; FS: floresta semidecidual. Valores médios de cinco repetições. Médias seguidas da mesma letra dentro da coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 0,05 de probabilidade.

O papel das guildas como bioindicadores ecológicos

Segundo Bucks (2003), os bioindicadores devem ter sua taxonomia, ciclo reprodutivo e biologia bem conhecidos e possuir características de ocorrência em diferentes condições ambientais ou serem restritos a certas áreas. As formigas, e a macrofauna em geral, apresentam uma ampla distribuição geográfica com espécies localmente abundantes (Silvestre e Silva, 2001), com isso são facilmente coletadas em qualquer ambiente. No entanto, as espécies que ocorrem em cada local são muito distintas, existe uma dissimilaridade muito grande, tanto em diversidade funcional como em composição de espécies. É nesse ponto que o refinamento taxonômico tem seu papel preponderante que se consiste na capacidade de extrair, através da identificação de espécies, as particularidades de cada ambiente.

A seguir discutiremos a estrutura das guildas de formigas e suas implicações como bioindicadores dos agroecossistemas de produção avaliados, tendo como referência os sistemas naturais (Cerrado e Floresta semidecídua).

Guilda 1 - Cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica fresca

As espécies dessa guilda cultivam seus fungos a partir da coleta organizada e massiva de produtos arbóreos frescos (folhas, frutos, flores e matéria orgânica). Faz parte dessa guilda os gêneros: *Acromyrmex*, *Atta* e *Trachymyrmex*. Segundo Ré, (2007) avaliando a eficácia e a evolução das técnicas de revegetação numa mineração classificou esses gêneros em especialistas de clima tropical.

Guilda 2 - Cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica morta

Essa guilda é compreendida por espécies vivem na serapilheira e têm nela sua principal fonte de recursos para o cultivo de seus fungos. Os gêneros dessa guilda são geralmente de tamanho pequeno e suas colônias não são tão expressivas quanto à dos Attini cultivadores de fungos a partir de matéria orgânica fresca, pois não é necessária a presença da casta de operárias que cortam os produtos arbóreos diretamente na árvore. Faz parte dessa guilda os gêneros: *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Mycocepurus* e *Sericomyrmex*.

Guilda 3 – Formicóideas patrulheiras

Apesar de o gênero *Dolichoderus* pertencer à família Dolichoderinae e o gênero *Camponotus* à família Formicinae ambos são enquadrados na mesma guilda dentro do complexo dos Formicóideos. Essas formigas são onívoras e patrulham no solo e vegetação á procura de recurso alimentar e dispõem de um sistema eficiente de recrutamento. Possuem olhos grandes e geralmente são noturnas.

Guilda 4 – Patrulheiras solitárias

O gênero que compõem essa guilda possui olhos grandes e geralmente vive dentro de galerias construídas nos troncos mais finos de árvores (*Pseudomyrmex*). Algumas espécies nidificam no solo aberto exposto às condições bruscas de intemperismo mais a grande característica desse gênero é seu modo de forrageamento solitário não há o recrutamento de indivíduos da colônia no ato da procura por recurso alimentar fator que pode limitar o tamanho das colônias que geralmente são pequenas, em torno de dez indivíduos.

Guilda 5 - Oportunistas com grande agilidade

Os gêneros dessa guilda apresentam a maior agilidade dentro dos organismos do solo. A espécie *Paratrechina longicornis* (Formiga maluca) e o gênero *Tapinoma* segundo Matos *et al.*, (1994) são formigas oportunistas e pioneiras e ocorrem em áreas de pouca vegetação e locais antropizados.

Guilda 6 - Arbóreas com dieta de fungo e pólen

Essa guilda é constituída pelo gênero *Cephalotes* com estreita relação com um estrato arbóreo, pois dependem do pólen para alimentação e geralmente vivem dentro de galerias construídas nos troncos mais finos de árvores. Marinho *et al.*, (2002) registrou a espécie *Cephalotes pusilus* tanto na vegetação nativa como em áreas de eucalipto portanto podem ser consideradas espécies comuns de ambientes degradados ou em regeneração.

Guilda 7 - Mirmicíneos generalistas com forrageamento epigéico

Os gêneros *Ochetomyrmex* e *Rogeria* pertencem a essa guilda. Eles nidificam na serapilheira e raízes de árvores, portanto são dependentes de um estrato arbóreo mais complexo. Por possuírem olhos pequenos seu hábito alimentar consiste em forragear na serapilheira à procura outros artrópodes.

Guilda 8 - Predadora especialista com mandíbula cinética

Essa guilda é composta pelo gênero *Strumigenys* e possui como principal característica a presença de uma mandíbula longa e móvel posicionada lateralmente à cabeça o que facilita a execução de seu hábito alimentar que se consiste na captura collembola.

Guilda 9 - Predadora especialista com mandíbula triangular

Essa guilda é compreendida por espécies vivem na serapilheira e têm nela sua principal fonte de recursos alimentares. São espécies com agilidade reduzida e uma camuflagem críptica. Suas colônias são geralmente pequenas com forrageamento restrito à

sua pequena e lenta mobilidade. Fazem parte dessa guilda os gêneros: *Basicerus* (*Octostruma*) e *Strumigenys* (*Pyramica*).

Guilda 10 - Mirmicíneos generalistas com recrutamento massivo

Os gêneros dessa guilda são compreendidos por espécies com alta densidade populacional e que nidificam em sistemas de plantio com revolvimento do solo Fernandes (2003) e na serapilheira se caracterizando como as mais agressivas desse substrato (Marinho *et al.*, 2002) quanto a sua forma de recrutamento que é de forma massiva com o auxílio de soldados e operárias de diversas castas. Fazem parte dessa guilda os gêneros: *Pheidole* e *Solenopsis*.

Guilda 11 - Poneríneos com atividade críptica e mandíbulas especializadas

Essa guilda é constituída pela espécie *Anochetus mayri*.

Guilda 12 - Poneríneos pequenos com forrageamento críptico

Essa guilda se caracteriza por ser composta pelos menores poneríneos cujo hábito hipogéico os torna forrageadores crípticos e escavadores de serapilheira. É composta pelo gênero *Hypoponera* e apresentam agilidade reduzida e olhos reduzidos. Suas colônias são geralmente pequenas com forrageamento restrito à sua pequena e lenta mobilidade.

Guilda 13 - Generalistas solo e vegetação com grande territorialidade

São constituintes dessa guilda as espécies *Wasmannia auropunctata* e *Crematogaster curvispinosa*. As colônias dessas espécies são populosas e apresentam uma dominância territorial forrageando em flores, sugando exudatos de pulgões e predando e/ou disputando recursos alimentares no solo.

Guilda 14 - Poneríneos com atividade epigéica e mandíbula especializada

Essa guilda é caracterizada por duas espécies (*Odontomachus bauri* e *Odontomachus meinerti*) cujas mandíbulas são grandes e especializadas para captura de presas, geralmente

cupins e outras formigas em seus ninhos. Possuem uma atividade de forrageamento epigéica com patrulhamento solitário. Geralmente elas dominam os recursos quando em competição com outras espécies.

Guilda 15 - Poneríneos médios predadores e escavadores

Essa guilda é caracterizada por duas espécies (*Pachycondyla ferruginea* e *Pachycondyla harpax*) cujas mandíbulas são especializadas para captura de presas. Possuem uma atividade de forrageamento na qual escavam a serapilheira num patrulhamento solitário.

Guilda 16 - Predadora especialista críptica do solo e serapilheira

Essa guilda se caracteriza por ser composta pelo gênero *Amblyopone* cujo hábito hipogéico os torna forrageadores crípticos e especialistas de serapilheira não apresentando olhos.

Porcentagem

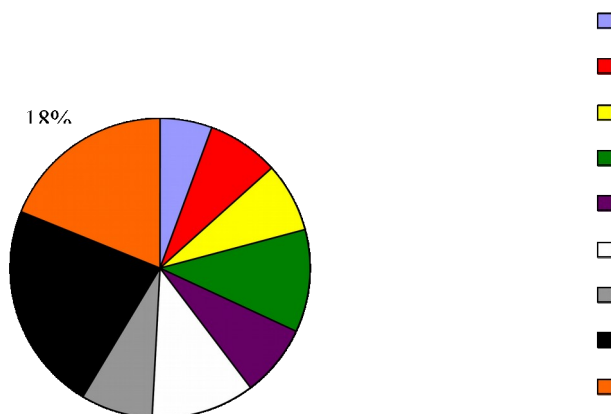


Figura 9 - Distribuição das guildas da comunidade de formigas, nos sistemas estudados: sistema integrado lavoura/pecuária (SI-a e SI-b), sistema plantio direto (SPD-a, SPD-b e SPD-c), sistema convencional (SC), pastagem contínua (PC), Cerrado (CE) e Floresta Semidecídua (FS).

Tabela 2 - Distribuição das guildas da comunidade de formigas, nos sistemas estudados: sistema convencional (SC), sistema plantio direto (SPD-a, SPD-b e SPD-c), sistema integrado lavoura/pecuária (SI-a e SI-b), pastagem contínua (PC), Floresta Semidecídua (FS) e Cerrado (CE). As guildas foram classificadas segundo (Silva e Brandão, 2010 e Silvestre, 2000).

Guildas	SC	SPD-a	SPD-b	SPD-c	SI-a	SI-b	PC	FS	CE
1 - Cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica fresca					1			1	
2 - Cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica morta								1	1
3 - Poneríneos com atividade críptica e mandíbulas especializadas								1	1
4 - Poneríneos com atividade epigéica e mandíbulas especializadas		1						1	1
5 - Poneríneos pequenos com forrageamento críptico		1	1	1	1	1	1	1	1
6 - Poneríneos médios predadores e escavadores								1	1
7 - Patrulheiras solitárias	1					1			
8 - Formicóideas patrulheiras do solo e vegetação	1							1	
9 - Arbóreas com dieta de fungos e pólen								1	
10 - Generalistas solo e vegetação com grande territorialidade				1		1		1	
11 - Mirmicíneos generalistas Com recrutamento massivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12 - Mirmicíneos generalistas com forrageamento epigéico				1			1	1	
13 - Predadora especialista com mandíbula triangular								1	1
14 - Predadora especialista com mandíbula cinética		1	1	1	1	1			1
15 - Predadora especialista críptica do solo e serapilheira									1
16 - Oportunistas com grande agilidade			1	1		1	1		1
Total de guildas	3	4	4	6	4	6	4	12	10

7 - CONCLUSÕES

Com um protocolo previamente estabelecido, as formigas apresentaram se como alternativa promissora para avaliar a qualidade do solo em agroecossistemas. Esse protocolo é rápido, viável e eficaz uma vez que é capaz de detectar as mínimas alterações advindas dos sistemas de manejo do solo. Os gêneros *Strumigenys* e *Hypoponera* apresentam-se como potencial bioindicador, uma vez que apresentam um forrageamento críptico, ou seja, por elas

possuírem olhos reduzidos, ou mesmo ausentes, são encontradas nos solos estruturados com uma palhada permanente, como é o caso dos sistemas de integração lavoura-pecuária e o sistema plantio direto que podem propiciar condições mais favoráveis para a ocorrência de determinadas espécies de formigas e outros integrantes da macrofauna. Entretanto, a utilização desses insetos como bioindicadores requer especialização para a identificação das espécies, e ainda, um conhecimento prévio das relações ecológicas que ocorrem entre as espécies. Com a criação de coleções científicas que ficam depositadas em museus as espécies da fauna, identificadas por especialistas, ficam à disposição para que outros pesquisadores possam acessar o conteúdo para possíveis comparações. Assim a identificação de espécies da macrofauna se torna mais fácil, porém não resolve o problema da falta de especialistas em taxonomia de grupos bioindicadores, tais como as formigas, cupins e besouros. O conhecimento prévio das relações ecológicas que ocorrem entre as espécies pode ser solucionado com a observação de campo que deve ser adicionada ao protocolo de coletas.

A macrofauna, geralmente, encontra-se na fase de larva e pupa nas camadas superficiais do solo/serapilheira e a dificuldade de se identificar esses organismos pode acarretar na perda de atributos ecológicos e comportamentais importantes de se mensurar numa bioindicação. A presença de larvas de coleoptera e de díptera, no presente trabalho, não revela o potencial bioindicador desses organismos uma vez que pode ocorrer em qualquer ecossistema dentro de um gradiente de preservação e/ou conservação da diversidade.

Com um sistema integrado de bioindicação (Biomassa microbiana, Formigas e Fauna edáfica) foi possível revelar as particularidades de cada agroecossistema. A comunidade microbiana revelou através do quociente metabólico que o SC pode estar sofrendo algum tipo de estresse metabólico. Valores elevados de ($q\text{-CO}_2$) são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento com maior proporção de microrganismos ativos em relação aos inativos demonstrando um desequilíbrio perante a falta ou excesso de recursos alimentares.

Dentro da fauna edáfica existem grupos que podem ser considerados bioindicadores desde que sejam morfoespeciados, como é o caso dos Isoptera, Coleoptera, Dermaptera e a família de minhoca Enchytraeidae.

Um sistema conservacionista de produção agrícola deve envolver a integração entre lavouras e os remanescentes de matas nativas. A exploração da mata nativa como banco de conservação e dispersão da biodiversidade pode proporcionar aos agroecossistemas uma melhoria na qualidade e fertilidade do solo, assim como diminuir os gastos com insumos agrícolas e inseticidas, pois numa comunidade mais estruturada o equilíbrio ecológico é

maior. A manutenção de fragmentos florestais (Cerrado e Floresta Semidecídua) pode contribuir para a conservação da diversidade de espécies que dependem de um extrato arbóreo mais diverso e que não sobreviveriam em agroecossistemas.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agosti, D. e F. E. N. Johnson (2005). Antbase. World Wide Web publicação eletrônica. antbase.org, (versão 05/2005). Acessado em 03/maio/2010.
- Agosti, D. e L. E. Alonso (2000). The ALL Protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants. In: Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E., Schultz, T. (Eds.), Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, p. 204–206.
- Altieri, M. A., L. Ponti e C. I. Nicholls (2007). “Manejando insetos-praga com a diversificação de plantas”. *Agriculturas*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p.20-23.
- Anderson, J. M. e J. S. I. Ingram (1993). Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2nd ed. Wallingford: CABI, 240p.
- Anderson, T. H. e K. H. Domsch (1990). “Application of eco-physiological quotiens (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories”. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 22, n. 2, p. 251–255.
- Andersen, A. N. (1997). “Using ants as bioindicators: multiscale issues in ant community ecology”. *Conservation ecology*. Disponível em: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8>>. Acesso em: 23 maio de 2011.
- Andersen, A. N. (1997). “Function groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparasion with Australia”. *Journal of Biogeography*. v.24, n.3, p. 433-460.
- André, H. M., X. Ducarme e P. Lebrum (2002). “Soil biodiversity: mith, reality or conning?” *Oikos*. v.96, p. 3-24.
- Aquino, A. M., R.F. Silva, F. M. Mercante, M. E. F. Correia, M. F. Guimarães e P. Lavelle (2008). “Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado”. *European Journal of Soil Biology*, v. 44, p. 191-197.
- Ayres, M., Jr. M. Ayres, D. L. Ayres e A. S. Santos (2007). *BioEstat. Versão 5.0*, Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq, Belém, Pará, Brasil.
- Baretta, D., J. C. P. Santos, S. R. Figueiredo e O. Klauberg-Filho (2005). “Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v. 29, n. 5, p. 715-724.
- Baretta, D., C. P. S. Julio, B. Ildegardis, V. A. Mauricio, F. M. Alex e R. D. M. B. Carolina (2006). “Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense”. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.5, p.108-117.
- Barros, E., A. Neves, E. Blanchar, E. C. M. Fernandes, E. Wandelli e P. Lavelle. (2003). “Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazônia”. *Pedobiologia*, v.47, p.1–7.
- Bartlett, R.J. e D.S. Ross. (1988). “Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions”. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.52, p.1191-1192 .
- Benito, N. P., M. Brossard, A. Pasini, M. F. Guimarães e B. Bobillier (2004). “Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado)” *European Journal of Soil Biology*, v.40, p.147–154.
- Bolton, B. (1994). Identification guide to the ant genera of the world. London: Harvard University Press, 222p.
- Büchs, W. (2003). “Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.98, p.35-78.

- Campiolo, S. e J. H. Delabie (2003). O problema da conservação da diversidade na região do corredor central da Mata Atlântica enfocando os formicidae. XVI Simpósio de Mirmecologia, 2003, Florianópolis. Anais... Florianópolis, p. 21-26.
- Carneiro, M. A. C., E. D. Souza, E. F. Reis, H. S. Pereira e W. S. Azevedo (2009). "Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo". Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157.
- Carter, M. R. (1986). "Microbial biomass and index for tillage-induced changes in soil biological properties". Soil & Tillage Research. Amsterdam, v. 7, n. 1-2, p. 29-40.
- Cattelan, A. J. e C. Vidor (1990). "Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo". Revista Brasileira de Ciências do Solo. Campinas, v. 14, n. 1, p. 133-142.
- Claessen, M. E. C. (1997). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPAS, 212 p. (Documentos, 1).
- Correia, M. E. F. (2002). Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. Embrapa. Documentos, 157, Seropédica, Brasil, 23p.
- Correia, M. E. F. e A. G. Andrade (1999). Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A.; Camargo, F. A. O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p. 227-243.
- Cordeiro, F. C., F. C. Dias, A. O. Merlim, M. E. F. Correia, A. M. Aquino e G. Brown (2004). "Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção". Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida. v. 24, n.2, p. 29-34.
- Colwell, R. K. (2005). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. University of Connecticut, version 7.5. Disponível em: <http://purl.oclc.org/estimates>. Acessado em: novembro de 2010.
- D'Andréa, A. F., M. L. N. Silva, N. Curi, J. O. Siqueira e M. A. C. Carneiro (2002). "Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistema de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás". Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 913-923.
- Decaëns, T., J. J. Jiménez, G. Escobar, G. Rippstein, J. Schneidmadl, J. I. Sanz, P. Hoyos e R. J. Thomas (2003). Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: Jiménez, J. J. e R. J. Thomas (Eds.). El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia, Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.21-45, (CIAT, Publicación, 336).
- Delabie, J. H. C e H. G. Fowler (1995). "Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahia cocoa plantations". Pedobiologia 39(1):423-433.
- Demétrio, M. F. 2008. Biodiversidade de formigas de serapilheira do Parque Nacional da Serra da Bodoquena-MS. Dourados, Universidade Federal da Grande Dourados, 145p. (Dissertação de Mestrado).
- De-Polli, H. e J. G. M. Guerra (1997). Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 13 p. (Documentos, 37).
- Dias, P. F., S. M. Souto, M. E. F. Correia, K. M. Rodrigues e A. A. Franco (2007). "Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu". Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37 p.38-44.
- Doran, J. W. e T. B. Parkin (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran, J. W.; Coleman, D. C.; Bezdicsek, D. F.; Stewart, B. A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: Soil Society of America, p. 3-21 (SSSA Special Publication, 35).

- Fernandes, W. D. (2003). Biodiversidade de formigas no Pantanal sul-matogrosense. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003. Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, p.7-11.
- Fernandez, F. (2003). Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p.
- Gama-Rodrigues, E. F. (1999). Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A. e F. A. O. Camargo. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p. 227-243.
- Grisi, B. M. e T. R. G. Gray (1986). “Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 10, n. 2, p. 109-115.
- Hölldobler, B. e E. O. Wilson (1990). The ants. Belknap Press, Cambridge, Massachusetts. 732 p.
- Jenkinson, D. S. e J. N. Ladd (1981). Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E. A.; Ladd, J. N. (Ed.). Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker, v.5, p. 415-471.
- Kaspari, M. (1996). “Litter ant patchiness at the 1m² scale: disturbance dynamics in three Neotropical forests”. Oecologia, 107: 265-273.
- Kluthcouski, J. e H. Aida (2003). Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: Kluthcouski, J.; Stone, L.F.; Aida, H. (Eds.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.185-223.
- Lavelle, P. e A.V. Spain (2001). Soil ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Pub, 654p.
- Lavelle, P. (2002). “Functional domains in soils”. Ecological Research, v.17, p.441-450.
- Leite, L. F. C. e E. S. Mendonça (2003). “Modelo century de dinâmica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos” Ciência Rural, Santa Maria, 33: 679-686.
- Lima S. S., A. M. Aquino, L. F. C. Leite, E. Velásquez e P. Lavelle (2010). “Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas”. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.45, n.3, p.322-331.
- Lourente, E. R. P., F. M. Mercante, A. M. T. Alovisei, C.F. Gomes, A. S Gasparini e C. M. Nunes (2011). “Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado”. Pesquisa Agropecuária Tropical (Impresso), v. 41, p. 20-28.
- Lourente, E. R. P., R. F. Silva, D. A. Silva, M. E. Marchetti e F. M. Mercante (2007). “Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo”. Acta Scientiarum: agronomy, v.29, p.17-22.
- Louzada, J. N. C., N. M. Sanches e M. N. Schilindwein (2000). “Bioindicadores de qualidade e de impactos ambientais da atividade agropecuária”. Informe Agropecuário, v.21, n.202, p. 72-77.
- Marasas, M. E., S. J. Sarandón e A. C. Cicchino (2001). “Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under convencional and no tillage systems in Argentina”. Applied Soil Ecology, v.18, p.61-68.
- Marchão, R. L., L. C. Balbino, E. M. Silva, J. D. G. Santos Junior, M. A. C. Sá, L. Vilela e T. Becquer (2007). “Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 6, p. 873-882.
- Marchiori Júnior, M. e W. J. Melo (2000). “Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 6, p.1177-1182.

- Marinho, C.G.S., R. Zanetti, J. H. C. Delabie, M. N. Schlindwein e L. S. Ramos (2002). "Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptos (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais". *Neotropical Entomology*, v.31, n.2, p.187-195.
- Matos, J. Z., C. N. Yamanaka, T. T. Castellani e B. C. Lopes (1994). "Comparação de fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliotti*, com diferentes graus de complexidade estrutural (Florianópolis, SC)". *Biotemas*, v.7, n.1 e 2, p.57-64.
- Matsuoka, M., I. C. Mendes e M. F. Loureiro. (2003). "Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT)". *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 425-433.
- Mckenzie, D. H., D. E. Hyatt e V. J. Mcdonald (1995). Ecological indicators. London, Chapman and Hall.
- Mercante, F. M. (2001). Os micro-organismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistema de produção de grãos e pastagem. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, (Sistema plantio direto, 5).
- Mercante, F. M., A. C. Fabrício, L. A. Z. Machado e W. M. Silva (2004). Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob sistema integrados de produção agropecuária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).
- Moreira, F. M. S. e J. O. Siqueira (2002). Microbiologia e bioquímica do Solo. Lavras: UFLA, 625 p.
- Noss, R. N. (1990). "Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach". *Conservation Biology*. n.4, p. 355-364.
- Osborn, F., W. Goitia, M. Cabrera e K. Jaffé (1999). "Ants, plants and butterflies as diversity indicators: Comparisons between at six forest sites in Venezuela". *Studies of Neotropical Fauna and Environment*, n.34, p. 59-64.
- Oliveira, P. S. e C. R. F. Brandão (1991). The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrados. In: Huxley, C. R. E e D. F. Cutler (Eds). Ant-plant interactions. London, Oxford University Press, p.198-212.
- Perfecto, I e A. Sediles (1992). "Vegetational diversity ants (Hymenoptera: Formicidae), and herbivorous pest in a Neotropical agroecosystem". *Environmental Entomology*, n.21, p.61-67.
- Primack, R.B. e E. Rodrigues (2001). Biologia da Conservação. Londrina, 328p.
- Re, T. M. (2007). O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revetação de áreas mineradas. Tese de Doutorado, USP. São Paulo. Universidade de São Paulo, 244p.
- Roscoe, R., F. M. Mercante, I. C. Mendes, F. B. Reis Junior, J. C. F. Santos e M. Hungria (2006). Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica In: (Ed.). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 163-198.
- Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-grey gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37: 317-350.
- Santos, G. M. e O. M. Marques (1996). "Análise faunística de comunidades de formigas epigéias (Hymenoptera - Formicidae) em dois agroecossistemas em Cruz das Almas-Bahia". *Insecta*. n.5, p.1-23.
- Shinitzer, M. (1991). "Soil organic matter: the next 75 years". *Soil Science*, v. 151, p.41-58.
- Silva, J. E. e D. V. S. Resck (1997). Matéria orgânica do solo. In: Vargas, M. A. T. e M. Hungria (Eds.). Biologia dos solos do cerrado. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 467-524.
- Silva, R. F., A. M. Aquino, F. M. Mercante e M.F. Guimarães (2006). "Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do cerrado". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.697-704.

- Silva, R. F., A. M. Aquino, Mercante, F.M.; Guimarães, M.F. (2008). Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária do cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.30, p.725-731.
- Silva, R. R. (2004). Estrutura de guildas de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em quatro áreas de Floresta Atlântica do sul e sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Silva, R. R. e C. R. F. Brandão. (1999). "Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres". *Biotemas*, v.2, n.12, p. 55-73.
- Silva, R. R. e C. R. F. Brandão (2010). "Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages". *Ecological Monographs*, v. 80, p. 107-124.
- Silva, R. R. e R. Silvestre (2000). "Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina". *Biotemas*, 13: 85-105.
- Silvestre, R. (2000). Estrutura de Comunidade de formigas do Cerrado. Tese de Doutorado, USP. São Paulo. Universidade de São Paulo, 216 pp.
- Silvestre, R. e R. R. Silva (2001). "Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP- sugestões para aplicação de guildas como bioindicadores ambientais". *Biotemas*, v.1, n.14, p. 37-69.
- Sparling, G. P. (1992). "Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter". *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 30, n. 6, p. 195-207.
- Tótolá, M. R. e G. M. Chaer (2002). "Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos". *Tópicos em Ciência do solo, Viçosa*, v. 2, p. 200-201.
- Vance, E. D., P. C. Brookes e D. S. Jenkinson (1987). "An extraction method for measuring soil microbial biomass-C". *Soil Biology & Biochemistry*, Amsterdam, v. 19, n. 6, p. 703-707.
- Vargas, L. K. (2003). "O papel da microbiologia nos estudos de qualidade do solo". *Revista Científica Rural, Bagé*, v. 8, n. 1, p. 57-67.
- Wall, D. H. e J. C. Moore (1999). "Interactions underground". *BioScience*, 49: 109-117.
- Wardle, D. A. e A. Ghani (1995). "Why is the strength of relations between pairs of methods for estimating soil microbial biomass often so variable?" *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 27, n. 6, p. 821-828.
- Wink, C., J. V. C. Guedes, C. K. Fagundes e A. P. Rovedder (2005). "Insetos edáficos como indicadores de qualidade ambiental". *Revista de Ciências Agroveterinárias. Harvard*, v. 4, n. 1, p. 60-71.
- Wolters, V. (2000). "Invertebrate control of soil organic matter stability". *Biology and Fertility of Soils*, v.31, p.1-19.

Anexo A - Riqueza da comunidade de formigas nos sistemas estudados: sistema convencional (**SC**), sistema plantio direto (**SPD-a**, **SPD-b** e **SPD-c**), sistema integrado lavoura/pecuária (**SI-a** e **SI-b**), pastagem contínua (**PC**), Cerrado (**CE**) e Floresta Semidecídua (**FS**).

ESPÉCIES/SISTEMAS	SC	SPD-a	SPD-b	SPD-c	SI-a	SI-b	PC	CE	FS
<i>Acromyrmex coronatus</i> (Fabricius, 1804)					1				
<i>Acromyrmex</i> sp. 1									1
<i>Anochetus mayri</i>								1	1
<i>Amblyopone</i> sp. 1								1	
<i>Apterostigma</i> sp. 1									1
<i>Camponotus</i> sp. 1	1								
<i>Cephalotes</i> sp. 1									1
<i>Cyphomyrmex</i> (gr. rimosus) sp. 1									1
<i>Cyphomyrmex</i> (gr. strigatus) sp. 1								1	
<i>Crematogaster curvispinosa</i> (Mayr, 1862)				1		1			
<i>Dolichoderus</i> sp. 1									1
<i>Hypoponera</i> sp. 1		1	1	1		1	1		
<i>Hypoponera</i> sp. 2					1			1	1
<i>Hypoponera</i> sp. 3						1			1
<i>Hypoponera</i> sp. 4								1	1
<i>Hypoponera</i> sp. 5								1	1
<i>Hypoponera</i> sp. 6									1
<i>Hypoponera</i> sp. 7									1
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)								1	
<i>Ochetomyrmex</i> sp. 1									1
<i>Basiceros</i> (<i>Octostruma</i>) sp. 1									1
<i>Odontomachus bauri</i> (Emery, 1892)		1							1
<i>Odontomachus meinerti</i>								1	1
<i>Pachycondila ferruginea</i> (F. Smith, 1858)									1
<i>Pachycondila harpax</i> (Fabricius, 1804)								1	1
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)								1	
<i>Pheidole</i> sp. 1		1			1	1			
<i>Pheidole</i> sp. 2	1	1	1			1	1		

<i>Pheidole</i> sp. 4						1	1	
<i>Pheidole</i> sp. 5							1	1
<i>Pheidole</i> sp. 6							1	1
<i>Pheidole</i> sp. 7						1		
<i>Pheidole</i> sp. 8	1							
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1					1			
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	1							
<i>Rogeria</i> sp. 1			1			1		
<i>Solenopsis</i> sp. 1		1	1	1				
<i>Solenopsis</i> sp. 2		1	1			1	1	
<i>Solenopsis</i> sp. 3					1		1	
<i>Serycomymex</i> sp. 1							1	1
<i>Strumygenys (Pyramica)</i> sp. 1		1	1		1			
<i>Strumygenys (Pyramica)</i> sp. 2	1						1	
<i>Strumygenys (Pyramica)</i> sp. 3				1			1	1
<i>Strumygenys</i> sp. 4							1	1
<i>Strumygenys</i> sp. 5								1
<i>Tapinoma</i> sp. 1		1	1		1	1		
<i>Trachymyrmex</i> sp. 1								1
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)								1

Anexo B - Densidade da comunidade de fauna invertebrada, nos sistemas estudados: sistema convencional (**SC**), sistema plantio direto (**SPD-a**, **SPD-b** e **SPD-c**), sistema integrado lavoura/pecuária (**SI-a** e **SI-b**), pastagem contínua (**PC**), Cerrado (**CE**) e Floresta Semidecídua (**FS**).

Grupos taxonômicos	SC	SPD-a	SPD-b	SPD-c	SI-a	SI-b	PC	CE	FS
Coleoptera									
Carabidae	4	1	9	0	0	0	0	0	0
Chrysomelidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Curculionidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Melolonthidae	0	0	0	2	5	3	3	3	5
Scarabaeidae	0	0	0	6	5	21	2	4	3
Staphylinidae	0	0	0	9	5	4	2	0	26
Larva	4	2	3	61	4	11	4	34	34
Diptera									
Chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Muscidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Tipulidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	2	3	1	5	3	0	0	2	5
Araneae									
Pholcidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Zodariidae	0	0	0	2	0	0	0	6	6
Isoptera									
Rhinotermitidae	0	26	3	23	39	3	113	43	10
Termitidae	0	6	2	0	0	2	12	0	0
Blattodea									
Blattidae	0	0	0	0	0	0	2	0	6
Collembola									
Onychiuridae	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Dermaptera									
Forficulidae	0	1	0	2	8	4	3	6	7
Geophilida									
Geophilidae	0	6	7	6	1	0	1	9	7

Orthoptera									
Gryllidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Thysanura									
Lepismatidae	0	1	0	0	1	0	0	2	2
Hymenoptera									
Formicidae	34	20	33	2	128	24	23	25	27
Tubificina									

Anexo C - (A) Sistema Convencional com cultura de soja; Culturas no outono/inverno de Trigo (B), Nabo Forrageiro (C) e Aveia (D) em Sistema Plantio Direto; Culturas no verão de Milho (E) e Soja (F) em Sistema Plantio Direto; *Brachiaria decumbens* em Pastagem Contínua (G) e *Brachiaria decumbens* em Sistema de Integração lavoura-pecuária (H). Fotos: Rogério Ferreira da Silva.



Anexo D - (A) Floresta Semidecidual e (B) Cerrado. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. Janeiro de 2010.

