

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE GLÓRIA DE DOURADOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

JÉSSICA FERNANDA DE LIMA

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO
EM CULTIVO CONSORCIADO DE MILHO E
LEGUMINOSAS**

Glória de Dourados - MS
2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE GLÓRIA DE DOURADOS
CURSO DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO
EM CULTIVO CONSORCIADO DE MILHO E
LEGUMINOSAS**

Acadêmica: Jéssica Fernanda de Lima

Orientador: prof. Dr. Rogério Ferreira da Silva

“Trabalho apresentado como parte das exigências do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia para a obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia”

Glória de Dourados
Dezembro, 2015

AGRADECIMENTOS

Á Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e terminar essa batalha.

Á minha Mãe, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Ao meu Pai em memória aos sonhos que a mim sonhava. Ao meu padrasto, que a mim cabe como um segundo pai. Agradeço.

Á irmã de coração, companheira de vida e de curso, desde o início ao final da graduação, Gil.

Ás minhas colegas Michele, Simone e Patrícia que foram de importantíssima valia para conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador Dr Rogério Ferreira da Silva pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pela sua correção, apoio e incentivos.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Sumário

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. GERAL.....	3
2.2. ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. MILHO CONSORCIADO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE ADUBOS VERDES	4
3.2. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	5
3.3. FAUNA EPIGEICA	7
3.4. BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO	8
5. MATERIAL E MÉTODOS	11
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
6.1. BIOMASSA MICROBIANA.....	15
6.2. FAUNA EPIGEICA	16
7. CONCLUSÕES	21
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Densidade total e riqueza de macroinvertebrados epigéicos em cultivo de milho consorciado com leguminosas. MS: monocultivo de milho; M+G: milho consorciado com guandu; M+CJ: milho consorciado com crotalária; M+FP: milho consorciado com feijão-de-porco; M+FC: milho consorciado com feijão-caupi; e M+MP: milho consorciado com mucuna-preta. As médias seguidas pela mesma letra na barra e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.....18

Figura 2. Dendrograma de similaridade entre os sistemas de manejo, com base na distância euclidiana, segundo os atributos biológicos analisados. MS: monocultivo de milho; M+G: milho consorciado com guandu; M+CJ: milho consorciado com crotalária; M+FP: milho consorciado com feijão-de-porco; M+FC: milho consorciado com feijão-caupi; e M+MP: milho consorciado com mucuna-preta.....20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$) e matéria orgânica do solo (MOS) em cultivo de milho consorciado com leguminosas ou em monocultivo (MS).....15

Tabela 2. Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna invertebrada epigeica do solo e “índice de Shannon” em cultivo de milho consorciado com leguminosas e em monocultivo (MS).....17

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de leguminosas em cultivo consorciado de milho, sobre a comunidade de microrganismos do solo, além da fauna epigeica. O experimento foi conduzido na Unidade Demonstrativa Agroecológica, Aldeia Tey`ikue, município de Caarapó, MS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram dos seguintes arranjos: monocultivo de milho; milho consorciado com feijão-de-porco, crotalária, mucuna-preta, guandu, e feijão-caupi. O carbono da biomassa e a atividade microbiana foram avaliados pelos métodos da fumigação-extração e respirometria, respectivamente. A fauna epigeica foi avaliada pelo método de armadilhas de solo do tipo "pitfall". O cultivo consorciado de milho com leguminosas interfere na comunidade microbiana do solo e em alguns de seus componentes, e na fauna epigeica, independente da espécie da leguminosa utilizada.

Palavras - chave: *Zea mays*, quociente microbiano, fauna epigeica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of legumes in intercropping corn on the community of soil microorganisms, as well as epigeica fauna. The experiment was conducted at the Demonstration Unit Agroecology, Tey`ikue village, municipality of Caarapó, MS. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments consisted of the following arrangements: Corn monoculture; maize intercropped with bean-to-pig, sun hemp, velvet bean, pigeon pea and cowpea. The carbon from biomass and microbial activity were evaluated by the methods of fumigation-extraction and respirometry, respectively. The epigeica fauna was assessed by the method of pitfall traps of the "pitfall." The intercropping maize with legumes interfere in the soil microbial community and some of its components, and epigeica fauna, regardless of the species of legumes used.

Key - words: *Zea mays*, microbial quotient, epigeica fauna.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays*) está entre aquelas de maior valor comercial (MARCHI, 2008). Na safra 2014/15 a produção de milho no Brasil totalizou 79.051,7 t; no Estado do Mato Grosso do Sul a safra foi de 8.393,1 t, representando cerca de 10% da produção nacional, houve uma redução significativa de 24,1%, em território plantado, o que significa aumento significativo na produtividade e otimização da área cultivada (CONAB, 2015).

Devido à grande exigência de nitrogênio, o milho é uma cultura altamente responsiva a esse fertilizante, apresentando incrementos em várias características que influenciam a produção final (OHLAND et al., 2005). Segundo MELGAR et al. (1991), esse nutriente é um dos principais responsáveis pela melhoria na produção deste cereal.

Para suprir parte da necessidade de nitrogênio na produção do milho, a consorciação entre gramíneas e leguminosas torna-se uma alternativa viável quando comparada ao monocultivo, pois ela promove proteção, obtém rapidamente melhorias em termos de aumento de matéria seca, maior estímulo de fixação de nitrogênio no caso das leguminosas, além de melhor aproveitamento dos nutrientes dispostos ao solo, matéria orgânica e água, beneficiando os agroecossistemas (AITA, 1997; ALVARENGA, 1995; LEITE et al., 2010).

O uso de leguminosas, tais como crotalária, mucuna-preta, guandu, feijão-caupi e feijão-de-porco, consorciadas ou em sucessão à cultura, contribui para a obtenção de melhores resultados na produtividade de grãos. (SANTOS et al., 2010). Essa alternativa é de fundamental importância para o sistema de produção familiar, inclusive aos sistemas produtivos indígenas, pois o cultivo destas para tal fim confere ao agricultor certa autonomia em relação à disponibilidade de matéria orgânica, nutrientes, menor dependência de insumos externos, aumentando a biodiversidade funcional dentro da unidade produtiva familiar.

Conforme Perin et al. (2004), há um aumento na disponibilidade de nutrientes com a adoção da consorciação, aludindo um grande potencial da adubação verde em fornecer estes nutrientes, às culturas consorciadas. Contudo, tendo contribuição benéfica a melhoria do solo, em questões químicas, físicas e biológicas (HUNTER et al., 1995; OLIVEIRA, 1994).

A qualidade do solo pode ser mensurada a partir do uso de indicadores que são provenientes de atributos que refletem as condições de qualidade ambientais do agroecossistema e podem ser classificados como físicos, químicos e biológicas (ARAUJO; MONTEIRO, 2007; SANTOS et al., 2010). De acordo com Doran e Parkin (1994), os bioindicadores são propriedades biológicas do solo que indicam o estado presente do ecossistema, podendo ser utilizado no biomonitoramento da qualidade do solo. Os bioindicadores possuem maior capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

- Avaliar o efeito de leguminosas em cultivo consorciado com milho, sobre a atividade biológica do solo e fauna invertebrada do solo.

2.2. ESPECÍFICOS

- Avaliar o carbono e a respiração da biomassa microbiana do solo e índices derivados;
- Avaliar a densidade de indivíduos e riqueza de grupos da fauna epigeica;
- Aferir a adequabilidade da utilização desses atributos ecológicos como bioindicadores da qualidade do solo sob diferentes arranjos de cultivo de milho consorciado com leguminosas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MILHO CONSORCIADO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE ADUBOS VERDES

O milho pertence à classe Liliopsida, família Poaceae, gênero *Zea*, sendo classificado cientificamente como *Zea mays* L. (MILHO, 2015). Trata-se de uma planta de ciclo C4, sendo assaz na conversão de CO₂, apresentando altas taxas de fotossíntese líquida, mesmo em elevados níveis de luz (ALVES, 2007).

O nutriente de maior exigência requerido pelas gramíneas é o nitrogênio, que nem sempre é suprido satisfatoriamente (AMADO et al., 2000), além de que, quando manejado inadequadamente, pode causar poluição dos recursos hídricos (BAIRD, 2002). Ainda segundo AMADO et al. (2000) a quantidade tão elevada dificilmente será suprida somente pelo solo, havendo necessidade de usar outras fontes suplementares deste nutriente. Dentre estas, destaca-se a utilização, isolada ou combinada, de adubos minerais, leguminosas e esterco.

Nesse contexto, o emprego da adubação verde se torna uma alternativa viável para amenizar danos ao meio ambiente, tornando os solos agrícolas mais sustentáveis (ALCÂNTARA et al., 2000). Entre os aspectos mais observados destaca-se a utilização de espécies leguminosas é a redução da necessidade de nitrogênio de forma química, uma vez que plantas desta espécie são fixadoras naturais de nitrogênio atmosférico, realizado através de bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, principalmente por meio de simbiose disponibilizando e enriquecendo o solo com este macronutriente (SILVA et al., 2002).

Contudo, a consorciação entre diferentes culturas e leguminosas utilizadas como adubos verdes torna-se uma importante prática para a agricultura sustentável (RAPOSO et al., 1995). Os benefícios dos cultivos consorciados, em relação ao monocultivo, consistem em aumento da produção por unidade de área em determinado período de tempo, a melhor distribuição temporal de renda, a aplicação mais adequada dos recursos disponíveis, a diversificação da produção, o que significa maior multiplicidade de alimentos

para as unidades produtivas familiares e menores riscos de insucesso, além de culminar em uma maior proteção ao solo, na palhada (FAGERIA, 1989; VANDERMEER, 1990).

Nessa tecnologia de consorciação, além de possuir um maior grau de diversificação, o uso de plantas fixadoras de N atmosférico é estratégico, uma vez que o nitrogênio é disponibilizado lentamente, conforme a mineralização dos resíduos vegetais, de acordo com a interação entre os fatores climáticos, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e características inerentes à planta de cobertura; esse sistema dispõe a produção de uma maior estabilidade, além de aumentar a biodiversidade do agroecossistema, promovendo inúmeras interações ecológicas positivas, melhorando atributos físicos, químicos e biológicos do solo (TSUMANUMA, 2004; AGOSTINHO, 2013; BONJORNO et al.,2010) e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade do solo.

A qualidade do solo pode ser mensurada por meio de uso de indicadores biológicos com a capacidade de quantificar o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito, podendo determinar os efeitos sobre a qualidade do solo e sustentabilidade dos manejos agrícolas.

3.2. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

As avaliações de bioindicadores são utilizadas para demonstrar um fator natural ou antrópico com potencial em causar determinados efeitos avessos sob o ambiente e em suas populações, além de evidenciar a saúde do meio, demonstrar seu grau de periculosidade e dar suporte aos riscos ecológicos das transformações ambientais, decorrentes dessas alterações. O uso de agroquímicos representa um destes riscos, por provocar impactos, tais como, alterações contrárias nas funções, atividades, número e abundância de indivíduos de diferentes populações, assim como nas características do próprio ambiente (ANDRÉA, 2008).

Conforme Doran e Parkin (1994), bioindicadores são características ou processos biológicos que ocorrem no solo e evidenciam a condição de determinado ecossistema. Segundo Lobo et al. (2002), aspectos de acentuada gravidade e aplicabilidade de indicadores, em detecção de condições

ambientais desfavoráveis, têm como principal causa alterações induzidas por atividades antrópicas. Animais e vegetais podem ser vistos como extraordinários aliados do homem e da natureza como indicadores ambientais, indicando várias transformações ocorridas no meio ambiente, aparecendo quando ele está corrompido ou sendo destruído, pela presença de toxidade no solo, na água ou no ar (MORAIS, 1999).

Um indicador biológico é rotineiramente definido como a presença ou ausência de uma determinada espécie vegetal ou animal em definida área, associada à determinada condição ambiental. Em muitos casos, uma espécie representativa é escolhida e as adulterações observadas na população tornam-se alusivo às condições dos outros componentes biológicos do ecossistema (TURCO & BLUME, 1999). Alta sensibilidade a estresses ambientais está entre as características principais exigidas para seleção de um bioindicador de qualidade (SANTOS, 2006).

Organismos invertebrados de solo como minhocas, térmitas e protozoários, têm sido utilizados como bioindicadores e, com menor ou maior sensibilidade, demonstram o estado da qualidade do solo diante as atividades antrópicas (TURCO & BLUME, 1999). Os organismos são de fácil avaliação, pois se tratam de uma metodologia de triagem, contagem e identificação de seus indivíduos. Contudo, à medida que as populações de fauna do solo sofrem grande influência sazonal e sua sobrevivência é extremamente dependente da presença de habitats específicos o que torna essa metodologia de constatação frágil (DORAN et al., 1996).

Outro parâmetro de fácil avaliação constitui-se na atividade microbiana do solo, também expressada pela respiração do solo, e o emprego de fontes de carbono e a biodiversidade de macro e microrganismos no solo (TURCO; BLUME, 1999). ARAÚJO et al. (2007) evidenciaram que os teores de carbono da biomassa microbiana, aproveitados como indicadores de qualidade do solo forneceram uma avaliação abrangente da qualidade do solo, demonstrando uma relação estreita entre os atributos e a intensidade de uso do solo.

Os microrganismos possuem a competência de dar respostas rápidas a variações na qualidade do solo, predicado que não é observado em indicadores químicos ou físicos. Sendo assim, um conjunto mínimo de indicadores que englobam atributos físicos, químicos e biológicos devem ser

utilizados nas análises de qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994). De acordo com Stenberg (1999), um indicador será incapaz de delinear e quantificar todos os aspectos específicos da qualidade do solo. Contudo, se considera como importante bioindicador ambiental a quantificação de biomassa microbiana e de fauna epigeica.

3.3. FAUNA EPIGEICA

A fauna do solo contribui substancialmente para a resiliência e aptidão em suportar o crescimento das plantas, portanto, a fartura, heterogeneidade e atividade dos organismos do solo são um indicador de qualidade (GREGORICH et al., 1997). Podem ser classificadas com base nas dimensões corporais ou conforme seu papel no ambiente. Os organismos da fauna edáfica são parte integrante do solo, capazes de transformar as características físicas, químicas e biológicas do ecossistema, sendo uma importante ferramenta para aferir a qualidade do solo (STEFFEN et al., 2007).

A fauna epigeica é, além de agente interventor nos processos ambientais, também sensível às condições externas. Em ambiente regional: clima (EDWARDS & LOFTY, 1971; BLANDIN et al., 1985; HARTE et al., 1996); tipo de solo e fitofisionomia (AL-ASSIUTY et al., 1993; DAVID et al., 1993; BLAIR et al., 1994 e OLIVEIRA, 1996). No domínio local: quantidade de serapilheira acumulada (VASCONCELOS, 1990), qualidade da matéria orgânica (TIAN et al., 1993) e tipos de manejo (LAVELLE & PASHANASI, 1989; DIDDEN et al., 1994). São fatores determinantes e interventores na dinâmica populacional da comunidade faunística edáfica.

A população edáfica pode ser classificada a partir de distintos critérios: morfológico - tamanho e/ou diâmetro corporal (SWIFT et al. 1979; LAVELLE et al., 1997); aspectos funcionais (LAVELLE et al., 1994; LAVELLE et al., 1997; LAVELLE; SPAIN 2001) e grupos ecológicos segundo o critério de localização espacial e mobilidade (BOUCHÉ, 1977).

Na classificação ecológica, segundo o critério de localização espacial e mobilidade dos organismos da fauna edáfica de invertebrados, pode ser subdividida em epigeica, anécica e endogeica (BOUCHÉ, 1977). A atividade alimentar destes organismos relacionam-se a ciclagem de nutrientes e á

regulação dos processos biológicos a nível microbiano (SWIFT *et al.*, 1979; HANLON & ANDERSON, 1980; SEASTEDT & CROSSLEY, 1984; STORK & EGGLETON, 1992; LAVELLE *et al.*, 1993) uma vez que esses organismos participam da decomposição da matéria orgânica do solo, sendo representados por pequenos artrópodos saprófagos, pequenos anelídeos, algumas formigas e coleópteros (BOUCHÉ, 1977).

Estes organismos se sobressaem, pois agem não somente como detritívoros, quebrando o material vegetal em frações menores e facilitando a ação decompositora dos microrganismos, mas também agem na formação e estruturação do solo, densidade e capacidade de retenção de água no solo, constituindo um grupo funcional chamado de “engenheiros- do-solo” (VAZ DE MELO *et al.*, 2009; LAVELLE *et al.*, 1992; STORK & EGGLETON, 1992).

Atributos como densidade e riqueza de populações de bioindicadores podem confirmar as condições de um solo, seus níveis de equilíbrio ou perturbação (BROWN, 1997). Alguns grupos da fauna edáfica podem dissipar-se ou serem diminuídos em sua fartura e variedade como resultado de processos de degradação do solo ou de perda da diversidade natural por organismos exóticos oportunistas e altamente adaptados á distúrbios (LAVELLE, 1996; LORANGER *et al.*, 1999). Monitorar a fauna de solo pode ser um instrumento que permite avaliar a sua qualidade ambiental, além do seu próprio funcionamento como sistema de produção agrícola. (ANDRADE, 2000).

3.4. BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

A biomassa microbiana do solo (BMS) abrange a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, possui natureza dinâmica e facilmente alterada por fatores bióticos e abióticos, são desconsiderados as raízes e organismos maiores do que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, sendo constituída principalmente por fungos, bactérias, actinomicetos, algas, microalgas e arqueas, dispondo, em média, de 2 a 5% do carbono orgânico e 1 a 5% do nitrogênio total do solo (CERRI *et al.*, 1992; DEPOLLI e GUERRA, 1999; JENKINSON; LADD, 1981; KASCHUK *et al.*, 2009; SMITH; PAUL, 1990; POWLSON *et al.*, 1987; GAMA-RODRIGUES, 1999).

Em encontro a esses conceitos, apesar de representar pequena parte do Carbono orgânico do solo, a biomassa microbiana vem sendo considerada um indicador bastante compassivo às mudanças nos teores de Matéria orgânica do solo (POWLSON et al., 1987; ANDERSON & DOMSCH, 1989; SPARLING, 1992; GAMA-RODRIGUES, 1999). Sendo assim, a BMS é influenciada por fatores climáticos, pela aeração do solo, pela disponibilidade de nutrientes minerais e pela quantidade de C do solo. Em situações com maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, há estímulo da biomassa microbiana, acarretando seu aumento populacional e de sua atividade (CATTELAN & VIDOR, 1990).

A biomassa microbiana vem sendo utilizada como indicador biológico da qualidade da matéria orgânica do solo, para compreensão e comprovação da eficácia de diferentes sistemas de produção (MELE & CARTER, 1993). De acordo com Reinert (1988), a avaliação de atributos edáficos relacionados à sua funcionalidade possibilitaria monitorar indiretamente a qualidade do solo. Assim, sua utilização como indicador, torna-se importante para a idealização, avaliação e execução de práticas de manejo que sejam ecológica e economicamente viáveis (DORAN & ZEISS, 2000; ARSHAD & MARTIN, 2002; BOUMA, 2002).

Conforme Wardle (1994) a relação entre o Carbono microbiano e o carbono orgânico total, também denominado quociente microbiano ($qMIC$) provê uma avaliação nos atributos da matéria orgânica do solo; quanto mais elevado seja o valor de MOS haverá um aumento em C, culminando em um acréscimo de carbono da biomassa microbiana (C-BMS), entretanto, quando houver algum fator estressante resultará no declínio do teor de C e possível perda de qualidade na MOS. Em cultivos de leguminosas, os valores do C-BMS oferecem índices elevados e em efeito os valores de MOS proporcionam melhores resultados em sua qualidade após á três anos de cultivo (LONGO et al. 2010). Assim, a partir da aferição do $qMIC$ conseguimos determinar o nível de equilíbrio do solo e a eficácia de seu manejo.

Outra forma de quantificação da BMS é a taxa de respiração basal (C-CO₂) e o quociente metabólico (qCO_2), que quantifica o C-CO₂ liberado por unidade de biomassa microbiana por determinado tempo (MERCANTE, 2001; MERCANTE et al., 2008). Como atributo que permite a identificação de solos

contendo biomassa mais eficiente na utilização de C e energia, refletem ambientes com menor grau de distúrbio ou estresse (CHAER & TÓTOLA, 2007). De acordo com ANDERSON & DOMSCH (1993), resultados mais elevados de $q\text{CO}_2$, geralmente, são avaliações de sistemas mais jovens, sujeitos á condições adversas, enquanto resultados de menores valores, são associados aos ecossistemas maduros e mais estáveis.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Unidade Demonstrativa Agroecológica (UDA), Aldeia Tey`ikue, no município de Caarapó, MS (22°59'S e 54°96'W), num solo de textura arenosa (73% de areia), com as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 5,0; P = 0,3 mg dm⁻³; K = 0,27 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,6 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,6 cmol_c dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al: 2,3 cmol_c dm⁻³ e matéria orgânica = 10,9 g kg⁻¹. O clima de ocorrência na região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw.

Para a realização do experimento o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos empregados foram os seguintes: milho consorciado com feijão-caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) (M+FC), milho consorciado com guandu (*Cajanus cajan* L.) (M+G), milho consorciado com mucuna-preta (*Mucuna aterrina* (Piper & Tracy) Holland) (M+MP), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria juncea*) (M+CJ), Milho consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) (M+FP) e monocultivo de milho (MS).

A semeadura da cultura do milho, cultivar AG 1051, foi realizada com auxílio de uma matraca com espaçamento de 0,8m entre linhas e 6 sementes /m linear, no mês de Janeiro de 2015. O plantio das espécies de adubos verdes foi realizado nas entrelinhas, manualmente, após 30 dias após o plantio do milho, com as seguintes densidades: 6 semente/m linear para mucuna-preta e feijão-de-porco; 10 sementes/m linear para feijão-caupi; 20 sementes/m linear para gaundu e 30 sementes/m linear para crotalária.

Para avaliação da atividade microbiana de solo, as amostragens foram coletadas na camada de 0 a 0,10 m de profundidade, nos intervalos das linhas da cultura do milho e da espécie utilizada como adubo verde, sendo cada amostra composta de seis subamostras.

Para a aferição do carbono da biomassa (C-BMS), a metodologia adotada foi conforme Vance et al. (1987), pelo método da fumigação-extração. Jenkinson e Powlson (1976) forneceram a metodologia condizente para a avaliação da respiração basal (C-CO₂).

As amostras para essa avaliação foram destorroadas e peneiradas em malha de 02 mm, sendo posteriormente retirados todos os fragmentos de

raízes, vegetais e organismos remanescentes. Em seguida, foram acondicionadas em recipientes plásticos retangulares com identificação de cada amostra coletada no campo, com tampas. Logo após esse processo, foi realizada a capacidade máxima de retenção de água, onde foi feito o umedecimento com água destilada e aplicado com borrifador, submetendo este recipiente a movimentos circulares no plano horizontal, até que atingisse cerca de 40 a 60% da sua capacidade de campo.

Foram retiradas 2 subamostras de 20g cada da amostra primária, sendo uma fumigada com clorofórmio livre de etanol e incubada por um período de 24 horas, ocasionando então a morte dos microrganismos e ainda liberação dos componentes celulares, sendo a outra subamostra mantida em natural. A extração do C-BMS ocorreu após a adição de 50 mL de solução aquosa de potássio a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (K_2SO_4). Após esse procedimento as amostras passaram a ser agitadas em agitador horizontal ($\pm 150 \text{ rpm}$), por 30 minutos. Posterior à decantação de 30 minutos, ocorreu à filtração lenta em papel filtro de 12,5 cm. Após a filtração, 8 mL dos extratos foram submetidos à digestão de 2mL de dicromato de potássio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,066 \text{ mol.L}^{-1}$ e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,033 \text{ mol.L}^{-1}$ (NH_4) $2\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 2,6\text{H}_2\text{O}$, 3 gotas de difenilamina 1 % (meio ácido).

Seguindo a metodologia descrita por Gama-Rodrigues (1992) a expressão utilizada para o cálculo do C-BMS foi a seguinte: $(V_b - V_a) \cdot N_{\text{FeSO}_4} \cdot 0,003 \cdot 50 \cdot 106 / (8 \cdot P_s \text{ (g)})$, onde V_b representa o volume (mL) de sulfato ferroso gasto na titulação do branco; V_a , o volume (mL) de sulfato amoniacal gasto na titulação da amostra; N_{FeSO_4} , A normalidade do sulfato padronizado, e o peso do solo seco (g). A determinação do carbono foi determinante para a estimativa do C-BMS, conforme a fórmula: $(\text{ug C de solo fumigado} - \text{ug C de solo não fumigado}) / 0,33$.

Para aferir a respiração basal (C-CO₂), as amostras foram divididas, por partes de 50 g de solo, sendo estas foram incubadas juntamente com frascos contendo de 10 mL de NaOH (1,0N) em recipiente hermeticamente fechado, ao decorrer de sete dias. Após o período de incubação, deu-se início ao processo de titulação do NaOH com HCl 0,5 M na presença de BaCl₂ 1,5M, tendo como indicador a fenolftaleína (1%). O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) é obtido pela relação entre a quantidade de carbono liberada na respiração basal

e a quantidade de carbono quantificada na biomassa microbiana e o quociente microbiano (q_{MIC}), pela relação C-BMS/ C-orgânico total (ANDERSON; DOMSCH, 1990). O conteúdo de matéria orgânica (MOS) foi determinado, segundo a metodologia descrita por Claessen (1997).

A avaliação de fauna epigeica foi obtida através de armadilhas de queda do tipo “pitfall”, de conteúdo 200 mL de formol á 4 %, pelo período de sete dias. O uso dessa técnica é aconselhado para obtenção de estimativas das populações de alguns grupos de invertebrados terrestres (MOLDENKE et al., 1994).

Após o período determinado de 7 (sete) dias, as armadilhas foram retiradas e conduzidas para o Laboratório de Microbiologia Agrícola e Industrial da UEMS-GD para triagem dos organismos presentes nestas, onde se procedeu à identificação e contagem dos organismos, levando em consideração os grandes grupos taxonômicos, foi necessário auxílio de uma lupa binocular com capacidade de aumento de 40x, placas de Petri; após o procedimento de identificação, os organismos foram extraídos de forma manual com auxílio de pinça e contidos em uma solução de álcool a 70 %.

Seguindo o procedimento, de acordo com Magurran (1988), os atributos ecológicos da fauna avaliados foram realizados com base em sua densidade (n° de indivíduos $arm^{-1} dia^{-1}$), sua riqueza (n° de grupos) e seu índice de diversidade de Shannon. Este índice é obtido através da relação $H' = -\sum(pi)SI = 1(\ln pi)$, onde (pi) representa a abundância relativa de cada espécie, que é calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número absoluto dos indivíduos na comunidade e (S) representa o número de espécies, ou seja a riqueza (ABRÃO, 2012).

Os dados de densidade e riqueza dos organismos epigeicos (x) dada a sua heterogeneidade, foram transformados em $X = \sqrt{X}$. Os dados de bioindicadores de solo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, com significância ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas por meio de software Assistat (versão 7.7 beta, 2014). Além disso, os atributos ecológicos foram submetidos á análises de agrupamento (*cluster analysis*), adotando-se método do vizinho mais distante (*complete linkage*), a partir da Distância Euclidiana, para avaliar a similaridade entre os sistemas estudados. As análises

estatísticas foram processadas por meio de software Statistica (versão 5.0, StatSoft).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. BIOMASSA MICROBIANA

Entre os sistemas manejados na experimentação, os consórcios entre milho e mucuna-preta (M+MP) e milho com feijão-caupi (M+FC) obtiveram maiores valores de C-BMS em relação aos demais sistemas de manejo avaliados (Tabela 1). O menor valor de C-BMS foi observado no sistema de milho solteiro (MS) e milho consorciado com guandu (M+G). De acordo com Cattelan & Vidor (1990), a atividade metabólica e o C-BMS, possuem relação direta com fatores: temperatura, umidade, aeração e disponibilidade de substrato no solo.

Na respiração basal (C-CO₂), os maiores valores foram observados no sistema M+MP em relação aos demais sistemas de manejo, com exceção ao M+FC. Segundo Balota et al. (2003), a redução da atividade microbiana no solo pode ser ocasionada pelas perdas de C, na forma de CO₂. Em relação ao quociente metabólico (qCO_2), os sistemas MS e M+G apresentaram maiores valores em comparação aos demais sistemas avaliados. De acordo com Roscoe et al. (2006), valores de qCO_2 elevados são indicativos de comunidades microbianas que estão em desenvolvimento inicial, onde podem estar com um número alto de concentração de microrganismos ativos, ou também, pode ser um indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico.

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$) e matéria orgânica do solo (MOS) em cultivo de milho consorciado com leguminosas ou em monocultivo (MS).

Sistemas	C-BMS	C-CO ₂	qCO_2	$qMIC$	MOS
	$\mu g\ C\ g^{-1}\ solo\ seco$	$\mu g\ C-CO_2\ g^{-1}\ solo\ dia^{-1}$	$\mu g\ C-CO_2\ \mu g^{-1}\ C-BMS\ h^{-1}$	%	
MS	130,1c	17,8c	57,1a	1,5a	14,6a
M+G	137,0c	18,7bc	56,7a	1,5a	15,5a
M+CJ	151,4b	18,3bc	50,4b	1,7a	15,4a
M+FP	156,1b	18,7bc	50,0b	1,9a	14,5a
M+FC	175,7 ^a	20,0ab	47,5b	1,8a	16,5a
M+MP	179,2 ^a	20,7 ^a	48,2b	1,8a	17,3 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. MS: monocultivo de milho; M+GA: milho consorciado com guandu; M+CJ: milho consorciado com crotalária; M+FP: milho consorciado com feijão-de-porco; M+FC: milho consorciado com feijão-caupi; e M+MP: milho consorciado com mucuna-preta.

O quociente microbiano ($qMIC$) foi similar entre todos os sistemas de manejo de milho (Tabela 1). A MOS, foi estatisticamente similar em todos os tratamentos (Tabela 1). O $qMic$, em condições normais, varia de 1 a 4 % e valores inferiores a 1 % podem ser atribuídos a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (JAKELAITIS et al., 2008). Em diversos estudos sobre efeitos de sistemas de manejo, foi demonstrado que as alterações no conteúdo de matéria orgânica do solo ocorrem em médio ou em longo prazo, requerendo maior tempo para ser quantificada (OLIVEIRA et al., 2001; ROSCOE et al., 2006).

6.2. FAUNA EPIGEICA

A composição pertencente aos principais grupos da comunidade de invertebrados epigeicos encontra-se na Tabela 2. Verificou-se uma frequência relativa (FR) similar entre os tratamentos avaliados. O grupo de Araneae ocorreu de forma

dominante entre os tratamentos, sendo a maior FR observada nos sistemas M+G (45 %) e M+FC (62,5 %). Já o grupo de coleóptera apresentou alta FR nos sistemas M+FP (59,4%) e M+MP (50%). Perner e Malt (2003) ressaltam que as aranhas são extremamente sensíveis a pequenas variações no habitat, incluindo o microclima e a umidade do solo. Segundo Lavelle & Spain (2001), os grupos de Araneae e Coleoptera são responsáveis pela fragmentação da matéria orgânica e podem ser utilizados como indicadores sensíveis da qualidade do solo.

O grupo de Formicidae apresentou maior FR nos sistemas MS (29,2%) e M+CJ (28,9%). Segundo Fowler et al. (1991), as formigas são organismos dominantes nos ecossistemas, tanto em riqueza de espécies quanto em abundância, promovendo mudanças e benefícios à sua estrutura, contribuindo para a fertilidade do solo, através de seu hábito de vida. É importante destacar a presença do grupo Oligochaeta nos sistemas M+MP (31,3%) e M+FP (25%). Provavelmente, a maior frequência das minhocas epigeias é devido à

qualidade e quantidade das folhas dessas espécies de plantas acumuladas na superfície do solo. Segundo Brown e James (2007), essas minhocas alimentam-se de matéria orgânica em etapas primárias ou intermediárias de decomposição, o que torna seus coprólitos essencialmente orgânicos.

O grupo Oligochaeta é considerado um dos principais responsáveis pelo controle do balanço entre acumulação e mineralização da matéria orgânica (CORREIA, 2003). A manutenção de uma cobertura vegetal na superfície do solo impede a perda da diversidade da macrofauna edáfica e favorece a atividade dos organismos engenheiros do ecossistema, entre eles os grupos Oligochaeta e Formicidae (BARROS et al., 2003; ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009). Conforme Correia; Oliveira (2005), oligochaetas são organismos extremamente sensíveis à temperatura, sendo presentes em ambientes cuja cobertura foliar seja de proporção mais abundante, no caso dos sistemas M+MP e M+FP.

Tabela 2. Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna invertebrada epigeica do solo e “índice de Shannon” em cultivo de milho consorciado com leguminosas e em monocultivo (MS).

Grupos	MS	M+G	M+CJ	M+FP	M+FC	M+MP
	%					
Aranae	4,2	45,0	3,9	3,1	62,5	0,0
Coleoptera	16,7	0,0	26,3	59,4	18,8	50,0
Collembola	12,5	15,0	6,6	0,0	6,5	12,5
Diptera	16,7	30,0	27,6	0,0	0,0	0,0
Formicidae	29,2	0,0	28,9	3,1	6,0	0,0
Hemiptera	0,0	0,0	6,6	6,3	0,0	0,0
Heteropta	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0
Hymenoptera	0,0	10,0	0,0	0,0	6,3	0,0
Isoptera	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lepidoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
Oligocheta	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	31,3
Orthoptera	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Psocoptera	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>H'</i>	0,77	0,6	0,7	0,5	0,3	0,6

H': índice de shannon; MS: monocultivo de milho; M+GA: milho consorciado com guandu; M+CJ: milho consorciado com crotalária; M+FP: milho consorciado com feijão-de-porco; M+FC: milho consorciado com feijão caupi; e M+MP: milho consorciado com mucuna-preta.

Os resultados obtidos pela análise de fauna epigeica do solo mostraram que as médias de densidade (n° indivíduos $\text{arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e riqueza (n° grupos) da fauna epigeica foram significativamente influenciadas pelos sistemas avaliados (Figura 1). A maior densidade observada ocorreu no sistema M+CJ em relação aos sistemas MS, M+FC, M+MP, M+G, mas não diferindo do manejo M+FP.

Segundo Moço et al. (2005), a maior ou menor associação de um determinado grupo da fauna edáfica, em cada tratamento, deve-se ao tipo de preparo do solo e, principalmente, aos efeitos benéficos dos resíduos vegetais mantidos na superfície do solo, que proporcionam ambiente mais favorável à sobrevivência de determinados grupos. Silva et al. (2007) verificaram que a maior densidade de macrofauna nas áreas sob plantio com leguminosas indicam preferência alimentar destes organismos pelas plantas de cobertura pertencentes á esta família, o que pode estar relacionado à sua baixa relação C/N.

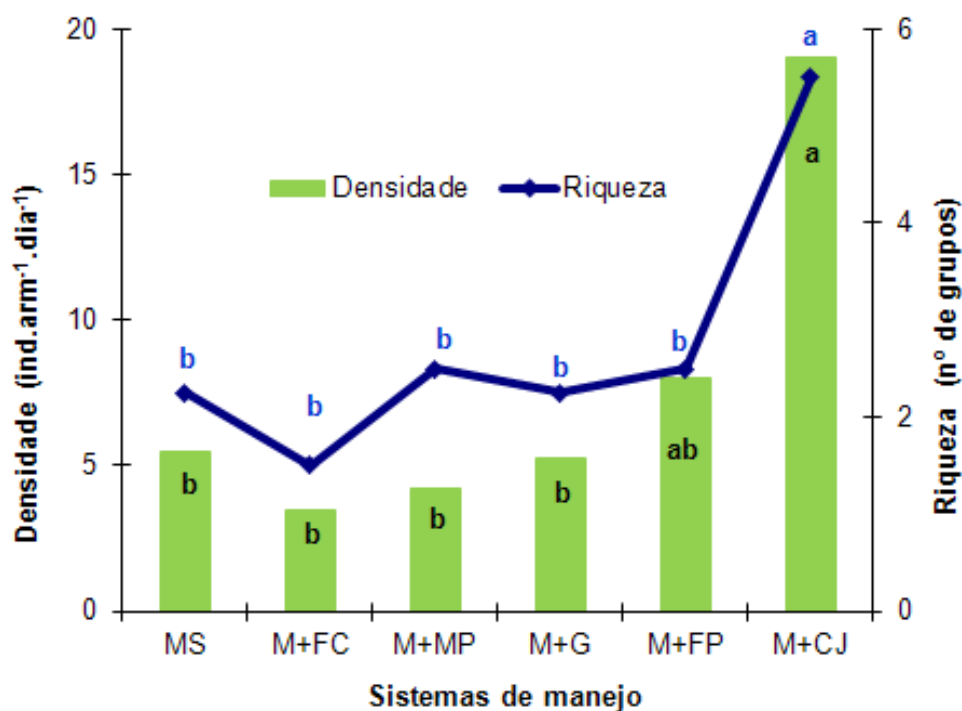


Figura 1. Densidade total e riqueza de macroinvertebrados epigéicos em cultivo de milho consorciado com leguminosas. MS: monocultivo de milho; M+G: milho consorciado com guandu; M+CJ: milho consorciado com crotalária; M+FP: milho consorciado com feijão-de-porco; M+FC: milho consorciado com feijão-caupi; e M+MP: milho consorciado com mucuna-preta. As médias seguidas pela mesma letra na barra e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

A riqueza da fauna invertebrada do solo foi maior no sistema M+CJ em relação aos demais sistemas de manejo (Figura 1), indicando que possui um ambiente propício para a ocorrência de uma maior diversidade de fauna invertebrada epigeica. Dias et al. (2006, 2007) observaram que a presença das leguminosas contribuiu para o aumento da diversidade da fauna de solo, o que demonstra que a diversidade vegetal favorece e interfere na comunidade faunística invertebrada do solo.

Na análise de agrupamento técnico, cujo objetivo é agrupar sistemas de manejo com base em bioindicadores de qualidade de solo comuns, observou-se a formação de três grupos com 82,5 % de dissimilaridade entre si (Figura 2). Essas diferenças de agrupamento resultam, portanto, das diferenças observadas dos atributos biológicos, possibilitando uma análise mais generalizada da qualidade dos sistemas estudados.

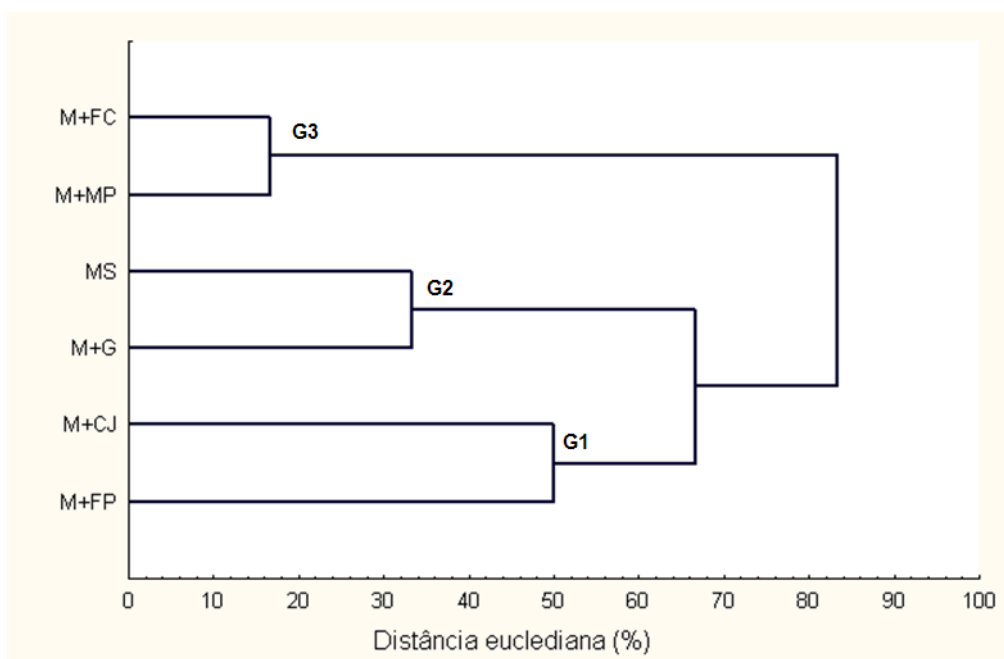


Figura 2. Dendrograma de similaridade entre os sistemas de manejo, com base na distância euclidiana, segundo os atributos biológicos analisados. MS: monocultivo de milho; M+G: milho consorciado com guandu; M+CJ: milho consorciado com crotalária; M+FP: milho consorciado com feijão-de-porco; M+FC: milho consorciado com feijão-caupi; e M+MP: milho consorciado com mucuna-preta.

O primeiro grupo (G1) apresentou semelhança de 50% entre os sistemas M+CJ e M+FP. No segundo grupo (G2), observou-se semelhança de 66% entre os sistemas MS e M+G. A formação desse grupo demonstra que o cultivo do milho em consórcio com o guandu ainda apresenta características semelhantes ao sistema milho solteiro (convencional). O terceiro grupo (G3) englobou o sistema M+FC e M+MP, com 84% de similaridade. Isso ratifica que o uso de uma espécie no sistema em forma de consórcio é um tipo de manejo que contribui para a melhoria gradativa da qualidade do ambiente edáfico.

7. CONCLUSÕES

1. O cultivo consorciado de milho com leguminosas estimula a comunidade microbiana do solo e alguns de seus componentes, quanto a fauna epigeica, independente da espécie da leguminosa utilizada tem sua diversidade alterada;
2. Os atributos biológicos propostos neste estudo da qualidade do solo utilizando sistemas de consórcio milho e leguminosas, que incluem a biomassa microbiana do solo e fauna epigeica, permitem distinguir os efeitos proporcionados pelas diferentes espécies de leguminosas e contribuem para o monitoramento do manejo dos arranjos de consórcios.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, J. S. **Níveis de palhadas e preparos do solo em Cultivos de cana-de-açúcar: impacto sobre a Fauna edáfica e epigéica**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, 49 p. 2012.
- AGOSTINHO, P. R. **Biomassa microbiana em solo adubado com vinhaça e cultivado com milho safrinha em sucessão á leguminosas**. Monografia (Graduação) Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. 37 p. 2013.
- AITA, C. **Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão**. In: FRIES, M. R.; DALMILIN, R. S. D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; Pallotti, Palestras apresentadas no III curso. p. 76-111, 1997.
- AL-ASSIUTY, A. L.; BAYOUMI, B. M.; KHALIL, M. A. & VAN STRAALLEN, N. M. The influence of vegetation al type on seasonal abundance and species composition of soil fauna at different localities in Egypt. **Pedobiologia**, v. 37: p. 210-222, 1993.
- ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, 398–403, 2009.
- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 277-288, 2000.
- ALVARENGA, D. A. **Efeitos de diferentes sistemas de semeadura na consorciação milho-soja**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras. 46 p. 1995.
- ALVES, G. C. **Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* em genótipos de milho**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 63 p. 2007.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 553-560, 2000.
- ANDERSON, T. H. & DOMSCH, K. H. The metabolic quotients for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochemistry**, Cambridge. v. 25, p. 393-395, 1993.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 251–255, 1990.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biol. Biochemistry**, Elsevier. v. 21. p. 471-479, 1989.

ANDRADE, L. B. **O uso da fauna edáfica como bioindicadora de modificações ambientais em áreas degradadas.** Universidade Federal Rio de Janeiro. Monografia. Rio de Janeiro, 2000.

ANDRÉA, M. M. de. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos.** 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm>. Acessado em: 20/10/2015.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 66-75, 2007.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro- ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 88, p. 153-160, 2002.

BAIRD, C. Química ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2002. 2 Ed. BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.38, p.15-20, 2003.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v.47, p.273-280, 2003.

BLAIR, J. M.; PARMELEE, R. W.; WYMAN, R. L. A comparison of the forest floor invertebrate communities of four forest types in the northeastern United States. **Pedobiologia**, v. 38, p. 146-160, 1994.

BLANDIN, P.; FLOGAITIS, J. A.; GEOFFROY, J. J. Les variations interannuelles des macroarthropodes édaphiques dans une forêt temperee. **Bulletin of the Ecological Society of America**. v. 16 (4), p. 273-283, 1985.

BONJORNO, I. I.; MARTINS, L. A. O.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H. H.; WILDNER, L. P.; PARIZOTTO, C.; FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; ALTIERI, M. A.; LOVATO, P. E. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 99-108, 2010.

BOUCHÉ, M. B. Strategies lombriciennes. In: LOHM, U.; PERSSON, T. (Eds.). Soil Organisms as Components of Ecosystems. **Ecology Bulletin**. n. 25, p. 122-132, 1977.

BOUMA, J. Land quality indicators of sustainable land management across scales. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v. 88, p. 129-136, 2002.

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

BROWN, K. S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável e recursos naturais. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. (eds.) **Indicadores ambientais**. p.143-151, 1997.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 133-142, 1990.

CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coords.). Microbiologia do solo. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 73-90, 1992.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1381-1396, 2007.

CLAESSEN, M. E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. revista atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 210p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 01).

CONAB (Campanha Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos Safra 2014/15**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 29 de setembro de 2015.

CORREIA, A. A. D. **Distribuição, preferência alimentar e transformação de serapilheira por diplópodes em sistemas florestais**. 2003. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. de. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In: AQUINO, A.M. de; ASSIS, R.L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p.77-99.

DAVID, J. F.; PONGE, J. F.; DELECOUR, F. The saprophagous macrofauna of different types of humus in beech forests of the Ardenne (Belgium). **Pedobiologia**. V. 37, p. 49-56, 1993.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. C. N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, p. 389-412. 1999.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CORRÊIA, M.E.F.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; RODRIGUES, K.D.M.; FRANCO, A.A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. Pesquisa **Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1015-1021, 2006.

DIDDEN, W. A. M.; MARINISSEN, M. J.; VREEKEN-BUIJS, M. J.; BURGERS, S. L. G. E.; FLUITER, R.; GEURS, M.; BRUSSAARD, L. Soil meso and macrofauna in two agricultural systems: factors affecting population dynamics and evaluation of their role in carbon and nitrogen dynamics. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v. 51: p. 171-186, 1994.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil

quality. Madison, **Soil Science Society of America**, (SSSA Special Publication, 49), p.25-37, 1996.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America** (Special Publication number, 35), p.107-124, 1994.

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

EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. The influence of temperature on numbers of invertebrates in soil, especially those affecting primary production. **Annales de Zoologie**. p. 545-555, 1971

FAGERIA, N. K. Sistemas de cultivo consorciado. In: FAGERIA, N. K. (Ed.). **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, p. 185-196, 1989.

FOWLER, H. G. et al. Ecologia Nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds). **Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Manejo de Pragas**. São Paulo: Manole e CNPq, 1991. 359 p.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica**. Porto Alegre: Gênese, p.228-243. 1999.

GREGORICH, E. G. CARTER, M. R. DORAN, J. W. PANKHURST, C. E. DWYER, L. M. Chapter 4 Biological attributes of soil quality, **Developments in Soil Science**, v. 25, p. 81-112, 1997.

HANLON, R. D. G.; ANDERSON, J. M. Influence of macroarthropod feeding activities on microflora in decomposing oak leaves. **Soil Biology Biochemistry**. v. 12, p. 255-261, 1980.

HARTE, J.; RAWA, A.; PRICE, V. Effects of manipulated soil microclimate on mesofaunal biomass and diversity. **Soil Biology Biochemistry**. v. 28, p. 313-322, 1996.

HUNTER, D. J.; YAPA, L. G. G.; HUE, N. V.; EAQUB, M. Comparative effects of green manure and lime on the growth of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in Western Samoa. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 26, n. 1, p. 375-388, 1995.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; SANTOS, A. A. dos, VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soils: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J. N., eds. **Soil Biochemistry**, v. 5. p. 415-471, 1981.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology Biochemistry**, England, v.8, p.209-213, 1976.

- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, 2009.
- LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, n. 33, p. 3-15, 1996.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystems engineers. **European Journal of Soil Biology**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A Hierarchical Model for Decomposition in Terrestrial Ecosystems: Application to Soils of the Humid Tropics. **Biotropica**, v. 25(2): p.130-150, 1993.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSAARD, L. The relationship of between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: J. Wiley & Sons, p. 137-169, 1994.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, Jena, v 33: p. 283-290, 1989.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: Lal, R. & Sanchez, P. A. (Eds). **Myths and science of soils of the tropics**. SSSA, Madison, USA, p.157-185.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 2001. 654p.
- LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 41, p. 29-35, 2010.
- LOBO, E. A., CLEGARO, M. L. V., BENDER, E. P. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul. EDUNISC, 127 p. 2002.
- LORANGER, G.; PONGE, J. P.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P. Influence of agricultural practices on arthropod communities in a vertisol (Martinique). **European Journal of Soil Biology**, New Jersey, v. 34, n. 3, p.157-165, 1999.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princenton, University Press, 179p. 1988.
- MARCHI, S. L. **Interação entre desfolha e população de plantas na cultura do milho na Região Oeste do Paraná**. Dissertação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2008.
- MELE, P. M.; CARTER, M. R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K.;

MERCKX, R., (Eds.). **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. New York, John Wiley & Sons, p. 57-64. 1993.

MELGAR, R. J.; SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S.; SÁNCHEZ, P. A. Rates and dates of nitrogen fertilizer application for maize on a latosol in the central Amazonia region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p.289-296, 1991.

MERCANTE, F. M. **Biomassa e atividade microbiana: Indicadores da qualidade do solo**. Direto no Cerrado, p. 9-10, 2001.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MILHO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Milho&oldid=43478277>. Acesso em: 30 setembro 2015.

MOÇO, M. K. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 555-564, 2005.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. **Soil Science Society of America**, Madison, p. 517-539, 1994.

MORAIS, M.B. Introdução em aves cativas. **Melopsittacus**, Belo Horizonte, v.2, n. 2/4, p.67-68, 1999.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F. de; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, E. P. **Estudo dos invertebrados terrestres e distribuição vertical em diferentes ecossistemas da Amazônia central**. XIII Congresso Latino-americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, São Paulo. 1994.

OLIVEIRA, J. O. A. P.; VIDIGAL FILHO, P. S.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; MUNIZE, A. S.; SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 25, n. 2, p. 443-450, 2001.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1739-1745, 2004.

PERNER, J.; MALT, S. Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.98, p.169–181, 2003.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.159-164, 1987.

RAPOSO, J. A. A.; SCHUCH, L. O. B.; ASSIS, F. N. de; MACHADO, A. A. Consórcio de milho e feijão em Pelotas, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 639-647, 1995.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J., eds. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa, p.163-176, 1988.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Biomassa microbiana do solo. In: (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p.163- 198. 2006.

SANTOS, A. C. **Levantamento e análise faunística da artropodofauna de ocorrência na cultura do milho (Zea mays) e estudo do efeito de inseticidas sobre organismos não alvos**. USP. Tese de Doutorado, Ribeirão Preto, 2006.

SANTOS, P. A.; SILVA A. F.; CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010.

SEASTEDT, T. R.; CROSSLEY Jr, D. A. The influence of arthropods on ecosystems. **BioScience**. v. 34(3), p. 157-161, 1984.

SILVA, D. M. E. **Influência dos sistemas de exploração agrícola convencional e orgânico em cana-de-açúcar**. 2007. Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia. 78 p.

SILVA, G. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 1-5, jan./jun. 2002.

SILVA, R.F.; AQUINO,A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.697-704, 2006

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.; STOTZKY, D.G., ed. **Soil biochemistry**, v. 6. p. 357-396, 1990.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.

STEFFEN, R. S.; ANTONIOLLI, Z. I.; KIST, G. P. Avaliação de substratos para reprodução de colêmbolos nativos em condições de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 265-269, 2007.

- STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Acta Agricultura e Scandinavia**, v. 49, p. 1-24, 1999.
- STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal Alternative Agriculture**, v. 7, p. 38-47, 1992.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Oxford, Blackwell, 372p. 1979.
- TIAN, G.; BRUSSARD, L. & KANG, B.T. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: Effects on soil fauna. **Soil Biol. Biochem.** v. 25 (n. 6): p.731-737, 1993.
- TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 83p. 2004.
- TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, p. 529-549, 1999.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.
- VANDERMEER, J. H. Intercropping. In: GLIESSMAN, S. R. (Ed.). **Agroecology: researching basis for sustainable agriculture**. New York: Springer Verlag, p. 481–516. 1990.
- VASCONCELOS, H. L. Effects of litter collection by understory palms on the associated macroinvertebrate fauna in Central Amazônia. **Pedobiologia**. v. 34, p. 157-160, 1990.
- VAZ DE MELO, F; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; J. N. C., LOUZADA; LUIZÃO, F. J.; WELLINGTON DE MORAIS, J.; ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.
- WARDLE, D. A. **Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo**. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa/SPI; Santo Antônio de Goiás: Embrapa/CNPAP; Londrina: Embrapa/CNPS, 1994. p. 419-436, 1994.