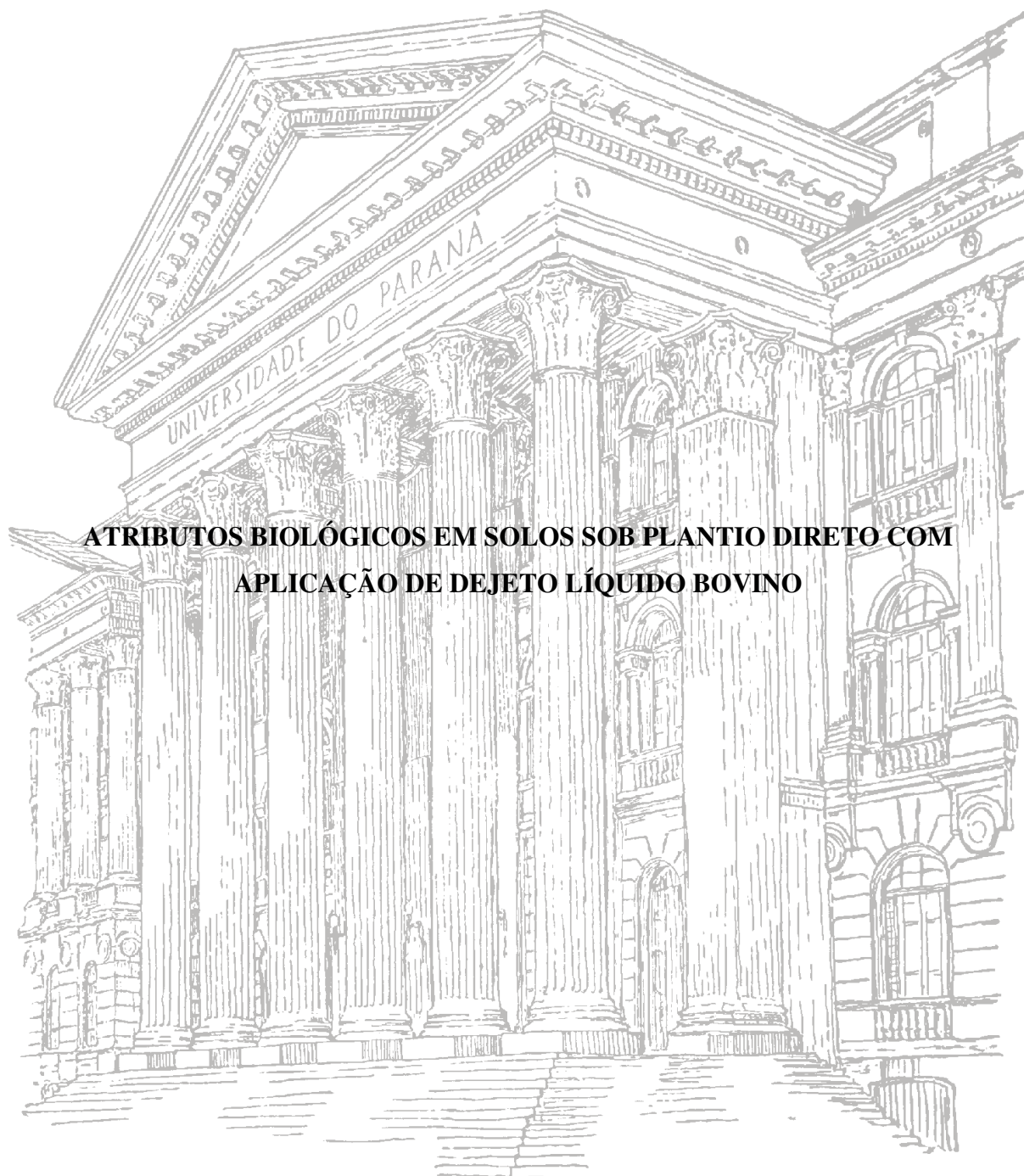


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINE SILVANO



**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO COM
APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO**

CURITIBA

2011

CAROLINE SILVANO

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO COM
APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Fabiane Machado Vezzani

Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Nerilde Favaretto

**CURITIBA
2011**

Silvano, Caroline

Atributos biológicos em solos sob plantio direto com aplicação de dejetos líquidos bovinos / Caroline Silvano. – Curitiba, 2011. 62 f. il.

Orientador: Prof.^a Fabiane Machado Vezzani

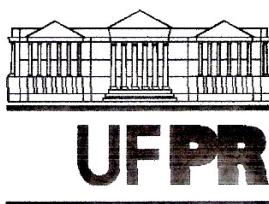
Co-orientador: Prof.^a Nerilde Favaretto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo.

1. Resíduos de animais como fertilizantes. 2. Solos – Atributos e fertilizantes. 4. Bovino -- Dejetos. I. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo II. Título

CDU 631.8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcsolo@ufpr.br

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **CAROLINE SILVANO**, sob o título: "**Atributos biológicos em solos sob plantio direto com aplicação de dejetos líquido bovino**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 22 de fevereiro de 2011.

Prof. Dra. Fabiane Machado Vezzani, Presidente

Eng. Agr. Dr. Arnaldo Colozzi Filho, Iº. Examinador

Eng. Agr. Dr. George Gardner Brown, IIº. Examinador

Prof. Dr. Volnei Pauletti, IIIº. Examinador



Aos meus pais Ilda e Valdir, pelo amor, carinho, compreensão, educação, força, e incentivo nos momentos difíceis, apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, e pelos muitos sonhos realizados.

Ao meu irmão Clecio e sua esposa Carol, pelo amor, carinho, amizade e todo o apoio.

Ao meu namorado Márcio, pelo amor, carinho, companhia, incentivo, valiosas sugestões e auxílios, e por tornar esse momento muito mais feliz.

Aos meus familiares e amigos, pela amizade, companheirismo e por torcerem pelo meu sucesso profissional.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, principalmente pelo dom da vida.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização deste curso.

À professora Dr^a. Fabiane Machado Vezzani, pela acolhida, orientação, companheirismo e amizade, compreensão, e por compartilhar seus conhecimentos que muito contribuíram na minha formação crítica e na realização deste trabalho, além do meu crescimento pessoal.

À professora Dr^a. Nerilde Favaretto, pela co-orientação, incentivo e colaboração neste trabalho.

À Fundação ABC para Divulgação e Assistência Técnica Agropecuária e á sua equipe técnica, por ceder as áreas experimentais, condução do experimento, auxílio na realização de algumas coletas e pelo fornecimento de dados importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Eng Agrônomo M. Sc. Helio Mori, pela instalação do experimento em Ponta Grossa.

Ao professor Dr. Volnei Pauletti pela disponibilidade de fornecimento de dados e conhecimentos em todo o andamento da pesquisa.

Ao pesquisador da Embrapa Florestas, Dr. George Gardner Brown, por suas sugestões e auxílios, principalmente relacionados ao assunto de fauna epiedáfica.

Ao pesquisador da FEPAGRO, Dr. Luciano Kayser Vargas, por seu auxílio na área de microbiologia do solo.

À estagiária de Iniciação Científica Aline, pela ajuda em algumas das análises laboratoriais.

Aos Funcionários dos laboratórios de biologia do solo, física do solo e biogeoquímica pelo auxílio nas análises, especialmente à Cleusa, que também ofereceu sua amizade, companhia e sugestões.

Ao Gerson, secretário do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, por todos os esclarecimentos e auxílio prestados.

Aos meus amigos Katy e Maurício, que além da amizade, ótima convivência, companheirismo, sugestões e ajudas, também se disponibilizaram a ajudarem muito nas coletas, inclusive disponibilizando o carro para o transporte.

Aos meus amigos Izabel e Thiago pela ótima convivência e companheirismo, aos muitos momentos descontraídos, sugestões e ajudas no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas da Pós-Graduação pelo convívio, parcerias nos estudos e diversos trabalhos acadêmicos e pelas sugestões.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O uso de dejetos em sistemas de produção agrícola, além de ser uma solução para o problema de armazenamento de resíduos da pecuária, melhora a fertilidade do solo. Entretanto, para a correta utilização destes resíduos orgânicos na agricultura, é preciso conhecer sobre a dinâmica do dejetos nos solos e seus efeitos sobre as culturas, consequências ambientais e implicações no funcionamento e sustentabilidade do ecossistema local. O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento de atributos biológicos diante do efeito residual da adição de doses crescentes de dejetos líquidos de bovinos confinados (DLB), em diferentes coberturas vegetais e dois grupamentos texturais de solo sob plantio direto. Este estudo foi conduzido nos municípios de Ponta Grossa e Castro, sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico de textura média e sobre um Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, respectivamente. Ambas as áreas experimentais vêm sendo manejadas no sistema de rotação envolvendo trigo (*Triticum aestivum* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) no inverno e soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e milho (*Zea mays* L.) no verão em sistema de plantio direto. Os tratamentos consistiram de quatro doses de DLB: 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. A adubação mineral foi igual em todos os tratamentos, efetuada conforme a necessidade da cultura implantada. As coletas de solo e de fauna epiedáfica foram realizadas antes da aplicação do dejetos, em duas épocas: após a safra inverno 2009 e a safra verão 2009/2010. Foram avaliados os atributos microbiológicos do solo relacionados ao carbono da biomassa microbiana (CBMS), respiração microbiana (RMS) e os índices microbianos: quociente microbiano (CBMS/COT) e quociente metabólico do solo (qCO₂). A fauna epiedáfica foi coletada usando armadilhas de queda e determinadas a abundância, riqueza, diversidade de Shannon, Dominância de Simpson e Uniformidade de Pielou. Com exceção da RMS, os demais atributos microbiológicos avaliados no solo de textura muito argilosa não responderam à adição de DLB. Já no solo com textura média, a aplicação crescente de DLB aumentou os níveis de CBMS e RMS. Porém, ocorreu redução na eficiência metabólica nas condições de maiores doses, na coleta após a safra inverno 2009, sob a cultura do trigo, que pode implicar em menores acúmulos de carbono lábil no sistema. Com relação à fauna epiedáfica, a aplicação de doses crescentes de DLB no solo de textura média sob a cultura de trigo aumentou de forma linear a abundância da fauna epiedáfica, ao contrário da diversidade que diminuiu devido à dominância do grupo Collembola. No solo de textura muito argilosa, novamente não houve respostas significativas à aplicação de DLB, exceto à abundância em uma das coletas.

Palavras-chave: Carbono da biomassa microbiana. Atividade microbiana. Abundância. Diversidade. Fauna epiedáfica.

ABSTRACT

The use of manure in agricultural production systems as well as being a solution to the problem of livestock waste storage, improves soil fertility. However, for the correct use of organic wastes in agriculture, the dynamics of manure on soils and their effects on crops, environmental consequences and implications on the functioning and sustainability of the local ecosystem must be known. The aim of this study was to evaluate the behavior of biological attributes considering the residual effect of the addition of different rates of dairy liquid manure (DLM), in different cover crops and two soil textures under no-tillage. The study was lead, in Ponta Grossa and Castro, in Southern Brazil, on a sandy clay loam Oxisol and clay Oxisol, respectively. Both experimental areas have been managed with a rotation system involving wheat (*Triticum aestivum* L.) and black oat (*Avena strigosa* Schreb.) in winter and soybean (*Glycine max* (L.)Merr.) and maize (*Zea mays* L.) in summer under no-tillage system. The treatments were four rates of DLM, (0, 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹). The mineral fertilization was the same in all treatments, carried out according to crop requirements. The sampling of soil and epiedaphic fauna were performed before the slurry application, on two times: after the winter harvest (2009) and summer harvest (2009/2010). We evaluated soil microbiological attributes related with soil microbial biomass carbon (MB-C), microbial respiration (MR), microbial quotient (MB-C / TOC) and soil metabolic quotient (qCO₂). The epiedaphic fauna was collected by pitfall traps and the abundance, richness, Shannon's Diversity, Simpson's Dominance and Pielou's Uniformity were determined. Except for the MR, the microbiological attributes evaluated in clay soil did not respond to addition of DLM. In sandy clay loam soil, the higher application of DLM increased MB-C and MR. However, a reduction in metabolic efficiency occurred at the highest rates, on the first sampling time, after the winter harvest, which can result in lower accumulation of labile carbon in the system. In respect to the epiedaphic fauna, application of higher rates of DLM in sandy clay loam soil under a wheat crop increased linearly the abundance of epiedaphic fauna, unlike the diversity which declined, due to the dominance of Collembola. In clay soil, again, there were no significant responses to the application of DLM, except for the abundance on one sample date.

Key-words: Microbial biomass carbon. Microbial activity. Abundance. Diversity. Epiedaphic fauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Dados climáticos diários de precipitação acumulada e temperatura média do ar, das Estações de Agroclimatologia da Fundação ABC, no solo de textura média e no solo de textura muito argilosa, na coleta após a safra inverno 2009.....	16
Figura 2.	Dados climáticos diários de precipitação acumulada e temperatura média do ar, das Estações de Agroclimatologia da Fundação ABC, no solo de textura média e no solo de textura muito argilosa, na coleta após a safra verão 2009/2010.....	17
Figura 3.	Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) (a), respiração microbiana do solo (RMS) (b) quociente metabólico (qCO ₂) (c), quociente microbiano (CBMS/COT) (d) e carbono orgânico total do solo (COT) (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (trigo) (P1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (soja) (P2).....	23
Figura 4.	Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) (a), respiração microbiana do solo (RMS) (b) quociente metabólico (qCO ₂) (c), quociente microbiano (CBMS/COT) (d) e carbono orgânico total do solo (COT) (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (aveia preta) (C1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (milho) (C2).....	25
Figura 5.	Produção de matéria seca das culturas em que foram realizadas amostragens de solo e fauna epiedáfica, em função da aplicação crescente de DLB, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média (a) e no solo de textura muito argilosa (b).....	27
Figura 6.	Abundância (a), Riqueza (b) Diversidade de Shannon (c), Dominância de Simpson (d) e Uniformidade de Pielou (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (trigo) (P1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (soja) (P2).....	29
Figura 7.	Abundância (a), Riqueza (b) Diversidade de Shannon (c), Dominância de Simpson (d) e Uniformidade de Pielou (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (aveia preta) (C1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (milho) (C2).....	31
Figura 8.	Contribuição dos principais grupos da fauna epiedáfica ao total de organismos encontrados nos tratamentos, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, na coleta após a safra inverno 2009 (trigo) (a), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (soja)(b).....	33
Figura 9.	Contribuição dos principais grupos da fauna epiedáfica ao total de organismos encontrados nos tratamentos, em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, na coleta após a safra inverno 2009 (aveia preta) (a), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (milho) (b).....	33
Figura 10.	Análise de componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os dados da abundância de organismos dos principais táxons encontrados e os atributos microbiológicos nas doses de dejetos líquido bovino, nas duas épocas de coleta, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média (a) e em Latossolo Bruno distrófico típico de textura muito argilosa (b).....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Atributos químicos dos solos estudados nas diferentes doses de dejetos líquidos de bovinos confinados (DLB), na profundidade de 0 - 5 cm.....	15
-----------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Médias gerais dos atributos microbiológicos nas duas épocas de coletas, em cada solo avaliado.....	26
Tabela 2.	Médias gerais dos índices ecológicos da fauna epiedáfica nas duas épocas de coletas, em cada solo avaliado.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1. Áreas experimentais e delineamento experimental.....	14
2.2. Coletas de solo	17
2.3. Microbiologia do solo.....	18
2.4. Fauna epiedáfica.....	18
2.5. Produção de matéria seca das culturas.....	19
2.6. Análises estatísticas.....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1. Microbiologia do solo.....	20
3.2. Fauna epiedáfica.....	28
3.3. Análise de Componentes Principais (ACP).....	35
4. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS.....	37
APÊNDICE.....	45

1. INTRODUÇÃO

A mesorregião Centro Oriental Paranaense, nos Campos Gerais do Paraná, é reconhecida como uma das bacias leiteiras mais importantes do Brasil, com mais de 92 mil vacas ordenhadas e produção anual de quase 400 milhões de litros de leite (IBGE, 2010), em sistema de produção baseado no confinamento total ou semi-confinamento. Este tipo de criação resulta em uma grande produção e acúmulo de dejetos, uma vez que cada animal pode gerar 200 litros diários de dejetos líquidos (Vitko, 1999).

O dejetos líquido de bovinos confinados (DLB), quando adicionado ao solo, proporciona melhorias nos níveis de fertilidade, pois é fonte de nutrientes (Bittman et al., 1999; Silva et al., 2010). Por este motivo e somado ao fato de ser uma alternativa de descarte, DLB tem sido utilizado nos sistemas de produção agrícola sob plantio direto nos Campos Gerais do Paraná, possibilitando a redução de custos com fertilizantes minerais. Entretanto, o DLB ainda é adicionado ao solo sem critérios de doses, o que justifica a relevância de estudos sobre a sua dinâmica em solos, seus efeitos sobre as culturas, conseqüências ambientais e implicações no funcionamento e sustentabilidade do ecossistema local.

A adição de DLB, por ser resíduo orgânico, proporciona benefícios à biota edáfica (incluindo a microflora), principalmente pelo maior aporte de nutrientes ao solo e fornecimento de alimento, pelas alterações nas propriedades físicas (Mellek et al., 2010) e químicas (Silva et al., 2010), além de modificações na temperatura e cobertura do solo (Baretta et al., 2003; Clap et al., 2007). No entanto, em caso de uso excessivo e constante de dejetos animais em uma mesma área, sob plantio direto, pode haver acúmulo de nutrientes e metais pesados nas camadas superficiais (Scherer et al., 2007; Aita & Giacomini, 2008; Giroto et al., 2010; Silva et al., 2010), que pode acarretar efeitos tóxicos sobre a biologia do solo (Brookes, 1995; Pereira, 2001; Alves et al., 2008, Barros et al., 2010).

Os microorganismos e organismos da meso e macrofauna edáfica exercem papéis fundamentais nos processos biogeoquímicos (Schloter et al. 2003), atuando na ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, manutenção da estrutura pela formação e estabilização de agregados, porosidade e regulação da água do solo (Jenkinson & Ladd, 1981; Brussaard et al., 1997; Swift et al., 2004; Eekeren et al. 2010), que influenciam nos processos físicos e químicos (Pankhurst & Lynch, 1994). Além disso, indicadores biológicos mostram-se sensíveis às mudanças nas práticas de manejo agrícola (Baretta et al., 2003; Franchini et al., 2007; Birkhofer et al., 2008; Carneiro et al., 2009; Kaschuk et al., 2010). Desta forma, a avaliação de atributos biológicos frente à aplicação de resíduos orgânicos permite analisar

mudanças nas propriedades do solo, mesmo quando as alterações nos atributos químicos ou físicos ainda não são detectáveis (Franchini et al., 2007; Kaschuk et al., 2010). O estudo desses atributos pode fornecer subsídios para o planejamento do uso correto do DLB, sem comprometer a qualidade do solo e a sustentabilidade ambiental local.

Neste sentido, este estudo objetivou avaliar o comportamento de atributos biológicos diante do efeito residual da adição de doses crescentes de DLB, em diferentes coberturas vegetais e dois grupamentos texturais de solo sob plantio direto, na região dos Campos Gerais do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Áreas experimentais e delineamento experimental

Este estudo foi conduzido em dois Campos Demonstrativos Experimentais (CDE) da Fundação ABC, localizados nos municípios de Ponta Grossa e Castro, na região dos Campos Gerais do Paraná. O clima da região é subtropical, classificado como “Cfb” de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 17,8°C e precipitação média anual de 1554 mm (Caviglione et al., 2000). Ambas as áreas experimentais vêm sendo manejadas no sistema de rotação envolvendo trigo (*Triticum aestivum* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) no inverno e soja (*Glycine max* (L.)Merr.) e milho (*Zea mays* L.) no verão, em sistema de plantio direto. Em Ponta Grossa (25°00’35”S e 50°09’16”E), o experimento foi instalado em novembro de 2005, em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (EMBRAPA/Fundação ABC, 2001), de textura média, com 228 g argila kg⁻¹, 33 g silte kg⁻¹ e 739 g areia kg⁻¹, na camada de 0-20 cm (Mori et al., 2009), sob plantio direto há mais de 12 anos. Em Castro (24°51’50”S e 49°56’25”E), o experimento foi instalado em maio de 2006, sobre um Latossolo Bruno Distrófico típico (EMBRAPA/ Fundação ABC, 2001), textura muito argilosa, com 694 g argila kg⁻¹, 116 g silte kg⁻¹ e 190 g areia kg⁻¹, na camada de 0-20 cm (Timofiecsyk, 2009), em plantio direto há mais de 15 anos.

Os tratamentos consistiram de uma testemunha (sem aplicação de dejetos) e três doses de dejetos líquidos de bovinos confinados (DLB) (60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), distribuídos no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em parcelas com 9 m de comprimento por 3,5 m de largura. As doses foram parceladas em duas aplicações, sendo metade na semeadura das culturas de inverno, e metade, nas de verão. A aplicação foi realizada após a emergência das plantas, em superfície sem incorporação, entre as linhas de semeadura, utilizando regadores manuais. Para cada safra, o dejetos foi coletado em esterqueiras de propriedades produtoras de gado leiteiro confinado, próximas das estações experimentais da Fundação ABC. Também foi feita adubação mineral, igual em todos os tratamentos, efetuada conforme a necessidade da cultura implantada. No solo de textura média, desde a instalação dos experimentos foram adicionados, em média, 66 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 26 kg ha⁻¹ de fósforo e 47 kg ha⁻¹ de potássio por safra, via adubação mineral. Em Castro, a adubação mineral adicionou, em média, 53 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 20 kg ha⁻¹ de fósforo e 37 kg ha⁻¹ de potássio por safra.

A caracterização dos atributos químicos dos solos estudados, nos diferentes tratamentos, foi realizada de acordo com a metodologia de Pavan et al. (1992), sendo o pH em CaCl_2 0,01 M, H + Al obtido pelo pH SMP, cálcio e magnésio via extração com KCl 1 M e determinação por espectrofotometria de absorção atômica; alumínio via extração com KCl 1 M e determinação por titulação com NaOH; fósforo, potássio, cobre e zinco com extração Mehlich I e carbono com extração via dicromato de potássio – sendo P e C determinados por colorimetria, K por fotometria de chama e zinco e cobre por espectrofotometria de absorção atômica.

Quadro 1. Atributos químicos dos solos estudados nas diferentes doses de dejetos líquidos de bovinos confinados (DLB), na profundidade de 0 - 5 cm.

Doses de DLB	pH CaCl_2	Al	H + Al	Ca	Mg	K	P	C	Cu	Zn
$\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$		----- $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----					mg dm^{-3}	g dm^{-3}	----- mg dm^{-3} -----	
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico - textura média										
0	5,1	0,0	4,6	2,9	1,6	0,4	40,3	37,4	0,0	0,7
60	5,8	0,0	3,2	3,9	2,7	0,4	87,1	29,6	0,1	0,8
120	6,0	0,0	3,0	5,0	3,7	0,5	165,8	36,3	0,2	1,7
180	6,1	0,0	3,0	5,1	3,7	0,5	193,6	37,4	0,3	2,1
Latossolo Bruno Distrófico típico - textura muito argilosa										
0	5,4	0,0	4,6	5,3	2,7	0,3	10,2	46,9	0,0	0,7
60	5,8	0,0	4,3	6,3	3,6	0,5	13,2	42,1	0,0	0,6
120	5,9	0,0	4,0	6,5	3,6	0,5	19,8	48,2	0,0	1,0
180	6,1	0,0	3,4	7,0	4,1	0,5	32,1	45,7	0,0	1,2

O DLB aplicado nas duas áreas experimentais foi analisado quanto ao teor médio de matéria seca e aos teores médios totais de nutrientes em base seca, por safra, desde a instalação dos experimentos. A partir da safra de verão 2007/2008 também foram determinados os teores médios totais de cobre e zinco por safra. Em Ponta Grossa, foram encontrados os teores médios totais de 85,24 g L^{-1} de matéria seca, 21,99 g kg^{-1} de nitrogênio, 11,99 g kg^{-1} de fósforo, 28,52 g kg^{-1} de potássio, 216 mg kg^{-1} de cobre e 2508 mg kg^{-1} de zinco. Em Castro, os teores médios totais foram: 66,08 g L^{-1} de matéria seca; 19,09 g kg^{-1} de nitrogênio; 11,70 g kg^{-1} de fósforo, 30,79 g kg^{-1} de potássio, 51 mg kg^{-1} de cobre e 260 mg kg^{-1} de zinco. Os dados de Ponta Grossa e Castro, até a safra verão 2007/2008, foram fornecidos por Silveira (2009) e Timofiecsyk (2009), respectivamente, e o restante pela Fundação ABC. A matéria seca foi determinada por gravimetria, o teor de nitrogênio foi determinado pelo extrator Dumas por combustão, o teor de fósforo foi determinado por digestão com ácido clorídrico e colorimetria, o teor de potássio foi determinado pelo método do extrator com

ácido nitro-clorídrico por espectrofotometria de absorção atômica e os teores de cobre e zinco pelo método do extrator com ácido clorídrico (Martins & Reissmann, 2007).

Os dados climáticos locais, referentes às temperaturas médias e precipitações acumuladas durante o período de coletas estão dispostos nas Figuras 1 e 2.

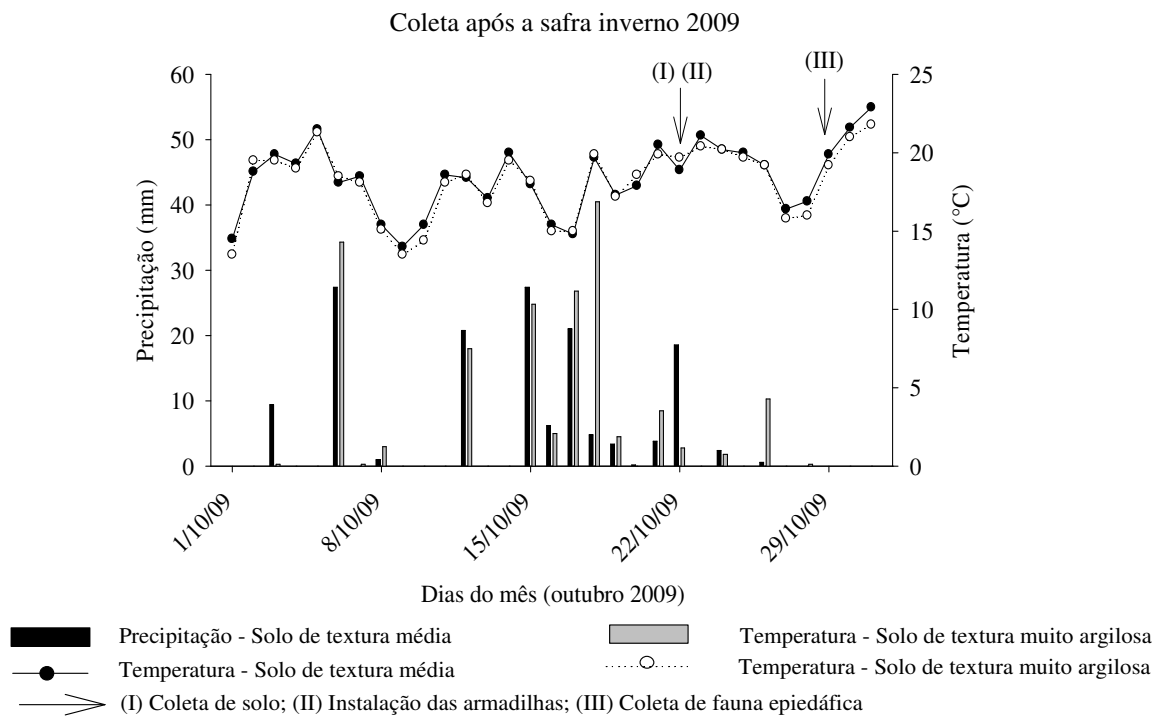


Figura 1. Dados climáticos diários de precipitação acumulada e temperatura média do ar, das Estações de Agroclimatologia da Fundação ABC, no solo de textura média e no solo de textura muito argilosa, na coleta após a safra inverno 2009.

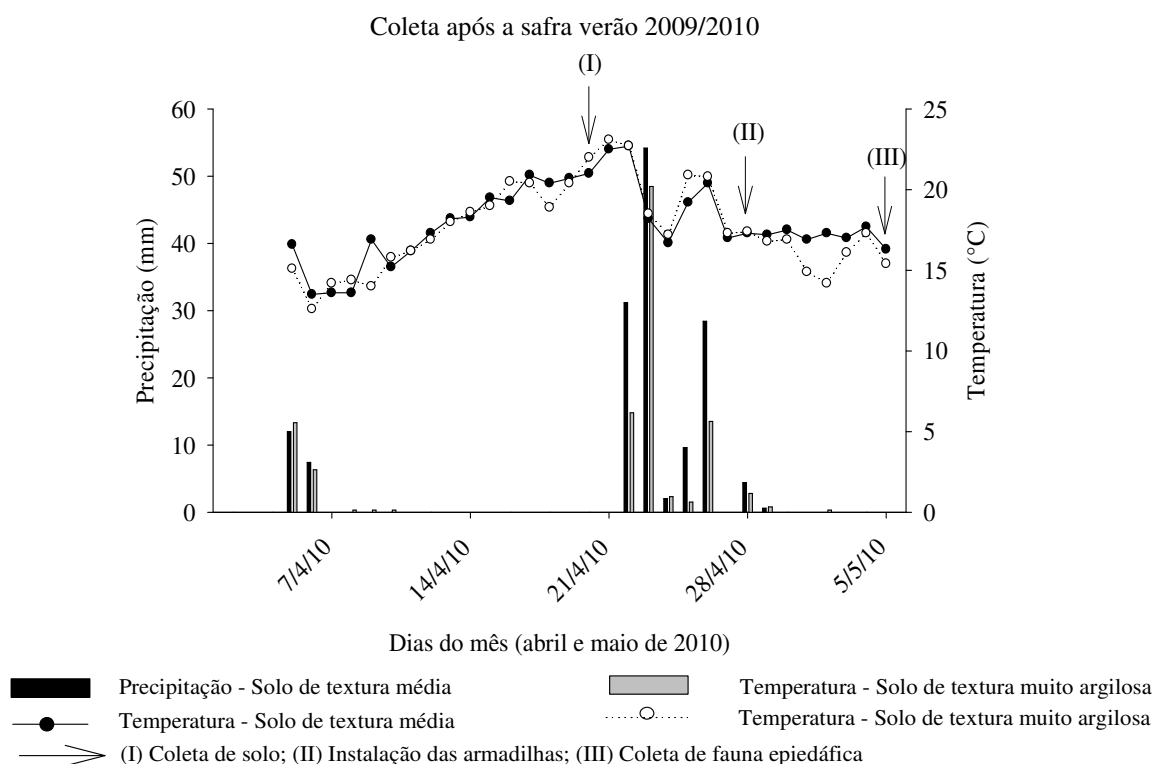


Figura 2. Dados climáticos diários de precipitação acumulada e temperatura média do ar, das Estações de Agroclimatologia da Fundação ABC, no solo de textura média e no solo de textura muito argilosa, na coleta após a safra verão 2009/2010.

2.2. Coletas de solo

As coletas de solo e de fauna epiedáfica foram realizadas antes da próxima aplicação do dejetto, em duas épocas: após a safra inverno 2009 e após a safra verão 2009/2010. No solo de textura média, a coleta após a safra inverno 2009 foi realizada sob a cultura do trigo na fase de maturação, com efeito residual de três e meia aplicações de DLB, três meses após a última aplicação de dejetto; e a coleta após a safra verão 2009/2010, sob os restos culturais de soja, um mês após a colheita, com efeito residual de quatro aplicações de dejetto, quatro meses após a última aplicação de DLB. No solo de textura muito argilosa, a coleta após a safra inverno 2009 foi realizada sob os restos culturais de aveia preta, dois meses após a colheita, com efeito residual de três aplicações de DLB, cerca de dois meses após a última adubação com DLB; e a coleta após a safra verão 2009/2010, sob os restos culturais de milho, quarenta dias após a colheita, com efeito residual de três e meia aplicações de dejetto, seis meses após a aplicação. Foram coletadas duas subamostras de solo, com auxílio de espátulas e um gabarito de madeira de 10 X 10 cm em dois pontos por parcela, nas entrelinhas, que constituíram uma

amostra composta por parcela. A profundidade de coleta foi de 0-5 cm (Vargas & Scholles, 2000). As amostras de solo foram armazenadas a 4 °C por no máximo 20 dias antes das análises.

2.3. Microbiologia do solo

O preparo do solo para as análises microbiológicas foi feito por meio de tamisagem em peneira com malha de 2 mm, retirando as raízes e os resíduos visíveis de plantas e animais do solo. O carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) e a respiração microbiana do solo (RMS) foram determinados pelo método da fumigação-incubação (Jenkinson & Powlson, 1976), com adaptações de Lisboa (2009). O carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado via combustão seca no aparelho Vario El III CHNOS Elementar Analyzer, e utilizado no cálculo do quociente microbiano do solo, obtido pela relação CBMS/COT (Sparling, 1992). A atividade microbiana do solo foi avaliada por meio da respiração microbiana do solo e do quociente metabólico. O quociente metabólico (qCO_2) foi obtido pela relação do carbono da RMS e o CBMS (Anderson & Domsch, 1993).

2.4. Fauna epiedáfica

Para a coleta da fauna, foram utilizadas armadilhas do tipo Provid (adaptado de Antonioli et al., 2006), constituídas por uma garrafa de plástico tipo Pet com capacidade de 500 mL, contendo três aberturas na forma de janelas com dimensões de 4 x 3 cm na altura de 12 cm de sua base. Estas armadilhas coletaram os organismos da meso e macrofauna, com comportamento ecológico epigeico (fauna epiedáfica). Foram instaladas duas armadilhas por parcela, nos mesmos pontos onde foi feita a coleta de solo para as análises microbiológicas, permanecendo no campo por sete dias. A identificação e quantificação da fauna epiedáfica foi realizada sob lupa binocular, em nível taxonômico de classe, subclasse ou ordem. Obteve-se o número total de táxons (riqueza) e o número de organismos de cada táxon (abundância). Foram calculados os índices ecológicos: Diversidade de Shannon (H), Dominância de Simpson (Is) e Uniformidade de Pielou (e), de acordo com Odum & Barrett (2007). Para a análise de dados, foi considerada a média das repetições nas parcelas.

2.5. Produção de matéria seca das culturas

Também foi analisada a produção de matéria seca das culturas em que foram realizadas as amostragens de solo e fauna epiedáfica, em função da aplicação crescente de DLB. A produção de matéria seca foi obtida pelo índice de colheita de cada cultura, por meio da equação: $IC = \text{Grãos} / \text{MS} + \text{Grãos}$, em que IC é o índice de colheita da cultura, Grãos é a produção de grãos e MS a produção de matéria seca. Os dados de produção de grãos das culturas de trigo, soja e milho foram fornecidos pela Fundação ABC. Foram utilizados os valores de IC de 0,495, 0,468 e 0,450 para trigo, soja e milho, respectivamente (Kuss et al., 2008; Pauletti, 2004). No caso da aveia preta, a Fundação ABC forneceu os dados de produção de matéria seca.

2.6. Análises estatísticas

Os dados de produção de matéria seca das culturas, atributos microbiológicos e os índices ecológicos da fauna epiedáfica, foram submetidos à análise de variância para avaliar o efeito das doses crescentes de DLB, nas duas áreas e nas duas épocas de coletas. Quando necessário, fez-se a transformação dos dados para haver homogeneidade das variâncias no teste de Bartlett. Em seguida, equações de regressão foram ajustadas para essas variáveis, em função das doses de DLB aplicadas. Para comparação entre épocas de coletas, as médias gerais dos dados foram submetidas à análise de variância e a teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5 %.

Os dados de abundância de cada táxon da fauna epiedáfica e os dados dos atributos microbiológicos avaliados neste trabalho foram submetidos à análise multivariada, através da determinação dos componentes principais. Esta análise teve como objetivo explorar agrupamentos, fatores principais responsáveis pela variabilidade dos dados e comparar doses e coletas, em cada área. As análises multivariadas foram realizadas utilizando o programa CANOCO versão 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Microbiologia do solo

No solo de textura média, a aplicação de doses crescentes de dejetos líquidos de bovinos confinados (DLB) promoveu aumentos lineares no carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), nas duas épocas de coleta (Figura 3a). Estes acréscimos no CBMS ocorreram devido ao incremento de material orgânico dissolvido, via aplicação de DLB, rico em nutrientes e várias formas de carbono lábil, que além de ser fonte de alimento para a microbiota edáfica (Paul & Beauchamp, 1989), também melhora as condições do solo como estrutura, pH, aeração, umidade e temperatura (Clap et al., 2007), condições que afetam o desenvolvimento e a atividade microbiana (Griffiths et al., 2003; Williams & Rice, 2007; Norris et al., 2002; Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues, 2008; Buyer et al., 2010). O CBMS é uma estimativa da massa microbiana viva total, com base na concentração de carbono microbiano. Desta forma, aumentos observados no CBMS expressam aumentos na biomassa microbiana do solo, responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos, favorecendo a ciclagem de nutrientes e o fluxo de energia no ecossistema-solo-planta-organismos e atmosfera (Jenkinson & Ladd, 1981). Além disso, uma maior biomassa microbiana também pode representar uma maior reserva lábil de carbono e outros nutrientes no solo (Jenkinson & Ladd, 1981).

Apesar do aumento linear observado no CBMS na coleta após a safra de inverno 2009, sob a cultura do trigo (Figura 3a), os acréscimos na respiração microbiana do solo (RMS) também foram expressivos (Figura 3b), resultando em maiores valores de qCO_2 com o aumento da dose de DLB (Figura 3c). Já na coleta após a safra verão 2009/2010, não houve diferenças significativas entre as doses para os qCO_2 (Figura 3c), já que o CBMS, proporcionalmente, aumentou mais que o RMS (Figura 3a e 2b). O qCO_2 é um índice microbiano que expressa a taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana e indica a eficiência da biomassa microbiana em imobilizar o carbono disponível para biossíntese (Sparling, 1992; Anderson & Domsch, 1993). Considera-se uma biomassa mais eficiente aquela que perde menos carbono na forma de CO_2 com a respiração e incorpora mais carbono nos tecidos microbianos, ou seja, condições de qCO_2 mais baixo (Anderson & Domsch, 1993). Ao contrário, aumentos no qCO_2 pode ser o primeiro sinal de estresse na comunidade microbiana (Anderson & Domsch, 1993), o que pode ter ocorrido nas maiores doses, na primeira época. Nas condições da primeira época, os índices mais elevados de qCO_2 na maior

dose de DLB revelam altas taxas de respiração, que pode significar, em curto prazo, maior ciclagem de nutrientes (Anderson & Domsch, 1993). Entretanto, também pode haver perda de carbono da biomassa para a atmosfera, em longo prazo, uma vez que a população microbiana consumiria mais carbono oxidável para manutenção da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1993).

O quociente microbiano do solo (CBMS/COT) revela a capacidade de utilização do COT para a imobilização na biomassa microbiana do solo, refletindo o potencial de reserva lábil de carbono na fração orgânica viva do solo (Anderson & Domsch, 1993). Nesse solo de textura média, nas duas épocas de coleta, o CBMS/COT diminuiu nas maiores doses (Figura 3d), indicando que nestas condições a microbiota apresentou menor capacidade de utilizar o COT para imobilização de carbono na biomassa microbiana. Decréscimos no CBMS/COT são comuns em solos onde os microrganismos estão submetidos a condições estressantes (Reis Junior & Mendes, 2007).

Os resultados de qCO_2 e CBMS/COT indicam, portanto, a possibilidade de altas doses de DLB conduzirem condições estressantes para a microbiota neste solo de textura média. Este estresse pode ter ocorrido devido à adição de metais pesados (cobre e zinco, por exemplo), que podem estar na composição dos dejetos de animais em confinamento (Giroto et al., 2010), pois esses são adicionados aos suplementos minerais utilizados na alimentação animal, como é o caso do DLB utilizado neste estudo, que apresentou concentração média de 216 e 2508 $mg\ kg^{-1}$ de cobre e zinco, respectivamente.

Neste solo, a caracterização química revelou concentrações de 0,3 e 2,1 $mg\ kg^{-1}$ de cobre e zinco, respectivamente, para o tratamento sob maior dose, enquanto o tratamento testemunha apresentou 0,0 e 0,69 $mg\ kg^{-1}$ desses metais (Quadro 1). Esses teores de metais pesados obtidos no solo foram muito inferiores aos relatados como níveis críticos para solos pela União Européia (300 $mg\ kg^{-1}$ para zinco e 140 $mg\ kg^{-1}$ para cobre) (Chaudri et al., 1993), e daqueles citados em muitos trabalhos que avaliaram o impacto da contaminação dos solos com metais pesados sobre a população microbiana e seus processos (Doelman & Haanstra, 1984; Chander & Brookes, 1993; Brookes, 1995 ; Dias-Júnior et al., 1998 ; García-Gil et al., 2000, Barros et al., 2010). Entretanto, os limites estabelecidos pela União Européia desconsideram os efeitos dos metais pesados sobre os microrganismos e sobre os processos bioquímicos do solo (Brookes, 1995) e a grande maioria desses trabalhos aborda o efeito tóxico em solos com altas concentrações de metais. Concentrações de metais pesados no solo muito abaixo dos limites estabelecidos para solos podem não ser consideradas tóxicas para a microbiota, mas já podem causar estresse microbiano, como relatado por Santos et al. (2011)

e Moreira & Siqueira (2006). Dessa forma, a tendência de aumento nos níveis desses metais, neste solo, devido ao aumento da dose de DLB, pode ter causado estresse nos microrganismos do solo.

Além disso, a diminuição no CBMS/COT também pode ter ocorrido pelo aumento de material orgânico com alta condensação e humificação adicionado nas maiores doses, que é resistente ao ataque microbiano (Tate, 1987). Portanto, apesar do aumento linear de CBMS com o aumento da dose de DLB, o aumento do qCO_2 acompanhado do decréscimo no CBMS/COT podem implicar em menor acúmulo de carbono lábil neste solo.

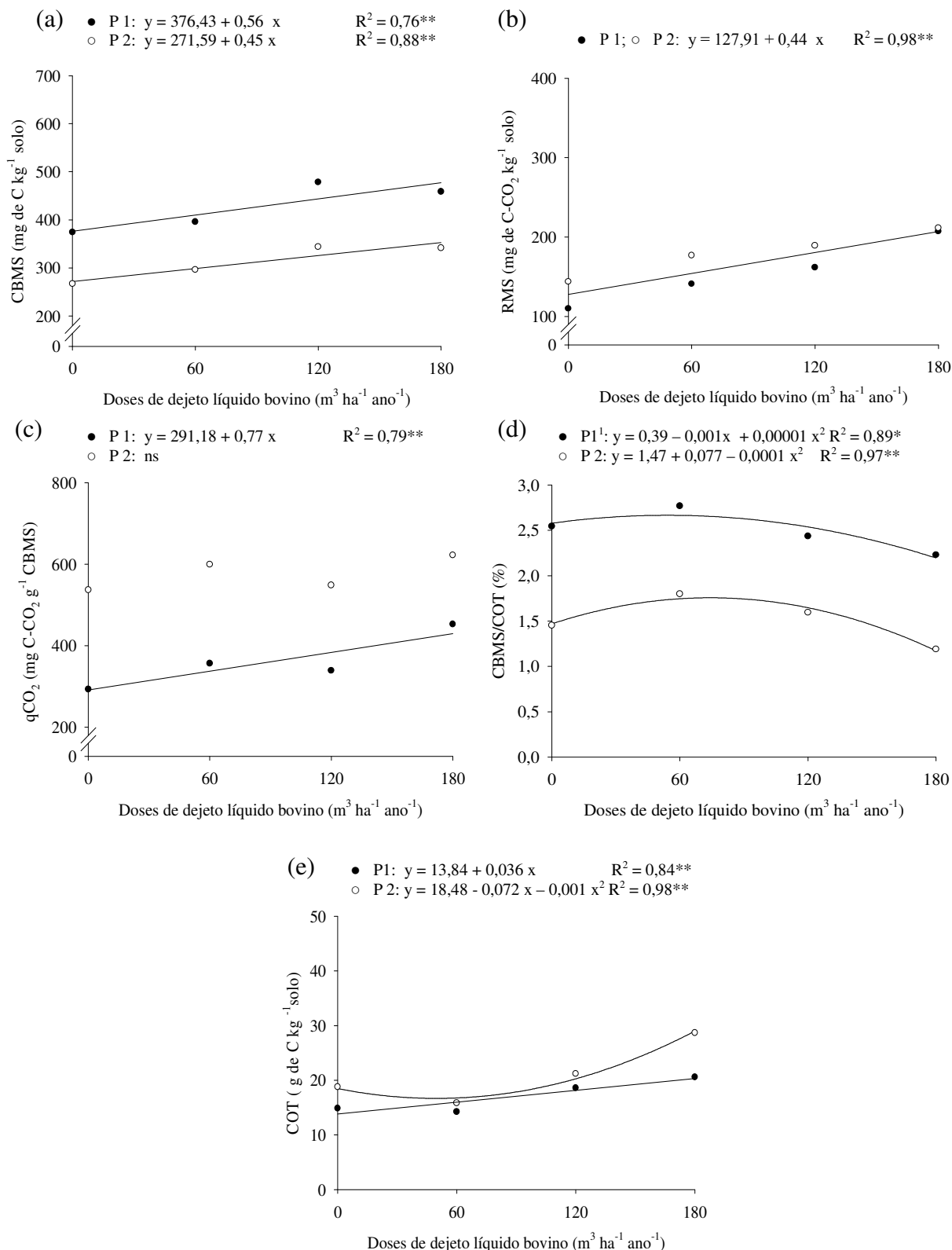


Figura 3. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) (a), respiração microbiana do solo (RMS) (b) quociente metabólico (qCO_2) (c), quociente microbiano (CBMS/COT) (d) e carbono orgânico total do solo (COT) (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (trigo) (P1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (soja) (P2). ns: não significativo; * e **: significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste F. Média de 4 repetições. ¹: Dados transformados para $1/x$.

No solo muito argiloso, não houve diferenças significativas para os atributos microbiológicos avaliados entre os tratamentos, nas duas épocas de coleta, exceto para o atributo RMS (Figura 4). Como todos os tratamentos estão sob plantio direto em solo de textura muito argilosa, as condições já são favoráveis para o desenvolvimento microbiano, resultando em discreta resposta à adição de DLB ao solo. O benefício do sistema de plantio direto na microbiologia dos solos está relacionado à adição de resíduos orgânicos, promovendo adição de matéria orgânica e melhorando as condições limitantes para o desenvolvimento dos microrganismos, como a disponibilidade de água, os nutrientes, a temperatura e a distribuição dos agregados no solo (Hungria, 2000; Kaschuk et al., 2010). A microbiota edáfica também é beneficiada em solos com elevados teores de argila (Venzke-Filho et al., 2008; Bach et al., 2010), como é o caso do solo deste estudo (682 g argila kg⁻¹) pelo fato da argila aumentar a retenção de nutrientes e a água no solo, além de promover a proteção física dos microrganismos contra predadores (Franzluebbbers et al., 1996; Knops & Tilman, 2000; Müller & Höper, 2004).

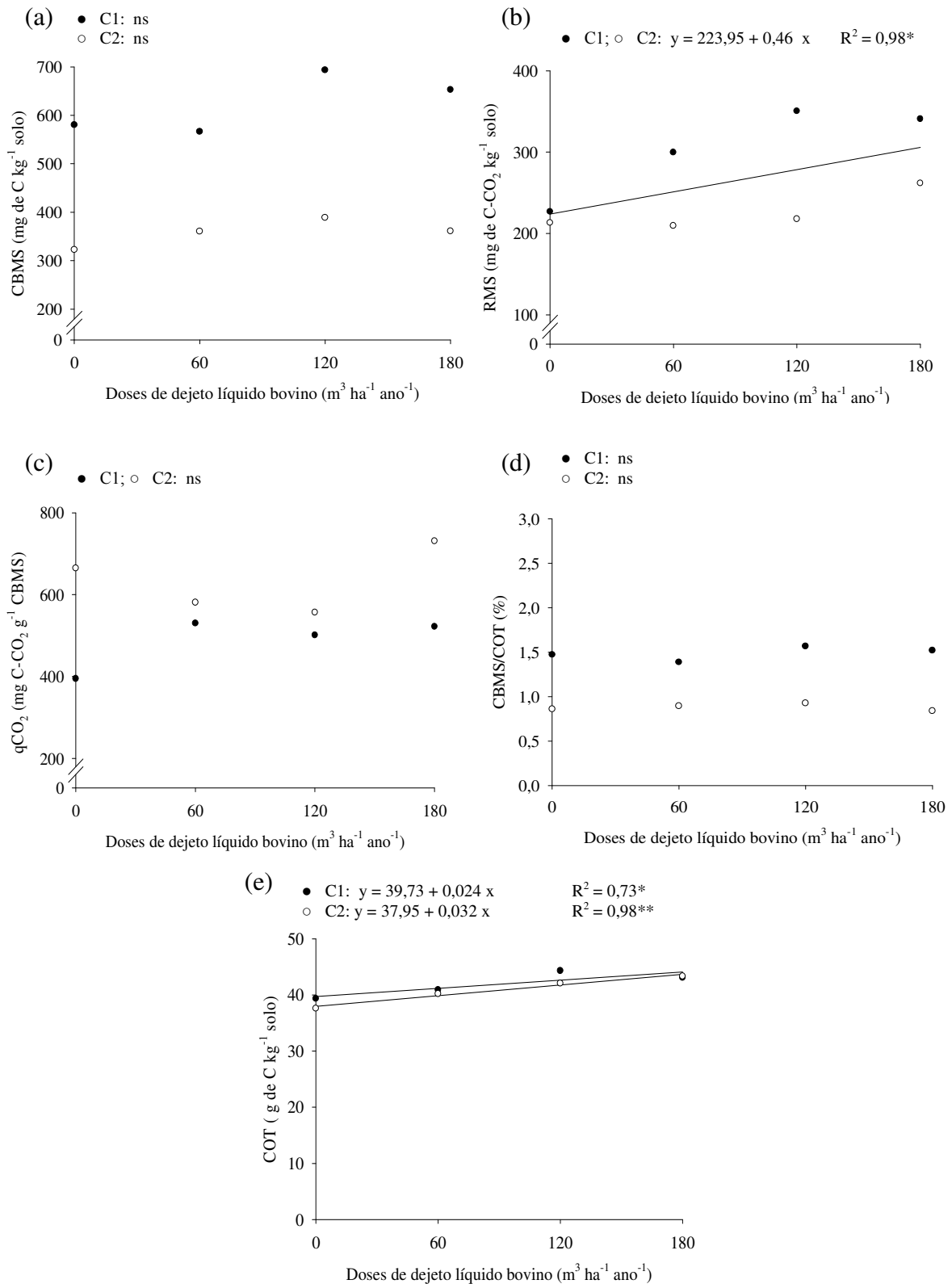


Figura 4. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) (a), respiração microbiana do solo (RMS) (b) quociente metabólico (qCO_2) (c), quociente microbiano (CBMS/COT) (d) e carbono orgânico total do solo (COT) (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (aveia preta) (C1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (milho) (C2). ns: não significativo; * e **: significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste F. Média de 4 repetições.

Alguns atributos microbiológicos avaliados variaram de acordo com a época de coleta nos dois solos avaliados. No solo de textura média, os teores médios de CBMS e da relação CBMS/COT foram maiores na coleta após a safra inverno 2009, e os de qCO₂ maiores na coleta após a safra verão 2009/2010 (Tabela 1). No solo de textura muito argilosa, a variação foi observada nas médias do CBMS e da relação CBMS/COT, que também foram maiores na coleta após a safra inverno 2009 (Tabela 1). Estas diferenças entre as épocas parecem estar mais relacionadas às condições climáticas, particularmente a umidade do solo, no momento das coletas. Na ocasião da coleta após a safra inverno 2009, o solo, provavelmente, estava úmido pela ocorrência de precipitações ao longo da semana e no próprio dia da coleta de solo (Figura 1). Já na coleta após a safra verão 2009/2010, foi registrado um período de estiagem de quase duas semanas, resultando em condições de solo mais seco (Figura 2).

Tabela 1. Médias gerais dos atributos microbiológicos nas duas épocas de coletas, em cada solo avaliado.

Épocas de coleta	CBMS	RMS	qCO ₂	CBMS:COT	COT
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média					
Safra inverno 2009	426,8 a	154,8 a	360,3 b	2,5 a	17,1 b
Safra verão 2009/2010	312,2 b	180,3 a	576,9 a	1,5 b	21,1 a
Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa					
Safra inverno 2009	623,3 a	304,4 a	487,1 a	1,5 a	41,9 a
Safra verão 2009/2010	358,4 b	225,5 a	633,5 a	0,9 b	40,8 b

CBMS: Carbono da biomassa microbiana do solo (mg C kg⁻¹ solo); RMS: respiração microbiana do solo (mg C-CO₂ kg⁻¹ solo); qCO₂: quociente metabólico (mg C-CO₂ g⁻¹ CBMS); CBMS/COT: quociente microbiano (%); COT: carbono orgânico total do solo (g C kg⁻¹ solo). Letras iguais nas colunas referentes ao mesmo solo não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Em contrapartida a esses resultados, a RMS média não apresentou diferenças significativas entre as duas safras em que foram realizadas as coletas de solo, nos dois solos avaliados (Tabela 1), contrariando a afirmação de que a RMS é variável e dependente da umidade do solo, entre outros fatores (Brookes, 1995; Schloter et al., 2003; Moreira & Siqueira, 2006). Acredita-se que este resultado tenha ocorrido devido à capacidade da microbiota edáfica em responder de forma rápida às mudanças nas condições do solo, como ao reumedecimento, mesmo após longos períodos de baixa atividade (Brookes, 1995). O método de avaliação da RMS empregado - Jenkinson & Powelson (1976), com adaptações de Lisboa (2009) - exige um ajuste da umidade das amostras para haver padronização e facilitar as interpretações dos resultados entre os tratamentos avaliados, que no caso deste estudo, foram as doses de DLB. Desta forma, mesmo se o solo estivesse mais seco na segunda época

de coleta, o ajuste da umidade pode ter anulado a resposta esperada de menores teores médios de RMS.

A disponibilidade e qualidade do material orgânico dos restos culturais de cada época pouco influenciou na variação dos atributos microbiológicos entre épocas. O esperado seria valores mais elevados de CBMS e atividade microbiana em condições de maior quantidade e qualidade bromatológica dos resíduos vegetais (Carneiro et al., 2008). Entretanto, no solo de textura média, o maior CBMS (Figura 3a) foi observado sob os resíduos da cultura do trigo (coleta após a safra inverno 2009), com menor produção de matéria seca e menor qualidade em relação à soja (coleta após a safra verão 2009/2010) (Figura 5a). No solo de textura muito argilosa, o maior CBMS (Figura 4a) foi obtido sob os restos culturais da aveia (coleta após a safra inverno 2009), apesar de essa cultura ter produzido muito menos matéria seca do que o milho (coleta após a safra verão 2009/2010) (Figura 5b).

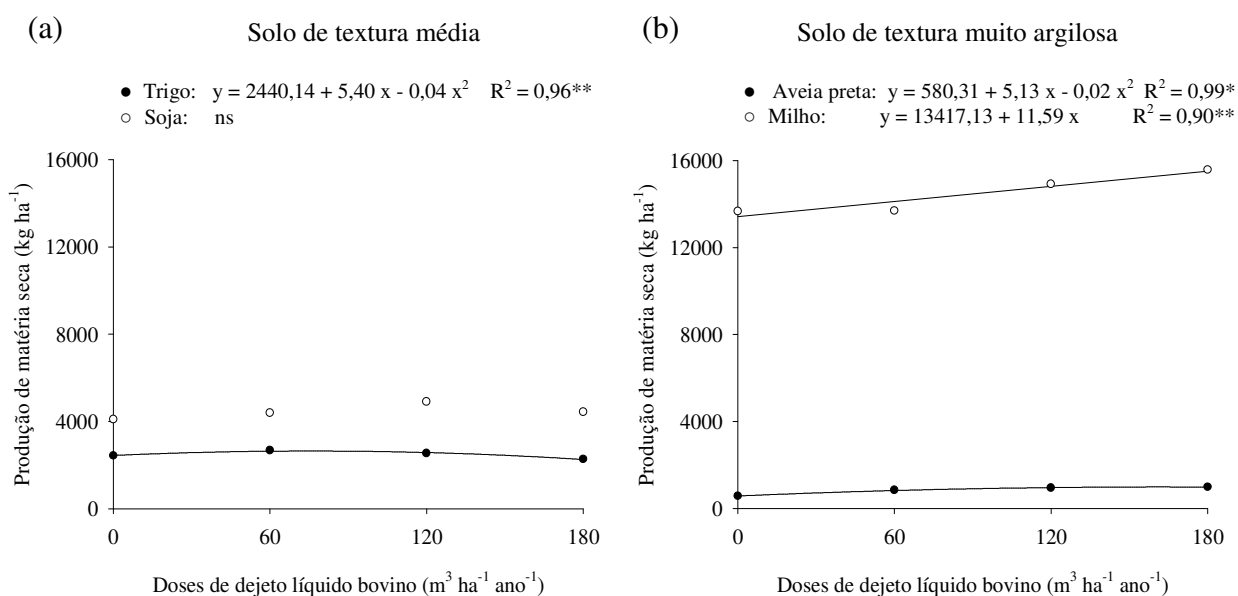


Figura 5. Produção de matéria seca das culturas em que foram realizadas amostragens de solo e fauna epiedáfica, em função da aplicação crescente de DLB, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média (a) e em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa (b). ns: não significativo; * e **: significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste F. Média de 4 repetições.

Portanto, analisando o CBMS nas duas épocas de coletas e nos dois solos avaliados, observa-se que o maior CBMS esteve mais relacionado à condição de maior umidade dos solos na primeira coleta. Ainda, no solo de textura média, os maiores índices médios de qCO₂ na coleta após a safra verão 2009/2010 podem ser consequência de um desvio de carbono da biomassa microbiana para a oxidação biológica, a fim de garantir a sobrevivência no meio mais seco. Muitos estudos, como os de Chen et al. (2005), Williams & Rice (2007); Souto et

al. (2008) e Baldrian et al. (2010) já comprovaram a influência da umidade do solo no desenvolvimento dos microrganismos, que necessitam de água para a absorção de nutrientes, integridade do organismo e, também, para a movimentação, no caso dos microrganismos unicelulares (Moreira & Siqueira, 2006).

3.2. Fauna epiedáfica

No solo de textura média, na coleta após a safra inverno 2009, ocorreram aumentos lineares na abundância (número de organismos por armadilha) e na riqueza (total de grupos encontrados) da fauna epiedáfica, em função do aumento da dose de DLB (Figura 6a e 6b). Este aumento é devido à adição de material orgânico ao solo pelo DLB, que disponibiliza mais alimento à fauna epiedáfica (Baretta et al., 2003; Alves et al., 2008).

Apesar do aumento linear observado no atributo riqueza na primeira época (Figura 6b), a diversidade da fauna epiedáfica, avaliada pelo índice de Shannon, diminuiu de forma linear com o aumento da dose de DLB (Figura 6c). Estes dados foram confirmados pelo aumento da dominância de grupos (dominância de Simpson) (Figura 6d), que implicou em menor uniformidade (uniformidade de Pielou) da comunidade edáfica (Figura 6e), à medida que aumenta a dose de DLB.

Na coleta após a safra verão 2009/2010 nesse mesmo solo, os índices ecológicos referentes à abundância e riqueza não apresentaram resultados significativos (Figura 6). A disponibilidade uniforme de alimento entre os tratamentos, através dos restos culturais, pode explicar este resultado. No momento da coleta após a safra verão 2009/2010, havia restos culturais de soja, que não apresentou diferenças significativas na produção de matéria seca entre os tratamentos (Figura 5a). Os restos culturais sobre o solo são substratos para a fauna, servindo de alimento e abrigo para os organismos edáficos (Baretta et al., 2003), que são sensíveis à variação da quantidade de resíduos vegetais no solo (Baretta et al., 2003; Moore et al., 2003; Wardle et al., 2004; Kautz et al., 2006; Yang et al., 2007; Alves et al., 2008).

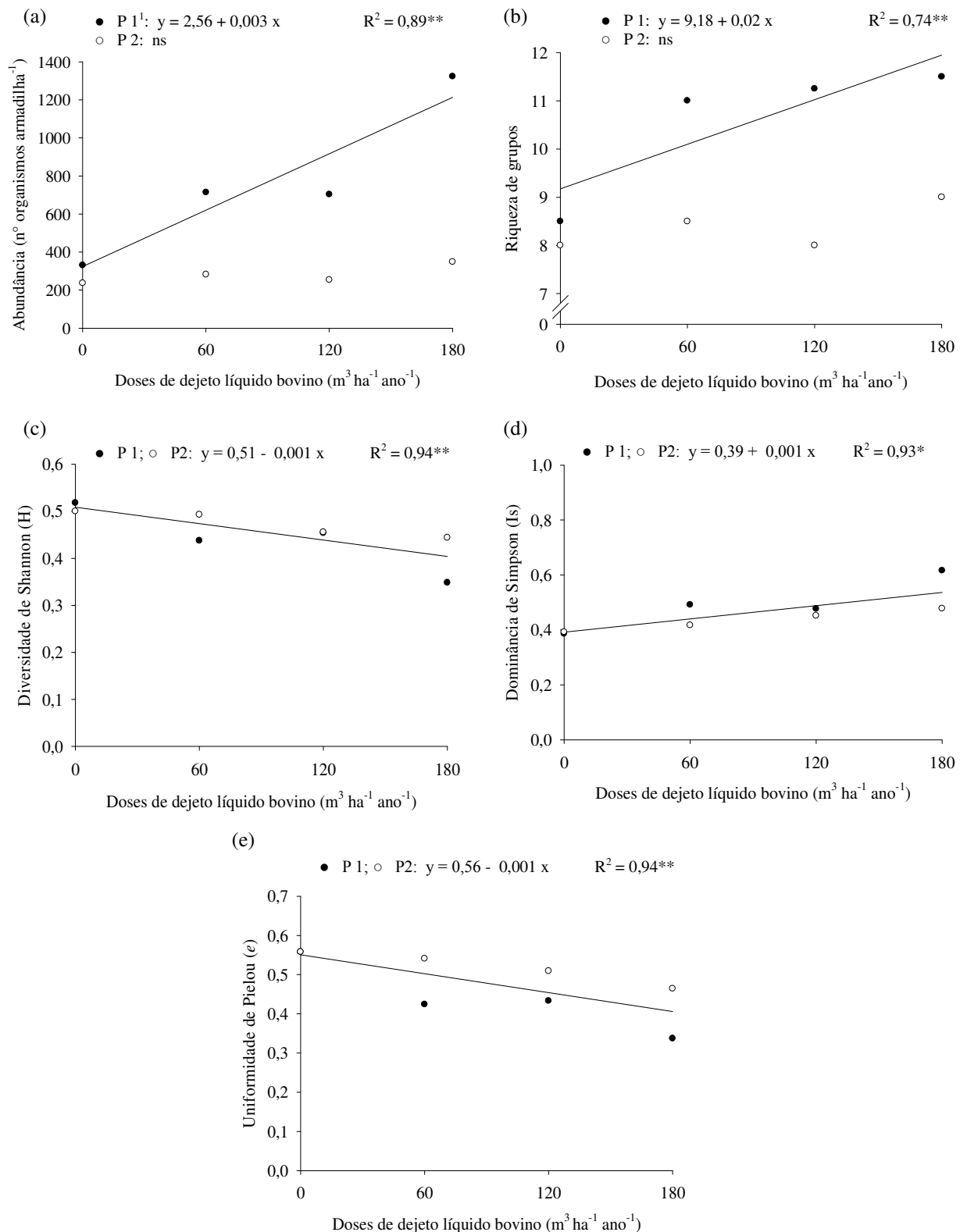


Figura 6. Abundância (a), Riqueza (b) Diversidade de Shannon (c), Dominância de Simpson (d) e Uniformidade de Pielou (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (trigo) (P1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (soja) (P2). ns: não significativo; * e **: significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste F. Média de 4 repetições. ¹: Dados transformados para $\log(x + 1)$.

No solo muito argiloso, na coleta após a safra inverno 2009, apenas a abundância da fauna epiedáfica foi significativamente afetada pela aplicação de DLB (Figura 7). Neste mesmo solo, a coleta realizada após a safra verão 2009/2010 não apresentou resultados significativos para todos os índices ecológicos avaliados (Figura 7). Essa ausência de resultados significativos no solo muito argiloso não pode ser atribuída à quantidade de palha sobre o solo, já que a produção de matéria seca de milho aumentou de forma linear com a aplicação das doses crescentes de DLB (Figura 5b). Neste caso, pode ter ocorrido efeito de outras práticas de manejo do solo, como o sistema de plantio direto com rotação de culturas em solo de textura muito argilosa, que promovem consideráveis benefícios à fauna (Baretta et al., 2003, 2006; Alves et al., 2006; Aquino et al., 2008; Santos et al., 2008), mascarando ou mesmo neutralizando os efeitos da adição de DLB. Vale ressaltar que, na coleta após a safra inverno 2009 no solo muito argiloso, os índices ecológicos relativos à diversidade da fauna edáfica também não foram significativos entre os tratamentos (Figura 7), confirmando a hipótese de que os benefícios do manejo aliado à textura deste solo foram preponderantes à aplicação de material orgânico sobre a fauna epiedáfica.

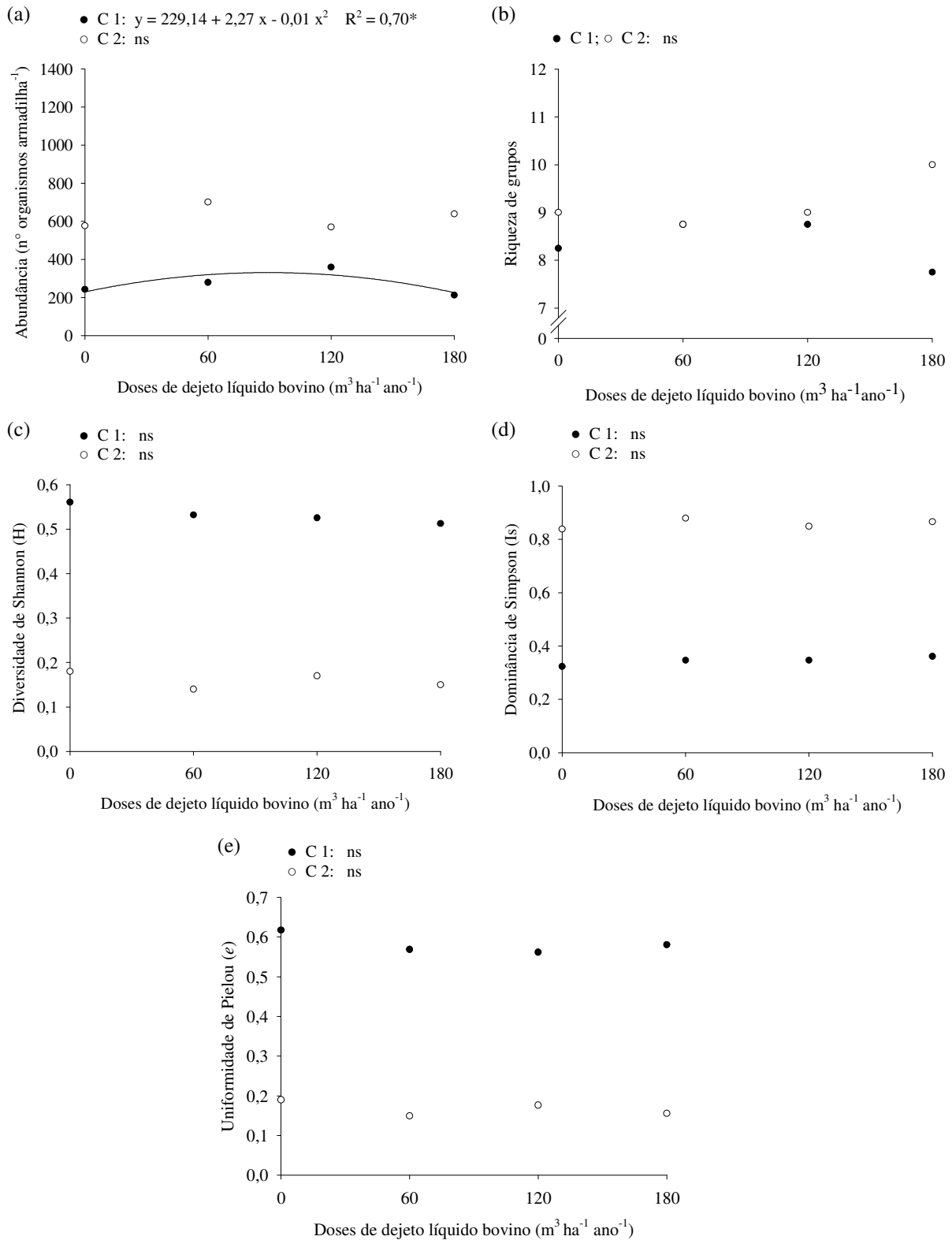


Figura 7. Abundância (a), Riqueza (b) Diversidade de Shannon (c), Dominância de Simpson (d) e Uniformidade de Pielou (e), em função das doses de DLB, em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, na coleta de solo após a safra inverno 2009 (aveia preta) (C1), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (milho) (C2). ns: não significativo; * e **: significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste F. Média de 4 repetições.

Considerando as duas épocas de coleta, nos dois solos, observou-se uma maior abundância média de organismos epiedáficos na coleta após a safra inverno 2009 no solo de textura média (Tabela 2), sob a cultura do trigo, e na coleta após a safra verão 2009/2010 no solo de textura muito argilosa (Tabela 2), sob a palhada de milho. No solo de textura média, o trigo produziu, em média, aproximadamente 2,5 toneladas de matéria seca por hectare, contra cerca de 4,5 toneladas no caso da soja (Figura 5a). Entretanto, a menor abundância de organismos sob os restos culturais da soja pode ser devido ao maior grau de decomposição da palhada, em função da qualidade bromatológica do resíduo e ao tempo decorrido após a colheita. No solo muito argiloso, o milho produziu uma média aproximada de 14,5 toneladas de massa seca, enquanto a aveia produziu menos de 1 tonelada por hectare (Figura 5b). Portanto, esses resultados comprovam a grande influência da disponibilidade de alimentos para a fauna edáfica, sendo muitas vezes mais crucial que outros fatores edáficos, como foi observado por Kautz et al. (2006).

Tabela 2. Médias gerais dos índices ecológicos da fauna epiedáfica nas duas épocas de coletas, em cada solo avaliado.

Épocas de coleta	Abundância	Riqueza	H	Is	<i>e</i>
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média					
Safra inverno 2009	768,2 a	10,6 a	0,44 a	0,49 a	0,44 a
Safra verão 2009/2010	280,8 b	8,4 b	0,47 a	0,44 a	0,52 a
Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa					
Safra inverno 2009	273,3 b	8,4 a	0,53 a	0,34 b	0,58 a
Safra verão 2009/2010	621,3 a	9,2 a	0,16 b	0,85 a	0,17 b

Abundância: n° organismos armadilha⁻¹; Diversidade de Shannon; Is: Dominância de Simpson; *e*: Uniformidade de Pielou. Letras iguais nas colunas referentes ao mesmo solo não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Nas duas épocas de coleta, nos dois solos, observa-se que os grupos mais representativos foram: Collembola, Acarina, Coleóptera e Hymenoptera (Figuras 8 e 9). Outros grupos também foram amostrados, porém, com frequência muito baixa (menor que 5%), sendo, portanto, analisados em conjunto. Os colêmbolos foram os mais dominantes, em ambas as coletas, nas duas áreas (Figuras 8 e 9).

Outro fato, que convém ressaltar, é sobre o método de coleta utilizado neste trabalho, as armadilhas Provid (armadilhas de fosso). Estas são bastante eficientes para a captura de animais ativos na serrapilheira do solo, mas não de organismos sedentários, como a maioria dos ácaros da Subordem Oribatida (Moldenke, 1994; Karyanto et al., 2010). Assim, a frequência de ocorrência do grupo Acarina provavelmente foi subestimada neste trabalho.

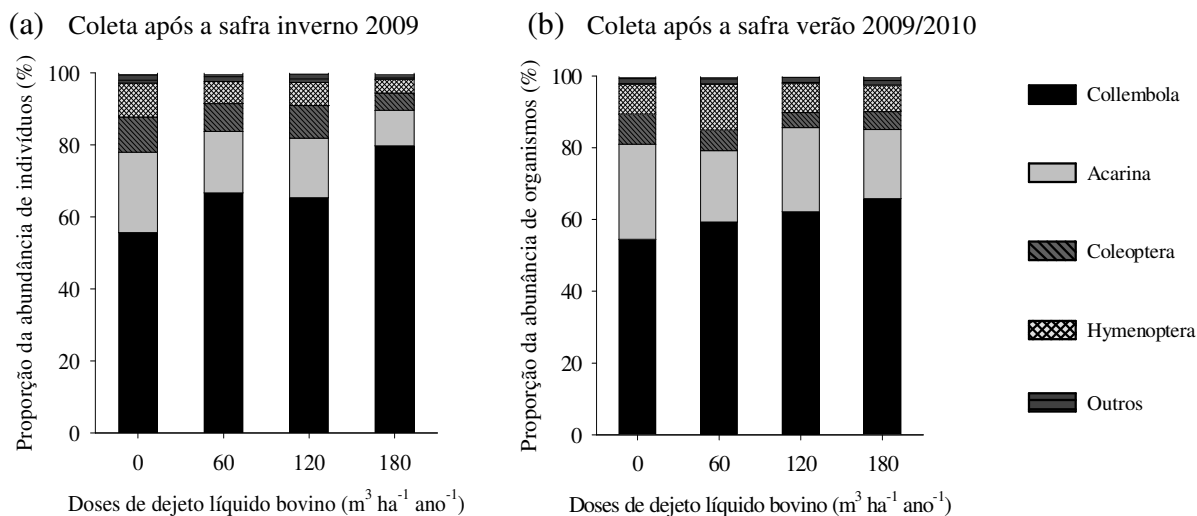


Figura 8. Contribuição dos principais grupos da fauna epiedáfica ao total de organismos encontrados nos tratamentos, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, na coleta após a safra inverno 2009 (trigo) (a), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (soja)(b). Outros: somatório de organismos com menor frequência. Média de 4 repetições.

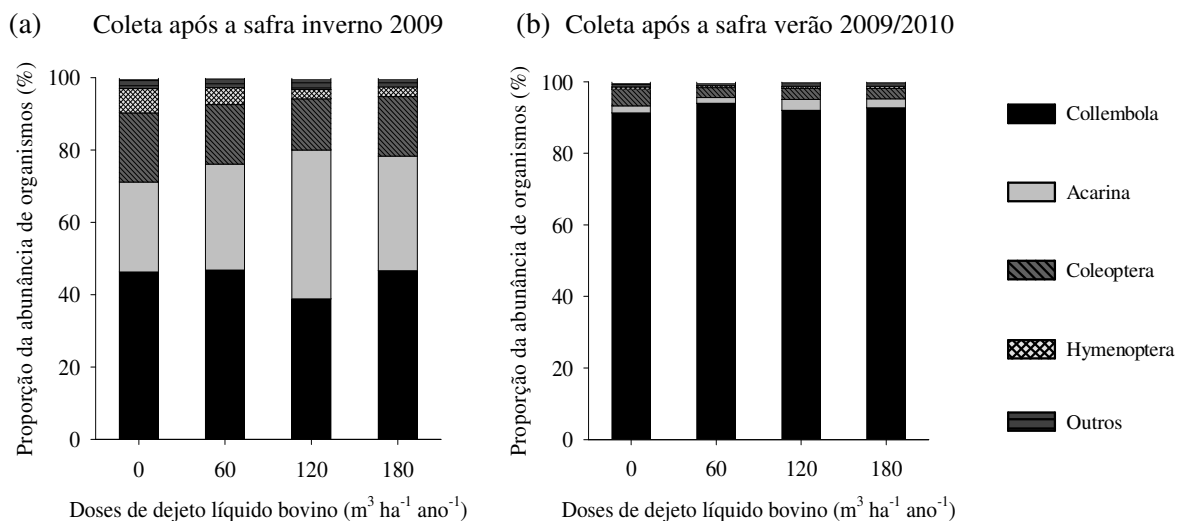


Figura 9. Contribuição dos principais grupos da fauna epiedáfica ao total de organismos encontrados nos tratamentos, em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, na coleta após a safra inverno 2009 (aveia preta) (a), e na coleta após a safra verão 2009/2010 (milho) (b). Outros: somatório de organismos com menor frequência. Média de 4 repetições.

Analisando a contribuição de cada grupo da fauna epiedáfica no total de organismos, verifica-se que, no solo de textura média, as duas épocas de coleta apresentaram padrões semelhantes, com razoável distribuição das proporções de organismos, apesar da dominância dos colêmbolos (Figura 8). Esta semelhança nos padrões de distribuição de organismos entre safras explica a ausência de resultados significativos para os índices médios relativos a diversidade (Tabela 2). Neste solo também foi observado que as maiores doses de DLB, em

relação aos demais tratamentos da coleta após a safra inverno 2009, apresentaram uma tendência de maior dominância desse grupo (Figura 8a), que implicou na diminuição da diversidade, observada pelos índices ecológicos (Figura 6c, d, e). No solo muito argiloso, houve um padrão diferente entre as coletas (Figura 9). Nesse solo, a coleta após a safra inverno 2009 (sob a palha da aveia preta), apresentou certa uniformidade na distribuição das proporções de organismos (Figura 9a), enquanto a coleta após a safra verão 2009/2010 (sob palha de milho) foi marcada por uma grande dominância dos colêmbolos, com proporções maiores que 90% em relação ao total de organismos (Figura 9b), implicando em baixos índices de diversidade (Figura 7c). Por este motivo, os índices ecológicos médios relativos à diversidade foram menores após a safra verão 2009/2010 (Tabela 2).

A dominância dos colêmbolos nas maiores doses de DLB, na coleta após a safra inverno 2009 no solo de textura média, pode ser atribuída ao hábito alimentar destes animais, que são tipicamente fungívoros, alimentando-se de fungos associados à matéria orgânica do solo (Hopkin, 2002; Addison et al., 2003; Zeppelini Filho & Bellini, 2004). Desta forma, a aplicação do DLB, ao adicionar resíduos orgânicos incrementou matéria orgânica ao solo, estimulando a população de colêmbolos. Além disso, pode ter ocorrido um efeito tóxico do DLB sobre os organismos predadores e competidores dos colêmbolos, resultando na explosão demográfica. Este efeito tóxico pode ser atribuído à presença de metais pesados, que podem ser incorporados ao solo pela aplicação de dejetos animais (Giroto et al., 2010). Sabe-se que algumas espécies de colêmbolos são capazes de sobreviver na presença de metais pesados no solo (Greenslade, 1991).

A dominância dos colêmbolos entre épocas de coleta, desconsiderando os tratamentos, também pode ter ocorrido em função do hábito alimentar dos primeiros, apesar de serem comuns e abundantes na serrapilheira do solo. Segundo Hopkin (2002), os colêmbolos ocorrem numa densidade de 10^4 a 10^5 indivíduos por metro quadrado na maioria dos ecossistemas terrestres, sendo particularmente abundantes em sistemas agrícolas orgânicos (Axelsen et al., 2000). A maioria dos colêmbolos pode ser altamente seletiva na escolha do alimento (Klironomos et al. 1992; McLean et al., 1996; Maraun et al., 2003; Scheu & Simmerling 2004; Fountain & Hopkin, 2005). Portanto, alguns fungos associados à palha das culturas podem ser mais comuns nos restos vegetais de uma determinada planta, atraindo e estimulando a população de algumas espécies de Collembola, que são especializadas na alimentação destes fungos, aumentando expressivamente a abundância desses invertebrados. Esta afirmativa baseia-se na análise visual, durante identificação da fauna, de que, na cultura do trigo e nos restos culturais do milho, ocorreu grande abundância e dominância de um

gênero de colêmbolo, enquanto que nos restos culturais da soja e da aveia, houve maior uniformidade dentro do grupo *Collembola* (dados não apresentados).

A manutenção da biodiversidade de um ecossistema é importante para assegurar que todos os grupos funcionais estejam operando nos níveis tróficos e nos processos edáficos (Lavelle, 1996, 1997; Brussaard et al., 1997; Brussaard, 1998; Ekschmitt & Griffiths, 1998; Wolters, 2001; Postma-Blaauw et al., 2010), e no caso de um ecossistema agrícola, possibilitando uma agricultura sustentável (Brussaard et al., 2007). Entretanto, a elevada abundância de colêmbolos também pode trazer benefícios ao solo, principalmente pela grande importância destes invertebrados para a decomposição e humificação da matéria orgânica (Lavelle, 1996; Brussaard, 1998).

Esses animais agem como “transformadores da serrapilheira”, atuando na fragmentação do substrato orgânico e na regulação da composição e atividade microbiana, através do pastoreio sobre os microrganismos e disseminação de novos propágulos microbianos na serrapilheira (Lavelle, 1996, 1997; Hopkin, 1997; Brussaard, 1998; Filser, 2002; Zeppelini Filho & Bellini, 2004; Aquino & Correia, 2005; Swift et al., 2010). Também podem ocorrer outras contribuições positivas dos colêmbolos aos processos do solo, tais como: deposição de fezes peletizadas, que além de servirem de inóculo para microrganismos (Filser, 2002; Swift et al., 2010), contribuem na manutenção da microestrutura do solo (Zeppelini Filho & Bellini, 2004); controle de fungos fitopatogênicos (Sabatini & Innocenti 2001); e aumento no desenvolvimento das plantas, por influenciar na mineralização e na absorção de nutrientes (Bardgett & Chan, 1999; Lussenhop & BassiriRad, 2005).

3.3. Análise de Componentes Principais (ACP)

O resultado da ACP, incluindo a abundância da fauna epiedáfica e os atributos microbiológicos demonstrou, por meio da relação entre o componente principal 1 (CP 1) e o componente principal 2 (CP 2), que houve separação entre as épocas de coleta, nas duas áreas avaliadas, o que não ocorreu para as doses de DLB (Figura 10). No solo de textura média, 59,3 % da variabilidade dos dados foi explicada pelos dados ambientais, sendo 70,4 % deste valor explicado pelo CP1 e 21,1 % pelo CP 2 (Figura 10a). No solo muito argiloso, os dados ambientais explicaram 63,6 % da variabilidade dos dados. Destes, 86,1 % foram explicadas no CP 1 e 5,2 % no CP 2 (Figura 10b).

Nas duas áreas, pode ser observada associação entre grupos da fauna às coletas e doses com maior CBMS e CBMS/COT (Figura 10). Portanto, estes resultados revelam que os

grupos da fauna epiedáfica são beneficiados pelo maior carbono microbiano no solo, e que ao contrário, podem ser afetados em condições de perda de carbono, onde há maiores índices de qCO_2 , como foi observado por Baretta et al. (2008), Bikhofer et al (2008).

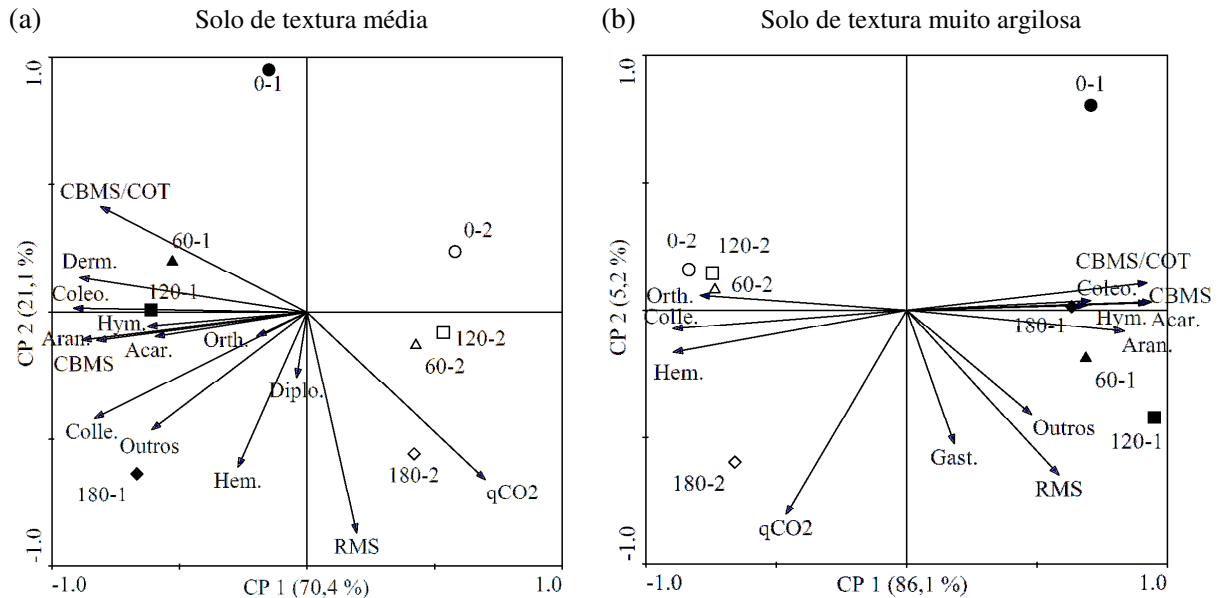


Figura 10. Análise de componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os dados da abundância de organismos dos principais táxons encontrados e os atributos microbiológicos nas doses de dejetos líquidos bovinos, nas duas épocas de coleta, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média (a) e em Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa (b). CP: componente principal; 0, 60 120 e 180: doses de DLB, em $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$; 1: coleta de solo após a safra inverno 2009; 2: coleta após a safra verão 2009/2010; CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RMS: respiração microbiana do solo; qCO_2 : quociente metabólico; CBMS / COT: quociente microbiano; Acar.: Acarina; Aran.: Araneae; Coleo.: Coleóptera; Colle.: Collembola; Derm.: Dermaptera; Diplo.: Diplopoda; Gast.: Gastropoda; Hem.: Hemiptera; Hym.: Hymenoptera; Orth.: Orthoptera.

4. CONCLUSÕES

1. Os atributos microbiológicos avaliados no solo de textura muito argilosa não variaram à adição de DLB, exceto a RMS. Já no solo com textura média, a aplicação crescente de DLB aumentou os níveis de carbono da biomassa microbiana e atividade microbiana. Porém, ocorreu redução na eficiência metabólica nas condições de maiores doses, na coleta sob o trigo, que pode implicar em menores acúmulos de carbono lábil no sistema.

2. A aplicação de doses crescentes de DLB no solo com textura média sob a cultura do trigo aumentou de forma linear a abundância da fauna epiedáfica, ao contrário da diversidade que diminuiu devido à dominância do grupo Collembola em relação aos demais. No solo de textura muito argilosa, não houve respostas significativas à aplicação de DLB, exceto a abundância em uma das coletas.

REFERÊNCIAS

- ADDISON, J.A.; TROFYMOWB, J.A. & MARSHALL, V.G. Functional role of Collembola in successional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada. *Appl. Soil Ecol.*, 24:247–261, 2003.
- AITA, C.; & GIACOMINI, S.J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2101-2111, 2008.
- ALVES, M.V.; BARETTA, D. & CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. *R. Ci. Agrov.*, 5:33-43, 2006.
- ALVES, M.V.; SANTOS, J.C.P.; GOIS, D.T.; ALBERTON, J.V. & BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 32:589-598, 2008.
- ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soil. *Soil Biol. Biochem.*, 25:393-395, 1993.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D.M. & SILVA, R.F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. *Ci. Florest.*, 16:407-417, 2006.
- AQUINO, A.M. & CORREIA, M.E.F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2005. (Documentos 201)
- AQUINO, A.M.; SILVA, R.F.; MERCANTE, F.M.; CORREIA, M.E.F.; GUIMARÃES, M.F. & LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. *Eur. J. Soil Biol.*, 44:191–197, 2008.
- AXELSEN, J.A. & KRISTENSEN, K.T. Collembola and Mites in Plots Fertilised with Different Types of Green Manure. *Pedobiologia*, 44:556–566, 2000.
- BACH, E.M.; SARA G. BAER. S.G.; MEYER, C.K. & SIX, J. Soil texture affects soil microbial and structural recovery during grassland restoration, *Soil Biol. Bioch.*, 2010. In Press. doi:10.1016/j.soilbio.2010.08.014
- BALDRIAN, P.; MERHAUTOVÁ, V.; PETRÁNKOVÁ, M.; CAJTHAML, T. & ŠNAJDR, J. Distribution of microbial biomass and activity of extracellular enzymes in a hardwood forest soil reflect soil moisture content. *Appl. Soil Ecol.*, 46:177–182, 2010.
- BARDGETT, R.D. & CHAN, K.F. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montane grassland ecosystems. *Soil Biol. Bioch.*, 31:1007-1014, 1999.
- BARETTA, D.; FERREIRA, C.S.; SOUSA, J.P. & CARDOSO, E.J.B.N. Colêmbolos (hexapoda: collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2693-2699, 2008. Número Especial

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; BERTOL, I.; ALVES, M.V.; MANFROI, A.F. & MALUCHE-BARETTA, C.R.D. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade fauna edáfica no Planalto Sul Catarinense. R. Ci. Agrovet., 5:108-117, 2006.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A.L.; WILDNER, L.P. & MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. R. Ci. Agrovet., 2:97-106, 2003.

BARROS, Y.J.; MELO, V.F.; DIONÍSIO, J.A.; CARON, L.; OLIVEIRA, E.B.; AZEVEDO, J.C.R. & SOUZA, L.C.P. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: I- microbiologia. R. Bras. Ci. Solo, 34:1397-1411, 2010.

BIRKHOFFER, K.; BEZEMER, T.M.; BLOEM, J.; BONKOWSKI, M.; CHRISTENSEN, S.; DUBOIS, D.; EKELUND, F.; FLIESBACH, A.; GUNST, L.; HEDLUND, K.; MÄDER, P.; MIKOLA, J.; ROBIN, C.; SETÄLÄ, H.; TATIN-FROUX, F.; DER PUTTEN, W.H.V. & SCHEU, S. Long term organic farming foster below and aboveground biota: implications for soil quality, biological control and productivity. Soil Biol. Bioch., 40: 2297- 2308, 2008.

BITTMAN, S.; KOWALENKO, C.G.; HUNT, D.E. & SCHMIDT, O. Surface-banded and broadcast dairy manure effects on tall fescue yield and nitrogen uptake. Agron. J., 91:826–833, 1999.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in soil pollution by heavy metals. Biol. Fertil. Soils, 19:269-279, 1995.

BRUSSAARD , L.; RUITER, P.C. & BROWN , G.G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agric. Ecosyst. Environ., 121:233–244, 2007.

BRUSSAARD, L. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. Appl. Soil Ecol., 9:123–135, 1998.

BRUSSAARD, L.; BEHAN-PELLETIER, V.; BIGNELL, D.; BROWN, V.; DIDDEN, W.; FOLGARAIT, P.; FRAGOSO, C.; FRECKMAN, D.; GUPTA, V.; HATTORI, T.; HAWKSWORTH, D.; KOPATEK, C.; LAVELLE, P.; MALLOCH, D.; RUSEK, J.; SODESTROOM, B.; TIEDJE, J. & VIRGINIA, R. Biodiversity and ecosystem function in soil. Ambio., 26:563–570, 1997.

BUYER, J.S.; TEASDALE, J.R. ; ROBERTS, D.P. ; ZASADA , I.A. & MAUL, J.E. Factors affecting soil microbial community structure in tomato cropping systems. Soil Biol. Biochem., 42:831-841, 2010.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B. & SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. Bragantia, 67:455-462, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo, 33:147-157, 2009.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H. & OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina, IAPAR, 2000. CD-ROM

CHANDER, K. & BROOKES, P.C. Residual effects of zinc, copper and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. *Soil Biol. Biochem.*, 25:1231-1239, 1993.

CHAUDRI, A.M.; McGRATH, S.P.; GILLER, K.E.; RIETZ, E. & SAUERBECK, D.R. Enumeration of indigenous *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* in soil previously treated with metal-contaminated sewage sludge. *Soil Biol. Biochem.*, 25:301-309, 1993.

CHEN, T.; CHIU, C. & TIAN, G. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. *Pedobiologia*, 49:645-653, 2005.

CLAPP, C. E; HAYES, M. H.B. & CIAVATTA, C. Organic wastes in soils: Biogeochemical and environmental aspects. *Soil Biol. Bioch.*, 39:1239–1243, 2007.

DIAS-JÚNIOR, H.E.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. & SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:631-640, 1998.

DOELMAN, P. & HAANSTRA, L. Short-term and long-term effects of cadmium, chromium, copper, nickel, lead and zinc on soil microbial respiration in relation to abiotic soil factors. *Plant Soil*, 79:317-327, 1984.

EKEREN, N.V.; BOER, H.; HANEGRAAF, M.; BOKHORST, J.; NIEROP, D.; BLOEME, J.; SCHOUTEN, T.; DE GOEDE, R. & BRUSSAARD, L. Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil Biol. Bioch.*, 42:1491-1504, 2010.

EKSCHMITT, K. & GRIFITHS, B.S. Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning in a heterogeneous and variable environment. *Appl. Soil Ecol.*, 10:201–215, 1998.

EMBRAPA – Fundação ABC. Mapa do levantamento semidetalhado de solos: Município de Castro. Elaborado por FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; BOGNOLA, I. A. & POTER, R. O. EMBRAPA – Fundação ABC, 2001.

FILSER, J. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia*, 46: 234–245, 2002.

FOUNTAIN, M.T. & HOPKIN, S.P. *Folsomia candida* (Collembola): a standard soil arthropod. *Annu. Rev. Entomol.*, 50:201–222, 2005.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E. & HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop-rotation systems in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 92:18–29, 2007.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, F.; HONS, F.M. & ZUBERER, D.A. Active fractions of organic matter in soils with different texture. *Soil Biol. Biochem.*, 28:1367–1372, 1996.

GAMA-RODRIGUES, E.F. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. E CAMARGO, F.A.O, eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. 654p.

GARCÍA-GIL, J.C.; PLAZA, C.; SOLER-ROVIRA, P. & POLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 32:1907–1913, 2000.

GIROTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B. & SCHMATZ, R. Copper and zinc forms and accumulation in soil after successive pig slurry applications. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:955-965, 2010.

GREENSLADE, P.J. Collembola. In: *The insects of Australia. A textbook for students and research workers. Volume I, Second Edition, Division of Entomology CSIRO Australia*, 1991. 542p.

GRIFITHS, R.I.; WHITELEY, A.S.; O'DONNELL, A.G. & BAILEY, M.J. Physiological and community responses of established grassland bacterial populations to water stress. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69:6961-6968, 2003.

HOPKIN, S.P. *Biology of the Springtails*. Oxford, UK, Oxford University Press, 1997.

HOPKIN, S.P. Collembola. In : LAL, R. (Ed.) *Encyclopaedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York, p.207-210, 2002.

HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejado sob plantio direto. In: REUNIÃO DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., Florianópolis, 1999. Anais Florianópolis, EPAGRI, 2000. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Pecuária Municipal 2009. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ppm/default.asp>> Acesso em 02 dez. 2010.

JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD J.N. eds. *Soil biochemistry*. Marcel Dekker, p.415-471, 1981.

JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method of measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8:209-213, 1976.

KARYANTO, A.; RAHMADI, C.; FRANKLIN, E.; SUSILO, F.X. & MORAIS, J.W. Collembola, Acari e outros grupos da mesofauna do solo – O método de Berlese. In: MOREIRA, F.M.S.; HUISING, J. & BIGNELL, D. Eds. *Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da diversidade*. Lavras:UFLA, 2010.

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 Biol. Biochem.*, 42:1–13, 2010.

- KAUTZ, T.; LÓPEZ-FANDO, C. & ELLMER, F. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain. *Appl. Soil Ecol.*, 33:278–285, 2006.
- KLIRONOMOS, J., WIDDEN, P., DESLANDES, I. Feeding preferences of the collembolan *Folsomia candida* in relation to microfungus successions on decaying litter. *Soil Biol. Bioch.*, 24:685–692, 1992.
- KNOPS, J.H. & TILMAN, D. Dynamics of soil nitrogen and carbon accumulation for 61 years after agricultural abandonment. *Ecology*, 81:88-98, 2000.
- KUSS, R.C.R ; KÖNIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A; ROGGIA, S. & STURMER, G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. *Ci. Rural*, 38:1133-1137, 2008.
- LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biol. Intern.*, n° 33, p.3-16, 1996.
- LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, 21:93-132, 1997.
- LISBOA, B.B. Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 2009. (Dissertação de Mestrado)
- LUSSENHOP, J. & BASSIRIRAD, H. Collembola density changes nitrogen acquisition by ash seedling (*Fraxinus pennsylvanica*) *Soil Biol. Bioch.*, 37:645-650, 2005.
- MARAUN, M.; MARTENS, H.; MIGGE, S.; THEENHAUS, A. & SCHEU, S. Adding to ‘the enigma of soil animal diversity’: fungal feeders and saprophagous soil invertebrates prefer similar food substrates. *Eur. J. Soil. Biol.*, 39: 85–95, 2003.
- MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Sci. Agr.*, 8:1-17, 2007.
- McLEAN, M.A., KANEKO, N. & PARKINSON, D. Does selective grazing by mites and Collembola affect litter fungal community structure? *Pedobiologia*, 40: 97–105, 1996.
- MELLEK, J.E.; DIECKOW, J.; SILVA, V.L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F.M. & SOUZA, J.L.M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 110: 69–76, 2010.
- 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*. Madison, SSSA, 1994. Part 2. (Soil Science Society of America Book Series, 5).

MOORE, J.C.; MCCANN, K.; SETALA, H. & RUITER, P.C. Top-down is bottom-up: does predation in the rhizosphere regulate aboveground dynamics? *Ecology*, 84:846-857, 2003.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e Bioquímica do solo*. 2.ed. Lavras, UFLA, 2006. 729p.

MORI, H.F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V. ; DIECKOW, J. & SANTOS, W.L. dos. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquido bovino em latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:189-198, 2009.

MÜLLER, T. & HÖPER, H. Soil organic matter turnover as a function of the soil clay content: consequences for model applications. *Soil Biol. Biochem.*, 36:877–888, 2004.

NORRIS, T.B.; WRAITH, J.M.; CASTENHOLZ, R.W. & MCDERMOTT, T.R. Soil microbial community structure across a thermal gradient following a geothermal heating event. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68:6300-6309, 2002.

ODUM, E.P. & BARRETT, G.W. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo, Thomson Learning, 2007.

PANKHURST, C.E. & LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R. & GRACE, P.R. eds. *Soil Biota: management in sustainable farming systems*. Melbourne, CSIRO, 1994. p.3-12.

PAUL, J.W. & BEAUCHAMP, E.G. Effect of carbon constituents in manure on denitrification in soil. *Can. J. Soil Sci.*, 69:49–61, 1989.

PAULETTI, V. *Nutrientes: Teores e interpretações*. 2 ed. Castro, PR, 2004. 86p.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná, 1992. (Circular, 76)

PEREIRA, J. C. Os microrganismos e os metais pesados do solo. *Seropédica, Embrapa Agrobiologia*, 2001. (Documentos, 132).

POSTMA-BLAAUW, M.B.; GOEDE, R.G.M.; BLOEM, J.; FABER, J.H. & BRUSSAARD, L. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology*, 91:460–473, 2010.

REIS JUNIOR, F. B. & MENDES, I.C. *Biomassa Microbiana do Solo*. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2007 (Documentos, 205).

SABATINI, M.A. & INNOCENTI, G. Effects of Collembola on Plant-Pathogenic Fungi Interactions in Simple Experimental Systems. *Biol. Fertil. Soils*, 33: 62–66, 2001.

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T. & BALBINO, L.C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 43:115-122, 2008.

SANTOS, J.A.; NUNES, L.A.P.L., MELO, W.J. & ARAÚJO, A.S.F. Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils, *Eur. J. Soil Biol.*, 2011, doi:10.1016/j.ejsobi.2011.01.002

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. & NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:123-131, 2007.

SCHEU, S. & SIMMERLING, F. Growth and reproduction of fungal feeding Collembola as affected by fungal species, melanin and mixed diets. *Oecologia*, 139: 347–353, 2004.

SCHLOTTER, M.; DILLY, O. & MUNCH, J.K. Indicators for evaluating soil quality. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 98:255–262, 2003.

SILVA, J.C.P.M.; MOTTA, A.C.V.; PAULETTI, V.; VELOSO, C.M.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A.S. & SILVA, L.F.C. Esterco de gado leiteiro associado à adubação mineral e sua influência na fertilidade de um Latossolo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:453-463, 2010.

SILVEIRA, F.M. Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos bovinos em Latossolo franco argilo arenoso sob plantio direto e chuva natural. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. (Dissertação de Mestrado)

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

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.*, 30:195-207, 1992.

SWIFT, M.J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F.M.S. & HUISING, J. O inventário da diversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F.M.S.; HUISING, J. & BIGNELL, D. Eds. Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da diversidade. Lavras:UFLA, 2010.

SWIFT, M.J.; IZAC, A.M.N. & VAN NOORDWIJK, M. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes e Are we asking the right questions? *Agric. Ecosyst. Environ.*, 104:113-134, 2004.

TATE, R.L. Soil Organic Matter: Biological and Ecological Effects. Wiley, New York, 1987. p. 98–99

TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER, P. CANOCO reference manual and canodraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5). Ithaca, Microcomputer Power, 2002. 500p.

TIMOFIECSYK, A. Perdas de água, solo e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos bovinos sob plantio direto e chuva natural em Latossolo Bruno. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. (Dissertação de Mestrado)

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 24:35-42, 2000.

VENZKE-FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; NETO, M.S. & CERRI, C.C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais - Tibagi, PR. R. Bras. Ci. Solo, 32:599-610, 2008.

VITKO, T. G. Expected quality of dairy wastewater based on the characterization of a dairy farm in Chino, California, Oakland: CWEA, 1999. (Technical Articles).

WARDLE, D.A.; BARDGETT, R.D.; KLIRONOMOS, J.N.; SETÄLÄ, H.; VAN DER PUTTEN, W.H. & WALL, D.H. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. Science, 304:1629–1633, 2004.

WILLIAMS, M.A. & RICE, C.W. Seven years of enhanced water availability influences the physiological, structural, and functional attributes of a soil microbial community. Appl. Soil Ecol., 35:535-545, 2007.

WOLTERS, V. Biodiversity of soil animals and its function. Eur. J. Soil Biol., 37:221–227, 2001.

YANG, X.; WARREN, M. & ZOU, X. Fertilization responses of soil litter fauna and litter quantity, quality, and turnover in low and high elevation forests of Puerto Rico. Appl. Soil Ecol., 37:63-71, 2007.

ZEPPELINI FILHO, D. & BELLINI, B.C. Introdução ao estudo dos Collembola. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 2004. p.11-27

APÊNDICE

Apêndice 1. Análise química do solo (pH CaCl₂, alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃) e carbono(C) em quatro profundidades da área antes da instalação do experimento, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média. (Fonte: Mori, 2008)

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P Mehlich I	N-NH ₄	N-NO ₃	Carbono
	cmolcdm ⁻³mg dm ⁻³			g dm ⁻³
0-2,5	5,70	0,00	3,00	4,50	1,40	0,33	18,30	10,30	25,10	22,00
2,5-5	5,30	0,00	3,40	4,10	0,90	0,27	27,80	9,80	30,20	18,40
5-10	4,90	0,00	4,00	3,70	0,60	0,13	23,60	10,60	10,50	12,40
10-20	4,90	0,00	3,40	3,40	0,50	0,13	14,70	18,40	15,00	10,00

Apêndice 2. Granulometria, diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), densidade do solo (DS), microporosidade (Micro), macroporosidade (Macro), porosidade total (Total) e condutividade hidráulica saturada (CHS) do solo antes da instalação do experimento, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média. (Fonte: Mori, 2008)

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)				DMP (mm)	DS (g cm ⁻³)	Porosidade (%)			CH (cm h ⁻¹)
	Argila	Silte	Areia Fina	Areia grossa			Micro	Macro	Total	
0,0-2,5	250,00	38,00	338,00	374,00	1,71	1,30 ¹	32,00 ¹	17,00 ¹	49,00 ¹	8,20 ¹
2,5-5,0	213,00	39,00	366,00	383,00	1,79					
5,0-10,0	225,00	38,00	364,00	373,00	1,64	1,52	28,90	13,20	42,10	4,68
10,0-20,0	225,00	17,00	439,00	320,00	0,96	1,55	25,90	14,90	40,90	2,97
20,0-30,0	213,00	64,00	358,00	367,00	0,64	1,51	25,40	16,90	42,40	3,07

¹ Dados referentes a profundidade de 0 a 5cm

Apêndice 3. Análise química do solo (pH CaCl₂ e SMP, alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) e carbono(C) em cinco profundidades da área antes da instalação do experimento, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa. (Fonte: Timofiecsyk, 2009)

Profundidade (cm)	pH	pH	Al	H+AL	Ca	Mg	K	P	C
	CaCl ₂	SMP							
0 – 2,5	5,6	6,3	0	4,0	6,6	2,5	0,48	10,4	31,7
2,5 - 5,0	5,5	6,2	0	4,3	5,8	1,9	0,30	4,2	31,7
5,0 – 10,0	5,3	6,0	0	5,0	5,0	1,3	0,20	3,7	26,9
10,0 – 20,0	5,3	6,1	0	4,6	4,5	1,0	0,16	2,5	22,0
20,0 – 30,0	5,4	6,3	0	4,0	3,9	0,8	0,10	1,0	19,0

Apêndice 4. Granulometria, diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), densidade do solo (DS), microporosidade (Micro), macroporosidade (Macro), porosidade total (Total) e condutividade hidráulica saturada (CHS) do solo antes da instalação do experimento, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa. (Fonte: Timofiecsyk, 2009)

Profundidade cm	Granulometria				DMP mm	DS g cm ⁻³	Porosidade			CHS mm h ⁻¹
	g kg ⁻¹						%			
	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa			Micro	Macro	Total	
0,0 – 2,5	663	150	61	126	3,09	0,884*	39,7*	24,6*	64,3*	15,78*
2,5 – 5,0	700	104	66	130	3,33					
5,0 – 10,0	700	101	73	126	3,01	1,007	44,2	14,1	58,3	4,44
10,0 – 20,0	712	109	66	113	2,73	1,134	45,3	13,7	59,0	0,37
20,0 – 30,0	725	99	73	103	2,48	1,059	46,0	13,3	59,3	0,65

* Profundidade do solo de 0 a 5 cm.

Apêndice 5. Matéria seca e teores (em base seca) de nitrogênio (N), fósforo(P), potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn) dos dejetos aplicados nas safras agrícolas durante o período experimental, de dezembro de 2005 a dezembro 2009, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média. (Dados fornecidos pela Fundação ABC)

Data de aplicação	Matéria seca	N	P	K	Cu	Zn
	(g L ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
7/12/2005 ¹	16,00	24,00	14,00	52,00	--	--
24/4/2006 ¹	86,40	24,50	9,80	19,30	--	--
22/9/2006 ¹	68,40	24,70	10,20	27,07	--	--
15/6/2007 ¹	110,20	20,90	6,17	17,00	--	--
27/11/2007 ¹	72,00	21,80	8,34	30,40	--	--
26/6/2008	--	--	--	--	--	--
17/09/2008	97,30	21,40	14,20	22,20	236,58	6900
30/7/2009	73,40	23,30	23,80	31,40	335,42	403,75
9/12/2009	158,20	15,30	9,40	28,80	77,08	220,6

¹ Fonte: Silveira, 2009; -- sem análise

Apêndice 6. Safras agrícolas, culturas, cultivares, data de semeadura e quantidade aplicada de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na adubação mineral no período de novembro de 2005 a maio de 2010, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média. (Dados fornecidos pela Fundação ABC)

Safra	Cultura implantada	Data de semeadura		N (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)
Verão 2005/2006	Soja	09/11/2005	¹	0	28	52
Inverno 2006	Aveia preta	26/04/2006	²	0	0	0
Verão 2006/2007	Milho	21/09/2006	³	183	56	100
Inverno 2007	Trigo	12/06/2007	⁴	98	26	50
Verão 2007/2008	Soja	31/10/2007	⁵	0	26	50
Inverno 2008	Aveia preta	25/04/2008	⁶	0	0	0
Verão 2008/2009	Milho	17/09/2008	⁷	171	42	75
Inverno 2009	Trigo	08/06/2009	⁸	120	26	50
Verão 2009/2010	Soja	03/11/2009	⁹	0	26	50

¹ 250 kg do formulado 00-25-25 na semeadura; ² Sem adubação mineral; ³ 400 kg do formulado 12-32-00 na semeadura mais 200 kg de KCl e 300 kg de uréia em cobertura; ⁴ 300 kg do formulado 10-20-20 na semeadura mais 150 kg de uréia em cobertura; ⁵ 300 kg do formulado 00-20-20; ⁶ Sem adubação; ⁷ 300 kg do formulado 12-32-00 na semeadura mais 150 kg de KCl e 300 kg de uréia; ⁸ 300 kg do formulado 10-20-20 na semeadura mais 200 kg de uréia em cobertura; ⁹ 300 kg do formulado 00-20-20 na semeadura.

Apêndice 7. Matéria seca e teores (em base seca) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) cobre (Cu) e zinco (Zn) dos dejetos aplicados nas safras agrícolas durante o período experimental, de abril de 2006 a outubro de 2009, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa. (Dados fornecidos pela Fundação ABC)

Data de aplicação	Matéria seca (g L ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
11/05/2006 ¹	90,50	20,10	8,51	38,15	--	--
05/10/2006 ¹	75,50	23,20	8,12	31,50	--	--
04/05/2007 ¹	43,30	22,20	9,60	34,60	--	--
30/11/2007 ¹	89,60	22,50	8,25	31,46	--	--
31/07/2008	87,10	20,10	16,10	39,40	--	--
07/01/2009	46,70	23,60	15,70	40,50	75,9	384,67
04/08/2009	51,00	18,40	25,20	28,40	69,23	366,88
30/10/2009	44,90	2,60	2,10	2,30	6,56	28,75

¹ Fonte: Timofiecsyk, 2009; -- sem análise

Apêndice 8. Safras agrícolas, culturas, cultivares, data de semeadura e quantidade aplicada de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na adubação mineral na área experimental no período de maio de 2006 a setembro de 2009, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa. (Dados fornecidos pela Fundação ABC)

Safra	Cultura implantada	Data de semeadura	N (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)
Inverno 2006	Aveia preta	10/05/2006	¹ 0	0	0
Verão 2006/2007	Milho	03/10/2006	² 162	37	132
Inverno 2007	Aveia preta	03/05/2007	³ 0	0	0
Verão 2007/2008	Soja	02/11/2007	⁴ 0	18	33
Inverno 2008	Trigo	26/06/2008	⁵ 114	40	50
Verão 2008/2009	Soja	27/11/2008	⁶ 0	22	42
Inverno 2009	Aveia preta	08/06/2009	⁷ 0	0	0
Verão 2009/2010	Milho	18/09/2009	⁸ 150	41	42

¹ Sem adubação; ² 300 kg do formulado 14-28-28 na semeadura mais 300 kg do formulado 25-00-25 e 100 kg de uréia em cobertura; ³ Sem adubação; ⁴ 200 kg do formulado 00-20-20 na semeadura; ⁵ 300 kg do formulado 08-30-20 na semeadura mais 200 kg de uréia em cobertura; ⁶ 250 kg do formulado 00-20-20 na semeadura; ⁷ Sem adubação; ⁸ 300 kg do formulado 13-31-00 na semeadura mais 200 kg do formulado 25-00-25 e 135 kg de uréia em cobertura;

Apêndice 9. Detalhes metodológicos referentes às análises do carbono orgânico total do solo (COT) e dos atributos microbiológicos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), quociente microbiano do solo (CBMS / COT), respiração microbiana do solo (RMS) e quociente metabólico do solo (qCO_2).

DETERMINAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL DO SOLO (COT)

O carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado via combustão seca no aparelho Vario El III CHNOS Elemental Analyzer. Para isso, uma subamostra de aproximadamente 20 g de solo, previamente peneirada a 2 mm, foi moída em gral. Dessa subamostra, aproximadamente 20 mg foram utilizados efetivamente para a análise.

DETERMINAÇÃO DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (CBMS)

A biomassa microbiana foi determinada através do conteúdo de carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), utilizando o princípio da fumigação-incubação (Jenkinson & Powlson, 1976), com adaptações de Lisboa (2009). Foram utilizados 50 g (base úmida) do solo peneirado (conforme descrito no item 2.3.) para as amostras não-fumigadas e 49 g (base úmida) para as amostras fumigadas (Observação: foi feito ajuste da umidade das amostras, para padronização). As amostras de solo foram acondicionadas em frascos com volume de 1 L, com vedação hermética. A fumigação foi realizada diretamente no solo, com 250 μ L de clorofórmio PA, mantendo-se os frascos fechados por 12 horas ao abrigo de luz. As amostras de solo não fumigadas também foram submetidas aos mesmos procedimentos, porém, sem clorofórmio. Após o período de fumigação, os frascos contendo o solo foram abertos por 4 horas em capela de exaustão, para a eliminação do clorofórmio. Antes da incubação do solo, o solo fumigado foi, então, reinoculado com 1 g (base úmida) de solo original. Em cada frasco de amostras, foi adicionado um copo plástico de 50 mL contendo 8 mL de NaOH com molaridade padronizada de 1 mol L⁻¹, junto com um tubo de ensaio contendo 10 mL de água (para manter a umidade do solo). A incubação das amostras foi realizada em incubadora tipo BOD a 23° C no escuro, por um período de 10 dias. Foram estabelecidas 4 provas em branco, as quais eram formadas por frascos de incubação sem solo, contendo apenas o copo plástico com 8 mL do NaOH mais o tubo com água. Após este período, os copos contendo o NaOH foram retirados, sendo acrescidos de 2 mL de BaCl₂ (10%) e 2 gotas do indicador fenolftaleína (solução alcoólica a 1%). A titulação foi realizada com HCl com molaridade padronizada a 0,5 mol L⁻¹. O C liberado na forma de CO₂ (mg Kg⁻¹) pelos tratamentos fumigado e não fumigado foi calculado com o auxílio da seguinte expressão:

$$C-CO_2 \text{ (mg kg}^{-1} \text{ solo)} = \frac{(\text{mL branco} - \text{mL amostra}) \times 6 \times 1000 \times M \text{ HCl} \times FC}{\text{Massa de solo seco (g)}}$$

em que 6 é o equivalente-grama do C, 1000 é um fator de correção de mg g⁻¹ para mg kg⁻¹ e FC é um fator de correção da molaridade, calculado por M HCl/N NaOH. A determinação da BM foi realizada através da expressão descrita em trabalho de Horwath et al. (1996):

$$CBMS \text{ (mg kg solo}^{-1}) = 1,73F - 0,56 NF$$

em que CBMS é o carbono da biomassa microbiana e F e NF são os valores, em mg kg⁻¹ de C-CO₂, das amostras fumigadas e não fumigadas, respectivamente.

DETERMINAÇÃO DO QUOCIENTE MICROBIANO DO SOLO (CBMS / COT)

O quociente microbiano do solo foi calculado pela relação CBMS / COT (Sparling, 1992), de acordo com a expressão:

$$CBMS / COT \text{ (\%)} = \frac{CBMS \text{ (mg kg}^{-1} \text{ solo)} \times 100}{COT \text{ (mg kg}^{-1} \text{ solo)}}$$

DETERMINAÇÃO DA RESPIRAÇÃO MICROBIANA DO SOLO (RMS)

Para a avaliação da respiração microbiana do solo (RMS), através da produção de C-CO₂, foi realizado procedimento semelhante à determinação do CBMS, sem a utilização de um tratamento fumigado. O C-CO₂ produzido foi avaliado 10 dias após a incubação. Para a determinação do C-CO₂ liberado, também foi seguido o procedimento do item anterior (determinação do CBMS).

Apêndice 9. Detalhes metodológicos referentes às análises do carbono orgânico total do solo (COT) e dos atributos microbiológicos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), quociente microbiano do solo (CBMS / COT), respiração microbiana do solo (RMS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). (continuação)

DETERMINAÇÃO DO QUOCIENTE METABÓLICO (qCO_2)

O quociente metabólico do solo (qCO_2) foi obtido pela relação do carbono da RMS e o CBMS (Anderson & Domsch, 1993), calculado de acordo com a expressão:

$$qCO_2 \text{ (mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ CBMS)} = \frac{\text{RMS (mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo)}}{\text{CBMS (mg kg}^{-1} \text{ solo)} \times 10^{-3}}$$

Apêndice 10. Detalhes metodológicos referentes aos cálculos dos índices ecológicos da fauna epiedáfica: Diversidade de Shannon (H), Dominância de Simpson (Is) e Uniformidade de Pielou (e)

DIVERSIDADE DE SHANNON (H)

A Diversidade de Shannon (H) foi obtida a partir dos dados obtidos na determinação da abundância (item 2.4.), seguindo a expressão:

$$H = -\sum (p_i \log p_i)$$

em que $p_i = n_i/N$; n_i = número de indivíduos em cada táxon; N = número total de indivíduos (Odum & Barrett, 2007).

DOMINÂNCIA DE SIMPSON (Is)

A Dominância de Simpson (Is) foi calculada pela expressão:

$$I_s = \sum p_i^2$$

em que $p_i = n_i/N$; n_i = número de indivíduos em cada táxon (Odum & Barrett, 2007).

UNIFORMIDADE DE PIELOU (e)

A Uniformidade de Pielou (e) foi calculada pela expressão:

$$e = \frac{H}{\log S}$$

em que S é o número de táxons encontrados (Odum & Barrett, 2007).

Apêndice 11. Análise de variância para as médias gerais dos atributos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração microbiana do solo (RMS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano (CBMS/COT) e carbono orgânico total do solo (COT), para as duas safras em que foram realizadas coletas, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média. F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 05$); ns: não significativo ($p \geq 05$)

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
CBMS	Tratamentos	1	104987,8133	104987,8132	41,9826	**
	Blocos	3	1011,4050	337,1350	0,1348	ns
	Resíduo	3	7502,2302	2500,7434		
	Total	7	113501,4484		CV% = 13,5333	
RMS	Tratamentos	1	5180,9906	5180,9906	5,0959	ns
	Blocos	3	3730,7843	1243,5948	1,2232	ns
	Resíduo	3	3050,1187	1016,7062		
	Total	7	11961,8937		CV% = 19,0316	
qCO_2	Tratamentos	1	375077,8997	375077,8997	98,4287	**
	Blocos	3	16564,2435	5521,4145	1,4489	ns
	Resíduo	3	11431,9725	3810,65749		
	Total	7	403074,1157		CV% = 13,1733	
CBMS/COT	Tratamentos	1	7,7751	7,7751	92,1519	**
	Blocos	3	0,0863	0,0288	0,3411	ns
	Resíduo	3	0,2531	0,0844		
	Total	7	8,1145		CV% = 14,5120	
COT	Tratamentos	1	131,3820	131,3820	399,2743	**
	Blocos	3	4,4152	1,4717	4,4727	ns
	Resíduo	3	0,9872	0,3291		
	Total	7	136,7844		CV% = 3,0037	

Apêndice 12. Análise de variância para as médias gerais dos atributos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração microbiana do solo (RMS), quociente metabólico (qCO₂), quociente microbiano (CBMS/COT) e carbono orgânico total do solo (COT), para as duas safras em que foram realizadas coletas, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa. F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 01); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade (01 ≤ p < 05); ns: não significativo (p ≥ 05)

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
CBMS	Tratamentos	1	561585,6090	561585,6090	91,6624	**
	Blocos	3	10613,0429	3537,6810	0,5774	ns
	Resíduo	3	18380,0159	3126,6720		
	Total	7	590578,6678		CV% = 15,9465	
RMS	Tratamentos	1	49848,5497	49848,5497	6,6484	ns
	Blocos	3	3926,6934	1308,8978	0,1746	ns
	Resíduo	3	22493,4670	7497,8223		
	Total	7	76268,7101		CV% = 32,6844	
qCO ₂	Tratamentos	1	171446,0685	171446,0685	7,0598	ns
	Blocos	3	27499,0968	9166,3656	0,3775	ns
	Resíduo	3	72854,5118	24284,8373		
	Total	7	271799,6771		CV% = 27,8112	
CBMS/COT	Tratamentos	1	2,9413	2,9413	80,2872	**
	Blocos	3	0,0974	0,0324	0,8859	ns
	Resíduo	3	0,1099	0,0366		
	Total	7	3,1486		CV% = 16,1774	
COT	Tratamentos	1	9,8568	9,8568	27,8081	*
	Blocos	3	9,3003	3,1001	8,7460	ns
	Resíduo	3	1,0634	0,3545		
	Total	7	20,2205		CV% = 1,4393	

Apêndice 13. Análise de variância para as médias gerais dos atributos relacionados à fauna epiedáfica: Abundância (A), Riqueza de grupos (R), Diversidade de Shannon (H), Dominância de Simpson (Is) e Uniformidade de Pielou (*e*), para as duas safras em que foram realizadas coletas, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média. F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 05$); ns: não significativo ($p \geq 05$)

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
A	Tratamentos	1	1900518,8203	1900518,8203	36,5493	**
	Blocos	3	62737,6484	20912,5495	0,4022	ns
	Resíduo	3	155966,5234	51998,8412		
	Total	7	2119252,9921		CV% = 43,4723	
R	Tratamentos	1	38,2812	38,2812	18,1034	*
	Blocos	3	11,5938	3,8646	1,8276	ns
	Resíduo	3	6,3438	2,1146		
	Total	7	56,2188		CV% = 15,3575	
H	Tratamentos	1	0,0091	0,0091	0,6487	ns
	Blocos	3	0,0062	0,0021	0,1480	ns
	Resíduo	3	0,0419	0,0140		
	Total	7	0,0572		CV% = 25,9069	
Is	Tratamentos	1	0,0266	0,0266	1,0182	ns
	Blocos	3	0,0089	0,0030	0,1131	ns
	Resíduo	3	0,0784	0,0262		
	Total	7	0,1139		CV% = 34,8590	
<i>e</i>	Tratamentos	1	0,0513	0,0513	2,4041	ns
	Blocos	3	0,0210	0,0070	0,3279	ns
	Resíduo	3	0,0640	0,0213		
	Total	7	0,1363		CV% = 30,5448	

Apêndice 14. Análise de variância para as médias gerais dos atributos relacionados à fauna epiedáfica: Abundância (A), Riqueza de grupos (R), Diversidade de Shannon (H), Dominância de Simpson (Is) e Uniformidade de Pielou (*e*), para as duas safras em que foram realizadas coletas, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa. F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 05$); ns: não significativo ($p \geq 05$)

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
A	Tratamentos	1	969006,0078	969006,0078	16,2785	*
	Blocos	3	202474,7734	67491,5912	1,1338	ns
	Resíduo	3	178579,9609	59526,6536		
	Total	7	1350060,7421		CV% = 54,5456	
R	Tratamentos	1	5,2812	5,2812	3,2710	ns
	Blocos	3	1,0938	0,3646	0,2258	ns
	Resíduo	3	4,8438	1,6146		
	Total	7	11,2188		CV% = 14,4702	
H	Tratamentos	1	1,1001	1,1001	264,7332	**
	Blocos	3	0,0028	0,0009	0,2257	ns
	Resíduo	3	0,0125	0,0042		
	Total	7	1,1154		CV% = 18,5781	
Is	Tratamentos	1	2,0290	2,0290	351,3606	**
	Blocos	3	0,0042	0,0014	0,2431	ns
	Resíduo	3	0,0173	0,0058		
	Total	7	2,0505		CV% = 12,7495	
<i>e</i>	Tratamentos	1	1,3690	1,3690	171,9004	**
	Blocos	3	0,0019	0,0006	0,0785	ns
	Resíduo	3	0,0239	0,0080		
	Total	7	1,3948		CV% = 23,7823	

Apêndice 15. Análise de variância e regressão na análise de variância para os atributos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração microbiana do solo (RMS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano (CBMS/COT) e carbono orgânico total do solo (COT), para as doses de 0, 60, 120 e 180 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ de dejetos líquidos de bovinos confinados no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, em duas épocas: safra inverno 2009 (1) e safra verão 2009/2010 (2). F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 05$); ns: não significativo ($p \geq 05$); Reg.: Regressão; quadra: quadrática

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
CBMS 1	Tratamentos	3	29592,6691	9864,2230	5,5212	*
	Blocos	3	4052,5544	1350,8514	0,7561	ns
	Resíduo	9	16079,3474	1786,5942		
	Total	15	49724,5708			CV% = 9,9036
	Reg. linear	1	22549,7424	22549,7424	12,6216	**
	Reg. quadra	1	1706,7722	1706,7722	0,9553	ns
CBMS 2	Tratamentos	3	16647,8716	5549,2906	10,0090	**
	Blocos	3	4461,0808	1487,0269	2,6821	ns
	Resíduo	9	4989,8781	554,4309		
	Total	15	26098,8306			CV% = 7,54120
	Reg. linear	1	14684,7937	14684,7937	26,4862	**
	Reg. quadra	1	1008,7246	1008,7246	1,8194	ns
RMS (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	14178,7509	4726,2503	11,8679	**
	Blocos	3	1865,3928	621,7976	1,5614	ns
	Resíduo	9	3584,1371	398,2375		
	Total	15	19628,2808			CV% = 11,9110
	Reg. linear	1	13958,1590	13958,1590	35,0498	**
	Reg. quadra	1	3,3714	3,3714	0,0085	ns
qCO_2 1	Tratamentos	3	54062,1564	18020,7188	5,1681	*
	Blocos	3	21976,0995	7325,3665	2,1008	ns
	Resíduo	9	31381,9827	3486,8870		
	Total	15	107420,2385			CV% = 16,38728
	Reg. linear	1	42510,1748	42510,1748	12,1914	**
	Reg. quadra	1	2543,7901	2543,7901	0,7295	ns
qCO_2 2	Tratamentos	3	19977,9832	6659,32772	1,1077	ns
	Blocos	3	6020,1165	2006,70549	0,3338	ns
	Resíduo	9	54106,1293	6011,79215		
	Total	15	80104,2290			CV% = 13,4408
CBMS / COT 1	Tratamentos	3	0,0147	0,0049	5,4050	*
	Blocos	3	0,0072	0,0024	2,6437	ns
	Resíduo	9	0,0081	0,0009		
	Total	15	0,0210			CV% = 7,40920
	Reg. linear	1	0,0077	0,0077	8,4722	*
	Reg. quadra	1	0,0054	0,0054	5,9794	*
CBMS / COT 2	Tratamentos	3	0,7866	0,2622	32,3521	**
	Blocos	3	0,0326	0,0109	1,3394	ns
	Resíduo	9	0,0729	0,0081		
	Total	15	0,8921			CV% = 5,9673
	Reg. linear	1	0,1965	0,1965	24,2471	**
	Reg. quadra	1	0,5658	0,5658	69,8123	**

Apêndice 15. Análise de variância e regressão na análise de variância para os atributos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração microbiana do solo (RMS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano (CBMS/COT) e carbono orgânico total do solo (COT), para as doses de 0, 60, 120 e 180 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ de dejetos líquidos de bovinos confinados no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, em duas épocas: outubro de 2009 (1) e abril de 2010 (2). F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 05$); ns: não significativo ($p \geq 05$); Reg.: Regressão; quadra: quadrática (continuação)

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
COT 1	Tratamentos	3	110,5530	36,8510	11,5869	**
	Blocos	3	3,7978	1,2660	0,3980	ns
	Resíduo	9	28,6235	3,1804		
	Total	15	142,9743		CV% = 10,4467	
	Reg. linear	1	92,6723	92,6723	29,1387	**
	Reg. quadra	1	6,9213	6,9213	2,1762	ns
COT 2	Tratamentos	3	362,0203	120,6734	48,3513	**
	Blocos	3	1,6046	0,5348	0,2143	ns
	Resíduo	9	22,4619	2,4958		
	Total	15	386,0868		CV% = 7,4789	
	Reg. linear	1	245,5486	245,5486	98,3861	**
	Reg. quadra	1	108,8023	108,8023	43,5947	**

Apêndice 16. Análise de variância e regressão na análise de variância para os atributos: carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração microbiana do solo (RMS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano (CBMS/COT) e carbono orgânico total do solo (COT), para as doses de 0, 60, 120 e 180 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ de dejetos líquidos de bovinos confinados no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, em duas épocas: outubro de 2009 (1) e abril de 2010 (2). F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 05$); ns: não significativo ($p \geq 05$); Reg.: Regressão; quadra: quadrática

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
CBMS 1	Tratamentos	3	43592,6098	14530,8700	2,9399	ns
	Blocos	3	18965,3705	6321,7902	1,2790	ns
	Resíduo	9	44484,2262	4942,6918		
	Total	15	107042,2065		CV% = 11,2789	
CBMS 2	Tratamentos	3	8885,2849	2961,7616	1,0934	ns
	Blocos	3	10027,6883	3342,5628	1,2340	ns
	Resíduo	9	24378,8767	2708,7641		
	Total	15	43291,8499		CV% = 14,5228	
RMS (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	15246,9275	5082,3092	4,2340	*
	Blocos	3	1963,3488	654,4496	0,5452	ns
	Resíduo	9	10803,2392	1200,3599		
	Total	15	28013,5155		CV% = 13,0776	
	Reg. linear	1	14927,7983	14927,7983	12,4361	**
	Reg. quadra	1	307,5297	307,5297	0,2562	ns
qCO_2 (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	25201,5478	8400,5160	1,1068	ns
	Blocos	3	13749,5457	4583,1819	0,6039	ns
	Resíduo	9	68309,0406	7589,8934		
	Total	15	107260,1341		CV% = 15,5479	
CBMS/COT 1	Tratamentos	3	0,0702	0,0234	1,0703	ns
	Blocos	3	0,1597	0,0532	2,4337	ns
	Resíduo	9	0,1968	0,0219		
	Total	15	0,4268		CV% = 9,9501	
CBMS/COT 2	Tratamentos	3	0,0178	0,0060	0,3186	ns
	Blocos	3	0,0476	0,0159	0,8497	ns
	Resíduo	9	0,1680	0,0187		
	Total	15	0,2334		CV% = 15,5253	
COT 1	Tratamentos	3	58,8314	19,6105	3,8655	*
	Blocos	3	5,6221	1,8740	0,3694	ns
	Resíduo	9	45,6593	5,0733		
	Total	15	110,1127		CV% = 5,3731	
	Reg. linear	1	42,7343	42,7343	8,4234	*
	Reg. quadra	1	7,7702	7,7702	1,5316	ns
COT 2	Tratamentos	3	74,3069	24,7690	4,3256	*
	Blocos	3	4,7446	1,5805	0,2760	ns
	Resíduo	9	51,5349	5,7261		
	Total	15	130,5833		CV% = 5,8637	
	Reg. linear	1	72,4472	72,4472	12,6521	**
	Reg. quadra	1	1,8564	1,8564	0,3242	ns

Apêndice 17. Análise de variância e regressão na análise de variância para os atributos relacionados à fauna epiedáfica: Abundância (A), Riqueza de grupos (R), Diversidade de Shannon (H), Dominância de Simpson (Is) e Uniformidade de Pielou (*e*), para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido de bovinos confinados no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média, em duas épocas: outubro de 2009 (1) e maio de 2010 (2). F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 01); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade (01 ≤ p < 05); ns: não significativo (p ≥ 05); Reg.: Regressão; quadra: quadrática

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
A 1	Tratamentos	3	0,6704	0,2235	11,9574	**
	Blocos	3	0,0193	0,0064	0,3447	ns
	Resíduo	9	0,1682	0,0187		
	Total	15	0,8579		CV% = 4,8437	
	Reg. linear	1	0,5945	0,5945	31,8082	**
	Reg. quadra	1	0,0065	0,0065	0,3478	ns
A 2	Tratamentos	3	24405,5469	8135,1823	1,7296	ns
	Blocos	3	29459,7969	9819,9323	2,0878	ns
	Resíduo	9	42331,5156	4703,5017		
	Total	15	96196,8594		CV% = 24,4200	
R 1	Tratamentos	3	23,1875	7,7292	6,0162	*
	Blocos	3	11,1875	3,7292	2,9027	ns
	Resíduo	9	11,5625	1,2847		
	Total	15	45,9375		CV% = 10,7309	
	Reg. linear	1	17,1125	17,1125	13,3200	**
	Reg. quadra	1	5,0625	5,0625	3,9405	ns
R 2	Tratamentos	3	2,7500	0,9167	0,4521	ns
	Blocos	3	6,7500	2,2500	1,1096	ns
	Resíduo	9	18,2500	2,0278		
	Total	15	27,7500		CV% = 17,0030	
H (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	0,0260	0,0087	9,6468	**
	Blocos	3	0,0031	0,0010	1,1522	ns
	Resíduo	9	0,0081	0,0009		
	Total	15	0,0372		CV% = 6,5649	
	Reg. linear	1	0,0244	0,0244	27,1955	**
	Reg. quadra	1	0,0002	0,0002	0,2529	ns
Is (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	0,0504	0,0168	6,9666	*
	Blocos	3	0,0044	0,0015	0,6135	ns
	Resíduo	9	0,0217	0,0024		
	Total	15	0,0765		CV% = 10,5853	
	Reg. linear	1	0,0468	0,0468	19,4197	**
	Reg. quadra	1	0,0003	0,0003	0,1335	ns
<i>e</i> (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	0,0497	0,0166	9,2457	**
	Blocos	3	0,0105	0,0035	1,9501	ns
	Resíduo	9	0,0161	0,0018		
	Total	15	0,0763		CV% = 8,8562	
	Reg. linear	1	0,0467	0,0467	26,0264	**
	Reg. quadra	1	0,00003	0,00003	0,0143	ns

Apêndice 18. Análise de variância e regressão na análise de variância para os atributos relacionados à fauna epiedáfica: Abundância (A), Riqueza de grupos (R), Diversidade de Shannon (H), Dominância de Simpson (Is) e Uniformidade de Pielou (*e*), para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido de bovinos confinados no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa, em duas épocas: outubro de 2009 (1) e maio de 2010 (2). F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 01); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade (01 ≤ p < 05); ns: não significativo (p ≥ 05); Reg.: Regressão; quadra: quadrática

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
A 1	Tratamentos	3	48191,7969	16063,9323	4,9485	*
	Blocos	3	18069,4219	6023,1406	1,8554	ns
	Resíduo	9	29216,2656	3246,2517		
	Total	15	95477,4844			CV% = 20,8488
	Reg. linear	1	25,8781	25,8781	0,0080	ns
	Reg. quadra	1	33626,3906	33626,3906	10,3585	*
A 2	Tratamentos	3	45242,5625	15080,8542	0,4166	ns
	Blocos	3	362985,3125	120995,1042	3,3426	ns
	Resíduo	9	325785,5625	36198,3958		
	Total	15	734016,4375			CV% = 30,6221
R (média entre 1 e 2)	Tratamentos	3	0,1719	0,0573	0,0556	ns
	Blocos	3	0,5469	0,1823	0,1771	ns
	Resíduo	9	9,2656	1,0295		
	Total	15	9,9844			CV% = 11,5547
H 1	Tratamentos	3	0,0050	0,0017	0,8438	ns
	Blocos	3	0,0032	0,0011	0,5381	ns
	Resíduo	9	0,0178	0,0020		
	Total	15	0,0260			CV% = 8,3479
H 2	Tratamentos	3	0,0032	0,0011	0,5748	ns
	Blocos	3	0,0129	0,0043	2,2849	ns
	Resíduo	9	0,0169	0,0019		
	Total	15	0,0330			CV% = 27,0205
Is 1	Tratamentos	3	0,0030	0,0010	0,4726	ns
	Blocos	3	0,0037	0,0012	0,5855	ns
	Resíduo	9	0,0188	0,0021		
	Total	15	0,0255			CV% = 13,2935
Is 2	Tratamentos	3	0,0040	0,0012	0,6431	ns
	Blocos	3	0,0169	0,0056	2,7480	ns
	Resíduo	9	0,0184	0,0021		
	Total	15	0,0393			CV% = 5,2719
<i>e</i> 1	Tratamentos	3	0,0074	0,0024	0,6392	ns
	Blocos	3	0,0074	0,0024	0,6390	ns
	Resíduo	9	0,0346	0,0038		
	Total	15	0,0494			CV% = 10,6464
<i>e</i> 2	Tratamentos	3	0,0042	0,0014	0,6868	ns
	Blocos	3	0,0189	0,0063	3,0918	ns
	Resíduo	9	0,0184	0,0020		
	Total	15	0,0415			CV% = 26,9104

Apêndice 19. Análise de variância e regressão na análise de variância para os dados de produção de matéria seca (MS) das culturas: trigo, soja, aveia e milho, para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos de bovinos confinados. F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 01); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade (01 ≤ p < 05); ns: não significativo (p ≥ 05); Reg.: Regressão; quadra: quadrática

Atributos	F.V	G.L.	S.Q	Q.M.	F	
MS trigo	Tratamentos	3	353825,9637	117941,9879	5,5126	*
	Blocos	3	21421,3597	7140,4532	0,3337	ns
	Resíduo	9	192553,8771	21394,8752		
	Total	15	567801,2005			CV% = 5,9065
	Reg. linear	1	75614,3761	75614,3761	3,5342	ns
	Reg. quadra	1	264184,1781	264184,1781	12,3480	**
MS soja	Tratamentos	3	1344772,0898	448257,3632	2,2197	ns
	Blocos	3	1301691,9039	433897,3013	2,1486	ns
	Resíduo	9	1817486,6243	201942,9583		
	Total	15	4463950,6180			CV% = 10,0888
	Reg. linear	1	369649,5726	369649,5726	57,2392	**
MS aveia	Tratamentos	3	424422,8897	141474,2966	21,9069	**
	Blocos	3	11600,6544	3866,8848	0,5988	ns
	Resíduo	9	58121,8028	6457,9781		
	Total	15	494145,3469			CV% = 9,5488
	Reg. quadra	1	52363,0142	52363,0142	8,1505	*
MS milho	Tratamentos	3	10704656,4105	3568218,8035	18,6577	**
	Blocos	3	1280212,4323	426737,47742	2,2314	ns
	Resíduo	9	1721214,3244	191246,03605		
	Total	15	13706083,1672			CV% = 3,024
	Reg. linear	1	9675058,78105	9675058,78105	50,5896	**
Reg. quadra	1	401632,7250	401632,7250	2,1001	ns	

Apêndice 20. Sumário da análise de correspondências com extração de tendências (DCA - “detrended correspondence analysis”), utilizando a abundância dos grupos da fauna epiedáfica e os atributos microbiológicos como variáveis de resposta, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues :	0.029	0.007	0.005	0.002	0.065
Lengths of gradient :	0.444	0.342	0.270	0.248	
Species-environment correlations :	0.941	0.467	0.318	0.476	
Cumulative percentage variance					
of species data :	44.8	55.7	63.4	66.6	
of species-environment relation:	65.1	70.6	0.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					0.065
Sum of all canonical eigenvalues					0.032

Apêndice 21. Sumário da análise de componentes principais (ACP) utilizando a abundância dos grupos da fauna epiedáfica e os atributos microbiológicos como variáveis de resposta, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico de textura média.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0.442	0.161	0.086	0.073	1.000
Species-environment correlations :	0.972	0.883	0.264	0.284	
Cumulative percentage variance					
of species data :	44.2	60.3	68.8	76.1	
of species-environment relation:	70.4	91.5	92.5	93.4	
Sum of all eigenvalues					1.000
Sum of all canonical eigenvalues					0.593

Apêndice 22. Sumário da análise de correspondências com extração de tendências (DCA - “detrended correspondence analysis”), utilizando a abundância dos grupos da fauna epiedáfica e os atributos microbiológicos como variáveis de resposta, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues :	0.050	0.007	0.003	0.002	0.076
Lengths of gradient :	0.547	0.344	0.320	0.267	
Species-environment correlations :	0.986	0.979	0.975	0.950	
Cumulative percentage variance					
of species data :	65.5	74.3	78.4	80.5	
of species-environment relation:	56.6	68.1	0.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					0.076
Sum of all canonical eigenvalues					0.073

Apêndice 23. Sumário da análise de componentes principais (ACP) utilizando a abundância dos grupos da fauna epiedáfica e os atributos microbiológicos como variáveis de resposta, no Latossolo Bruno Distrófico típico de textura muito argilosa.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0.563	0.120	0.106	0.062	1.000
Species-environment correlations :	0.986	0.524	0.431	0.394	
Cumulative percentage variance					
of species data :	56.3	68.3	78.9	85.1	
of species-environment relation:	86.1	91.3	94.4	95.9	
Sum of all eigenvalues					1.000
Sum of all canonical eigenvalues					0.636