

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

REGIANE DA SILVA

**Simbiose Micorrízica Arbuscular e Atividade Microbiana do Solo
Cultivado com Soja nos Sistemas Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas**

Maringá
2014

REGIANE DA SILVA

**Simbiose Micorrízica Arbuscular e Atividade Microbiana do Solo
Cultivado com Soja nos Sistemas Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rosilaine Carrenho
Co-Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto

Maringá
2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

REGIANE DA SILVA

Simbiose Micorrízica Arbuscular e Atividade Microbiana do Solo Cultivado com Soja nos Sistemas Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof^a. Dr^a. Rosilaine Carrenho
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Dr. Arnaldo Colozzi Filho
Instituto Agronômico do Paraná

Prof^a. Dr^a. Sandra Maria Gomes da Costa
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 24 de fevereiro de 2014.

Local de defesa: Anfiteatro 121, Bloco G80, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

S596s Silva, Regiane da
Simbiose micorrízica arbuscular e atividade microbiana do solo cultivado com soja nos sistemas lavoura-pecuária e rotação de culturas / Regiane da Silva. -- Maringá, 2014.
92 f. : il. ., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Rosilaine Carrenho.
Coorientador: Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, 2014.

1. Ciência do solo. 2. Solo - Sistemas de cultivo. 3. Mycorrhizal fungi. I. Carrenho, Rosilaine, orient. II. Matsumoto, Leopoldo Sussumu. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Biológicas. III. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada. IV. Título.

CDD 21.ed.631.46

MGC-000839

Dedico este trabalho a dois grandes homens que agradeço em tê-los em meu caminho: Tio Nilton e ao Wanderley. Dedico este trabalho com amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pelo dom da vida, pelo dom do livre-arbítrio que me foi dado. Por seu cuidado em cada passo nesta caminhada, especialmente nos momentos mais temerosos, senti sempre seu amor e cuidado, me amparando espiritualmente até aqui.

À Professora Rosilaine, pela orientação e ensinamentos e, muito mais ainda pelo companheirismo cotidiano, conversas, paciência, apoio, incentivo e amizade.

Ao Professor Leopoldo, professor desde a graduação, e olha eu aqui na microbiologia! Obrigada pela co-orientação, pelos ensinamentos, pelas conversas e pelo apoio.

À COAMO, ao Eng. Agrônomo Joaquim Mariano Costa, que abriu as portas da Fazenda Experimental para a execução deste trabalho. Ao Eng. Agrônomo Guedes, que sempre nos recebeu em dias de coleta e passava informações sobre a área e troca de experiências. Ao Sr. Moacyr, mãos que me ajudou a retirar todo o material levado a laboratório. Meu muito obrigada.

Às meninas do laboratório de Sistemática de Fungos: Josy, Karla, Heloisa, Priscila, Talita pelo imenso apoio e ajuda (braçal, sentimental, intelectual) ao longo deste período. Também agradeço a Luana, Ana Paula e ao Durinézio. Graças a vocês consegui concluir este trabalho.

À duas grandes amigas que levarei para sempre comigo: Cristiane e Rosimar. A primeira, companheira desde o primeiro dia de aula, lutadora, com quem compartilhei alegrias, seminários, trabalhos e as mais difíceis reflexões existenciais em nosso caminho. A Rosi, companheira diária, de trabalho, de almoço, de laboratório, de evolução espiritual, que sempre ajudava a acalmar este coração aflito e ansioso.

Aos funcionários do Departamento de Biologia (UEM) Nelson e Sr. Julio, por serem doutores no que fazem e sempre prontos a ajudar pós-graduandos em seus trabalhos! Obrigada mais uma vez! Agradeço as meninas também, D. Bete, Rose, Silvia e Angela.

Ao pessoal da UENP Bandeirantes do Laboratório de Solos: Gil, incansável em nos mostrar passo-a-passo da rotina de laboratório e toda a química envolvida no processo. A Esmeralda, Rodrigo, Felipe, Tânia e ao Giancarlo, outro mestrando que compartilhei esta vivência. Às professoras e grandes amigas Nina Risso e Laila Herta Mihsfeldt, pelos cafés, conversas e o apoio abrindo o laboratório para eu trabalhar.

Aos professores do PGB pelos ensinamentos passados e pelo incentivo, especialmente ao Prof. Bonato, que abriu seu laboratório para utilização. Às duas secretárias do PGB, Marcinha e Estela. Obrigada por nos aturar.

À Capes pelo apoio financeiro através da bolsa de mestrado, sem a qual não seria possível concluir este trabalho.

Aos profissionais desta banca de defesa, por aceitarem o convite de participarem deste importante momento de avaliação e melhoramento do trabalho desenvolvido.

À minha avó Iracema, inestimável e imensurável é seu valor e o amor que sinto pela Senhora. Meu amor puro, sublime é todo seu.

À minha querida irmã Carolina, João Pedro e ao Julio Crozeta. Família linda que sempre está com sorriso nos lábios e a coragem no peito.

À família Bozeli, especialmente a Fernanda, que me acolheu em sua casa durante este mestrado. Muito obrigada. Ah, e ao Bobby também, não é mesmo?

À meu avô Cicinho e minha mãe, meu eterno amor e saudades.

À melhor família, que está no meu coração, Leninha, Carolina, Fernando e D. Catarina. Sempre tornando possível o impossível. O apoio e a paciência de vocês foram essenciais. Obrigada ;)

Ao tio Neoly pelas conversas, por estar onde está, com meu bem precioso que é minha avó. Obrigada por compreender tanta ausência.

Ao casal Marcelino e Valda, amizade que valerá por toda a vida. Obrigada pelo incentivo, pelo auxílio, pela orientação e pelo acolhimento quando precisei.

Ao Tio Nilton, homem que sempre me amparou, desde a infância, ainda quando minha mãe estava entre nós. Inestimável é seu valor, seu apoio, sua atenção. Muito obrigada por sempre estar ao meu lado.

E ao Wanderley. Companheiro incansável, que mais que em momentos alegres, nos momentos de inquietude, de desalento e tristeza, SEMPRE, me fez a ir adiante. Por toda a paciência e calma que me passou mesmo nas tormentas cotidianas. Sem seu amor este caminho não seria fácil. Obrigada por mostrar a beleza e a singularidade de poder existir quando duas vidas diferentes são tão bem compartilhadas e sincronizadas.

A todos vocês, meu muito obrigado! Agradeço a todos que me apoiaram cada qual a sua maneira e ao seu tempo, direta ou indiretamente, na finalização do meu mestrado.

Ajude o companheiro que segue pelo seu caminho.
Aproxime-se e ofereça-lhe amizade.
Coloque ao alcance dos outros a fonte generosa da sua amizade, oferecendo as águas
cantantes da simpatia fraterna.
O verdadeiro amor surge na urna da amizade honesta como jóia preciosa da verdadeira
afeição.
Amizade é luz no caminho – clareie sua estrada.

Divaldo Franco

Simbiose Micorrízica Arbuscular e Atividade Microbiana do Solo Cultivado com Soja nos Sistemas Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas

RESUMO

Compreender a dinâmica temporal e espacial dos micro-organismos do solo e suas relações com as plantas é essencial para a conservação do solo e a manutenção da produtividade. O objetivo deste trabalho foi verificar a atividade microbiana do solo a partir de variáveis relacionadas à simbiose micorrízica arbuscular (colonização radical, diversidade, equabilidade e riqueza de morfoespécies), e de organismos envolvidos com a decomposição da matéria orgânica, a partir da estimação do carbono (CBMS) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBMS), respiração microbiana (RBS), quociente microbiano (q_{MIC}), quociente metabólico (q_{CO_2}), em sistema integração lavoura-pecuária comparado com lavoura-rotação, ambos sob plantio direto e relacioná-las com a produtividade. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da COAMO, Campo Mourão, PR, em um solo latossolo vermelho distrófico. Foram realizadas cinco coletas (profundidade 0-20cm) ao longo da safra de soja 2012/2013, totalizando dez amostras compostas em cada área: integração lavoura-pecuária (ILP), rotação de culturas (ROT) e mata (M). A produtividade de grãos em ILP foi superior à da ROT (4.711 vs. 4.344,5 kg ha⁻¹). Quanto aos fungos micorrízicos arbusculares (FMA), foram identificados 46 espécies em ILP e 45 espécies em ROT, totalizando 53 morfotipos, sendo *Claroideoglomus claroideum* a espécie dominante em ambos os sistemas. Houve maior número de esporos e porcentagem de arbúsculos durante a queda dos cotilédones em ambos os sistemas, sendo que as comunidades de FMA apresentaram comportamentos diferenciados nos sistemas avaliados. A diversidade e a riqueza de espécies, em ILP aumentaram durante a queda dos cotilédones e reduziram nas fases seguintes, enquanto aumentaram ao longo do ciclo em ROT. As comunidades de FMA, de um modo geral, se mostraram mais ricas, diversificadas e uniformes em ILP que as de ROT. O sistema ILP demonstrou variáveis microbiológicas mais constantes e positivas no quando comparado à ROT. Foram observados que os valores de CBMS foram superiores em ILP (108,10 mg C. Kg⁻¹ solo) quando comparados à ROT (24,75 mg C. Kg⁻¹ solo). A RBS não demonstrou variação entre os sistemas de cultivo, apresentando aumento em todas as áreas no final do ciclo (ILP: 0,88 mg de C-CO₂ Kg⁻¹. h⁻¹; ROT: 0,90 mg de C-CO₂ Kg⁻¹. h⁻¹ e mata: 1,08 mg de C-CO₂ Kg⁻¹. h⁻¹), enquanto o NBMS apresentou aumento na fase de formação de vagens em todas as áreas. Os maiores valores de q_{CO_2} (mg C-CO₂ g⁻¹.h⁻¹/CBMS mg.kg⁻¹) foram verificados em ROT (ILP=4,88; ROT=11,24) e de q_{MIC} em ILP (ILP=0,51; ROT=0,45). Os teores médios de carbono orgânico total (COT) (g/kg⁻¹) do solo da mata foram maiores que os das áreas cultivadas (M=29,56; ILP=23,14; ROT=21,43). O mesmo aconteceu com a matéria orgânica (MO) (g/kg⁻¹), (M=50,96; ILP=39,88; ROT=36,93).

Palavras-chave: fungos micorrízicos arbusculares, integração lavoura pecuária, biomassa microbiana, qualidade do solo, *Glycine max*.

Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Microbial Activity in Soil Cultivated Soybean Crop-Livestock Systems and Crop Rotation

ABSTRACT

Understanding the spatial and temporal dynamics of soil micro-organisms and their relationships with plants is essential for the conservation and maintenance of soil productivity. The objective of this study was to investigate the soil microbial activity from related variables arbuscular mycorrhizal symbiosis (root colonization, diversity, evenness and richness of morphospecies), and organisms involved in the decomposition of organic matter, from the estimation carbon (CBMS) and microbial biomass nitrogen (NBMS), microbial respiration (RBS), microbial quotient (q_{MIC}), metabolic quotient (q_{CO_2}) in integrated crop-livestock systems compared to crop-rotation, both associated with no-tillage and relate them to productivity. The study was conducted at the Coamo Experimental Farm, Campo Mourão, PR, out in a Rhodic Hapludox (Oxisol). Five collections (depth 0-20cm) were along the soybean season 2012/2013, totaling ten composite samples in each area: integrated crop-livestock systems (ILP), crop-rotation (ROT) and forest area (M). Grain yield in ILP was higher than the ROT (4.711 vs. 4344.5 kg ha⁻¹). As for mycorrhizal fungi (AMF), were identified 46 species in ILP and 45 species in ROT, totaling 53 morphotypes, *Claroideoglossum claroideum* being the dominant species in both systems. A greater number of spores and percentage of arbuscules during the fall of cotyledons in two systems, and AMF communities showed different behaviors in the evaluated systems. The diversity and richness species in ILP, increased during the fall of cotyledons and reduced in later stages, while increased over the cycle in ROT. AMF communities, in general, are more rich, diverse and uniform in ILP than that of ROT. The ILP system showed the most constant and positive microbiological variables when compared to ROT. We observed that the values of CBMS were higher by ILP (108.10 mg kg⁻¹ C soil) when compared to ROT (24.75 mg kg⁻¹ C soil). RBS showed no variation between cropping systems, an increase in all areas at the end of the cycle (ILP: 0.88 mg C-CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; ROT: 0.90 mg C-CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ and in forest: 1.08 mg CO₂-C kg⁻¹ h⁻¹), while the NBMS showed increased in phase pod formation in all areas. The higher values of q_{CO_2} (mg C-CO₂ g⁻¹.h⁻¹/CBMS mg.kg⁻¹) were found in ROT (ILP=4.88; ROT=11.24) and q_{MIC} in ILP (ILP=0.51, ROT=0.45). The mean levels of total organic carbon (TOC) (g/kg⁻¹) from forest soil were higher than those of cultivated areas (M=29.56; ILP=23.14; ROT=21.43). The same happened with the organic matter (MO) (g/kg⁻¹), (M=50.96; ILP=39.88, ROT =36.93).

Keywords: mycorrhizal fungi, integrated crop-livestock systems, microbial biomass, quality soil, *Glycine max.*

SUMÁRIO

Resumo.....	8
CAPÍTULO 1	11
Introdução	12
Revisão Bibliográfica	15
Referências.....	27
CAPÍTULO 2	38
Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Integração Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas, Durante o Cultivo de Soja.....	39
CAPÍTULO 3	66
Influência da integração lavoura-pecuária e rotação de culturas sobre os atributos microbiológicos do solo.....	67
ANEXO 1	91

CAPÍTULO 1

Revisão Bibliográfica

1. Introdução

Compreender a dinâmica de micro-organismos do solo e suas relações com plantas, e ainda atentar a fatores abióticos, tem sido foco de muitos trabalhos para melhorar e fomentar pesquisas na área de sustentabilidade e produção de alimentos. Tão importante quanto produzir sementes adaptadas a solos diferenciados para maior produção agrícola, é compreender como a porção viva do solo responde a estas inovações tecnológicas.

Manejos conservacionistas do solo, como o plantio direto (PD), têm em sua essência, a manutenção de matéria orgânica no solo, o que traz proteção à microbiota presente, mantém a estrutura física do solo, evitando a erosão, e diversifica a qualidade e a quantidade de nutrientes que entram no sistema, por causa da rotação de culturas. O uso intensivo do solo, típico do cultivo convencional, leva a um desequilíbrio dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (CASTRO, 1995), que na maioria dos casos resulta na queda da produção agrícola.

No estado do Paraná existe um longo histórico da adoção do PD, com início em 1972 em Rolândia, pelo produtor Herbert Bartz, que estabeleceu o primeiro cultivo extensivo da soja em rotação com o milho e o trigo, no referido sistema (BORGES, 1993). Segundo o Departamento de Economia Rural, órgão ligado à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB), o plantio direto de soja supera 90% da área total no estado, e vale lembrar que em 2013, foram produzidos 15,9 milhões de toneladas de grãos, em torno de 3.348kg/ha (CONAB, 2012).

A integração lavoura-pecuária também tem contribuído significativamente para atender a esta demanda mundial de aumento de produção e sustentabilidade. Este sistema adota alternância de cultivo de grãos em rotação de culturas de gramíneas e leguminosas com pastagens formadas por gramíneas para sustento animal, onde os resíduos de cada atividade proporcionam benefícios à outra. As atividades se complementam e fornecem serviços ecossistêmicos através das interações ecológicas positivas. Franzluebbbers; Sulc e Russelle (2011) enumeram alguns benefícios como redução de perdas de nitrogênio, menor exigência de fertilizantes nitrogenados às culturas subsequentes (não-leguminosas), diminuição da erosão do solo, melhoria na estrutura do solo, aumento do carbono orgânico do solo, maior retenção de água, sequestro de carbono via ciclagem do estrume. A adoção do PD aliado à integração lavoura-pecuária torna este panorama mais vigoroso e vantajoso, preservando as características produtivas do solo, principalmente devido à preservação de seus atributos

biológicos, eficiência no uso de fertilizantes (SOUSA et al., 2007) e diminuição de uso de fungicidas (COSTA, 2003; RICARDO et al., 2009).

Os resíduos sobre o solo sofrem ação direta dos micro-organismos do solo, que trabalham como catalisadores na mineralização de nutrientes (MERCANTE et al., 2008), oxidando e liberando nutrientes tanto para a microbiota como para as plantas (LUIZÃO; COSTA; LUIZÃO, 1999). Segundo Parton e colaboradores (1989), a dinâmica da matéria orgânica do solo apresenta três frações principais com tempos de ciclagem diferenciados: ativa (0 a 14 anos), lenta (cinco anos), e passiva (150 anos). Devido a esta grande escala temporal, analisar as transformações promovidas pela biomassa microbiana – presente na porção ativa – é mais salutar do que somente basear-se no C orgânico do solo, uma vez que a biomassa responde rapidamente a mudanças no manejo no uso do solo (GAMA-RODRIGUES et al., 2005). Assim, solos que apresentam maiores valores de biomassa microbiana, além de possuírem maior estoque de C, reciclam mais nutrientes (TODA; VASQUES; ARAÚJO, 2010).

A respiração microbiana (RBS) demonstra a liberação de CO₂ resultante da atividade microbiana do solo. É um sensível indicador de alterações ocorridas no solo, seja pela mudança de culturas ou manejo do solo, que deve ter sua análise conjunta com outros indicadores da atividade microbiana (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005).

Dos micro-organismos presentes no solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) assumem elevada importância para as plantas, pois estabelecem com as raízes destas uma simbiose de sucesso, comprovada pela quantidade de espécies que se encontraram naturalmente micorrizadas, cerca de 80% das angiospermas (WANG; QIU, 2006), e pelos benefícios que agregam a estas plantas, através da disponibilização de nutrientes essenciais, como fósforo (HARRISON; VAN BUUREN, 1995; JAKOBSEN; ABBOTT; ROBSON, 1992), nitrogênio (GOVINDARAJULU et al., 2005; HODGE; CAMPBELL; FITTER, 2001) e outros nutrientes como zinco, enxofre, manganês e ferro (COOPER, TINKER, 1978; LIU et al., 2002) para a planta. Em contrapartida, os fungos recebem até 20% do carbono fixado pela fotossíntese (DOUDS; PFEFFER; SHACHAR-HILL, 2000), demonstrando que a simbiose é ecológica e economicamente vantajosa para o sistema.

FMA são simbiontes obrigatórios, dependem da planta hospedeira e não podem ser mantidos fora da mesma. Esta associação, por sua importância no desenvolvimento de plantas de interesse econômico, como soja e milho, tem sido estudada em muitos aspectos e há muito tempo. Além dos benefícios nutricionais, plantas micorrizadas tornam-se mais resistentes a patógenos e estresses ambientais (HARRISON, 2005; PARNISKE, 2008; PASZKOWSKI,

2006), reduzindo os custos com tratamentos fitossanitários e a incorporação de biocidas no sistema. Desta forma, pesquisas que envolvem o manejo de micro-organismos benéficos ao crescimento e desenvolvimento vegetal têm possibilitado o estabelecimento de uma tecnologia de produção mais sustentável, ecologicamente correta, e que busca conciliar produtividade e preservação do solo. O micélio extra-radical dos FMA melhora as propriedades do solo por favorecer a formação de macroagregados e microagregados (JASTROW; MILLER; LUSSENHOP, 1998; TISDALL; OADES, 1982). Além dos FMA, outros micro-organismos associados à rizosfera, contribuem para a estruturação física e a ciclagem de nutrientes no solo. Bactérias e fungos de vida livre podem beneficiar as plantas seja pela participação na decomposição da matéria orgânica e mineralização (MAGDOFF; VANES, 2001), seja pela produção de compostos secundários bioativos que podem ser exsudados pela parede celular ou liberados no solo após a morte desses organismos (SCHREY et al., 2012). Determinações quantitativas e qualitativas das comunidades microbianas podem ser feitas a partir da análise dos teores de carbono da biomassa e da atividade enzimática destes no solo (FEIGL; SPARLING; ROSS, 1998). A contribuição dos micro-organismos também pode ser medida através da análise de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, estocados em sua biomassa (TURCO; KENNEDY; JAWSON, 1994).

Considerando que todos os grupos de micro-organismos, de vida livre ou simbióticos, têm uma ação definida no solo, e ao mesmo tempo em que consomem também incorporam recursos ao sistema, é importante adotar-se em estudos de biologia do solo indicadores que forneçam maior número de dados sobre a ciclagem de carbono. O quociente microbiano, por exemplo, trata da relação entre o carbono da biomassa e o carbono orgânico total, e ao apresentar valores altos, indica maior ciclagem de nutrientes, ou menor acúmulo de carbono (ANDERSON; DOMSCH, 1989). A análise do conjunto destas variáveis possibilita maior compreensão da dinâmica dos sistemas agrícolas, favorecendo a tomada de medidas mais adequadas tanto para o manejo e preservação do solo, como para incremento da produção, sem deixar de lado a sustentabilidade e a produtividade do ecossistema solo.

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da integração lavoura-pecuária e rotação de culturas sobre as comunidades de micro-organismos do solo: fungos micorrízicos arbusculares e biomassa microbiana do solo.

2. Revisão Bibliográfica

Agricultura Conservacionista

Qualidade do solo é um conceito amplo que se refere ao equilíbrio entre os condicionantes químicos, físicos e biológicos do solo. O conceito de qualidade do solo surgiu no final da década de 70 e durante os 10 anos seguintes esteve muito associado ao conceito de fertilidade (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003). Segundo estes autores, um solo quimicamente rico, por exemplo, era um solo com alta qualidade, isto porque tinha a capacidade de prover a produção agrícola. Entretanto, a percepção de qualidade do solo evoluiu e, num entendimento mais amplo, percebe-se que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade, mas, também, possuir boa estruturação e abrigar uma alta diversidade de organismos. Dessa forma, a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agrossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização deste recurso (SPOSITO; ZABEL, 2003). A busca por atributos sensíveis a mudanças provocadas pelo manejo do solo que pudessem avaliar o grau de sustentabilidade de um sistema possibilitou que índices biológicos surgissem como indicadores que retratam a vida do solo e refletem o seu grau de perturbação (DORAN; ZEISS, 2000).

Sistemas de manejo conservacionistas como o plantio direto, implantado com sucesso no Brasil desde a década de 70 para solucionar problemas com erosões no solo (NÓBREGA, 1999) resultante de métodos de cultivo inadequados (LAL, 1982), e agora, com aproximadamente 35 anos de história, é o sistema de cultivo mais utilizado no Brasil (CONAB, 2012; NÓBREGA, 1999). A manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo beneficia os micro-organismos participantes na ciclagem de nutrientes, a retenção de umidade e a manutenção da fertilidade do solo, e isso geralmente tem reflexos positivos no crescimento e produtividade das culturas.

O Brasil também possui grandes áreas de pastagem, cerca de 172 milhões de hectares de acordo com o Ministério da Agricultura (BRASIL, 2013), onde mais da metade encontra-se em algum estágio de degradação, o que é um dado preocupante. O estabelecimento do sistema Integração Lavoura-Pecuária tem contribuído para a recuperação destas áreas por promover melhorias na fertilidade e ciclagem de nutrientes do solo, aumentar a eficiência no uso de fertilizantes, além de dar maior estabilidade aos agregados, diminuindo a compactação e aumentando a taxa de infiltração de água no solo (MACEDO, 2009), mudanças que afetam

as propriedades microbiológicas do solo (SOUZA et al., 2008). Além disso, a conservação das propriedades do solo é resultado do mínimo revolvimento, aumento da diversidade de plantas, estabelecimento de culturas perenes, manutenção dos resíduos vegetais, aumento da fertilidade e/ou a adição de resíduos orgânicos no solo (ISLAM; WEIL, 2000).

Maia e Sá (2011), em estudos em latossolo vermelho do Cerrado Brasileiro, verificou que os sistemas com maior capacidade de estocar C e N no solo foram os de ILP com rotação em PD, ILP com rotação iniciada com pastagem com preparo convencional do solo e lavoura contínua sob o PD, respectivamente. A lavoura contínua com preparo convencional do solo não apresentou diferenças significativas no conteúdo de C em relação ao solo sob a vegetação nativa (0 a 100 cm). Pastagens consorciadas com leguminosas incorporaram 32% de C advindos de resíduos, dado a importância de suas raízes com destaque neste aporte de C ao solo. O PD foi o manejo que permitiu maior preservação de C advindos de plantas C_3 tanto em lavoura como na ILP. Outro trabalho interessante é o de Drinkwater; Wagoner e Sarrantonio (1998) que analisaram o papel de diferentes espécies vegetais, plantas C_3 e plantas C_4 no aporte de C ao solo. A área continha quatro tratamentos: lavoura com biomassa de leguminosas incorporadas ao solo (LEG), consórcio de leguminosas e gramíneas para sustento animal e sem uso de fertilizantes nitrogenados (ILP) e lavoura rotação milho/soja com uso de fertilizantes (LROT). Em nove anos de produção, a média da produtividade de milho foi de 7.100, 7.140 e 7.170 kg ha⁻¹ respectivamente, o que não representa diferenças significativas. Mas, o que merece destaque é o incremento de carbono dado pelo sistema ILP neste período: 12 kg C x 10⁻³ ha, contra 6,6 em LEG e 2,2 em LROT, sendo este último não significativo no incremento de carbono. Tais estudos só vêm reforçar a importância da matéria orgânica depositada sobre o solo e da atividade biológica dos micro-organismos nestes ambientes.

Biomassa e Atividade Microbiana do Solo

A sustentabilidade e consequente manutenção de produção só são possíveis graças ao papel desempenhado pela dinâmica da matéria orgânica em sistemas agrícolas, que promove o armazenamento de água, diminui a compactação do solo, aumenta a capacidade catiônica do solo que resulta em maior armazenamento de nutrientes e equilibra a atividade biológica (AQUINO 2007; DE-POLLI, PIMENTEL, 2005). Indicadores da atividade biológica no solo são úteis para a manutenção da fertilidade do solo, pois micro-organismos do solo respondem rapidamente às práticas agrícolas (AQUINO, 2007; BALOTA et al., 1998; SCHNEIDER; GIASON; KLAMT, 2007).

Uma comunidade microbiana pode ser avaliada pela sua biomassa, respiração, quociente metabólico entre outros atributos. A atividade microbiana, dada pelos processos de redução e hidrólise (MUNTEAN; STEF; DRĂGAN-BULARDA, 2004), disponibiliza nutrientes a outros organismos através da degradação da matéria orgânica (MO). Em solos naturais, os teores de MO mantêm-se estáveis uma vez que a entrada se dá através de resíduos de vegetais é convertida a matéria orgânica do solo (MOS) e mineralizada pela atividade microbiana (SANCHES, 1976).

Sistemas de cultivo com menor perturbação do solo, como o plantio direto (PD), tendem a aumentar o teor de matéria orgânica do solo (MOS) com o tempo de adoção (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992; HAVLIN et al., 1990; RHOTON, 2000; SÁ et al., 2001; STALEY et al., 1988) e, conseqüentemente, da biomassa microbiana do solo (BMS) (BALOTA et al., 1998; BEARE et al., 1994; STALEY et al., 1988; VALPASSOS et al., 2001), que, estando mais protegida, é afetada em menor intensidade pela temperatura e precipitação (BLEVINS; THOMAS; CORNELIUS, 1977; WARDLE, 1998). Os micro-organismos que compõem a BMS possuem função catalítica sobre a MOS. Em decorrência disso, a BMS é essencial nos processos de mineralização-imobilização dos nutrientes na MOS e, potencialmente, um dos indicadores de recomendação de fertilizantes industrializados (SPARLING; ROSS, 1993).

A quantidade e a composição da BMS são influenciadas pelas práticas culturais, como sistema de cultivo e rotação de culturas. A rotação de culturas é uma das características essenciais do PD; o seu uso é recomendado por aumentar a estabilidade dos agregados do solo (AMÉZKETA, 1999; BRUCE; LANGDALE; DILLARD, 1992), além de disponibilizar mais C ao solo, quando é cultivada uma gramínea ou de fixar N₂ atmosférico, quando é cultivada uma leguminosa. Esses efeitos possuem a capacidade de influenciar a disponibilidade de nutrientes à cultura subsequente (AMADO et al., 2001). A influência de determinada planta sobre a BMS pode ser direta, como no caso do efeito seletivo da rizosfera (NEAL; LARSON; ATKINSON, 1973), ou indireta, por meio da diversificação das fontes de C nos resíduos culturais, que podem ser mais ou menos suscetíveis à decomposição enzimática pelos micro-organismos (HERMAN; MCGILL; DORMAAR, 1977; RAHN; LILLYWHITE, 2001).

No Paraná, Balota et al. (1998) avaliaram a biomassa microbiana (C, N, Cmic/Corg) e sua atividade (respiração microbiana e qCO_2), em solo submetido às sucessões de culturas trigo/soja e trigo/milho, preparado pelo sistema convencional e em plantio direto. A avaliação foi realizada em um experimento realizado em um Latossolo Roxo e as amostras foram feitas na profundidade de 0-15 cm, dez dias após o plantio e sete dias antes da colheita da cultura de

verão e de inverno dos anos de 1992, 1993 e 1994. Os autores verificaram poucas diferenças significativas nos parâmetros avaliados, em função das diferentes sucessões de culturas. As parcelas sob PD apresentaram incrementos de 118 e 101% no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respectivamente, de 73% na respiração basal e de 96% na relação C_{mic}/C_{org} , enquanto houve um decréscimo de 28% no quociente metabólico (qCO_2). Esses dados evidenciam que a prática do plantio direto proporciona maior biomassa microbiana e menor perda relativa de C via respiração, podendo determinar, assim, maior acúmulo de C no solo, a longo prazo. Posteriormente, Balota et al. (2003), ao avaliarem a influência do preparo do solo e do sistema de rotação sobre a imobilização de nutrientes pela microbiota do solo, constataram que o plantio direto promoveu aumentos de 103% no C da biomassa microbiana, 54% de N, 36% de P, e 44% na porcentagem do quociente microbiano, na camada superficial do solo (0-5 cm). Em outro estudo, Balota et al. (2004) constataram, como nos anteriores, que a rotação de culturas teve pouca influência sobre a microbiota, sendo o preparo do solo, o fator modulador da atividade e do crescimento das comunidades de micro-organismos decompositores. Na área sob PD, o solo apresentou na camada superficial (0-5 cm) teor de C 45% superior ao do plantio convencional, maior biomassa microbiana (83%) e quociente microbiano (23%), e na camada de 0-20 cm, a mineralização do C e do N aumentou 74%. Por outro lado, no plantio direto, o qCO_2 diminuiu 32%.

Diferentes respostas da microbiota do solo às práticas culturais podem ser verificadas também por influência de características estruturais do solo. Carneiro et al. (2013), investigando a influência de diferentes sistemas de cultivo na atividade microbiana do solo em duas classes de solos, constataram que em Neossolo Quartzarênico, os sistemas de plantio direto (PD₁: soja/braquiária; PD₂: milho/braquiária) não foram capazes de promover incrementos no carbono da biomassa microbiana, na atividade da urease, na hidrólise do diacetato de fluoresceína e no estoque do carbono da fração leve. No Latossolo Vermelho, o sistema de plantio convencional promoveu redução no estoque de carbono orgânico total e no carbono da fração leve livre do solo. Os sistemas conservacionistas (ILP; PD₃: soja/nabo/milho/nabo; PD₄: soja/milho/sorgo/soja), apesar de incrementarem o estoque de carbono orgânico do solo, promoveram perdas de carbono da fração leve em relação ao Cerrado nativo. Os autores constataram ainda que no Neossolo Quartzarênico, a área sob a seqüência soja/braquiária provocou redução no carbono orgânico e no carbono da biomassa microbiana e aumento na respiração microbiana e no qCO_2 , enquanto, no Latossolo Vermelho, todas as áreas, com exceção da pastagem, promoveram reduções nos atributos bioquímicos avaliados.

Souza et al. (2008) avaliaram a influência da intensidade de pastejo (10, 20, 40 cm de altura) sobre a biomassa microbiana em uma pastagem constituída por aveia e azevém, no sistema de integração agricultura-pecuária, sob plantio direto, e verificaram que os estoques de C orgânico total não foram influenciados pelas intensidades de pastejo, porém os estoques de C orgânico particulado foram menores na área com maior intensidade de pastejo. Nesta condição, observou-se maior produção de biomassa microbiana e crescimento radicular. O teor de P da biomassa aumentou com a diminuição da intensidade de pastejo, ocorrendo o inverso com a biomassa microbiana. O C orgânico particulado foi o atributo mais responsivo às variações no C orgânico do solo sob as condições de manejo da pastagem adotadas. Ainda, Souza et al. (2010) constataram que os teores de C e de P microbiano aumentaram do início da pastagem até o período de grande produção de fitomassa, em setembro, após o qual decresceram, acompanhando o início de senescência da pastagem. Por sua vez, o N microbiano decresceu continuamente, provavelmente por causa da absorção desse nutriente pelas plantas.

Fungos Micorrízicos Arbusculares

Plantas e micro-organismos formam diversos tipos de interações simbióticas que podem variar do parasitismo ao mutualismo. As raízes das plantas podem se associar a fungos do Filo Glomeromycota formando micorrizas arbusculares, associações simbióticas mutualistas, que ocorre em mais de 80 % das plantas vasculares (SMITH; READ, 1997).

As populações de FMA nativas do solo podem ser ou não efetivas em estimular crescimento da planta. Em determinado solo, esses fungos podem estar em baixas densidades, ou podem estabelecer colonização intensa, sem proporcionar melhoria no crescimento da hospedeira. Em geral, um mesmo isolado de FMA pode estar associado a muitas espécies de plantas, mas a eficiência dessa combinação pode variar, considerando que diferentes espécies ou mesmo isolados produzem capacidades próprias para formar a rede micelial extra-radical, sendo esta dotada de características morfológicas que podem promover diferentes taxas de absorção de fósforo e dos outros nutrientes da solução do solo (CAVALCANTE et al., 2002).

Os FMA perfazem de 5 a 50% da biomassa dos micro-organismos do solo (OLSSON et al., 1995). A biomassa das hifas pode chegar a valores que vão de 54 a 900 kg ha⁻¹ (ZHU; MILLER, 2003) e o comprimento dessas pode atingir dezenas de metros por grama de solo (NOGUEIRA; CARDOSO, 2000). Além disso, alguns componentes presentes nas hifas dos FMA, como a glomalina, podem exceder de 10-20 vezes a biomassa microbiana do solo (RILLIG et al., 2001).

No estabelecimento das micorrizas arbusculares, a troca de sinais inicia-se antes do contato físico entre os simbiontes, com a secreção de exsudatos radicais capazes de estimular a ramificação das hifas dos FMA pelas raízes. Essas hifas diferenciam-se em apressórios na superfície da raiz e colonizam a região cortical, tanto intercelular quanto intracelularmente. No parênquima cortical, algumas hifas intracelulares diferenciam-se em arbúsculos, que são as estruturas responsáveis pela troca de metabólitos entre os simbiontes (BONFANTE-FASOLO, 1984).

Apesar de não ocorrerem alterações morfológicas macroscópicas nas raízes colonizadas por FMA, a formação das micorrizas arbusculares é acompanhada de consideráveis mudanças no metabolismo de ambos os simbiontes (HARRISON, 2005).

A germinação dos esporos dos FMA no solo não necessita de um sinal vegetal para ser desencadeada, uma vez que pode ocorrer em água (PAULA; SIQUEIRA, 1990). Contudo, a presença de exsudatos de raízes ou de compostos voláteis, como o CO₂, pode estimular a germinação dos esporos e o crescimento do tubo germinativo, indicando que os FMA são sensíveis aos compostos presentes na rizosfera (BECARD; PICHÉ, 1989). Estudos realizados *in vitro* têm mostrado que as hifas dos FMA crescem mais rapidamente e apresentam ramificação mais intensa nas proximidades da raiz hospedeira (BUÉE et al., 2000), sugerindo que moléculas sinalizadoras exsudadas pelas raízes são efetivamente reconhecidas pelos FMA. Esse processo de estímulo de crescimento e ramificação das hifas não ocorre na presença das raízes de plantas não hospedeiras, indicando a existência de um mecanismo ativo de distinção entre plantas hospedeiras e não hospedeiras (GIOVANNETTI et al., 1993).

Para muitas plantas, a absorção de nutrientes minerais presentes na solução do solo, especialmente fósforo, é facilitada pela associação com FMA (SMITH; READ, 1997). No entanto, a adaptação das plantas a solos com diferentes níveis de fertilidade deve ocasionar alterações em seu relacionamento com estes fungos. Assim como as plantas diferem em sua dependência à associação MA, as respostas destas sobre os FMA também variam com a concentração de nutrientes no solo. Em solos pobres, muitas plantas são incapazes de crescer sem a associação (GRIME et al., 1987; MCGEE, 1985), mas em solos ricos em nutrientes muitas plantas são menos dependente dos FMA para a absorção de nutrientes. A taxa de suprimento de fósforo no solo é o fator primário na determinação da dependência da planta à micorriza (GERDEMANN, 1975). De fato, o benefício dos FMA para as plantas muda com a quantidade de fósforo disponível no solo (HETRICK; WILSON; COX, 1992; HETRICK; WILSON; TODD, 1996). Quando o fósforo do solo é abundante, o custo da associação micorrízica pode ultrapassar o benefício e o crescimento da planta pode ser reduzido pela

associação com o fungo (BETHLENFALVAY; BROWN; PACOVSKY, 1982; HETRICK; WILSON; TODD, 1996; HETRICK; WILSON; COX, 1992). Diante disto, pode-se esperar que em solos com altos teores de fósforo, plantas menos dependentes dos FMA perderão proporcionalmente menos carbono para o fungo e, dessa forma, terão maior vigor do que plantas com uma forte dependência micorrízica. Como resultado da variação na dependência entre genótipos de plantas sobre os FMA (BRYLA; KOIDE, 1990; HETRICK; WILSON; COX, 1992; HETRICK; WILSON; TODD, 1996; WILSON; HARTNETT, 1998), pode-se esperar encontrar menor número de espécies de plantas dependentes da associação em solos com alta fertilidade.

Plantas que apresentam elevada dependência micorrízica, ou que são dependentes obrigatórias, só respondem ao fósforo quando este é fornecido em doses muito altas (LINDERMAN; HENDRIX, 1982). A dependência extrema também pode ser constatada em plantas que mesmo sob altos níveis de fósforo no solo, são beneficiadas pela inoculação com FMA. Plantas deste grupo normalmente se beneficiam mais da associação e normalmente são mais responsivas que as plantas pouco dependentes (VAN DER HEIJDEN; WIEMKEN; SANDERS, 2002). Também, de modo geral, constata-se que as porcentagens de colonização radical são altas em plantas mais dependentes da associação MA. No entanto, Habte e Manjunath (1987) salientam que o grau de colonização não está necessariamente correlacionado com o grau de dependência micorrízica.

Fatores intrínsecos, como geometria do sistema radical (MOSSE; HAYMAN; ARNOLD, 1973), fenologia e taxas de crescimento (MCGONIGLE; FITTER, 1988; MOSSE, 1978; St. JOHN; COLEMAN, 1983) podem interferir na dependência e na responsividade das plantas aos FMA. Ainda, uma planta pode ter diferentes graus de responsividade dependendo dos FMA presentes no solo (KLIRONOMOS, 2003; VAN DER HEIJDEN et al., 1998), pois estes apresentam diferentes eficiências na obtenção de fósforo e promoção do crescimento vegetal, e o resultado dependerá da combinação dos genótipos da planta e dos fungos envolvidos. Fatores climáticos, como intensidade luminosa e temperatura, também interferem na responsividade das plantas, e esta interferência ocorre independentemente do grau de associação micorrízica, ou seja, da porcentagem de colonização radical (VATOVEC; JORDAN; HUERD, 2005).

Recentemente, Hoeksema e colaboradores (2010) realizaram uma revisão dos fatores associados com a dependência micorrízica, a partir de meta-análise, e constataram que grupos funcionais das plantas, fertilização nitrogenada, micro-organismos do solo não micorrízicos e complexidade do inóculo micorrízico foram os que mais influenciaram o crescimento da

planta hospedeira. Tais fatores também podem interferir nos FMA e na associação propriamente dita. Como a associação micorrízica pode resultar em benefícios para ambos os simbiontes, para apenas um dos participantes ou em prejuízos para um ou ambos (KLIRONOMOS, 2003), o estabelecimento de associações preferenciais ou específicas pode deixar de ser uma estratégia positiva para a planta, caso as espécies ou isolados dos fungos compatíveis, “selecionados” ao longo da colonização do ambiente, não estejam presentes no sistema. Casos de prejuízos no crescimento e na sobrevivência de plantas micorrizadas por FMA não compatíveis têm sido relatados com certa frequência. Nesta condição, o fungo pode retirar compostos orgânicos produzidos pela planta em níveis acima do esperado para uma relação mutualista, onde as trocas promovem o crescimento de ambos os simbiontes, e dessa forma o micobionte desenvolve uma relação parasítica com a planta hospedeira, prejudicando o desenvolvimento desta (FRANCIS; READ, 1994; JOHNSON, 1998).

Práticas de manejo do solo como aração, adubação, uso de agrotóxicos, monoculturas e pousio (MIRANDA; MIRANDA, 1997) influenciam diretamente na população FMA, chegando a reduzir a população de algumas espécies (SIQUEIRA; COLOZZI-FILHO; OLIVEIRA, 1989). Com o revolvimento do solo, as hifas acabam sendo rompidas e o sistema micorrízico, exposto a altas temperaturas (JASPER; ABBOTT; ROBSON, 1989; JASPER; ABBOTT; ROBSON, 1991; KABIR et al., 1997).

Em solos cultivados com diferentes sucessões de culturas a colonização radical de trigo foi maior quando cultivado em sistema de PD, comparado ao plantio convencional (PC) (uma aração e duas gradagens) (COLOZZI-FILHO; BALOTA; ANDRADE, 1999). A redução no espalhamento do micélio no solo e a diminuição na colonização, provocadas pelo PC, podem explicar parte das relações negativas que, algumas vezes, são observadas entre intensidade de manejo e absorção de P. Entretanto, nem sempre a menor absorção de P por plantas crescendo em solo revolvido está associado com reduções na colonização (COLOZZI-FILHO; BALOTA; ANDRADE, 1999). Por outro lado, maior esporulação (abundância de esporos de FMA) foi observada em solo revolvido, no sistema convencional, em todas as épocas amostradas (COLOZZI-FILHO; BALOTA, 1997). Esse processo pode estar selecionando espécies de desenvolvimento rápido.

Outros trabalhos, desenvolvidos em várias regiões do Brasil, relatam resultados semelhantes com relação aos efeitos do revolvimento do solo sobre a colonização radical e a produção de esporos de FMA. Em culturas do feijão e do milho sob latossolo vermelho de Mato Grosso do Sul (GARCIA MELLO; CASSIOLATO, 2004; 2006), e na cultura da soja em Mato Grosso (SILVA, 2004), foi observado que a riqueza de espécies de FMA relacionou

positivamente com o tempo de implantação do sistema de cultivo plantio direto, evidenciando que o PD modifica o ambiente do solo, tornando-o mais propício à atividade e à diversificação biológica. Entretanto, resultados opostos foram relatados em solo latossolo de Mato Grosso cultivado com algodoeiro (VILELA, 2006), e em soja no Estado de Mato Grosso do Sul (AQUINO, 2007), onde foi observado maior número de esporos em áreas submetidas ao PD comparado ao PC. Em cultivares de arroz também se observou que a produção de esporos foi negativamente afetada pelo revolvimento do solo (SANTOS, 2005), enquanto a colonização radical na cultura do milho foi reduzida em solos submetidos ao plantio direto (ALVARENGA; SIQUEIRA; DAVIDE, 1999; MIRANDA et al., 2001).

É interessante ressaltar, ainda, que o efeito do preparo do solo sobre os FMA e a associação MA pode variar segundo o tipo de solo e o genótipo da planta cultivada (ANTUNES; SILVEIRA; CARDOSO, 1988; CARDOSO et al., 1986; SILVEIRA; CARDOSO, 1987). Em solos arenosos no Estado de Goiás, a colonização radical e a esporulação foram maiores em área de milho cultivado sob plantio direto, em solo Neossolo Quartzarênico e em área cultivada com soja e nabo forrageiro, no sistema plantio convencional em solo latossolo vermelho (CORDEIRO et al., 2005).

A cultivar de arroz IAC 202 apresentou diminuição na colonização radical com o aumento do revolvimento do solo (escarificação), enquanto a cultivar Talento não foi afetada pelos sistemas de preparo de solo (SANTOS, 2005).

Outras práticas de manejo das culturas também podem interferir nas respostas dos FMA ao revolvimento do solo. Aumentos significativos na colonização radical de milho e no número de esporos de FMA foram verificados em cultivo mínimo, mas somente quando cultivado em rotação com soja. No sistema de preparo sem revolvimento, a rotação reduziu o número de esporos de FMA, enquanto no preparo convencional observou-se maior número de esporos em soja cultivada em rotação (AQUINO, 2007).

Diversos estudos mostram que as alterações nos solos agrícolas (compactação, aumento da resistência mecânica, alteração do fluxo de água e de calor, deficiência de oxigênio, entre outros) reduzem o estabelecimento e a atividade das MA, com consequências na nutrição, produtividade e na sustentabilidade dos agrossistemas (SIQUEIRA, 1994). Os decréscimos observados na colonização radical das plantas, quando o solo é revolvido, podem ser decorrentes de perdas no potencial infectivo natural do solo. É possível que o incremento no número de esporos observado nos solos revolvidos esteja relacionado à instabilidade do sistema. Agrossistemas intensivamente manejados têm o equilíbrio entre os componentes do sistema micorrízico rompido, induzindo a seleção de espécies de FMA, e esta nem sempre é

direcionada à eficiência simbiótica, mas sim à sobrevivência (SIQUEIRA, 1994). Sobrevivência, em situação de estresse, relaciona-se à formação de estruturas de propagação resistentes. O revolvimento do solo pode favorecer a proliferação de espécies com ciclos reprodutivos curtos que se beneficiam em sistemas que sofrem perturbações frequentes, ou de espécies de desenvolvimento mais lento, que se tornam mais competitivas e dominantes em situações de estresse (DE SOUZA et al., 2005). Embora dominantes, estas espécies podem não ser as mais eficientes para aumentar a absorção de P e a produtividade das culturas.

Avaliando o sistema integrado lavoura-pecuária, tem sido observado que o plantio simultâneo de milho e braquiária promoveu aumentos da colonização radical e da esporulação dos FMA, comparado à área cultivada exclusivamente com soja (CORDEIRO et al., 2005). Variações acentuadas no número de esporos e na colonização micorrízica em áreas manejadas com pastagem consorciada seguida de lavoura (milho) e lavoura (milho-soja) seguida de pastagem também foram observadas (MIRANDA et al., 2001). No primeiro sistema, o número médio de esporos encontrado na pastagem foi maior (127 por 50 g de solo) que o verificado no milho (48 por 50 g de solo), enquanto a colonização radical foi maior na cultura do milho (84%) comparado à pastagem (49%). No sistema lavoura (soja-milho) seguida de pastagem consorciada, observou-se o mesmo comportamento para o número de esporos, embora as variações tenham sido mais discretas (67 vs. 37 em 50 g de solo). A colonização radical neste sistema apresentou variações pequenas devidas ao uso do solo (56%, na lavoura, e 66%, na pastagem). Constataram que o estabelecimento da lavoura aumentou a riqueza de espécies de FMA, nos dois sistemas investigados. O incremento no sistema pastagem-lavoura (milho) foi de 33% (nove espécies na pastagem, e doze no milho). No sistema lavoura (soja-milho) seguida de pastagem, o número de espécies de FMA foi mais alto, e com pouca variação entre os anos avaliados (onze espécies no primeiro ano e doze após três anos).

No sistema lavoura-pecuária, há de se considerar o efeito advindo do pastejo nas áreas cobertas com espécies forrageiras. Pressão e frequência de pastejo alteram de forma significativa a cobertura vegetal, principalmente quando o manejo adotado excede a capacidade de suporte da(s) espécie(s) cultivada(s). Super-pastejo pode reduzir o número de plantas da pastagem, descobrindo o solo e contribuindo para sua compactação e para a redução da capacidade de infiltração de água, a qual passa a escorrer pela superfície, arrastando os nutrientes e as partículas superficiais do solo. Estas modificações afetam a formação de micélio extrarradical dos FMA, podendo interferir no processo de colonização radical e nos benefícios da associação MA. Sousa-Sobrinha (2000) verificou que *Brachiaria brizantha* foi mais sensível à intensidade do pastejo, que *B. decumbens* e *B. humidicula*. No

entanto, a maior pressão de pastejo estimulou a esporulação e a diversificação das comunidades de FMA associados à referida espécie. É possível que neste caso, os danos causados às plantas tenham estimulado a esporulação das espécies associadas de FMA, numa tentativa destas se manterem no sistema, caso as plantas hospedeiras não se recuperassem. Outro fator importante a ser considerado é que os tratamentos submetidos à maior pressão de pastejo recebem maior carga de excrementos animais, os quais tendem a estimular a formação de biomassa e de atividade microbiana.

Práticas Conservacionistas e Produção de Soja

Rotação de culturas, plantio direto e integração lavoura-pecuária são práticas que promovem diversos benefícios para o sistema e para o produtor (RAMOS et al. 2012). O consórcio entre culturas de grãos e gramíneas forrageiras pode ser uma alternativa para recuperar áreas degradadas e renovar pastagens (DIAZ ROSSELO, 1992), levando à maximização do uso de insumos e melhoria da qualidade do solo, minimizando os custos de correção do solo e a aplicação de fertilizantes (KLUTHCOUSKI; STONE; ADAIR, 2003). A integração lavoura-pecuária foi desenvolvida com o intuito de aumentar a produção por unidade de área, diversificar a renda, incrementar o faturamento dos produtores, recuperar áreas degradadas e promover a sustentabilidade agropecuária (KLUTHCOUSKI; STONE; ADAIR, 2003). Apesar disso, nem sempre existem ganhos na produção propriamente dita, como relatado para a soja.

Na maioria dos trabalhos desenvolvidos na região Sul do Brasil sobre rotação de culturas/sucessão envolvendo espécies de inverno ou de verão, não se tem observado diferenças no rendimento de grãos de soja ou nos componentes do rendimento dessa cultura (FONTANELI et al., 2000; RUEDELL, 1995; SANTOS; ROMAN, 2001). Além disto, a soja tem sido, na maioria desses estudos, semeada como monocultura, ou repetida na mesma área por dois ou até três verões. Quando ocorrem diferenças no rendimento de grãos de soja, podem ser resultantes do efeito de alguma cultura de inverno necessária ao sistema, mas, que forneceu quantidade inadequada de palha para cobertura de solo na safra seguinte e não propriamente do efeito dos sistemas de produção na cultura (SANTOS; LHAMBY; SANDINI, 1997; SANTOS; LHAMBY; WOBETO, 1998). No trabalho conduzido por Santos, Fontaneli e Tomm (2004), a quantidade de resíduo de aveia branca (4,5 a 4,7 t de matéria seca ha⁻¹) colhida no inverno de 1996 foi superior à de trigo (2,5 a 3,1 t de matéria seca ha⁻¹). Plantas voluntárias de aveia branca emergidas juntamente com a cultura de soja podem ter reduzido o rendimento de grãos de soja (soja após aveia branca: 1.506 a 1.594 kg

ha⁻¹ e soja após trigo: 2.254 a 2.847 kg ha⁻¹). Nesse caso específico, observou-se que a soja, após esta gramínea mostrou, ao longo do ciclo, menor estatura de plantas e folhas com coloração verde menos intensa, em relação aos demais tratamentos com essa leguminosa. Este efeito pode ser decorrente, pelo menos parcialmente, da elevada relação C:N (AITA et al., 2001) da palhada remanescente de aveia branca, que foi maior que a do trigo, provocando, assim, deficiência de nitrogênio na soja e também competição entre a aveia branca e a soja pelos recursos do ambiente – e da alelopatia, pois no resíduo remanescente de aveia (RICE, 1984) existe maior diversidade de compostos alelopáticos do que o do trigo.

Santos et al. (2013), ao avaliarem a influência de seis sistemas de produção (I: trigo/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho; III: trigo/soja e pastagem de aveia preta/soja; IV: trigo/soja e ervilha/milho; V: trigo/soja, triticale duplo propósito/soja e ervilhaca/soja; VI: trigo/soja, aveia branca duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja) sobre a produtividade da soja em um período de 10 anos, constataram que o rendimento de grãos e a massa de mil grãos, entre outras variáveis, não diferiram, mas a soja cultivada após ervilhaca mostrou maior número de legumes, número de grãos e massa de grãos por planta do que nos demais sistemas de produção.

3. Referências Bibliográficas

- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p.157-165, 2001.
- ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, C.A. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.2, p.617-625, 1999.
- AMADO, T.; BAYER, C.; ELTZ, F.; BRUM, A. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Re-vista Brasileira Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.189-197, 2001.
- AMÈZKETA, E. Soil aggregate stability: a review. **Journal of Sustainable Agriculture**, v.14, p.83-151, 1999.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.21, n.4, p.471-479, 1989.
- ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.; CARDOSO, E.J.B.N. Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). **Turrialba**, v.38, p.117-122, 1988.
- AQUINO, S.S. **Atributos microbiológicos em sistemas de manejos do solo na integração lavoura-pecuária**. Ilha Solteira: UNESP, 2007. 76p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2007.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soil**, v.38, p.15–20, 2003.
- _____. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.77, p.137-145, 2004.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M.. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.22, p.641-649, 1998.
- BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Aggregate-protected and un-protected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.787–795, 1994.
- BÉCARD, G.; PICHÉ, Y. New aspects on the acquisition of biotrophic status by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. **New Phytologist**, v.112, p.785-791, 1989.
- BETHLENFALVAY, G.J.; BROWN, M.S.; PACOVSKY, R.S. Parasitic and mutualistic associations between a mycorrhizal of the host plant. development of the host plant. **Phytopathology**, v.72, p.889-893, 1982.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil proportions affecter 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, v.69, p.383-386, 1977.

BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJ, D.J., eds. **VA Mycorrhiza**. Boca Raton, CRC Press, p.5-33, 1984.

BORGES, G.O. Resumo histórico do Plantio Direto no Brasil. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FECOTRIGO/Fundação ABC/Aldeia Norte, 1993. p.13-18.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola, Janeiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 19 fev. 2013.

BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; DILLARD, A.L. Tillage and crop rotation effect on characteristic of a sandy surface soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.54, p.1744-1747, 1992.

BRYLA, D.R.; KOIDE, R.T. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. II. Eight wild accessions and two cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. **Oecologia**, v.84, p.82-92, 1990.

BUÉE, M; ROSSIGNOL, M; JAUNEAU, A.; RANJEVA, R; BÉCARD, G. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. **Molecular Plant Microbe Interaction**, v. 13, p. 693-698, 2000.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic matter changes a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p.777-783, 1992.

CARDOSO, E.J.B.N.; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.D.; OLIVEIRA, M.H.A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.10, p.25-30, 1986.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; PAULINO, H.B.; SALES, L.E.O.; VILELA, L.A.F. Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. **Bioscience Journal**, v.29, n.6, p.1857-1868, 2013.

CASTRO, O.M. Cultivo mínimo e propriedades físicas do solo. In: **1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas**. IPEF, Piracicaba. 1995, p.34-42.

CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, A.T.; SANTOS, V.F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1099-1106, 2002.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L. Atividade microbiana em solos sob plantio direto. In: Procisur (Org). **Curso sobre Suembra Birecta**. Encarnacion, Procisur, 1997. p.85-102.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O. et al. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1999. p. 487-508.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola 2012 – Levantamento junho/2012**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 01 set. 2013.

COOPER, K.M.; TINKER, P.B. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhiza. 2. Uptake and translocation of phosphorus, zinc and sulfur. **New Phytologist**, v.81, p.43-52. 1978.

CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p.147-153, 2005.

COSTA, J.L.S. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, J.L.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.523-538.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M.S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa-SCT, 2005. p.17-28.

DE SOUZA, F.A.; DALPÉ, Y.; DECLERK, S.; DE LA PROVIDENCIA, I.; SÉJALON-DELMAS, D. Life history strategies in Gigasporaceae: insight from monoxenic culture. In: DECLERCK, S.; STRULLU, D.G.; FORTIN, J.A. (Eds.). **In Vitro Culture of Mycorrhizas**. Heidelberg, Springer-Verlag, 2005, p.73-91.

DIAZ ROSSELO, R. Evolucion Del nitrogeno total em rotaciones com pastures. **Revista de Investigacion Agronômica**, v.1, p.27-38, 1992.

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

DOUDS, D.D.; PFEFFER, P.E.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon partitioning, cost and metabolism of Arbuscular Mycorrhizae. In: DOUDS, D.D.; KAPULNIK, Y. (Eds.). **Arbuscular Mycorrhizas Physiology and Function**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 2000. p.107-130.

DRINKWATER, L.E.; WAGONER, P.; SARRANTONIO, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. **Nature**, v.396, p.262-265, 1998.

FEIGL, B.L.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J. et al. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, p.1467-1472, 1998.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I; VOSS, M. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 349-355, 2000.

FRANCIS, R.; READ, D.J. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. **Plant and Soil**, v.159, p.11–25, 1994.

FRANZLUEBBERS, A.J.; SULC, R.M.; RUSSELLE, M.P. Opportunities and challenges for integrating North-American crop and livestock systems. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. (Eds.). **Grassland productivity and ecosystem services**. Oxfordshire: CABI, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.29, p.393-901, 2005.

GARCIA, M. R. L.; MELLO, L. M. M.; CASSIOLATO, A. M. R. Variáveis microbiológicas e produtividade do feijoeiro sob diferentes manejos do solo e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.1021-1026, 2004.

_____. Microbial biomass-C, evolved CO₂-C, mycorrhizal colonization, soil fertility and corn yield under different soil management and liming. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.1, p.23-28, 2006.

GERDEMANN, J.W. Vesicular–arbuscular mycorrhizae. In: TORREY J.G., CLARKSON D.T. (eds). **The development and function of roots**. Academic, London, 1975, p. 575–591.

GIOVANNETTI, M.; SBRAAN, C.; AVIO, L.; CITERNESI, A.S.; LOGI, C. Differential hyphal morphogenesis in arbuscular mycorrhizal fungi during pre-infection stages. **New Phytologist**, v.125, p.587-593, 1993.

GOVINDARAJULU, M.; PFEFFER, P.E.; JIN, H.R.; ABUBAKER, J.; DOUDS, D.D.; ALLEN, J.W. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Nature**, v.435, p.819- 823, 2005.

GRIME, J.P.; MACKEY, J.M.L.; HILLIER, S.H.; READ, D.J. Floristic diversity in a model system using experimental microcosms. **Nature**, v.328, p.420–422, 1987.

HABTE, M.; MANJUNATH, A. Soil solution phosphorus status and mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, p. 797-801, 1987.

HARRISON, M.J. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual Review of Microbiology**, v.59, p.9-42, 2005.

HARRISON, M.J.; VAN BUUREN, M.L. A phosphate transporter from the mycorrhizal fungus *Glomus versiforme*. **Nature**, v.378, p.626–629. 1995.

HAVLIN, J.L.; KISSEL, D.E.; MADDUX, L.D.; CLASSEN, M.M.; LONG, J.H. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. **Soil Science Society of American Journal**, v. 54, p. 448–452, 1990.

HERMAN, W.A.; MCGILL, W.B.; DORMAAR, J.F. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. **Journal of Soil Science**, v.57, p.205-215, 1977.

HETRICK, B.A.D.; WILSON, G.W.T.; COX, T.S. Mycorrhizal dependence of modern wheat varieties, landraces and ancestors. **Canadian Journal of Botany**, v.70, p.2032–2040, 1992.

HETRICK, B.A.D.; WILSON, G.W.T.; TODD, T.C. Mycorrhizal response in wheat cultivars: relationship to phosphorus. **Canadian Journal of Botany**, v.74, p.19–25, 1996.

HODGE, A.; CAMPBELL, C.D.; FITTER, A.H. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. **Nature**, v.413, p.297-299. 2001.

HOEKSEMA, J.D.; CHAUDHARY, V.B.; GEHRING, C.A.; JOHNSON, N.C.; KARST, J.; KOIDE, R.T.; PRINGLE, A.; ZABINSKI, C.; BEVER, J.D.; MOORE, J.C.; WILSON, G.W.; KLIRONOMOS, J.N.; UMBANHOWAR, J. A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. **Ecology Letters**, v.13, p.394-407, 2010.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.55, p.69-78, 2000.

JAKOBSEN, I.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. **New Phytologist**, v.120, p.371-380. 1992.

JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.112, n.1, p.93-99, 1989.

_____. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, v.118, n.2, p.471-476, 1991.

JASTROW, J.D.; MILLER, R.M.; LUSSENHOP, J. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.905-916, 1998.

JOHNSON, N.C. Responses of *Salsola kali* and *Panicum virgatum* to mycorrhizal fungi, phosphorus and soil organic matter: implications for reclamation. **Journal of Applied Ecology**, v.35, p.86–94, 1998.

KABIR, Z.; O'BALLORAN, I.P.; FYLES, J.W.; HAWEL, C. Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization: hyphal density and mycorrhizal root colonization. **Plant and Soil**, v.192, n.3, p.285-293, 1997.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, v.114, n. 3/4, p. 145-156, 2003.

KLIRONOMOS J.N. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecology**, v.84, p.2292-2301, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; ADAIR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Embrapa Arroz e Feijão; Santo Antônio de Goiás, 2003. 570p.

LAL, R. Management of Clay soils for erosion control. **Tropical Agriculture**, v 59, n. 2, p. 133-138, 1982.

LINDERMAN, R.G.; HENDRIX, J.W. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: N.C. SCHENCK (Ed.). **Methods and principles of mycorrhizal research**. Phytopathological Society: St. Paul. Minn., 1982. p.69-76.

LIU, A.; HAMEL, C.; ELMI, A.; COSTA, C.; MA, B.; SMITH, D.L. Concentrations of K, Ca and Mg in maize colonized by arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. **Canadian Journal of Soil Science**, v.82, n.3, p.271-278, 2002.

LUIZÃO, R.C.C.; COSTA, E.S.; LUIZÃO, F.J. Mudança na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idade de pastagem após derrubar e queimar a floresta na Amazônia central. **Acta Amazônica**, v. 29, p. 43-56, 1999.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MAGDOFF, F.; VAN ES, H. **Building Soils for Better Crops**. Beltsville, 3 ed. Sustainable Agriculture Network. 2001. Disponível em: <www.sare.org/publications/soils.htm>. Acesso em 27 jan. 2014.

MAIA E SÁ, J. **Dinâmica de matéria orgânica do solo e eficiência energética de sistemas agropecuários de produção em latossolo vermelho de cerrado**. Rio de Janeiro : UFRJ, 2011. 112p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MCGEE, P.A. Lack of spread of endomycorrhizas of *Centaureium* (Gentianaceae). **New Phytologist**, v.101, p.451-458, 1985.

MCGONIGLE, T.P.; FITTER, A.H. Growth and phosphorus in roots of *Trifolium repens* L. with a range of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal infection levels under field conditions. **New Phytologist**, v.108, p.59-65, 1988.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em áreas cultivadas com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, p. 476-485, 2008.

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N.; VILELA, L. VARGAS, M.A.; CARVALHO, A.M. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas**

- do cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 3p. (EMPRARA-CPAC, Comunicado Técnico 42).
- MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Micorriza arbuscular. In: Vargas, M.A.; Hungria, M. (Eds.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 69-123.
- MOSSE, B. Mycorrhiza and plant growth. In: **Structure and Functioning of Plant Populations**. p.269-298. Verhandelingen der Koninklike Nederlandse, Akademische van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde, Tweede Reeks, deel 70. 1978.
- MOSSE, B.; HAYMAN, D.S.; ARNOLD, D.J. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. V. Phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labeled with P. **New Phytologist**, v.72, p.809-815, 1973.
- MUNTEAN, V.; STEF L.C.; DRĂGAN-BULARDA, M. Enzymological research on the Mures River sediments. **Romanian Biological Sciences**, v.1, n.3-4, p.107-114, 2004.
- NEAL, J.L.; LARSON, R.I.; ATKINSON, T.G. Changes in rhizosphere populations of selected physiological groups of bacteria related to substitution of specific pairs of chromosomes in spring wheat. **Plant and Soil**, v.39, p.209-212, 1973.
- NÓBREGA, J.C.A. **Adição de fosfato e de micorriza, e estabilidade de agregados em amostras de Latossolos cultivados e não cultivados**. Lavras, UFLA, 1999. 64p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.24, p.329-338, 2000.
- OLSSON, P.A.; BAATH, E.; JAKOBSEN, I.; SÖDERSTRÖM, B. The use of phospholipid and neutral lipid fatty acids to estimate biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in soil. **Mycological Research**, v.99, p.623-629, 1995.
- PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**, v.6, p.763-775, 2008.
- PARTON, W.J.; SANFORD, R.L.; SANCHEZ, P.A.; STEWART, J.W.B.; BONDE, T.A.; CROSLY, D.; VEEN, H. van; YOST, R. Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu : University of Hawaii Press, 1989. p.153-171.
- PASZKOWSKI, U. A journey through signaling in arbuscular mycorrhizal symbioses. **New Phytologist**, v.172, p.35-46, 2006.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Stimulation of hyphal growth of the VA mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* by suspension-cultured *Pueraria phaseoloides* cells and cell products. **New Phytologist**, v.115, p.69-75, 1990.

- RAHN, C.R.; LILLYWHITE, R.D. A study of the quality factors affecting the short – term decomposition of field vegetable residues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p.19-26, 2001.
- RAMOS, M.L.G.; KONRAD, M.L.F.; SILVA, D.E.; RIBEIRO JÚNIOR M.L.; BATISTA, L. M.T. Diversidade de fungos micorrízicos e colonização radicular, em forrageiras solteiras e em consórcio com milho. **Bioscience Journal**, v.28, n.2, p.235-244, 2012.
- RHOTON, F.E. Influence of time on soil response to no-till practices. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.700-709, 2000.
- RICARDO, T.R.; WANDER, A.E.; LOBO JUNIOR, M.; PICANÇO FILHO, A.F. Custos associados ao mofo branco (*Sclerotinia esclerotiorum*) em feijoeiro comum de 3ª safra em Goiás. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 47. 2009, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: SOBER, 2009. 8p.
- RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic Press, 1984. 424p.
- RILLIG, M.C.; WRIGHT, S.F.; NICHOLS, K.A.; SCHMIDT, W.F.; TORN, M.S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**, v.233, p.167-176, 2001.
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa Fecotrigo (FUNDACEP), 1995. 134p.
- SÁ, J.C.DE-M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENSKE-FILHO, S.P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society American Journal**, v.65, p.1486-1499, 2001.
- SANCHES, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; MALDANER, G.L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.49-56, 2013.
- SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Rendimento da soja em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.10, n.1-2, p.47-57, 2004.
- SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; SANDINI, I. Efeito de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.11, p.1.141-1.146, 1997.
- SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em sistemas de rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, p.289-295, 1998.

SANTOS, H.P.; ROMAN, E.S. Efeitos de culturas de inverno e rotações sobre a soja cultivada em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.7, n.1, p.59-68, 2001.

SANTOS, T.E.B. **Carbono da biomassa microbiana e do CO₂ liberado, micorrização e, produtividade de arroz de terras altas, sob diferentes manejos de água e solo**. UNESP, 2005, 39 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2005.

SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras: Um sistema alternativo**. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p.

SCHREY, S.D.; ERKENBRACK, E.; FRÜH, E.; FENGLER, S.; HOMMEL, K.; HORLACHER, N.; SCHULZ, D.; ECKE, M.; KULIK, A.; FIEDLER, H.P.; HAMPP, R.; TARKKA, M.T. Production of fungal and bacterial growth modulating secondary metabolites is widespread among mycorrhiza-associated streptomycetes. **BMC Microbiology**, v.12, p.164, 2012. (Disponível em <<http://www.biomedcentral.com/1471-2180/12/164>>. Acesso em 27 jan. 2014.)

SEAB. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná**. Departamento de Economia Rural. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em: 30 dez. 2013.

SILVA, A.P. **Micorrizas arbusculares no agrossistema soja no Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: UFMT, 2004. 118p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

SILVEIRA, A.P.D.; CARDOSO, E.J.B.N. Efeito do fósforo e da micorriza vesículo-arbuscular na simbiose *Rhizobium*-feijoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 11, p.31-36, 1987.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-CNPAF/Embrapa-CNPSO, 1994. p. 151-194.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de Micorrizas Vesicular-Arbusculares em Agro e Ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. London, Academic Press. 1997.

SOUSA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos consorciados de milho, feijão e algodão com adubação orgânica no semi-árido Paraibano. In: **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2007, Recife - PE. Sociedade Brasileira de Micologia, 2007.

SOUSA-SOBRINHA, M.C. **Levantamento dos fungos micorrízicos arbusculares associados a pastagens em solo sob cerrado e sua contribuição ao desenvolvimento de três espécies de *Brachiaria***. Seropédica: UFRJ, 2000. 103 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.

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

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.

SPARLING, G.P.; ROSS, D.J. Biochemical methods to estimate soil microbial biomass: Current developments and applications. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R. (Eds.). **Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture**. Chichester, Wiley, 1993. p.21-37.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, v.114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

ST JOHN, T.V.; COLEMAN, D.C. The role of mycorrhizas in plant ecology. **Canadian Journal of Botany**, v.61, p.1005-1014, 1983.

STALEY, T.E.; EDWARDS, C.L.; SCOTT, C.L.; OWENS, L.B. Soil microbial biomass and organic component alterations in a no-tillage chronosequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, n.4, p. 998-1005, 1988.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.

TODA, F. E.; VASQUES, T.; ARAÚJO, M. F. F. Biomassa microbiana e sua correlação com a fertilidade de solos em diferentes sistemas de cultivo. **Colloquium Agrariae**, v. 6, p. 01-07, 2010.

TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.73-90.

VALPASSOS, M.A.R.; CAVALCANTE, E.G.S.; CASSIOLATO, A.M.R.; ALVES, M.C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1539-1545, 2001.

VAN DER HEIJDEN, M.; KLIRONOMOS, J.; URSIC, M., MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, v.396, p.69-72, 1998.

VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plant. **New Phytologist**, v.157, p.569-578, 2002.

VATOVEC, C.; JORDAN, N.; HUERD, S. Responsiveness of certain agronomic weed species to arbuscular mycorrhizal fungi. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v.20, p.181-189, 2005.

VILELA, P.M.C.A. **Comunidade microbiana do solo, bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares associados ao algodoeiro, em diferentes sistemas de cultivo.** Cuiabá: UFMT, 2006, 64 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

WANG, B.; QIU, Y-L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, v.16, p.299-363. 2006.

WARDLE, D.A. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: A global-scale synthesis. *Soil Biology and Biochemistry*, v.30, p.1627-1637, 1998.

WILSON, G.W.T.; HARTNETT, D.C. Interspecific variation in plant responses to mycorrhizal colonization in tallgrass prairie. *American journal of Botany*, v.85, p.1732-1738, 1998.

ZHU, Y. G.; MILLER, R. M. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. *Trends Plant Science*, v.8, p. 407-409, 2003.

CAPÍTULO 2

Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Integração Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas, Durante o Cultivo de Soja

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.

1 **DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM INTEGRAÇÃO**
2 **LAVOURA-PECUÁRIA E ROTAÇÃO DE CULTURAS, DURANTE O CULTIVO DE**
3 **SOJA⁽¹⁾**

4 Regiane da Silva⁽²⁾, Rosilaine Carrenho⁽³⁾, Leopoldo Sussumu Matsumoto⁽⁴⁾

5
6 **RESUMO**

7
8 Compreender a dinâmica da comunidade diversificada e ativa de fungos micorrízicos
9 arbusculares (FMA) em áreas sob plantio direto associado à integração lavoura-pecuária, é
10 importante para manter níveis favoráveis de produtividade agrícola nestas áreas nos cultivos de
11 verão (soja, milho). Neste estudo realizado na Fazenda Experimental da Coamo, Campo Mourão
12 (PR), foram analisadas duas áreas: uma de integração lavoura-pecuária (ILP) e outra de rotação de
13 culturas (ROT), ambas com cultivo de soja na safra de verão 2012/2013. Esse trabalho teve como
14 objetivo avaliar o efeito da ILP e da ROT sobre a comunidade de FMA (número de esporos, riqueza
15 de espécies, diversidade, equabilidade), a colonização radical antes e durante o ciclo da soja, e
16 relacioná-las com a produtividade de grãos. A colonização radical total (com porcentagens altas
17 entre 78-92%) foi afetada pelo período de desenvolvimento da soja, sendo que em ROT aumentou a
18 partir da queda dos cotilédones (QC) e em ILP, aumentou na formação das vagens (FV) mantendo-
19 se elevada até o final do ciclo (FC). Maior porcentagem de arbúsculos e maior número de esporos,
20 em ambos os sistemas, ocorreu em QC. As comunidades de FMA apresentaram comportamentos
21 distintos nos sistemas avaliados. Todas as variáveis relacionadas com a composição das
22 comunidades foram influenciadas pelo período de desenvolvimento, e a diversidade também foi
23 afetada pelos sistemas de cultivo. Riqueza e diversidade de espécies aumentaram ao longo do ciclo
24 em ROT, e em ILP, aumentaram em QC e reduziram em FV e FC. As comunidades de FMA, de um
25 modo geral, se mostraram mais ricas, diversificadas e uniformes em ILP. No presente estudo,
26 registrou-se a ocorrência de 53 morfotipos de FMA, sendo 46 espécies em ILP e 45 espécies em
27 ROT. *Claroideoglossum claroideum* dominou em ambos os sistemas. Dentre as espécies de FMA
28 mais abundantes, algumas esporularam mais em um dos sistemas, indicando maior compatibilidade
29 com as plantas cultivadas e/ou o manejo adotado.

30
31 Termos para indexação: micorrizas arbusculares, sistema integração lavoura-pecuária, *Glycine Max.*

32
33
34
35
36
37
38
39

SUMMARY**DIVERSITY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN INTEGRATION CROP-LIVESTOCK AND CROP ROTATION DURING THE GROWING OF SOYBEAN**

Understanding the dynamics of diverse and active community of mycorrhizal fungi (AMF) in areas associated with no-tillage and integrated crop-livestock systems, it's important to maintain favorable levels of agricultural yield in these areas in summer crops (soybean, corn). In this study conducted at the Coamo Experimental Farm, Campo Mourão (PR), in two areas were analyzed: one of integrated crop-livestock systems (ILP) and other, a crop-rotation (ROT), both with soybean crop in summer 2012/2013. The objective of this study was to evaluate the effect of ILP and ROT on the community of AMF (spore density, species richness, diversity and evenness), the colonization of roots before and during the soybean cycle and relate them to productivity grain. The total root colonization (high percentages between 78-92 %) was affected by the period of soybean development, and in ROT increased from the fall of the cotyledons (QC) and ILP, increased at pod formation (VF) keeping a high until the end of the cycle (FC). Higher percentage of arbuscules and larger number of spores in systems occurred in QC. AMF communities showed different behavior in the evaluated systems. All variables related to community composition were influenced by the period of development, and diversity was also affected by cropping systems. Rich and diversity of species rised along the cycle in ROT, and in ILP rised in QC and reduced in FV and FC. AMF communities, altogether, are more rich, diverse and uniform in ILP that of ROT. The present study reported the occurrence of 53 AMF morphotypes, with 46 species in ILP and 45 species in ROT. *Claroideoglopus claroideum* dominated in both systems. Among the most abundant AMF species, some sporulated more in one system, indicating greater compatibility with cultivated plants and/or management adopted.

Index terms: mycorrhizal fungi, integrated crop-livestock systems, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

No estado do Paraná, o plantio direto é o sistema de plantio mais utilizado na agricultura e isto vem demonstrar a importância do manejo mínimo do solo, uma vez que o estado é o maior produtor de grãos do país (Ipardes, 2011). Os dados da safra da soja de 2012 indicam que a produção brasileira de verão ocupou 13 milhões de hectares contra 4,4 milhões no inverno (Conab, 2012). Esta gigantesca diferença de área utilizada ou está em pousio ou apenas com cobertura forrageira como a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb). Na região sul do país, em especial, no Paraná, onde temos um inverno seco, a oferta de pastagem ao gado diminui consideravelmente, fazendo com que o produtor tenha que recorrer a rações comerciais para a manutenção do rebanho. Assim, a retirada da lavoura e a composição de pastagem com forrageiras como azevém e aveia-preta, vem contribuir tanto no aspecto financeiro para o agricultor como na manutenção da qualidade do solo.

As práticas agrícolas em culturas de interesse econômico afetam diretamente a presença e o desenvolvimento dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no solo e o estabelecimento da simbiose nas plantas. O plantio direto aumenta a proporção de macroagregados e a formação de macroporos, propiciando manutenção da umidade e da aeração com menores oscilações hídricas e térmicas, favorecendo os processos bioquímicos e a biota do solo (Broch et al., 1997; Mielniczuk et al., 2003; Moraes, 1993; Salton et al., 2008, Venzke Filho et al., 2004). No entanto, a produtividade das culturas pode responder ou não à implantação do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Silva et al. (2012) constataram que a combinação de diferentes espécies na pastagem e lotação animal não alteraram o rendimento da soja, mas aumentaram a do milho. Na maioria dos trabalhos desenvolvidos na região Sul do Brasil sobre rotação de culturas envolvendo espécies de inverno, incluindo pastagens, ou de verão, não se tem observado diferenças no rendimento de grãos de soja (Flores et al., 2007; Fontaneli, 2000; Nicoloso et al., 2006; Ruedell, 1995; Santos & Roman, 2001; Silva et al. 2012). Exceção foi observada no Rio Grande do Sul, por Lunardi et al. (2008).

A ação dos FMA e as respostas das plantas à simbiose podem ser influenciadas pelas práticas culturais (Kiers et al., 2011). Efeitos positivos podem ocorrer em variáveis como colonização, produção de propágulos e diversificação de espécies nas comunidades dos FMA (Cordeiro et al. 2005; Miranda et al. 2005), que podem ser acompanhadas ou não de benefícios à planta hospedeira. A eficiência simbiótica ou a responsividade da soja pode estar diretamente relacionada à composição de espécies das comunidades de FMA. Riqueza de espécies e produtividade vegetal têm se mostrado positivamente relacionadas em diversos estudos (Johnson et al., 2004; Van der Heijden et al., 1998; Vogelsang et al., 2006; Wagg et al., 2011), porém, em áreas

101 agrícolas, isso é dificilmente observado. A seleção de espécies imposta pelas práticas culturais pode
102 influenciar a diversidade funcional dos FMA (Verbruggen & Kiers, 2010) e a somatória de
103 respostas das interações entre as espécies de FMA e destas com as espécies de plantas hospedeiras
104 (Bressan et al., 2001; Cardoso et al., 2003; Kiers et al., 2011; Stürmer, 2004), deve explicar os
105 diferentes resultados. Estudos de comunidades realizados *in situ* são complexos, porém,
106 necessários.

107 Desta forma, o presente estudo objetivou: i) a influência do manejo da cultura da soja sobre
108 variáveis quali-quantitativas (número de esporos, riqueza de espécies, diversidade, equabilidade)
109 das comunidades de FMA e a colonização radical antes e ao longo do ciclo da soja, e ii) relacioná-
110 las com a produtividade de soja em dois sistemas de cultivo, integração lavoura-pecuária e rotação
111 de culturas.

112

113

MATERIAL E MÉTODOS

114

115 O estudo foi conduzido em experimento de integração lavoura-pecuária (ILP) e rotação de
116 culturas (ROT) sob sistema de plantio direto na Fazenda Experimental da COAMO –
117 Agroindustrial Cooperativa, Campo Mourão, PR, 24°05'50.31"S, 52°21'20.20"W. Segundo a
118 classificação de Köppen, o clima na região é tipo Cfa - subtropical úmido mesotérmico, com verões
119 quentes e geadas pouco frequentes (Iap-PR, 2005), com precipitação pluvial variando de 10,05 a
120 92,35 mm e temperatura média entre 21,7 e 25,0 °C (Simepar, 2013) (figura 1). O solo (quadro 1) é
121 classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Santos et al., 2013).

122 A área experimental compreende aproximadamente 3,88 ha com cinco áreas de lavoura-
123 rotação e a área restante é dedicada à integração lavoura-pecuária (Figura 2). Na área de integração,
124 desde novembro 1999, vem sendo cultivadas aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém
125 (*Lolium multiflorum* Lam.) no inverno, e na área de lavoura, somente aveia. Nos cultivos de verão,
126 em ambos os sistemas, cultivou-se soja (*Glycine max* (L.) Merrill) entre 2006 a 2010, milho (*Zea*
127 *mays* L.) em 2011 e soja em 2012, período em que foram realizadas as coletas para esse estudo.
128 Segundo informações da Coamo, no inverno de 2011 foram realizadas adubações no preparo do
129 solo, com 200 kg ha⁻¹ de NPK (8-20-20), e de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de uréia. Para o plantio da
130 soja não houve adubação básica e para a aveia esta foi feita com 300 kg ha⁻¹ de NPK (8-20-20), e
131 adubação de cobertura com 120 kg ha⁻¹ de uréia. O plantio de soja deu-se em 15/10/2012 e a
132 variedade utilizada foi a NK 7059 RR com hábito de crescimento indeterminado. Na semana
133 anterior ao plantio foi aplicado glifosato (1 kg ha⁻¹), para o controle da buva (*Conyza bonariensis*

134 (L.) Cronquist). A produtividade da safra de soja 2012/2013 variou de 3.715 a 6.850 kg ha⁻¹ no
135 sistema integração lavoura-pecuária, e de 3.295 a 5.115 kg ha⁻¹, na rotação de culturas (Figura 3).

136 Foram realizadas cinco coletas de solo e de raízes durante o período experimental (set/2012
137 à mar/2013) na profundidade de 0-20 cm, com uso de trado holandês, e cada uma delas com dez
138 amostras compostas em cada área (ILP, ROT). As amostras foram acondicionadas em sacos
139 plásticos identificados, mantidas em caixas térmicas durante o transporte ao laboratório e
140 acondicionadas sob refrigeração. Em laboratório, amostras de 1 g de raízes finas foram separadas,
141 lavadas em água corrente, clareadas em KOH 10%, acidificadas em HCl 5%, coradas com azul de
142 Tripiano e preservadas em lactoglicerol, segundo metodologia descrita por Phillips & Hayman
143 (1970). A porcentagem de colonização radical foi determinada usando-se o método da intersecção
144 de quadrantes, descrito por Giovannetti & Mosse (1980).

145 Foram extraídos em amostras de 50 g de solo, os esporos provenientes do campo, utilizando-
146 se as técnicas do peneiramento por via úmida (Gerdemann & Nicolson, 1963) e centrifugação em
147 sacarose (Jenkins, 1964). Depois foram montados em lâminas permanentes com PVLG e PVLG +
148 Melzer (Morton et al., 1993) e quantificados sob microscopia óptica. A identificação taxonômica
149 das espécies foi feita com base no manual de Schenck & Pérez (1988), em descrições originais e nas
150 fornecidas pela International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular
151 Mycorrhizal Fungi (<http://invam.caf.wvu.edu>). A identidade das espécies segue a classificação
152 revisada de Redecker et al. (2013). O número de esporos e a frequência de ocorrência de cada
153 espécie foram determinados a fim de subsidiar o estudo dos índices descritores da alfa diversidade
154 (riqueza, diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou), em cada uma das áreas nos cinco
155 períodos de amostragem, segundo Magurran (1988).

156 Os dados foram submetidos à análise de variância bifatorial, seguida do teste de Tukey, ao
157 nível de 5%. As variáveis bióticas também foram correlacionadas entre si e com a produtividade da
158 safra 2012-2013.

159

160

160 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

161

162 A colonização radical total (CRT) foi afetada pelo período de desenvolvimento da soja, não
163 sendo verificada interação deste fator com o sistema de cultivo (Quadro 2). As diferenças das
164 porcentagens de colonização radical nos períodos anteriores ao estabelecimento da cultura da soja
165 (pré-plantio e plantio) pareceram não ter influenciado a infectividade dos propágulos nas duas áreas
166 investigadas. A porcentagem de colonização total aumentou gradativamente na ROT (Figura 4), a
167 partir da queda dos cotilédones, diferentemente do observado na ILP, que apresentou aumento

168 significativo na formação das vagens, mantendo-se elevada até o final do ciclo (Figura 4).
169 Diferenças na produção de propágulos com potencial de re-colonização podem explicar tais
170 diferenças.

171 Em ROT, várias espécies de FMA produziram novos esporos na fase de queda dos
172 cotilédones (Quadro 2), que pode explicar as maiores porcentagens de CRT observadas na referida
173 área. Esta maior colonização esteve positivamente correlacionada com a riqueza ($r = 0,59$),
174 diversidade ($r = 0,91$) e equabilidade ($r = 0,53$), que são variáveis dependentes da produção de
175 esporos. Na ILP, as comunidades de FMA estiveram mais intimamente relacionadas com a
176 diferenciação de vesículas, cuja frequência mostrou-se negativamente correlacionada com o número
177 de esporos ($r = -0,65$), a riqueza ($r = -0,63$) e a diversidade de espécies ($r = -0,53$).

178 Embora respostas no padrão de colonização tenham sido observadas ao longo do cultivo,
179 diferenças significativas entre os sistemas de cultivo não foram detectadas (Quadro 2). As
180 porcentagens foram consideradas altas (78-92%) quando comparadas com as de outros estudos
181 realizados com soja, como o de Ramos et al. (2012) que encontraram raízes de soja com 33 a 35%
182 de colonização em uma área de ILP no cerrado do Distrito Federal, e Carrenho et al. (2013), que
183 encontraram porcentagens variando de 22,9 a 42,9 em levantamento realizado por cinco anos em
184 diversas áreas do Brasil. No entanto, a semelhança na frequência de colonização não se mostrou
185 relacionada com a eficiência da simbiose (ou com a responsividade da soja) nos dois sistemas,
186 considerando a produtividade da cultura (maior na ILP). Dados demonstrando falta de
187 correspondência ou relação inversa já foram obtidos em outros estudos (Wilson & Hartnett, 1998).

188 Em ambos os sistemas, ILP e ROT, observou-se maior porcentagem de arbúsculos no
189 período de queda de cotilédones, com decréscimos nas fases seguintes (Figura 4a), mas diferenças
190 significativas não foram detectadas entre as áreas e os períodos investigados (Quadro 2). Manter
191 baixos níveis de colonização micorrízica em fases cujo consumo de compostos orgânicos é alto,
192 como no estabelecimento das plântulas ou no florescimento, pode ser uma estratégia da planta,
193 como sugerido por Hartnett et al. (1994). A presença de vesículas, por outro lado, foi maior nas
194 fases de formação de vagens e final do ciclo (Figura 4b), sendo as diferenças entre elas,
195 significativas (Quadro 2). Confrontando as frequências de ocorrência de arbúsculos e vesículas,
196 observa-se que estas foram divergentes ($r = -0,44$). Com o esgotamento das reservas dos
197 cotilédones, período que se estende da germinação até uns 15 dias depois (Dwevedi & Kayastha,
198 2001), a planta passa a depender essencialmente de suas habilidades para captar e produzir recursos.
199 Vale ressaltar que as raízes na fase de queda dos cotilédones (com 5 folhas compostas
200 diferenciadas) crescem em média de 1,27 a 1,9 cm por dia (Kaspar et al., 1978). A partir dessa fase,
201 a demanda por água e nutrientes minerais aumenta consideravelmente e o estabelecimento da

202 colonização micorrízica torna-se uma ferramenta importante para a planta. Água e nitrogênio são os
203 fatores mais limitantes para o crescimento da soja (Farias et al., 2007). A maior incidência de
204 arbúsculos nessa fase indica que os processos de absorção de água e troca de nutrientes estavam
205 ativos, corroborando a ideia de maior aceitação da planta aos FMA naquele período. Dados
206 semelhantes são relatados em várias plantas (Brundrett et al., 1984). A formação das vagens e o
207 amadurecimento das sementes numa planta anual devem sinalizar para os FMA que o sítio de
208 hospedagem deixará de existir e que há a necessidade destes estocarem compostos orgânicos nas
209 vesículas e formarem novos esporos, para aumentar os propágulos no solo. De maneira geral, as
210 porcentagens de vesículas na raiz e os números de esporos no solo mostraram-se positivamente
211 correlacionados ($r = 0,53$), mostrando a influência da fenologia da planta sobre o desenvolvimento
212 dos FMA, fato comprovado em outros estudos (Bononi et al., 1988; Hayman, 1970; Giovannetti,
213 1985).

214 As comunidades de FMA também apresentaram comportamentos distintos nos sistemas
215 avaliados, mas diferenças significativas não foram verificadas entre ILP e ROT (Quadro2). Todas
216 as variáveis relacionadas com a composição das comunidades foram influenciadas pelo período de
217 desenvolvimento, e diversidade foi também afetada pelos sistemas de cultivo. O número de esporos
218 aumentou significativamente na fase da queda dos cotilédones, em ambos os sistemas, e reduziu nas
219 fases seguintes (Figura 5). Curiosamente, o número total de esporos foi o mesmo (1832) nos dois
220 sistemas (Quadro 3). Diferentemente, riqueza e diversidade de espécies aumentaram gradativamente
221 ao longo da safra de soja em ROT, enquanto na ILP, estas aumentaram na fase de queda dos
222 cotilédones e reduziram nas fases finais (formação das vagens e final do ciclo). A equabilidade
223 apresentou três picos de elevação, na ROT, no plantio, na formação das vagens e no final do ciclo
224 (Figura 5). No entanto, os acréscimos verificados no plantio foram decorrentes da redução do
225 número de esporos, não significando divisão igualitária dos recursos para os FMA da comunidade.
226 Na ILP, observou-se aumento da equabilidade na queda dos cotilédones, redução na formação de
227 vagens e aumento no final do ciclo, sendo as variações entre as fases, no entanto, pequenas.

228 Na ILP, as comunidades de FMA, de um modo geral, se mostraram mais ricas,
229 diversificadas e uniformes que as da ROT do pré-plantio à formação das vagens, comportamento
230 que se inverteu no final do ciclo (Figura 5). Das variáveis sociológicas das comunidades de FMA,
231 diversidade mostrou-se negativamente relacionada com a produtividade de grãos, mas o coeficiente
232 de correlação foi baixo ($r = -0,36$). Isso revela que o benefício micorrízico não esteve relacionado
233 com a diversificação taxonômica das comunidades de FMA. Na realidade, diversos trabalhos vêm
234 demonstrando que a diversidade funcional tem papel mais relevante (Verbruggen & Kiers, 2010).
235 Adicionalmente, diversidade de FMA e produtividade primária (biomassa da planta) em plantas têm

236 sido consideradas processos interdependentes e positivamente correlacionados (Johnson et al.,
237 2004; Van der Heijden et al., 1998; Vogelsang et al. 2006; Wagg et al. 2011). Porém, em áreas
238 agrícolas, Kiers et al. (2011) constataram que o preparo do solo, a adubação e o sistema de cultivo
239 exercem forte influência sobre os FMA, selecionando espécies geralmente resistentes, e não
240 necessariamente simbioticamente eficientes.

241 Nos sistemas avaliados no presente estudo, a eficácia da simbiose pareceu estar mais
242 relacionada com a composição das comunidades, em termos de espécies ou de isolados de uma
243 mesma espécie. É possível que o efeito da associação micorrízica na produtividade de soja tenha
244 sido resultante da somatória de efeitos de cada fungo associado ou da complementaridade funcional
245 desses, como demonstrado em estudos anteriores (Alkan et al., 2006; Gustaffon & Casper, 2005;
246 Jansa et al., 2008; Koide, 2000). Stürmer (2004) tratou desta questão, quando avaliou a magnitude
247 da eficiência de espécies provenientes de diferentes comunidades de FMA sobre o crescimento de
248 soja, quando inoculadas separadamente ou em conjunto. Seus dados mostraram que o inóculo
249 mono específico de *Glomus clarum*, *G. mosseae* e *Acaulospora mellea* produziram incrementos
250 significativos na formação de biomassa e na acumulação de fósforo nos tecidos da parte aérea de
251 soja, da mesma forma que quando estes foram associados em uma comunidade artificial. O
252 desempenho de uma mistura de espécies pode ser atribuída à eficiência de uma espécie em especial,
253 como demonstrado por Paula et al. (1988), que atribuíram à *G. etunicatum* as respostas positivas da
254 inoculação de populações mistas no crescimento de soja. Outros trabalhos também demonstraram
255 essa dominância do efeito de uma espécie mais eficiente dentro de uma comunidade (Daft &
256 Hogarth, 1983; Edathil et al., 1996; Jansa et al., 2007).

257 No presente estudo, registrou-se a ocorrência de 53 morfotipos de FMA (Quadro 3),
258 distribuídos em treze gêneros de Glomeromycota: *Acaulospora* (18), *Glomus* (13), *Ambispora* (5),
259 *Claroideoglomus* (4), *Gigaspora* (3), *Scutellospora* (2), *Paraglomus* (2), *Cetraspora* (1),
260 *Diversispora* (1), *Rhizophagus* (1), *Funneliformis* (1), *Entrophospora* (1) e *Archaeospora* (1).

261 *Claroideoglomus claroideum* dominou em ambos os sistemas, mas a população de esporos
262 dessa espécie decresceu continuamente na ILP, e oscilou na ROT, indicando que o histórico de
263 manejo interferiu no padrão de esporulação. No pré-plantio, havia elevado número de esporos em
264 ambas as áreas, demonstrando que o estabelecimento de *C. claroideum* com as gramíneas de
265 inverno (milho-safrinha na ROT, aveia-preta e azevém, na ILP) foi efetivo e garantiu uma intensa
266 produção de propágulos no final do cultivo. Após o estabelecimento da cultura da soja,
267 aparentemente *C. claroideum* não esporulou na primeira área, sendo o banco de esporos consumido
268 ao longo do desenvolvimento da planta. Diferenças na velocidade de colonização das espécies de
269 FMA podem explicar esse padrão na formação de esporos. Existem relatos que mostram que a

270 espécie que se estabelece primeiro na raiz tem vantagem no processo de competição (Hepper et al.,
271 1988). *Claroideoglomus claroideum* já foi identificada como uma espécie lenta no processo de
272 infecção e colonização em *Medicago truncatula* Gaertn. (Fabaceae), necessitando da queda de
273 atividade de espécies mais rápidas, como *G. mosseae* e *G. intraradices*, para poder se estabelecer
274 nas raízes (Jansa et al., 2007; Smith & Dickson, 1991; Wilson & Trinick, 1983). Se isso ocorreu na
275 ILP, é possível que *C. claroideum* possa nem ter conseguido se estabelecer nas raízes da soja, ou
276 então, sua colonização pode ter sido muito pequena para garantir a esporulação.

277 Existem relatos que mostram efeito supressor do fungo que se estabelece primeiro na raiz
278 sobre os seguintes (Vierheilig et al., 2000), e esse já foi explicado em termos de competição por
279 carboidratos (Lerat et al., 2003; Pearson et al., 1993), estando a porcentagem de colonização
280 diretamente relacionada com o grau de consumo de fotoassimilados. Também, existem registros que
281 raízes colonizadas por FMA com elevada capacidade de ocupação intra-radical apresentam
282 respostas de resistência aos fungos que tentam colonizá-las secundariamente (Vierheilig, 2004). As
283 células do córtex radical podem ainda reconhecer a presença de arbúsculos com baixa quantidade
284 do transportador PT4, e degradá-los prematuramente, a fim de evitar gastos com uma espécie
285 fúngica pouco eficiente na absorção do fósforo (Javot et al., 2007). Outro mecanismo que pode
286 interferir negativamente na colonização secundária é a produção de exsudatos radicais com
287 composição diferente daquela encontrada em raízes não micorrizadas (Harrison & Dixon, 1993;
288 Maier et al., 1999; Peip et al., 1997). O efeito estimulador de exsudatos radicais normalmente está
289 associado à flavonóides (Silva Jr. & Siqueira, 1998; Siqueira et al., 1991) e estrigolactonas têm sido
290 consideradas o fator de indução da ramificação das hifas dos FMA (Besserer et al., 2006). Pinior et
291 al. (1999) constataram que exsudatos radicais de plantas de pepino colonizadas por *Gigaspora*
292 *rosea*, *Glomus intraradices* ou *Glomus mosseae* não estimularam o crescimento hifálico de *G. rosea*
293 e *G. intraradices* cultivados *in vitro*, diferentemente do exsudato das plantas não micorrizadas (não
294 inoculadas), que promoveu aumentos significativos no comprimento total de hifas. A formação de
295 hifas e esporos nas vizinhanças de raízes colonizadas com *G. intraradices* foi igualmente inibida, e
296 os autores (St Arnauld et al., 1996) atribuíram tal resposta à presença de uma maior concentração de
297 substâncias bioativas nas raízes micorrizadas. É possível que após a colonização MA, a produção de
298 flavonóides promotores da micorrização seja reduzida e outros compostos passem a compor os
299 exsudatos.

300 Diferentemente, na ROT, verificou-se decréscimo acentuado no número de esporos no
301 plantio (possivelmente por causa do pousio) e aumento na fase da queda dos cotilédones, sugerindo
302 que *C. claroideum* tenha colonizado as raízes logo no início do desenvolvimento da planta e
303 retirado desta, nutrientes orgânicos em quantidade suficiente para produzir esporos, e isso numa

304 fase em que a planta ainda estava utilizando as reservas dos cotilédones. Jansa et al. (2003, 2008)
305 constataram que além de mais lenta, *C. claroideum* é menos eficiente na absorção de fósforo do que
306 *G. intraradices* e *G. mosseae*, primeiro porque suas hifas se estendem a curtas distâncias da
307 superfície da raiz (6 cm vs. 15 cm nas outras duas), e segundo porque a quantidade de fósforo
308 absorvido é menor, fato comprovado em duas espécies hospedeiras distintas, luzerna (*Medicago*
309 *truncatula* Gaertn.) e alho-poró (*Allium porrum* L.). É possível que nessa situação, *C. claroideum*
310 tenha cooperado pouco com a planta, utilizando mais recursos na produção de propágulos do que na
311 formação de micélio de exploração e absorção (Bago et al., 2002; Husband et al., 2002).

312 Na ILP foram identificadas 46 espécies, das quais *Funneliformis geosporus*,
313 *Claroideoglobus luteum*, *C. lamellosum*, *Diversispora spurca* e *G. albidum* dividiram a dominância
314 com *C. claroideum* (Quadro 3). Além dessas, duas espécies com produção intermediária de esporos
315 foram encontradas na área sob pastagem, *Acaulospora scrobiculata* (69) e *G. macrocarpum* (66).
316 No sistema ROT, foram identificadas 45 espécies, sendo *C. lamellosum*, *F. geosporus*, *G. albidum*,
317 *C. luteum* e *G. macrocarpum*, as que apresentaram populações de esporos mais numerosas.
318 *Entrophospora infrequens*, *A. scrobiculata*, *D. spurca* e *A. delicata* também foram frequentes na
319 área de lavoura, porém apresentaram menor abundância de esporos (82, 75, 63, 3, 59,
320 respectivamente).

321 Observando os números de esporos das espécies citadas, constata-se que na ROT, várias
322 delas apresentaram picos de esporulação na fase de queda dos cotilédones (*G. albidum*, *C. luteum*,
323 *G. macrocarpum*, *E. infrequens* e *D. spurca*). Na ILP, apenas três espécies tiveram maior produção
324 de esporos na referida fase (*C. luteum*, *C. lamellosum* e *F. geosporus*). O uso do carbono em
325 períodos diferentes também contribui para amenizar os impactos da simbiose MA no crescimento
326 da planta hospedeira, por haver divisão temporal dos recursos (Daft & Hogarth, 1983). No sistema
327 que demonstrou maior produção de soja na safra analisada (ILP), constatou-se que das oito espécies
328 mais abundantes, três esporularam na queda dos cotilédones, duas na formação de vagens e uma no
329 final do ciclo. Na ROT, das dez espécies dominantes, seis esporularam na queda dos cotilédones,
330 duas na formação de vagens e quatro no final do ciclo.

331 A produção de esporos e a formação de arbúsculos foram processos positivamente
332 relacionados ($r = 0,56$) neste estudo. Sabe-se que a planta destina de 4 a 20% dos compostos
333 fotossintetizados aos FMA (Smith & Read, 1997), e esse custo varia muito com a identidade dos
334 participantes micorrízicos (Lerat et al., 2003; Pearson & Jakobsen, 1993). Em geral, o carbono
335 transferido para as raízes micorrizadas é utilizado na respiração dos FMA (Grimoldi et al., 2006), e
336 não das raízes como sugerido por Johnson et al. (2002). O carbono não consumido é transformado
337 em lipídios, substrato respiratório (Grimoldi et al., 2006), e estocado em vesículas formadas no

338 córtex ou em esporos no início da formação (Bago et al. 2002). Em algumas situações, a proporção
339 de C drenado para os FMA é tão grande, que reduz o crescimento da planta, como verificado por
340 Johnson et al. (1997). É possível que tais drenos na fase inicial do desenvolvimento da soja tenham
341 sido responsáveis pelo menor crescimento das plantas na ROT, interferindo na produção de grãos.
342 O efeito do dreno de C para os FMA sobre o crescimento da planta pode variar com o estágio de
343 crescimento em que a mesma se encontra (Farrar & Jones, 2000).

344 Dentre as espécies de FMA mais abundantes, algumas esporularam mais em um dos
345 sistemas, indicando maior compatibilidade com as plantas cultivadas e/ou o manejo adotado.
346 *Acaulospora colossica*, *D. spurca*, *R. clarus*, *F. geosporum* e *C. luteum* apresentaram números de
347 esporos acentuadamente mais altos na ILP, enquanto *A. delicata*, *C. claroideum*, *C. etunicatum*, *G.*
348 *invermaium*, *C. lamellosum* e *G. macrocarpum*, esporularam mais no sistema ROT. A seleção de
349 espécies pelo manejo pode também ter contribuído para modificar a eficiência simbiótica das
350 comunidades de FMA, pois a associação com algumas espécies de FMA pode ser mais custosa em
351 termos de uso de C (Jakobsen et al., 2005; Smith et al., 2004). Espécies como *Glomus aggregatum*
352 e *G. custos* foram consideradas pouco cooperativas na simbiose com *Medicago truncatula* (Kiers et
353 al., 2011), pois direcionaram muitos recursos para a formação de vesículas e esporos,
354 respectivamente.

355 Das espécies de FMA citadas, *C. etunicatum* já foi relatada como muito eficiente, pouco e
356 ineficiente na promoção de crescimento de soja (Bressan et al., 2001; Cardoso et al., 2003).
357 *Rhizophagus clarus*, em geral, é relatado como eficiente (Stürmer, 2004), mas já se mostrou
358 ineficiente também (Bressan et al., 2001), podendo a eficiência de a espécie estar relacionada com a
359 origem geográfica do isolado (Louis & Lim, 1988). *Glomus macrocarpum* tem se mostrado
360 eficiente no crescimento da soja (Bagyaraj et al., 1979; Jalaluddin, 2005; Young et al., 1988), até
361 mesmo quando as plantas são cultivadas em solos com altas concentrações de metais pesados, como
362 manganês (Cardoso et al., 2003) e chumbo (Andrade et al., 2003).

363 Como salientado anteriormente, Stürmer (2004) verificou que o desempenho de plantas de
364 soja associadas com uma comunidade mista (artificial) foi igual ou superior à das plantas
365 colonizadas pela espécie isoladamente. Jansa et al. (2008) comprovaram que em algumas situações,
366 a eficiência da associação de duas espécies (*G. intraradices* e *C. claroideum*) foi maior do que a
367 observada com os fungos inoculados separadamente. Nos dois estudos citados, a inoculação
368 conjunta dos isolados de FMA pareceu produzir respostas aditivas, indicando que numa condição
369 natural, os benefícios da colonização micorrízica podem ser fortemente influenciados pela
370 composição das comunidades. Adicionalmente, a competição entre os isolados de FMA co-
371 colonizando um mesmo sistema radical pode ser positiva para a planta, pois pode diminuir a

372 infectividade ou minimizar a influência negativa de uma espécie de baixa eficiência ou antagonista
373 (Abbott & Gazey, 1994; Daft & Hogarth, 1983; Pringle & Bever, 2002; Sanders, 2003).

374 Respostas advindas das relações interespecíficas podem ser traçadas no presente estudo,
375 mas como os dados se referem apenas à presença dos esporos no solo e não às espécies colonizando
376 as raízes, a confirmação destas fica comprometida. Observando as espécies dominantes nos dois
377 sistemas, constata-se que *F. geosporum*, *C. luteum* e *C. lamellosum* co-ocorrem com *C. claroideum*
378 no sistema ILP, e as três têm picos de esporulação no período de queda dos cotilédones. Estas
379 podem ter colonizado as raízes de soja antes de *C. claroideum*, inibindo ou inviabilizando sua
380 entrada no início do desenvolvimento da cultura, como discutido anteriormente. Se observarmos a
381 constituição das espécies dominantes na ROT, percebemos a presença de *F. geosporum*, em
382 populações mais discretas, sem pico de esporulação na queda dos cotilédones, período em que *C.*
383 *claroideum* esporulou. Nesta área e nesta fase, outras espécies, como *G. albidum*, *C. luteum*, *G.*
384 *macrocarpum*, *E. infrequens* e *D. spurca*, também apresentaram aumentos acentuados no número de
385 esporos, indicando que estas interferiram simultaneamente na competitividade de *F. geosporum* e
386 *C. lamellosum*. No primeiro caso, verificou-se redução do crescimento populacional, e no segundo,
387 interrupção do processo de esporulação. A soma da competitividade individual de cada espécie
388 pode ter interferido negativamente no desempenho das espécies mais rápidas, favorecendo o
389 estabelecimento de espécies mais lentas (*C. claroideum*, por exemplo) e a distribuição mais
390 uniforme de recursos entre as espécies. Neste caso, a competição difusa, aparentemente contribuiu
391 para a coexistência de espécies com diferentes perfis.

392

393

394

CONCLUSÕES

395

- 396 1. As comunidades de FMA demonstraram comportamento diferenciado entre os sistemas,
397 mostrando-se mais diversas, ricas e uniforme em ILP durante a safra de soja, quando no
398 final do ciclo apresentou comportamento contrário.
- 399 2. Não houveram diferenças significativas das variáveis quali-quantitativas (arbúsculos,
400 vesículas, número de esporos, riqueza de espécies, diversidade e equabilidade) das
401 comunidades de FMA presentes nos sistemas de cultivo analisados.
- 402 3. A colonização radicular total não apresentou diferenças significativas entre os sistemas de
403 cultivos, antes ou ao longo da safra de soja 2012/2013.
- 404 4. A produtividade de soja durante a safra 2012/2013 foi maior em ILP (4.711 kg/Ha) que em
405 ROT (4.344 kg/Ha).

AGRADECIMENTOS406
407

408 À COAMO por autorizar o trabalho na Fazenda Experimental e apoio na execução deste e à
409 CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado concedida à primeira autora.

410

411

LITERATURA CITADA

412

413 ABBOTT, L.K. & GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant Soil**,
414 159: 69-78, 1994.

415

416 ALKAN, N.; GADKAR, V.; YARDEN, O.; KAPULNIK, Y. Analysis of quantitative interactions
417 between two species of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus mosseae* and *G. intraradices*, by real-
418 time PCR. **Appl. Environ. Microbiol.**, 72: 4192-4199, 2006.

419

420 ANDRADE, S. A. L.; ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; SILVEIRA, A. P. D. Interação de chumbo,
421 da saturação por bases do solo e de micorriza arbuscular no crescimento e nutrição mineral da
422 soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: 945-954, 2003.

423

424 BAGO, B.; ZIPFEL, W.; WILLIAMS, R.; JUN, J.; ARREOLA, R.; LAMMERS, P.; PFEFFER,
425 P.E.; SHACHAR-HILL, Y. Translocation and utilization of fungal lipid in the arbuscular
426 mycorrhizal symbiosis. **Plant Physiol.**, 128: 108-124, 2002.

427

428 BAGYARAJ, D.J., MANJUNATH, A., REDDY, D.D.R. Interaction of vesicular arbuscular
429 mycorrhiza with root knot nematodes in tomato. **Plant Soil**, 51: 397-403, 1979.

430

431 BESSERER, A.; PUECH-PAGÈS, V.; KIEFER, P.; GOMEZ-ROLDAN, V.; JAUNEAU, A.; ROY,
432 S.; PORTAIS, J.C.; ROUX, C.; BÉCARD, G.; SÉJALON-DELMAS, N.. Strigolactones stimulate
433 arbuscular mycorrhizal fungi by activating mitochondria. **Plos Biology**, 4: 1239-1247, 2006.

434

435 BONONI, V.L.R.; BARBOSA, L.M.; VIRIATO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em
436 amendoim e em plantas invasoras da cultura. **Hoehnea**, 15:1-9, 1988.

437

- 438 BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A.; PURCINO, A.A.C. Fungos
439 micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja. *Pesq.*
440 *Agropec. Bras.*, 36: 315-323, 2001.
- 441
- 442 BROCH, D.L.; PITOL, C.; BORGES, E.P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto na soja
443 sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju MS. Fundação MS para Pesquisa e Difusão
444 de Tecnologias Agropecuárias, 1997. 24p.
- 445
- 446 BRUNDRETT, M.C.; PICHE´, Y.; PETERSON, R.L. A new method for observing the morphology
447 of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Can. J. Bot.*, 62: 2128–2134, 1984.
- 448
- 449 CARDOSO, E.J.B.N; NAVARRO, R.B.; NOGUEIRA, M.A. Absorção e translocação de manganês
450 por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste nutriente. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: 415-
451 423, 2003.
- 452
- 453 CARRENHO, R. COLOZZI-FILHO, A.; MACHINESKI, O. Diversidade de Fungos
454 micorrízicos arbusculares. In: Ubirajara, G.; Favoretto, L.R.G. (Orgs). *Monitoramento*
455 *Ambiental Soja Roundup Ready*. Botucatu: CEPAF: 545-584, 2013.
- 456
- 457 CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SAGGIN-JÚNIOR, J.O.
458 Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes
459 sistemas de manejo. *Pesq. Agropec. Trop.*, 35: 147-153, 2005.
- 460
- 461 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola 2012 –**
462 **Levantamento junho/2012**. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2)
463 [1253&t=2](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2)>. Acesso em: 01 set. 2013.
- 464
- 465 DAFT M.J.; HOGARTH, B.G. Competitive interactions amongst four species of *Glomus* on maize
466 and onion. **T. Brit. Mycol. Soc.**, 80: 339-345, 1983.
- 467
- 468 DWEVEDI, A.; KAYASTHA, A.M. Soybean: a multifaceted legume with enormous economic
469 capabilities. In: T.B. NG (ed.) **Soybean: biochemistry, chemistry and physiology**. Intech: Rijeka,
470 p.165-188, 2001.

- 471
- 472 EDATHIL, T.T.; MANIAN, S.; UDAIYAN, K. Interaction of multiple VAM fungal species on root
473 colonization, plant growth and nutrient status of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.).
474 **Agr. Ecosyst. Environ.**, 59: 63–68, 1996.
- 475
- 476 FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Circular Técnica
477 48. Embrapa: Londrina. 9p., 2007.
- 478
- 479 FARRAR, J.F.; JONES, D.L. The control of carbon acquisition by roots. **New Phytol.**, 147: 43-53,
480 2000.
- 481
- 482 FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.;LEITE, J.G.D.B.;
483 FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de plantio direto em
484 integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 771-780,
485 2007.
- 486
- 487 FONTANELI, R. S. I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais
488 de inverno sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35: 349-355, 2000.
- 489
- 490 GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from
491 soil by wet sieving and decanting. **T. Brit. Mycol. Soc.**, 46: 234-244, 1963.
- 492
- 493 GIOVANNETTI, M. Seasonal variations of vesicular-arbuscular mycorrhizas and endogonaceous
494 spores in a maritime sand dune. **T. Brit. Mycol. Soc.**, 84: 679-684, 1985.
- 495
- 496 GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular
497 mycorrhizal infections in roots. **New Phytol.**, 84: 489-500, 1980.
- 498
- 499 GRIMOLDI, A.A.; KAVANOVÁ, M.; LATTANZI, F.A., SCÄUFELE, R.; SCHNYDER H.
500 Arbuscular mycorrhizal colonization on carbon economy in perennial ryegrass: quantification by
501 $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ steady-state labeling and gas exchange. **New Phytol.**, 172: 544-553, 2006.
- 502

- 503 GUSTAFFON, D.J.; CASPER, B.B. Differential host plant performance as a function of soil
504 arbuscular mycorrhizal fungal communities: experimentally manipulating co-occurring *Glomus*
505 species. **Plant Ecol.**, 183: 257-263, 2005.
- 506
- 507 HARRISON, M.J.; DIXON, R.A. Isoflavonoid accumulation and expression of defense gene
508 transcripts during the establishment of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations in roots of
509 *Medicago truncatula*. **Mol. Plant Microbe In.**, 6: 643-654, 1993.
- 510
- 511 HARTNETT, D.C.; SAMANUS, R.J.; FISCHER, L.E.; HETRICK, B.A.D. Plant demographic
512 responses to mycorrhizal symbiosis in tallgrass prairie. **Oecologia**, 99: 21-26, 1994.
- 513
- 514 HAYMAN, D.S. *Endogone* spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as
515 influenced by season and soil treatment. **T. Brit. Mycol. Soc.**, 54: 53-63, 1970.
- 516
- 517 HEPPER, C.M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROSENDAHL, S.; SEN, R. Competition between three
518 species of *Glomus* used as spatially separated introduced and indigenous mycorrhizal inocula for
519 leek (*Allium porrum* L.). **New Phytol.**, 110: 207-215, 1988.
- 520
- 521 HUSBAND, R.; HERRE, E.A.; YOUNG, J.P. Temporal variation in the AM communities
522 colonising seedlings in a tropic forest. **FEMS Microbiol. Ecol.**, 42: 131-136, 2002.
- 523
- 524 IAP-PR. Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de Manejo Parque Estadual Lago Azul**. 2005.
525 Disponível em <<http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=37>>. Acesso
526 em: 04 ago. 2012.
- 527
- 528 INVAM. **International Culture Collection of Vesicular and Arbuscular Mycorrhizal Fungi**.
529 Species Description. Morgantown, West Virginia Agriculture and Forestry Experimental Station.
530 Disponível em: <<http://invam.caf.wvu.edu>>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- 531
- 532 IPARDES - **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. Paraná em números.
533 Disponível em: < http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1 >.
534 Acesso em: 10 dez. 2013.
- 535

- 536 JAKOBSEN, I.; CHEN, B.D.; MUNKVOLD, L.; LUNDSGAARD, T.; ZHU, Y.G. Contrasting
537 phosphate acquisition of mycorrhizal fungi with that of root hairs using the root hairless barley
538 mutant. **Plant Cell Environ.**, 28: 928–938, 2005.
- 539
- 540 JALALUDDIN, M. Effect of inoculation with VAM - fungi and *Bradyrhizobium* on growth and
541 yield of soybean in Sindh. **Pakistan J. Bot.**, 37: 169–173, 2005.
- 542
- 543 JANSA, J.; MOZAFAR, A.; FROSSARD, E. Long-distance transport of P and Zn through the
544 hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus in symbiosis with maize. **Agronomie**, 23: 481-488,
545 2003.
- 546
- 547 JANSA, J.; SMITH, F.A.; SMITH, S.E. Are there benefits of simultaneous root colonization by
548 different arbuscular mycorrhizal fungi? **New Phytol.**, 177: 779-789, 2007.
- 549
- 550 _____. Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal
551 fungi? **New Phytol.**, 177: 779– 789, 2008.
- 552
- 553 JAVOT, H.; PENMETS, R.V.; TERZAGHI, N.; COOK, D.R.; HARRISON, M.J. A *Medicago*
554 *truncatula* phosphate transporter indispensable for the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Proc.**
555 **Natl. Acad. Sci USA**, 104: 1720-1725, 2007.
- 556
- 557 JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant**
558 **Soil**, 73: 288-300, 1964.
- 559
- 560 JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. Functioning of mycorrhizal associations along
561 the mutualism-parasitism continuum. **New Phytol.**, 135: 575-585, 1997.
- 562
- 563 JOHNSON, D.; LEAKE, J.R.; OSTLE, N.; INESON, P.; READ, D.J. *In situ* ¹³CO₂ pulse-labelling
564 of upland grassland demonstrates a rapid pathway of carbon flux from arbuscular mycorrhizal
565 mycelia to the soil. **New Phytol.**, 153: 327-334, 2002.
- 566
- 567 JOHNSON, D.; VANDENKOORNHUYSE, P.J.; LEAKE, J.R.; GILBERT, L.; BOOTH, R.E.;
568 GRIME, J.P.; YOUNG, W. et al. Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity
569 and community composition in grassland microcosms. **New Phytol.**, 161: 503–515, 2004.

570

571 KASPAR, T.C.; STANLEY, C.D.; TAYLOR, H.M. Soybean root growth during the reproductive
572 stages of development. **Agron. J.**, 70: 1105-1197, 1978.

573

574 KIERS, E.T.; MARIE DUHAMEL, M.; BEESETTY, Y.; MENSAH, J.A. et al. Reciprocal rewards
575 stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. **Science**, 333: 880-882, 2011.

576

577 KOIDE, R.T. Functional complementarity in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytol.**,
578 147: 233–235, 2000.

579

580 LERAT, S.; LAPOINTE, L.; GUTJAHR, S.; PICHÉ, Y.; VIERHEILIG, H. Carbon partitioning in a
581 split-root system of arbuscular mycorrhizal plants is fungal and plant species dependent. **New**
582 **Phytol.**, 157: 589–595, 2003.

583

584 LOUIS, I.; LIM, G. Differential growth and mycorrhizal colonization of soybean to inoculation
585 with two isolates of *Glomus clarum* in soils of different P availability. **Plant Soil**, 112: 37-43, 1988.

586

587 LUNARDI, R.; CARVALHO, P.C.F.; TREIN, C.R.; COSTA, J.A.; CAUDURO, G.F.; BARBOSA,
588 C.M.P.; AGUINAGA, A.A.Q. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária:
589 efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Cien. Rural**, 38: 795-801, 2008.

590

591 MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, Princeton University
592 Press, 1988. 179p.

593

594 MAIER, W.; SCHMIDT, J.; WRAY, V.; WALTER, M.H.; STRACK, D. The arbuscular
595 mycorrhizal fungus, *Glomus intraradices*, induces the accumulation of cyclohexenone derivatives in
596 tobacco roots. **Planta**, 207: 620-623, 1999.

597

598 MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L.
599 Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI,
600 N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S.; ALVAREZ V., V.H.
601 (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.
602 v.3, p.209-248.

603

604 MIRANDA, J.C.; VILELA, L.; MIRANDA, L.N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular
605 em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesq. Agropec. Bras.**, 40: 1005-1014, 2005.

606

607 MORAES, A. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: Simpósio sobre
608 Ecossistemas de Pastagens. 2. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em
609 Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. 1993. P.191-215.

610

611 MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P.; WHEELER, W.W. Germ plasm in the International
612 Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures
613 for culture development, documentation and storage. **Mycotaxon**, 48: 491-528, 1993.

614

615 NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e
616 potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul.
617 **Cien. Rural**, 36: 1799-1805, 2006.

618

619 PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, L.H.; OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica relativa
620 em soja de populações de fungos endomicorrízicos nativos e de isolados de *Glomus*
621 *macrocarpum* e *Gigaspora margarita*. **R. Bras. Ci. Solo**, 12: 25-31, 1988.

622

623 PEARSON, J.N.; ABBOTT, L.K.; JASPER, D.A. Mediation of competition between two
624 colonizing VA mycorrhizal fungi by the host plant. **New Phytol.**, 123: 93-98, 1993.

625

626 PEARSON, J.N.; JAKOBSEN, I. The relative contribution of hyphae and roots to phosphorus
627 uptake by arbuscular mycorrhizal plants, measured by dual labelling with ³²P and ³³P. **New Phytol.**,
628 124: 489-494, 1993.

629

630 PEIPP, H.; MAIER, W.; SCHMIDT, J.; WRAY, V.; STRACK, D. Arbuscular mycorrhizal fungus-
631 induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots. **Phytochemistry**, 44:
632 581-587, 1997.

633

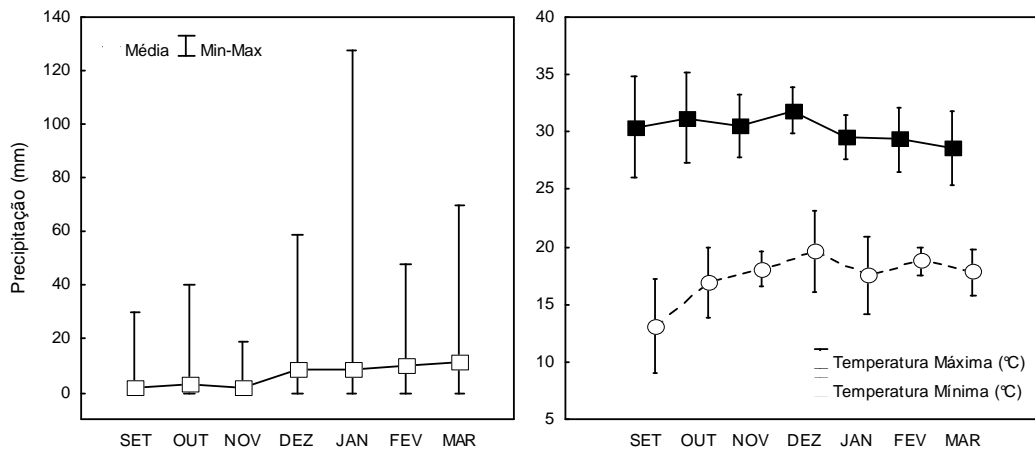
- 634 PINIOR, A.; WYSS, U.; PICHÉ, Y.; VIERHEILIG, H. Plant colonized by AM fungi regulate
635 further root colonization by AM fungi through altered root exudation. **Can. J. Bot.**, 77: 891-987,
636 1999.
- 637
- 638 PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic
639 and vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **T. Brit. Mycol.**
640 **Soc.**, 55: 158-160, 1970.
- 641
- 642 PRINGLE. A.; BEVER, J.D. Divergent phenologies may facilitate the coexistence of arbuscular
643 mycorrhizal fungi in a North Carolina grassland. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 1439–
644 1446, 2002.
- 645
- 646 RAMOS, M.L.G.; KONRAD, M.L.F.; SILVA, D.E.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; BATISTA, L.M.T.
647 Diversidade de fungos micorrízicos e colonização radicular em forrageiras solteiras e em consórcio
648 com milho. **Bioscience**, 8: 235-244, 2012.
- 649
- 650 REDECKER, D.; SCHÜßLER, A.; STOCKINGER, H; STÜRMER, S.L.; MORTON, J.B.;
651 WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi
652 (*Glomeromycota*). **Mycorrhiza**, doi:10.1007/s00572-013-0486-y. 2013.
- 653
- 654 RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: Fundação Centro de
655 Experimentação e Pesquisa Fecotrigio (FUNDACEP), 1995. 134p.
- 656
- 657 SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO,
658 A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas
659 agropecuários em Mato Grosso do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 11-21, 2008.
- 660
- 661 SANDERS, I.R. Preference, specificity and cheating in the arbuscular mycorrhizal symbiosis.
662 **Trends Plant Sci**,8: 143-145, 2003.
- 663
- 664 SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF, Embrapa, 2013.
665 412p.
- 666

- 667 SANTOS, H.P.; ROMAN, E.S. Efeitos de culturas de inverno e rotações sobre a soja cultivada em
668 sistema plantio direto. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, 7: 59-68, 2001.
- 669
- 670 SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal**
671 **fungi**. Gainesville: University of Florida, 1988. 241 p.
- 672
- 673 SILVA JR, J.P.; SIQUEIRA, J.O. Mycorrhizal colonization and growth of soybean influenced by
674 different fungal species and application of the isoflavonoid formononetin. **Pesq. Agropec. Bras.**,
675 33: 953-959, 1998.
- 676
- 677 SIMEPAR. **Sistema Meteorológico do Paraná**. Centro Politécnico da UFPR - Curitiba - Paraná –
678 Brasil, 2013.
- 679
- 680 SILVA, H.A.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F. Maize and soybeans production in integrated
681 system under no-tillage with different pasture combinations and animal categories. **Rev. Ciên.**
682 **Agron.**, 43:757-765, 2012.
- 683
- 684 SIQUEIRA, J.O.; SAFIR, G.R.; NAIR, M.G. Stimulation of vesicular-arbuscular mycorrhizae
685 formation by flavonoid compounds. **New Phytol.**, 118: 87-93, 1991.
- 686
- 687 SMITH, S.E.; DICKSON, S. Quantification of active vesicular-arbuscular mycorrhizal infection
688 using image analysis and other techniques. **Aust. J Plant Physiol.**, 18: 637-648, 1991.
- 689
- 690 SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2. ed. Cambridge: Academic Press, 1997.
- 691
- 692 SMITH, S.E.; SMITH, F.A.; JAKOBSEN, I. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM)
693 symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal
694 responses in growth or total P uptake. **New Phytol.**, 162: 511-524, 2004.
- 695
- 696 ST ARNAULD, M.; HAMEL, C.; VIMARD, B.; CARON, M.; FORTIN, J.A. Enhanced hyphal
697 growth and spore production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in an in
698 vitro system in the absence of host roots. **Mycol. Res.**, 100: 328-332, 1996.
- 699

- 700 STÜRMER, S. L. Efeito de diferentes isolados fúngicos da mesma comunidade micorrízica no
701 crescimento e absorção de fósforo em soja e trevo vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**, 28: 611-622, 2004.
702
- 703 VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.;
704 STREITWOLF-ENGEL, R. et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity,
705 ecosystem variability and productivity. **Nature**, 396: 69–72, 1998.
706
- 707 VENZKE FILHO, S.; FEIGL, B.; PICCOLO, M.; FANTE JUNIOR, L.; NETO, M.; CERRI, C.
708 Root systems and microbial biomass under no-tillage system. **Sci. Agric.**, 61: 529- 537, 2004.
709
- 710 VERBRUGGEN, E.; KIERS, E.T. Evolutionary ecology of mycorrhizal functional diversity in
711 agricultural systems. **Evol. Appl.**, 3: 547–560, 2010.
712
- 713 VIERHEILIG, H. Further root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in already mycorrhizal
714 plants is suppressed after a critical level of root colonization. **J. Plant Physiol.**, 161: 339-341, 2004.
715
- 716 VIERHEILIG H.; GARCIA-GARRIDO, M.J.; WYSS, U.; PICHÉ, Y. Systemic suppression of
717 mycorrhizal colonization in barley roots already colonized by AM-fungi. **Soil Biol. Biochem.**, 32:
718 589–595, 2000.
719
- 720 VOGELSANG, K.M.; REYNOLDS, H.L.; BEVER, J.D. Mycorrhizal fungal identity and richness
721 determine the diversity and productivity of a tallgrass prairie system. **New Phytol.**, 172:554–562,
722 2006.
723
- 724 WAGG, C.; JANSA, J.; SCHMID, B.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A. Belowground biodiversity
725 effects of plant symbionts support aboveground productivity. **Ecol. Lett.**, 14: 1001–1009, 2011.
726
- 727 WILSON, G.W.T.; HARTNETT, D.C. Interspecific variation in plant responses to mycorrhizal
728 colonization in tallgrass prairie. **Am. J. Bot.**, 85: 1732–1738, 1998.
729
- 730 WILSON, J.M.; TRINICK, M.J. Infection, development and interaction between vesicular-
731 arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytol.**, 93: 543-554, 1983.
732

733 YOUNG, C.; JUANG, T.C.; CHAO, C.C.. Effect of *Rhizobium* and VAM-inoculation on
734 nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in tropical fields. **Biol. Fert. Soils**, 6:
735 165-169, 1988.
736

737

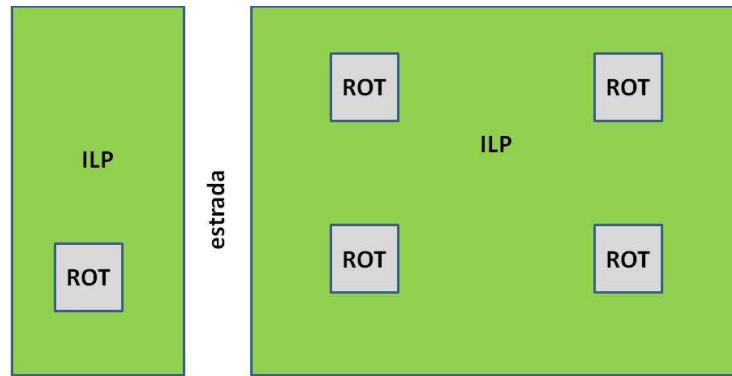


738

739 Figura 1: Dados médios de precipitação (a) e temperaturas máxima e mínima (b) do município de
 740 Campo Mourão, PR, no período da safra de soja (2012-2013). Dados fornecidos pela Estação
 741 Hidrológica de Campo Mourão do Simepar.

742

743

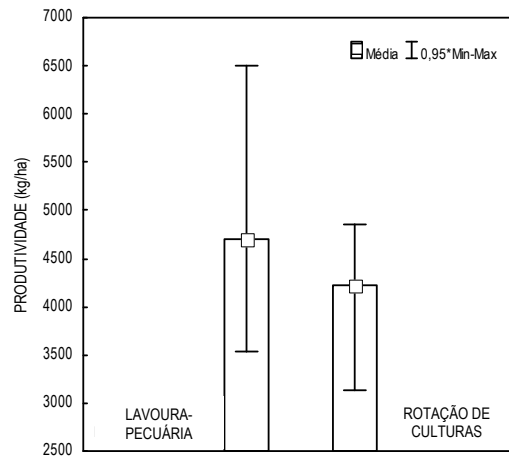


744

745 Figura 2: Esquema ilustrativo da área de estudo localizada na Fazenda Experimental Coamo,
746 Campo Mourão, PR. ILP corresponde a integração lavoura-pecuária, e ROT corresponde a rotação
747 de culturas.

748

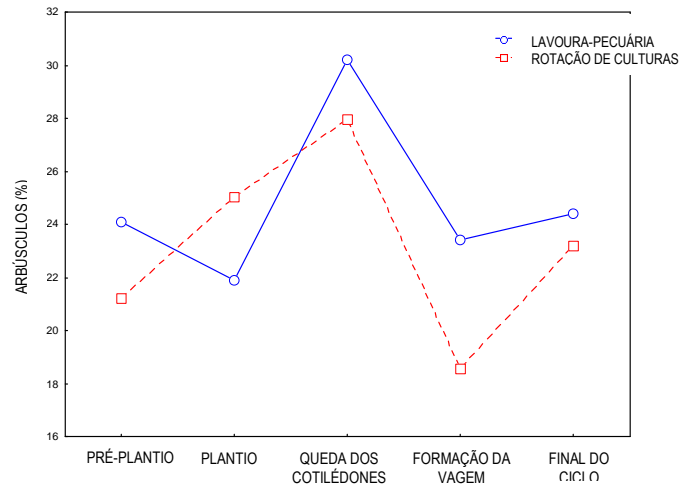
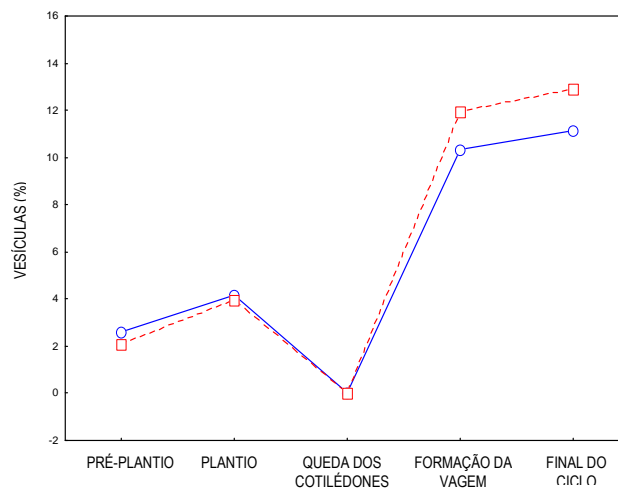
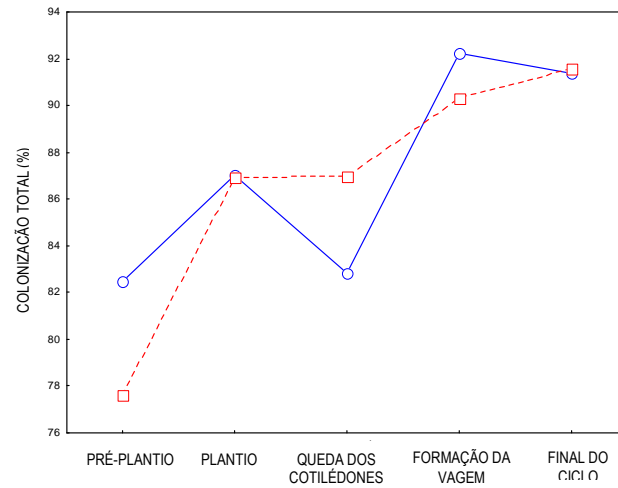
749



750

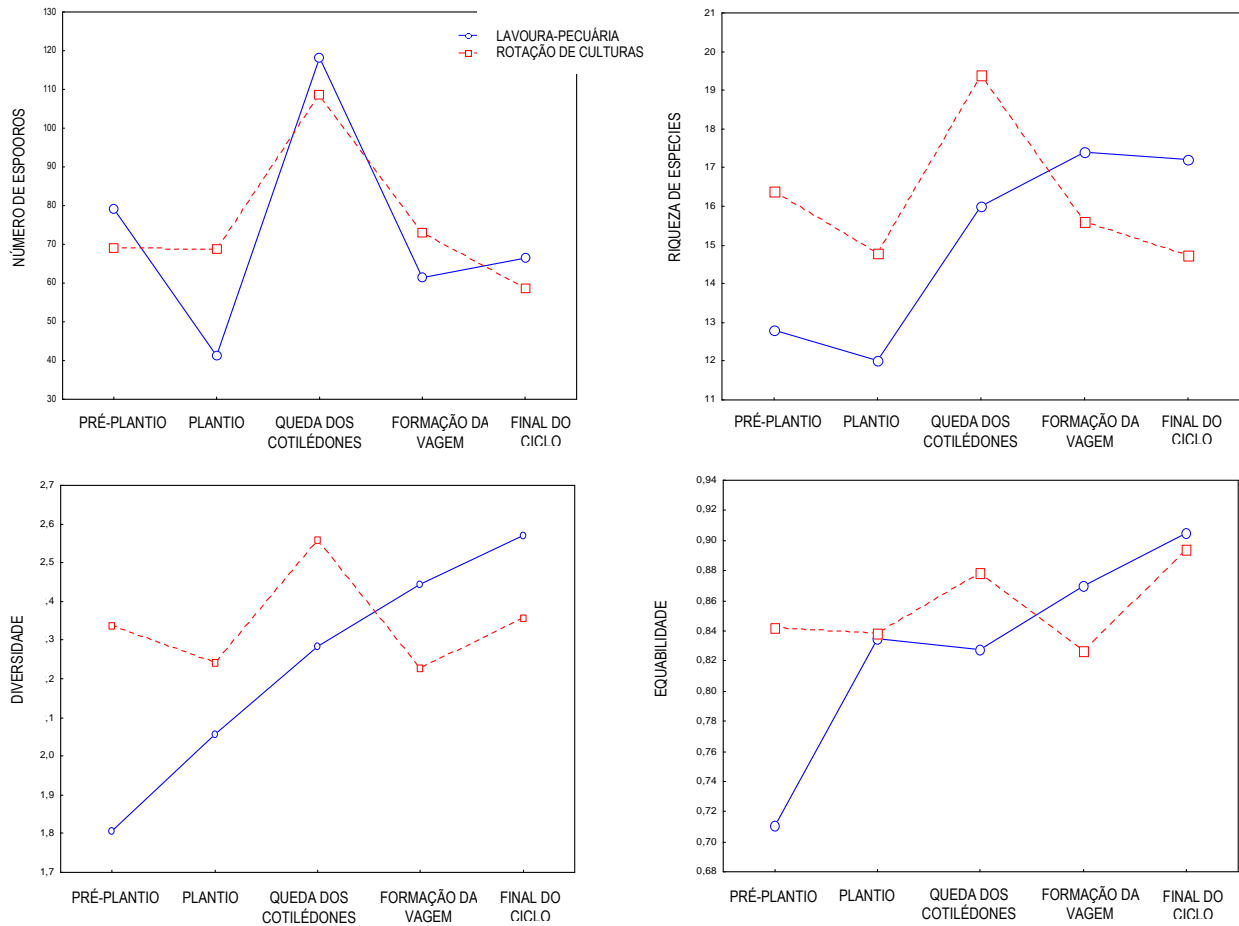
751 Figura 3: Produtividade da safra de soja 2012/2013, na Fazenda Experimental da Coamo, Campo
752 Mourão, PR.

753

754
755756
757758
759

760 Figura 4: Porcentagens de arbúsculos (a), vesículas (b) e colonização radicular total (c), em raízes
 761 de gramíneas de inverno (pré-plantio e plantio) e de soja cultivada nos sistemas rotação de culturas
 762 (linha interrompida) e lavoura-pecuária (linha cheia) durante a safra de soja 2012/2013.

763

764
765766
767

768

769

770

771

772

773

Figura 5: Variáveis sociológicas das comunidades de FMA associadas ao sistema radicular de gramíneas de inverno (pré-plantio e plantio) e de soja cultivada nos sistemas rotação de culturas (linha cheia) e lavoura-pecuária (linha interrompida) durante a safra de soja 2012/2013.

774 Quadro 1. Características do solo nos sistemas de Integração lavoura-pecuária (ILP) e Rotação de
775 Culturas (ROT).
776

Propriedades	ILP	ROT
pH CaCl ₂	4,84	5,12
C orgânico (g/dm ³)	31,2	27,8
P (mg/dm ³)	18,02	9,33
K (cmolc/dm ³)	0,53	0,75
Ca ² (cmol _c /dm ³)	4,95	4,34
Mg ² (cmol _c /dm ³)	1,13	0,94
SB (cmolc/dm ³)	6,83	5,81
CTC (cmolc/dm ³)	11,61	5,81

777
778
779

780 Quadro 2. Resumo da ANOVA bifatorial investigando os efeitos do sistema de cultivo e do período
 781 de desenvolvimento da soja sobre as variáveis relacionadas com os fungos micorrízicos
 782 arbusculares.
 783

Variáveis	Sistemas de Cultivo		Períodos de Desenvolvimento da Soja		Sistemas X Períodos	
	F	p	F	p	F	p
Colonização Radicular Total	0,047	ns	3,333	*	0,392	ns
Arbúsculos	0,569	ns	1,597	ns	0,387	ns
Vesículas	0,270	ns	21,76	***	0,221	ns
Número de Esporos	0,492	ns	3,622	**	0,483	ns
Riqueza de Espécie	1,280	ns	2,381	*	1,813	ns
Diversidade (H')	2,008	ns	3,695	**	3,313	*
Equabilidade (J)	1,774	ns	3,792	**	2,326	ns

784 *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns - $p > 0,05$

785

786 Quadro 3. Abundância das espécies de fungos micorrízicos arbusculares recolhidas junto às raízes
 787 de soja em dois sistemas de cultivo da Fazenda Experimental da Coamo (Campo Mourão, PR), na
 788 safra de soja 2012/2013. PP: pré-plantio; P: plantio; QC: queda dos cotilédones; FV: formação de
 789 vagens; FC: final de ciclo; NTE: número total de esporos.

Espécies	Integração Lavoura Pecuária						Rotação de Culturas					
	PP	P	QC	FV	FC	NTE	PP	P	QC	FV	FC	NTE
<i>Acaulospora capsicula</i>	1	9	3	0	4	17	4	0	5	17	8	34
<i>A. colossica</i>	18	4	31	11	15	79	2	8	22	5	4	41
<i>A. delicata</i>	8	6	17	17	5	53	4	2	17	21	15	59
<i>A. gedanensis</i> (aff.)	8	1	0	0	0	9	19	3	2	2	2	28
<i>A. koskei</i>	5	0	38	6	12	61	2	2	23	6	9	42
<i>A. laevis</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	4	0	1	6
<i>A. longula</i>	0	0	0	0	2	2	1	0	7	2	0	10
<i>A. mellea</i>	5	0	10	2	4	21	6	1	8	0	6	21
<i>A. morrowiae</i>	3	8	9	1	3	24	3	5	9	7	8	32
<i>A. scrobiculata</i>	5	8	17	13	26	69	1	28	6	22	18	75
<i>A. sieverdingii</i> (aff.)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
<i>A. spinosa</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>A. splendida</i> (aff.)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>A. tuberculata</i>	1	0	0	2	1	4	0	0	1	0	0	1
<i>Acaulospora</i> sp.1	2	2	5	3	0	12	1	0	0	0	1	2
<i>Acaulospora</i> sp.2	0	0	0	2	2	4	0	4	1	1	0	6
<i>Acaulospora</i> sp.3	1	0	0	3	0	4	0	0	1	0	0	1
<i>Acaulospora</i> sp.4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ambispora appendicula</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>A. gerdemanii</i>	0	0	2	1	3	6	2	2	0	1	0	5
<i>Ambispora</i> sp.1	0	0	4	1	0	5	3	0	2	2	2	9
<i>Ambispora</i> sp.2	0	2	1	9	1	13	2	3	1	0	0	6
<i>Ambispora</i> sp.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
<i>Archaeospora trappei</i>	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4
<i>Diversispora spurca</i>	5	15	24	58	11	113	10	1	24	6	22	63
<i>Entrophospora infrequens</i>	14	38	19	11	5	87	31	7	22	6	16	82
<i>Gigaspora decipiens</i>	0	6	1	0	0	7	0	0	0	3	0	3
<i>G. gigantea</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>G. margarita</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	9
<i>Claroideoglosum claroideum</i>	100	95	71	86	46	398	121	75	190	38	46	470
<i>C. etunicatum</i>	2	2	13	0	1	18	5	6	25	9	7	52
<i>C. lamellosum</i>	23	9	50	22	18	122	108	7	25	13	20	173
<i>C. luteum</i>	33	15	61	7	17	133	16	4	41	31	11	103
<i>Funneliformis geosporus</i>	41	44	76	18	25	204	29	5	32	37	35	138
<i>Glomus aggregatum</i>	2	13	14	1	0	30	0	3	1	3	23	30
<i>G. albidum</i>	15	11	25	48	0	99	3	10	51	17	25	106
<i>G. australe</i> (aff.)	1	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1
<i>G. diaphanum</i>	10	3	3	2	4	22	0	0	1	3	2	6
<i>G. glomerulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	14
<i>G. invermaium</i>	3	0	5	2	5	15	8	4	8	7	4	31
<i>G. macrocarpum</i>	16	18	11	7	14	66	1	10	40	15	31	97
<i>G. microcarpum</i>	0	7	6	0	0	13	0	0	0	5	0	5
<i>G. spinosum</i> (aff.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Glomus</i> sp.1	0	1	1	1	0	3	2	0	0	0	0	2
<i>Glomus</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3
<i>Glomus</i> sp.3	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Glomus</i> sp.4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizophagus clarus</i>	19	11	10	9	7	56	4	2	0	12	0	18
<i>Paraglomus brasilianum</i>	1	1	0	0	0	2	0	3	8	1	0	12
<i>P. occultum</i>	3	11	8	1	3	26	1	2	0	2	14	19
<i>Cetranspora pellucida</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Scutellospora aurigloba</i>	0	1	0	0	0	1	2	1	0	4	0	7
<i>S. calospora</i>	0	0	0	19	0	19	0	1	0	0	0	1
Número Total de Esporos	345	344	543	365	235	1832	396	206	591	307	332	1832

CAPÍTULO 3

Influência da Integração Lavoura-Pecuária e Rotação de Culturas sobre os Atributos Microbiológicos do Solo

Artigo elaborado e formatado conforme as
normas para publicação científica no periódico
Revista Brasileira de Ciência do Solo.

INFLUÊNCIA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE OS ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO⁽¹⁾

Regiane da Silva⁽²⁾, Rosilaine Carrenho⁽³⁾, Leopoldo Sussumu Matsumoto⁽⁴⁾

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi demonstrar as diferenças nos atributos microbiológicos do solo causadas pela adoção da integração lavoura-pecuária (ILP), quando comparada a uma área de lavoura-rotação, ambos sob plantio direto, sabendo-se que em ILP a produtividade mostrava-se superior a ROT durante as safras de verão (resultado 2012/2013: ILP= 4711 kg/ha e ROT= 4344,5kg/ha). Os parâmetros biológicos do solo - carbono da biomassa microbiana (CBMS), nitrogênio da biomassa microbiana (NBMS), respiração microbiana (RBS), quociente microbiano ($qMIC$), quociente metabólico (qCO_2) – foram avaliados e comparados ao longo da safra 2012/2013 e entre uma área de mata (M) adjacente, totalizando cinco coletas. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da COAMO, Campo Mourão, PR, em um Latossolo Vermelho distrófico onde aconteceram as coletas (profundidade 0-20cm), totalizando dez amostras compostas em cada área/coleta. Os valores médios de CBMS ($mg\ C/Kg^{-1}$ solo) apresentaram-se maiores em ILP (108,10) quando comparados a ROT (24,75). O mesmo ocorreu com os valores médios de NBMS ($N\ mg/Kg^{-1}$ solo), sendo 0,34 em ILP e 0,26 em ROT. Para a mata, estas duas variáveis foram superiores às áreas cultivadas (CBMS=336,31 e NBMS= 0,49). Não houve diferenças significativas na RBS ($C-CO_2Kg^{-1}.h^{-1}$) ao comparar os manejos agrícolas, sendo que todas as áreas apresentaram aumento no final do ciclo (ILP=0,88; ROT=0,90; M=1,08). Os teores médios de carbono orgânico total (COT) (g/kg^{-1}) e matéria orgânica (MO) (g/kg^{-1}) da mata também foram superiores às áreas cultivadas: COT: M=29,56; ILP=23,14; ROT=21,43) e MO: (M=50,96; ILP=39,88; ROT=36,93). Os índices derivados da atividade microbiana, qCO_2 e $qMIC$ foram os seguintes: ROT apresentou maior qCO_2 ($mg\ C-CO_2\ g^{-1}.h^{-1}/CBMS\ mg.kg^{-1}$) que em ILP (ROT=11,24 e ILP=4,88) e seu $qMIC$ (%) foi menor que em ILP (ROT=0,45 e ILP=0,51). Para a mata, o qCO_2 foi o menor das três áreas analisadas ($1,97\ mg\ C-CO_2\ g^{-1}.h^{-1}/CBMS\ mg.kg^{-1}$) e o $qMIC$ foi o maior (1,15%).

Palavras-chave: biomassa microbiana, sistema de integração lavoura pecuária, indicadores de qualidade do solo, *Glycine max*.

(5)Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pela primeira autora ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá – UEM.

(6)Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista Capes. E-mail: regiane_silv@hotmail.com

(7)Professora do Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Av. Colombo, 5790, Campus Universitário, 87020-900, Maringá (PR). E-mail: rcarrenho@uem.br

(8)Professor do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Norte do Paraná – UENP. Campus Luiz Meneghel. Caixa Postal 261, 86360-000. Bandeirantes (PR). E-mail: leopoldo@uenp.edu.br

SUMMARY**INFLUENCE OF INTEGRATION CROP-LIVESTOCK AND CROP ROTATION ON THE
ATTRIBUTES OF SOIL MICROBIOLOGY**

The aim of this study was to demonstrate the differences in microbiological soil properties caused by the adoption of integrated crop-livestock systems (ILP) compared to an area of crop-rotation, both no-tillage, knowing that in ILP showed greater productivity than ROT during the summer crops (result 2012/2013: ILP = 4711 kg / ha and ROT = 4344.5 kg / ha). Biological soil parameters - microbial biomass carbon (CBMS), microbial biomass nitrogen (NBMS), microbial respiration (RBS), microbial quotient (q_{MIC}), metabolic quotient (q_{CO_2}) - were evaluated and compared throughout the 2012/2013 crop and from a next forest area (M), totaling five collections. The study was carried at the COAMO Experimental Farm, city Campo Mourão, PR, out in a Rhodic Hapludox (Oxisol) which happened collections (0 -20cm depth), totaling ten composite samples in each area/collection. The average values of CBMS (mg C/Kg⁻¹ soil) were higher in ILP (108.10) compared to ROT (24.75). The same occurred with the mean values of NBMS (N mg/kg⁻¹ ground), with 0.34 in ILP and 0.26 in ROT. Into the forest, these two variables were superior to cultivated areas (CBMS= 336.31 and NBMS= 0.49). There were no significant differences in the RBS (C-CO₂Kg⁻¹.h⁻¹) to compare the agricultural management areas, with all areas showed an increase at the end of the cycle (ILP= 0.88, ROT =0.90; M=1.08) . The average levels of total organic carbon (TOC) (g/kg⁻¹) and organic matter (OM) (g/kg⁻¹) of forest were also higher than those cultivated areas: TOC: M=29.56; ILP=23.14; ROT =21.43) and OM: (M=50.96; ILP=39.88; ROT =36.93). The indices derived from microbial activity, q_{CO_2} and q_{MIC} were: ROT showed higher q_{CO_2} (mg C-CO₂ g⁻¹.h⁻¹/CBMS mg.kg⁻¹) than in ILP (ROT =11.24 and ILP=4.88) and its q_{MIC} (%) was lower than in ILP (ILP=0.45 and ROT =0.51). Into the forest, q_{CO_2} was the smallest of the three areas analyzed (1.97 mg C-CO₂ g⁻¹.h⁻¹/CBMS mg.kg⁻¹) and q_{MIC} was highest (1.15%).

Keywords: microbial biomass, crop livestock integration system, indicators of soil quality, *Glycine max.*

INTRODUÇÃO

66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

No estado do Paraná, o plantio direto é o sistema de plantio mais utilizado na agricultura e isto vem demonstrar a importância do manejo mínimo do solo, uma vez que o estado é o maior produtor de grãos do país (Ipardes, 2013). O plantio direto como o nome já diz, nada mais é que plantar sobre a palhada do manejo anterior (cultivo ou pastoreio), ou seja, sem a remoção desta cobertura vegetal. Ao analisarmos os dados da Conab da safra de 2012, a produção brasileira de verão ocupa 13 milhões de hectares contra 4,4 milhões no inverno. Esta gigantesca diferença de área utilizada ou está em pousio ou apenas com cobertura forrageira como a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). No sul do país, onde temos um inverno seco, a oferta de pastagem ao gado diminui consideravelmente, fazendo com que o produtor tenha que recorrer a rações comerciais para a manutenção do rebanho. Assim, a retirada da lavoura e a composição de pastagem com forrageiras como azevém e aveia-preta, vem contribuir tanto no aspecto financeiro para o agricultor como na manutenção da qualidade do solo.

A associação da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Plantio Direto (PD) aumenta a diversidade microbiana (Chavez et al., 2011), melhora a sustentabilidade e a resiliência do ambiente resultando em melhora na fertilidade do solo, se compararmos à lavoura ou à pastagem de maneira isolada. Há ainda proteção do solo contra processos erosivos, manutenção de nutrientes, proteção da cultura contra patógenos, doenças (Hernani et al., 2002; Kohnke, 1968) e estabilidade dos agregados do solo (Castro Filho et al., 1998; Dufranc et al., 2004).

De acordo com a publicação do The Royal Society (2009), em ILP há uma forte interação entre ambas as atividades, beneficiando-se mutuamente, maximizando e renovando os recursos naturais, gerando rentabilidade ao produtor e garantindo a produção de alimentos. Este conceito também é enfatizado pelo Departamento de Alimentos e Agricultura da Organização das Nações Unidas (FAO, 2001) onde assume que o sistema integrado possui sinergia entre os elementos envolvidos, uma vez que resíduos vegetais são utilizados na alimentação animal e seus dejetos melhoram a fertilidade do solo, reduzindo o uso de agroquímicos.

Há cerca de quatro décadas, os países industrializados foram se especializando de tal forma a separar colheita e pecuária (Ray & Schaffer, 2005), mas, atualmente investem maciçamente em pesquisas abrangentes nos ILPs, como melhoria dos sistemas, produtividade, uso de esterco, qualidade do solo e da água (Russelle et al., 2007). Os ILPs vão além da simples substituição de lavoura por pastagens temporárias, há uma sinergia entre ambos os processos que tornam o ecossistema agrícola mais complexo e, conseqüentemente mais rico em interações biológicas devido ao aumento de processos na área, demandando maior empenho e conhecimento do produtor.

100 Pastagens intensas e mal manejadas resultam em solos degradados e com baixa
101 produtividade (Jesus, 2006; Lal, 1989; Oliveira & Trindade, 2004; Reicosky et al., 1995). Para
102 solucionar este agravante, associar a pecuária com a lavoura no sistema de plantio direto é o
103 caminho proposto por Gouvello (2010), uma vez que o manejo mínimo do solo, melhora suas
104 características físicas e aumenta a disponibilidade de nutrientes. Um dos grandes receios do
105 agricultor é quanto ao impacto causado pelo pisoteio animal e queda na produtividade no cultivo.
106 Flores (2004) concluiu que a área pastejada não sofreu queda na produção de soja subsequente. O
107 mesmo aconteceu no trabalho desenvolvido por Vieira (2004), onde a produção de soja não sofreu
108 influência devido às diferentes alturas de pastagem anterior.

109 Para que todo esse mecanismo funcione adequadamente, é necessária a manutenção da
110 saúde do solo que está ligada aos processos funcionais realizados por micro-organismos atuantes na
111 decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes. Compreender esta relação é primordial
112 para estabelecer ações conservacionistas de manejo do solo (Silva et al., 2011), mantendo a
113 produção agrícola e pecuária atendendo ao apelo mundial de preservação ambiental. Todo o
114 material depositado no solo (saldo positivo de carbono) agregado a microbiota do solo contribui
115 substancialmente para o equilíbrio e a sustentabilidade do solo, havendo melhora na capacidade de
116 troca catiônica real do solo, resultando em maior armazenamento de nutrientes (Embrapa, 2010). O
117 sistema radicular das plantas também atua positivamente, melhorando a estruturação,
118 descompactação e permeabilidade do solo (Nóbrega, 1999). Carvalho et al. (2011) comentam que a
119 presença de animais em ILP, concedem heterogeneidade ao solo ao longo do tempo e no espaço e
120 modifica as vias de fluxo de nutrientes (natureza e magnitude), resultando em modificações
121 positivas ao sistema.

122 Segundo Ritz et al. (1994), há milhões de protozoários e bactérias e centenas de fungos e
123 suas hifas, insetos e outros organismos maiores, em somente um cm³ de solo. Não podemos ignorar
124 a importância destes organismos na manutenção do ecossistema do solo, sensível a perturbações
125 antropogênicas (Freckman & Virginia, 1997), e para que seja saudável, os ciclos de energia e
126 nutrientes devem ser mantidos sem grandes variações (O'Neill et al., 1986). Ghini et al. (1998)
127 comenta que 90% da energia do compartimento solo passa pela microbiota, e analisar a atividade
128 destes organismos fornece dados tanto para melhorar e aumentar a produção como conservar este
129 ecossistema.

130 Devido à importância destes micro-organismos na manutenção do solo para uma produção
131 realmente sustentável, o objetivo deste trabalho foi comparar a dinâmica da microbiota durante o
132 plantio da soja na safra 2012/2013 em uma área de rotação de culturas e a outra área de integração
133 lavoura-pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

134

135

136 O estudo foi conduzido em experimento de integração lavoura-pecuária (ILP) e rotação de
137 culturas (ROT) sob sistema de plantio direto na Fazenda Experimental da COAMO –
138 Agroindustrial Cooperativa, município de Campo Mourão, PR, a 24°05'50.31"S, 52°21'20.20"W,
139 altitude média de 630 m. O clima na região, conforme a classificação de Köppen, é tipo Cfa -
140 subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes (Iap-PR, 2005),
141 com precipitação pluvial variando de 10,05 a 92,35 mm e temperatura média entre 21,7 e 25,0 °C
142 (Simepar, 2013) (figura 1). O solo (quadro 1) é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico
143 (Santos et al., 2013).

144 A área experimental compreende aproximadamente 3,88 ha com cinco áreas de lavoura-
145 rotação e a área restante é dedicada à integração lavoura-pecuária (Figura 2). Na área de integração,
146 desde novembro 1999, vem sido cultivadas aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium*
147 *multiflorum* Lam.) no inverno, e na área de lavoura, somente aveia. Nos cultivos de verão, em
148 ambos os sistemas, cultivou-se soja (*Glycine max* (L.) Merrill) entre 2006 a 2010, milho (*Zea mays*
149 L.) em 2011, e soja em 2012, período em que foram realizadas as coletas para esse estudo. Segundo
150 dados fornecidos pela Coamo, no inverno de 2011 foram realizadas adubações no preparo do solo,
151 com 200 kg ha⁻¹ de NPK (8-20-20), e de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de uréia. Para o plantio da soja não
152 houve adubação básica e para a aveia esta foi feita com 300 kg ha⁻¹ de NPK (8-20-20), e adubação
153 de cobertura com 120 kg ha⁻¹ de uréia. O plantio da soja deu-se em 15/12/2012 e a variedade
154 utilizada foi a NK 7059 RR. Na semana anterior ao plantio foi aplicado glifosato (1 kg ha⁻¹), para o
155 controle da buva [*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist].

156 Durante o período experimental (set/2012 à mar/2013) foram realizadas quatro coletas de
157 solo e de raízes, na profundidade de 0-20 cm, com uso de trado holandês, sendo dez amostras
158 compostas em cada área por coleta: integração lavoura-pecuária (ILP), rotação de culturas (ROT) e
159 mata (M). As coletas foram baseadas na cultura de soja: pré-plantio (PP), queda dos cotilédones
160 (QC), formação de vagens (FV) e final do ciclo (FC). As amostras foram acondicionadas em sacos
161 plásticos identificados, mantidas em caixas térmicas durante o transporte ao laboratório e
162 acondicionadas sob refrigeração.

163 Para as análises de colonização radicular total, amostras de 1 g de raízes finas foram
164 separadas, lavadas em água corrente, clareadas em KOH 10%, acidificadas em HCl 5%, coradas
165 com azul de Tripiano e preservadas em lactoglicerol, segundo metodologia descrita por Phillips &

166 Hayman (1970). A porcentagem de colonização radical foi determinada usando-se o método da
167 intersecção de quadrantes, descrito por Giovannetti & Mosse (1980).

168 As amostras de solo foram peneiradas e analisadas em até 48 horas após a coleta, no
169 Laboratório de Análises de Solo da Universidade Estadual do Norte do Paraná, em Bandeirantes,
170 PR. A umidade do solo foi determinada após secagem das amostras de solo a 105 °C, por 24 horas.
171 A determinação da matéria orgânica (M.O.) baseou-se na oxidação do Carbono Orgânico Total
172 (COT), de acordo com Walkley e Black (1934). O teor de matéria orgânica (M.O.) foi obtido pelo
173 valor 1,724, já que admite-se que o carbono constitua cerca de 60% da matéria orgânica do solo
174 (Bento, 2005). O carbono da biomassa microbiana (CBMS) foi determinado pelo método de
175 fumigação-extração (Vance et al., 1987) com clorofórmio isento de etanol e repetições controle não
176 fumigadas (NF). O nitrogênio da biomassa microbiana do solo (NBMS) foi determinado de acordo
177 com Brookes et al. (1985), a partir dos mesmos extratos obtidos para determinação do carbono da
178 biomassa microbiana, ou seja, amostras fumigadas e não-fumigadas. Para estimar a respiração
179 basal do solo (RBS), seguiu-se a proposta de Jenkinson & Powlson (1976), onde organismos
180 aeróbicos presentes no solo promovem a oxidação da matéria orgânica usam o O₂ como acceptor
181 final de elétrons, até CO₂. O quociente metabólico (qCO_2) (Anderson & Domsch, 1993) que
182 identifica o grau de eficiência da microbiota na utilização do C do solo, foi estimado pela razão
183 entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana, seguindo a equação: $qCO_2 =$
184 $RBS/CBMS \cdot 1000$. Já para obter o $qMIC$, quociente microbiano, seguiu-se o proposto por Sparling
185 (1992), utilizando a razão entre o C da biomassa microbiana e o Carbono Orgânico total do solo.

186 Os resultados foram submetidos à análise de variância bifatorial (ANOVA), seguida do
187 teste de Tukey, ao nível de 5%. As variáveis bióticas também foram correlacionadas entre si e com
188 a produtividade da safra 2012-2013.

189

190

RESULTADOS

191

192 Os teores médios de MO e COT (g kg⁻¹) do solo da mata foram maiores que os das áreas
193 cultivadas (M=50,96/29,56; ILP=39,88/23,14; ROT =36,93/21,43, respectivamente). O mesmo foi
194 verificado para o CBMS (mg C kg⁻¹) (M=336,3; ILP=118,78; ROT =96,36) e o $qMIC$ (%) (M=1,15;
195 ILP=0,51; ROT =0,45). Comparando as respostas das variáveis citadas nas três áreas ao longo dos
196 meses do cultivo, verificou-se correspondência entre elas (Figura 4).

197 O mesmo tipo de resposta foi verificado para o teor de NBMS (mg kg⁻¹) nas três áreas
198 (M=0,49; ILP=0,34; ROT =0,26), no entanto, estas foram inversas às verificadas nos teores de

199 COT, CBMS e q_{MIC} , ou seja, os teores de NBMS foram mais altos nos períodos de pré-plantio e
200 formação de vagens, e menores na queda dos cotilédones e final do ciclo da soja (Figura 5). Os
201 teores de NBMS variaram pouco no sistema ROT, diferentemente do observado na ILP. No
202 período de queda de cotilédones, foram observados os menores valores, e no período de formação
203 de vagens, os maiores, sendo as diferenças entre os sistemas, significativas apenas neste período.
204 No final do ciclo, os teores diminuíram na ILP, ficando muito próximos dos verificados na ROT.

205 Os valores de CBMS iniciais das áreas cultivadas (Quadro 1) diferiram significativamente
206 e durante as demais coletas, os teores se aproximaram, não demonstrando mais esta diferença
207 inicial. A mata apresentou teores superiores de CBMS em todas as coletas comparadas as áreas
208 manejadas e, ao longo do cultivo apresentou diferenças significativas: $QC > PP/FC > FV$. O mesmo
209 aconteceu com o COT que se mostrou mais elevado em ILP no PP e também em QC. Após, estes
210 valores também se aproximaram entre ILP e ROT. E a mata com valores acima das áreas cultivadas
211 oscilando entre as coletas: $PP/FV > QC/FC$.

212 Os valores da atividade respiratória da biomassa microbiana (Quadro 1) demonstram
213 comportamento diferenciado e não relacionada com as variáveis tratadas até o momento. O manejo
214 do solo (ILP e ROT) não influenciou significativamente quando comparados à área de mata.
215 Destaca-se diminuição significativa em ILP nos momentos queda do cotilédone e formação da
216 vagem. A RBS observada no final do ciclo foi significativamente maior que as dos períodos
217 antecessores, em todas as áreas.

218 O q_{CO_2} (Quadro 1) também teve comportamento distinto ao longo do ciclo de cultivo,
219 com variações pouco evidentes nas áreas de mata e ILP, e mais acentuadas na ROT, especialmente
220 na fase inicial do desenvolvimento da soja. Os valores de q_{CO_2} foram menores na mata e maiores
221 em ROT ($M=1,97$; $ILP=4,88$; $ROT =11,24$). Os resultados obtidos foram influenciados pelas
222 flutuações ocorridas em CBMS e RBS. No pré-plantio, em ROT, o valor foi o mais alto em todos os
223 períodos e áreas, consequência do baixo valor do CBMS nesta coleta. E também em FV, o valor foi
224 significativamente superior às outras áreas (ILP e M). O q_{MIC} (Quadro 1) demonstrou diferenças
225 entre as áreas manejadas somente no pré-plantio ($ILP > ROT$) e apresentou flutuações semelhantes
226 em todas as áreas, alternando $PP/FV > QC/FC$.

227 A colonização micorrízica (Quadro 2) na mata diferiu das áreas cultivadas, apresentando
228 comportamento oposto nos dois últimos períodos de amostragem (Figura 5). Todavia, diferenças
229 significativas entre as áreas não foram detectadas ($M=83,09$; $ILP=87,23$; $ROT =86,61$). No pré-
230 plantio, as menores porcentagens de CRT foram observadas na ROT, mas durante o ciclo da soja,
231 estas foram aumentando continuamente, como na ILP, sendo o período de desenvolvimento o único
232 que influenciou significativamente esta variável (Tabela 1). A colonização radicular de soja foi alta

233 nos dois sistemas de cultivo, aumentando continuamente até a fase de formação de vagens e
234 estabilizando no final do ciclo.

235 As variáveis independentes, sistemas de cultivo e períodos de desenvolvimento da soja,
236 ocasionaram diferenças significativas em todos os parâmetros investigados (Quadro 3). Interações
237 significativas também foram observadas entre os parâmetros, estando as inversões no padrão de
238 respostas associadas, de modo geral, aos estádios finais do desenvolvimento da soja (FV e FC).

239

240

DISCUSSÃO

241

242 As diferenças verificadas nos teores de MO e COT da mata e das áreas cultivadas ao longo
243 do período da safra de soja estão diretamente relacionadas à deposição e o tipo de matéria orgânica
244 depositada no sistema, onde a principal fonte de C para o solo está na serrapilheira (Cerri et al.,
245 1997). Na mata, a queda de folhas, flores e frutos varia com as espécies presentes, que são
246 permanentes e se reproduzem em tempos variados, diferentemente do observado nas áreas
247 cultivadas com plantas de ciclo anual. Estas diferenças entre mata e áreas cultivadas sob PD,
248 também foram encontradas por Luciano et al. (2010) em solo Cambissolo háplico, onde em mata os
249 valores variavam entre 30 e 39,6 g kg⁻¹, e em plantio direto entre 20 e 24 g kg⁻¹, na camada entre 0 e
250 0,10 cm de profundidade. Matas apresentam maiores valores de carbono orgânico e
251 conseqüentemente, maior estabilidade de agregados quando comparadas às áreas sob plantio direto
252 (Silva et al., 1998).

253 Sistemas ILP associados ao PD demonstram um aporte diferenciado de resíduos,
254 comparados a lavouras. O teor de MO é influenciado pelo pastejo, resultando em aumento no
255 sistema radicular (Carvalho et al., 2011), aumento da exsudação radicular (Tisdall & Oades, 1982)
256 tanto na pastagem como nas culturas de grãos que integram este sistema. (Salton et al., 2002; 2005;
257 Souza et al., 2008). Estas modificações favorecem a agregação do solo (Souza et al., 2010), tendo
258 reflexos positivos na formação e atividade da biomassa microbiana (Souza et al., 2010). Também, a
259 modificação nas características físicas e químicas do material vegetal, após a mastigação e
260 ruminação, favorece a mineralização do material excretado, contribuindo para o aumento da
261 diversidade microbiana e velocidade de decomposição, que aumenta a disponibilidade de nutrientes
262 no solo (Archer & Smeins, 1991), que podem ser utilizados tanto pelas plantas como pelos micro-
263 organismos. Lavouras de soja em regime de PD quando convertidas em ILP sob PD, resultam em C
264 acumulado no solo. Vale ressaltar que este acréscimo de C é dependente das culturas utilizadas, as
265 condições ambientais e o tempo de implementação da integração (Carvalho et al., 2010). Souza et
266 al. (2009) avaliaram o aporte de C e N em solo latossolo vermelho distroférrico, em sistema ILP sob

267 PD, e concluíram que este sistema aumenta os estoques de COT do solo, em intensidades
268 moderadas de pastejo (20 e 40 cm), fato este usual na área aqui analisada, onde emprega-se pastejo
269 com alturas entre 14 a 21 cm.

270 Em ROT, o aumento de MOS foi mais sutil, provavelmente por causa do menor
271 crescimento das plantas, fato observado em campo e constatado pela produtividade. Esta menor
272 variação estar relacionada com o manejo e o tipo de matéria acumulada no solo (mais recalcitrante)
273 no período de inverno. O teor de MOS na maioria dos solos, em horizontes mais superficiais,
274 variam entre 0,5 e 5% (Silva et al., 2006). Neste experimento os percentuais médios foram de 5%
275 em mata, 4% em ILP e 3,6% em ROT.

276 As semelhanças verificadas no CBMS, q_{MIC} e NBMS da mata e das áreas cultivadas ao
277 longo do período da safra de soja indicam que fatores externos às práticas agrícolas tiveram
278 influência nos processos de incorporação de C pela microbiota do solo.

279 As diferenças dos valores de CBMS no pré-plantio entre as áreas demonstra a efetividade
280 do sistema de integração lavoura-pecuária na preservação dos indicadores de fertilidade do solo.
281 Souza et al. (2008) avaliou uma área de ILP (latossolo vermelho distroférico no RS) e detectou que
282 o maior valor de CBMS foi observado na pastagem em setembro e em pastagens com alturas de 20
283 cm. Este fato corrobora o valor inicial em ILP, cerca de 71% superior ao da área ROT. Alves et al.
284 (2011) concluíram que o aumento da CBMS em ILP está ligado ao aporte de esterco e urina dos
285 bovinos associado ao uso de diferentes espécies vegetais que incrementam a matéria orgânica e
286 estimula a biomassa.

287 Por ser a parte viva da matéria orgânica, a biomassa microbiana é sensível até mesmo a
288 pequenas alterações no manejo do solo (Souza et al., 2008), a queda na FV em todas as áreas pode
289 estar relacionada a fatores ambientais. Na mata, esta queda foi mais acentuada de acordo com a
290 figura 5, pois na época da coleta, houve desbaste de algumas árvores que compõem a área. A alta
291 taxa de precipitação pluviométrica (255 mm) verificada quinze dias antes da última coleta pode
292 estar correlacionada com o aumento na RBS e no CBMS do final de ciclo. Yao et al. (2011)
293 constataram que as variações ambientais interferem na dinâmica microbiana do solo onde, estas
294 duas variáveis apresentam maiores valores em estações quentes e úmidas. Este fato também foi
295 corroborado por Patel et al. (2010), que observaram que tanto temperatura como umidade
296 influenciaram a biomassa microbiana. Outro fator que pode ter colaborado com as flutuações do
297 CBMS é a fenologia da planta, pois no período reprodutivo há alterações no estado metabólico e
298 energético da planta, direcionando nutrientes para floração e formação de frutos (Kerbaudy, 2008).

299 A respiração da biomassa microbiana na última coleta apresentou os maiores valores, fato
300 que pode além de estar relacionado com a alta na precipitação e também com o acúmulo de material

301 vegetal no final de ciclo. Souza et al. (2006) detectaram que em solos de Cerrado sob vegetação
302 nativa, a taxa respiratória encontrada foi alta, o que está relacionado ao grande aporte de
303 serrapilheira e aumento no CBMS. Estes dois fatores podem ter influenciado a biota do solo, com
304 consequente aumento na taxa respiratória.

305 Os maiores teores de NBMS verificados na ILP, podem ter sido resultado de um maior
306 aproveitamento do nitrogênio presente nos excrementos do gado (Mathews et al., 1996). O retorno
307 diário de nitrogênio através das fezes de uma novilha é de 22,10g (Braz et al. (2002). Souza et al.
308 (2010) sugerem que os teores de NBMS em áreas de ILP não estão relacionados com os resíduos
309 anteriores à cultura de soja e sim com a capacidade de absorção do nitrogênio do solo pela planta,
310 que altera a disponibilidade para a microbiota. Vargas et al. (2005) e Hatch et al. (2000) ressaltaram
311 que o aumento de NBMS só é possível de ser detectado em ILP sob PD a longo prazo, uma vez que
312 há efeito cumulativo do C orgânico do solo convertido da matéria orgânica depositada.

313 Os maiores valores de qCO_2 e respiração microbiana verificadas na ROT revelam que este
314 sistema foi o menos produtivo em termos de estoque de carbono na biomassa microbiana (Gama-
315 Rodrigues, 1999). O acúmulo de resíduos do milho cultivado ainda na safra de verão pode ter
316 contribuído para esse maior dispêndio de energia por parte da microbiota no processo de
317 decomposição da matéria orgânica. Gramíneas C_4 possuem maior quantidade de compostos
318 recalcitrantes, como lignina (Wilson, 1997) e da alta relação C:N (Thomas, 1992) que resulta em
319 aumento na persistência da cobertura do solo interferindo na labilidade da MO, e consequentemente
320 no uso desta como fonte de carbono e energia para a microbiota (Souza et al., 2006). Carneiro et al.
321 (2013), analisando ILP em Neossolo Quartzarênico, constataram que o qCO_2 foi o mais baixo
322 nesta área, comparados a outros manejos de solo (plantio convencional e plantio direto). Este
323 fato pode estar correlacionado com ILP no pré-plantio, onde o qCO_2 foi de $5,64 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} / \text{CBMS}$
324 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, ou seja, 436% abaixo do valor encontrado em ROT ($24,66 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} /$
325 $\text{CBMS} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). As interpretações de quociente metabólico devem ser realizadas com parcimônia,
326 afinal, 15 a 30% da biomassa microbiana do solo é ativa catabolicamente e o restante, permanece
327 latente, com atividade baixa (Mac Donald, 1986).

328

329

CONCLUSÕES

330

331 Os dois sistemas de cultivo avaliados (integração lavoura-pecuária e rotação de culturas)
332 alteraram a dinâmica da comunidade microbiana do solo.

333 A utilização do sistema integração lavoura-pecuária contribuiu para a preservação da
334 microbiota do solo.

335

336

AGRADECIMENTOS

337

338 À COAMO por autorizar o trabalho na Fazenda Experimental e apoio na execução deste e à
339 CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado concedida à primeira autora.

340

341

LITERATURA CITADA

342

343 ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F.
344 Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de
345 manejos. **Acta Sci. Agro.**, 33: 341-347, 2011.

346

347 ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific
348 activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the
349 microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, 25: 393-395, 1993.

350

351 ARCHER, S.; SMEINS, F.E. Ecosystem-level processes. In: Heitschmidt, R.K. & Stuth, J.W., eds.
352 **Grazing management: an ecological perspective**. Portland, Timber Press, 1991. p.109-139.

353

354 BENTO, D. M. **Análise química da degradação de hidrocarbonetos de óleo diesel no estuário**
355 **da Lagoa dos Patos – Rio Grande/RS**. 2005. 112f. Dissertação (Mestrado em oceanografia física,
356 química e geológica), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande – RS, 2005.

357

358 BRAZ, S.P.; NASCIMENTO JR., D.; CANTARUTTI, R.B. et al. Aspectos quantitativos do
359 processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria*
360 *decumbens* na zona da Mata de Minas Gerais. **R. Bras. Zootec.**, 31: 858-865, 2002.

361

362 BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and
363 the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen
364 in soil. **Soil Biol. Biochem.**, 17: 837-842, 1985.

365

- 366 CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; PAULINO, H.B.; ; SALES, LE.O; VILELA, L.A.F.
367 Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas,
368 Goiás. **Bioscience Journal**, v.29, n.6, p.1857-1868, 2013.
369
- 370 CARVALHO, P. C. F. et al. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil**. Universidade
371 Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Boletim técnico.
372
- 373 CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; SULC, R.M.; LANG, C.R.;
374 FLORES, J.P.C.; LOPES, M.L.T.; SILVA, J.L.S.; CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.;
375 FONTANELI, R.S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil
376 improvement in no-till integrated systems. **Nutr. Cycl. Agroecosys.**, 88: 259-273, 2010.
377
- 378 CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua
379 relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de
380 plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. **R. Bras. Ci. Solo**, 22: 527-538,
381 1998.
382
- 383 CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. **Ciclo de Carbono na Amazônia e**
384 **Mudanças Globais**. Anais do 2º Encontro Brasileiro Sobre Substâncias Húmicas. São Carlos,
385 1997.
386
- 387 CHAVEZ, L.F.; ESCOBAR, L.F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MEURER, E.J.
388 Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária
389 sob intensidades de pastejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 46: 1254-1261, 2011.
390
- 391 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola 2012 –**
392 **Levantamento junho/2012**. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2)
393 [1253&t=2](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2)>. Acesso em: 01 set. 2013.
394
- 395 DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos
396 e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no
397 estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, 28: 505-517, 2004.
398

- 399 EMBRAPA. **Cultivo da videira. Manejo e conservação do solo.** 2010. Disponível em:
400 <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/manejo.ht
401 ml >. Acesso em: 05 jan. 2014.
- 402
- 403 EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** EMBRAPA, 1999. 412p.
- 404
- 405 FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Mixed**
406 **Crop-Livestock Farming: A Review of Traditional Technologies based on Literature and**
407 **Field Experience.** Animal Production and Health. Papers 152. Rome: FAO. 2001.
- 408
- 409 FLORES, J.P.C. **Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-**
410 **pecuária com diferentes pressões de pastejo em plantio direto com aplicação de calcário na**
411 **superfície.** Porto Alegre: UFRS, 2004. 74p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio
412 Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- 413
- 414 FRECKMAN, D.W.; VIRGINIA, R.A. Low Diversity Antarctic Soil nematode communities:
415 distribution and response to disturbance. **Ecology**, 78: 363-369, 1997.
- 416
- 417 GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes In: SANTOS, G.A.;
418 CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas Tropicais**
419 **& Subtropicais.** Porto Alegre: Ed. Gênese, 1999. p.227–243.
- 420
- 421 GHINI, R.; MENDES, M.D.L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína
422 (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*.
423 **Summa Phytopathol.** 24: 239–242, 1998.
- 424
- 425 GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular
426 mycorrhizal infections in roots. **New Phytol.**, 84: 489-500, 1980.
- 427
- 428 GOUVELLO, C. **Estudo de baixo carbono para o Brasil.** Brasília: Banco Mundial, 2010. 278p.
- 429
- 430 HATCH, D.J.; LOVELL, R.D.; ANTIL, R.S.; JARVIS, S.C.; OWEN, P.M. Nitrogen mineralization
431 and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. **Biol. Fert.**
432 **Soils**, 30:288-293, 2000.

433

434 HERNANI, L.C. et al. A erosão e seu impacto. In: MANZATO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E. de;
435 PERES, J.R.R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.
436 p.47-60.

437

438 IAP-PR. Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de Manejo Parque Estadual Lago Azul**. 2005.
439 Disponível em <<http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=37>>. Acesso
440 em: 04 ago. 2012.

441

442 IPARDES - **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. Paraná em números.
443 Disponível em: < http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1 >.
444 Acesso em: 10 dez. 2013.

445

446 JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I.
447 Fumigation with chloroform. **Soil Biol. Biochem.**, 8: 167-177, 1976.

448

449 JESUS, C.P. **Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração**
450 **lavoura-pecuária em área sob plantio direto**. Lages: UDESC, 2006. 46p. Dissertação.
451 (Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2006.

452

453 KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal** – 2ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda.,
454 2008.

455

456 KOHNKE, H. **Soil physics**. New York, Mac Grow-Hill, 1968. p.118-142.

457

458 LAL, R. Conservation tillage for sustainable agriculture: Tropics versus temperate environments,
459 **Adv. Agron.**, 42: 85-197, 1989.

460

461 LUCIANO, R.V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; KURTZ, C.; FAYAD, J.A. Propriedades físicas
462 e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico.
463 **Rev. Ciên. Agrov.**, 9: 9-19, 2010.

464

465 MAC DONALD, R.M. Extraction of microorganisms from soil. **Biol. Agric. Hortic.**, 3: 361-365,
466 1986.

467

468 MATHEWS, B. W.; SOLLENBERGER, L.; TRISTSCHLER, J. P. Grazing systems and spatial
469 distribution of nutrients in pastures: Soil considerations. . In: R E Joots and C A Roberts (Editors),
470 **Nutrient cycling on forage systems** - Proceedings of a symposium held, march 7-8, 1996,
471 Columbia, Missouri., pg. 213-229.

472

473 NÓBREGA, L.H.P. **Plantio Direto: o caminho do futuro.** In. : Apostila disciplina fitotecnia.
474 Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel: 1999.

475

476 O'NEILL, R.V.; DEANGELIS, D.L.; WAIDE, J.B.; ALLEN, T.F.H. **A Hierarchical Concept of**
477 **Ecosystems.** Princeton: Princeton University Press, 1986.

478

479 OLIVEIRA, A.A.R.; TRINDADE, A.V. **Micorrizas na agricultura.** Embrapa, 2004. Disponível
480 em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2000/artigo.2004-12-07.25427400> 41>. Acesso em:
481 08 set 2012.

482

483 PATEL, K; KUMAR, J.I. N.; KUMAR, R.N.; BHOI, R.K. Seasonal and temporal variation in soil
484 microbial biomass c, n and p in different types land uses of dry deciduous forest ecosystem of
485 Udaipur, Rajasthan, Western India. **AEER**, 8: 377-390, 2010.

486

487 PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic
488 and vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **T. Brit. Mycol.**
489 **Soc.**, 55: 158-160, 1970.

490

491 RAY, D.E.; SCHAFFER, H.D. **How federal farm policy influences the structure of our**
492 **agriculture.** 2005. Disponível em: <<http://www.agpolicy.org/pubs/raystructuresession>
493 [summary.pdf](http://www.agpolicy.org/pubs/raystructuresession)>. Acesso em 26 ago 2012.

494

495 REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; DOUGLAS Jr, C.L.; RASMUSSEN,
496 P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **J. Soil Water**
497 **Conserv.**, 50: 253-261, 1995.

498

499 RITZ, K.; DIGHTON, J.; GILLER, K.E. **Beyond the biomass composition and functional**
500 **analysis of soil microbial communities.** Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

501

502 RUSSELLE, M.P.; ENTZ, M.H.; FRANZLUEBBERS, A.J. Reconsidering integrated crop-
503 livestock systems in North America. **Agron. J.**, 99: 325-334, 2007.

504

505 SALTON, J.C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em**
506 **ambiente tropical**. Porto Alegre, UFRS, 2005. 158p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do
507 Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

508

509 SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e
510 compactação do solo. **R. Plantio Direto**, 69:32-34, 2002.

511

512 SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. ; CERETTA, C. A. Composição da Fase Sólida Orgânica do
513 Solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 3ª ed. EVANGRAF, Porto Alegre,
514 2006.

515

516 SILVA, R.F.; GUIMARÃES, M.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. Análise conjunta de
517 atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec.**
518 **Bras.**, 46: 1277-1283, 2011.

519

520 SILVA, M.L.N.; BLANCANEAUX, P.; CURTI, N.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S.M.;
521 CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro
522 cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesq. Agropec. Bras.**, 33:97-103,1998

523

524 SIMEPAR. **Sistema Meteorológico do Paraná**. Centro Politécnico da UFPR - Curitiba - Paraná –
525 Brasil, 2013.

526

527 SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO P.C.F.; ANDRIGUETI, M.;
528 CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-
529 pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 33: 1829-
530 1836, 2009.

531

532 SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA,C.A.; BUZETTI, S. Alterações nas
533 frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo.
534 **Acta Sci. Agro.**, 28: 305-311, 2006.

535

536 SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.;
537 CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração
538 agricultura-pecuária submetidos a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **R. Bras. Ci.**
539 **Solo**, 32:1273- 1282, 2008.

540

541 SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I. Biomassa microbiana do solo em sistema de
542 integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de manejo. **Rev. Bras Ci.**
543 **Solo**, 34: 79-88, 2010.

544

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

547

548 THE ROYAL SOCIETY. **Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of**
549 **global agriculture.** In: I International Assessment of Agricultural Science and Technology for
550 Development, Global Report, Washington, 2009.

551

552 THOMAS, R.J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures.
553 **Grass For. Sci.**, 47: 133-142, 1992.

554

555 TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic-matter and water-stable aggregates in soils. **J. Soil Sci.**, 33:
556 141-163, 1982.

557

558 VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil
559 microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, 19: 773-77, 1987.

560

561 VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com
562 milho em sucessão à aveia-preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ci. Rural**, 35:76-83,
563 2005.

564

565 VIEIRA, F.T.S. **Produção da pastagem de inverno, rendimento animal e produtividade da soja**
566 **em integração lavoura-pecuária.** Curitiba: UFPR, 2004, 54p. Dissertação (Mestrado)
567 Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

568

569 WALKLEY, A; BLACK, I. A. An examination of the Degtjarref method for determining soil
570 organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **J. Soil Sci.**, n. 37,
571 p. 29-38, 1934.

572

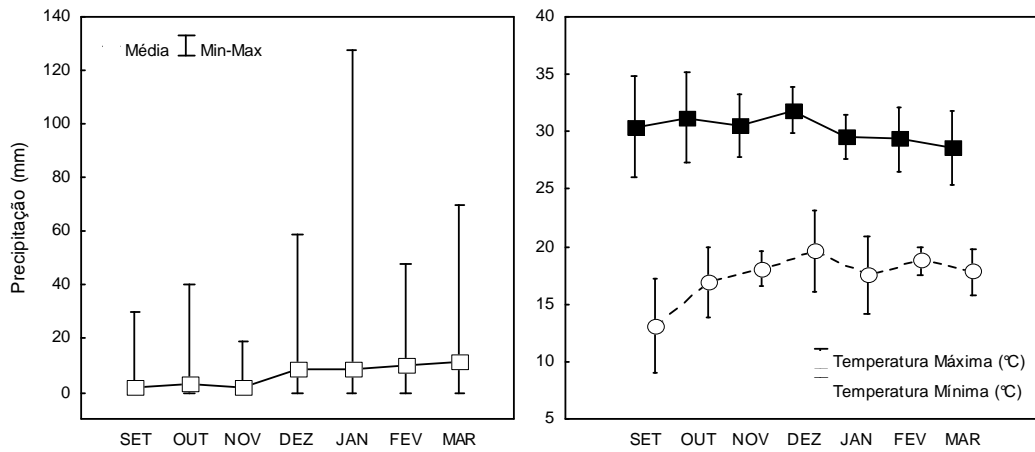
573 WILSON, J. R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for
574 ruminants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER
575 GRAZING, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 173-208.

576

577 YAO, H.; GAO, Y.; NICOL, G.W.; CAMPBELL , C.D.; PROSSER, J.I.; ZHANG, L.; HAN, W.;
578 SINGH, B.K. Links between ammonia oxidizer community structure, abundance 1 and nitrification
579 potential in acidic soils. **Appl. Environ. Microbiol.**, 77: 4618-4625, 2011.

580

581

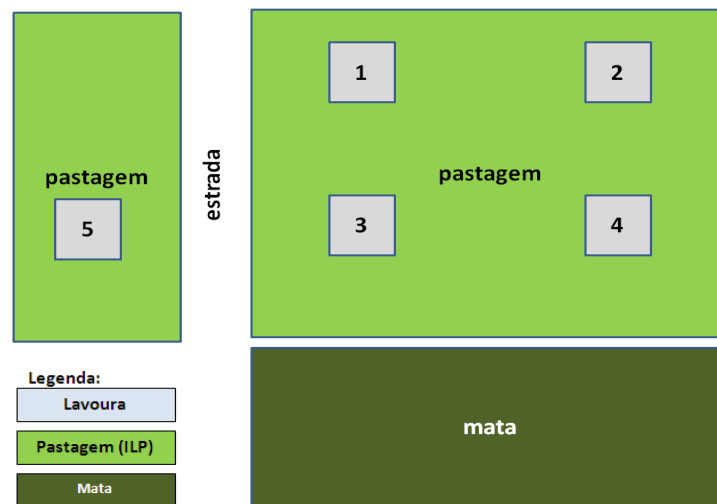


582

583 Figura 1: Valores médios de precipitação (a) e temperaturas máxima e mínima (b) do município de
584 Campo Mourão, PR, no período da safra de soja (2012-2013). Fonte: Simepar, 2013.

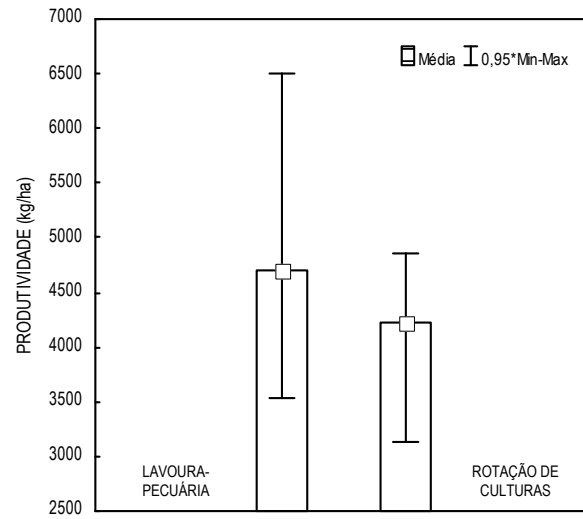
585

586



588 Figura 2: Esquema ilustrativo da área experimental de ILP e Lavoura, Fazenda Experimental
589 Coamo, Campo Mourão, PR.

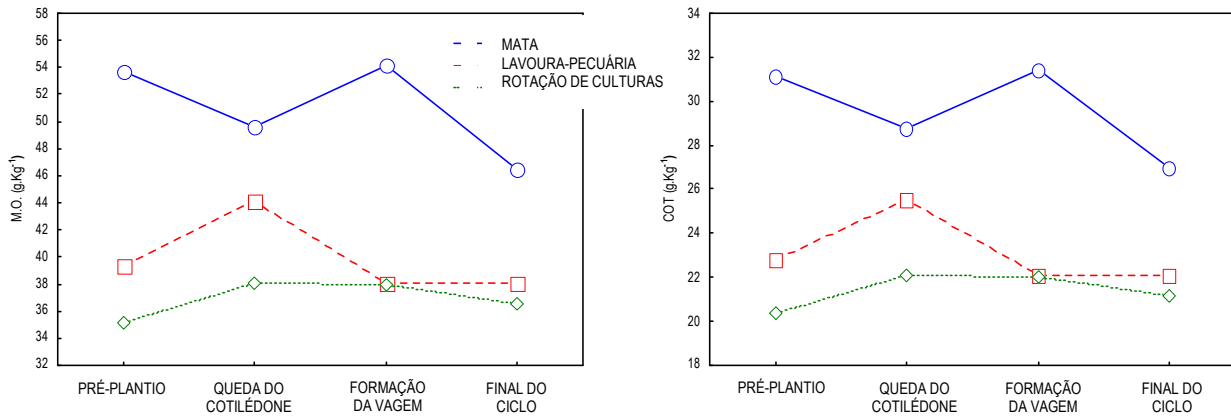
590



591

592 Figura 3: Produtividade de soja em área de integração lavoura-pecuária e rotação de culturas,
593 em Campo Mourão, PR, safra 2012/2013 (n=10).

594



595

596

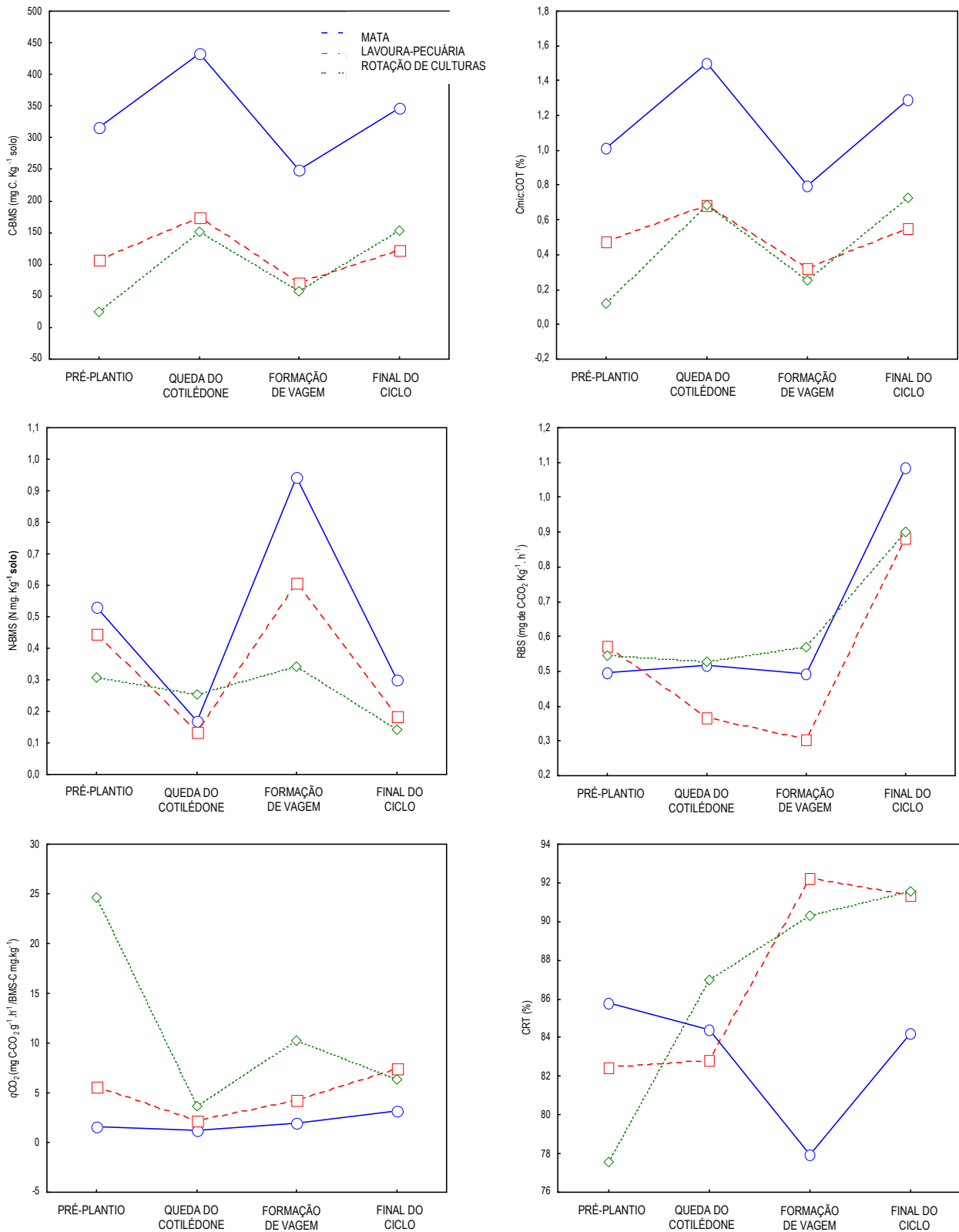
597

598 Figura 4: Teores médios de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT) na camada de 0
 599 a 20 cm, em latossolo vermelho distroférrico, no município de Campo Mourão, em três áreas: mata,
 600 integração lavoura-pecuária e rotação de culturas (n=8).

601

602

603

604
605606
607

608

609 Figura 5: Teores médios de carbono da biomassa microbiana (CBMS), quociente microbiano
 610 (Cmic:COT), nitrogênio da biomassa microbiana (NBMS), respiração basal (RBS), quociente
 611 metabólico (qCO_2) e colonização radical total por FMA (CRT) na camada de 0 a 20cm, em
 612 latossolo vermelho distroférico, no município de Campo Mourão, em três áreas: mata, integração
 613 lavoura-pecuária e rotação de culturas (n=8).

614 Quadro 1. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), nitrogênio da biomassa microbiana
 615 do solo (NBMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2) e quociente
 616 microbiano ($qMIC$) nas coletas: pré-plantio (PP), queda dos cotilédones (QC), formação de vagens
 617 (FV) e final do ciclo (FC).
 618

Áreas	Coleta	CBMS	NBMS	RBS	qCO_2	$qMIC$
		mg Kg ⁻¹ C da BMS	mg. Kg ⁻¹ N da BMS	mg Kg ⁻¹ . h ⁻¹ de C-CO ₂ do solo	µg Kg ⁻¹ . h ⁻¹ de C-CO ₂ do CBMS	%
Mata	PP	315,41	0,53	0,496	1,608	1,015
	QC	433,15	0,17	0,518	1,163	1,502
	FV	249,50	0,94	0,494	1,989	0,795
	FC	347,17	0,30	1,085	3,136	1,291
	PP	108,10	0,45	0,574	5,644	0,474
ILP	QC	174,10	0,13	0,366	2,210	0,688
	FV	70,74	0,61	0,306	4,253	0,321
	FC	122,21	0,18	0,884	7,431	0,554
	PP	24,75	0,29	0,544	24,660	0,122
ROT	QC	150,42	0,25	0,527	3,684	0,682
	FV	56,62	0,34	0,571	10,279	0,256
	FC	153,66	0,14	0,899	6,345	0,729

619

620 Quadro 2. Matéria orgânica do solo (MO), carbono orgânico total (COT) e colonização micorrízica
 621 total (Col) nas coletas: pré-plantio (PP), queda dos cotilédones (QC), formação de vagens (FV) e
 622 final do ciclo (FC).

Áreas	Coleta	MO (g.Kg ⁻¹)	COT (g.Kg ⁻¹)	Col (%)
Mata	PP	53,65	31,12	85,78
	QC	49,62	28,78	81,71
	FV	54,11	31,39	84,43
	FC	46,47	26,96	77,94
ILP	PP	39,34	22,82	84,23
	QC	44,08	25,57	82,84
	FV	38,08	22,09	92,24
	FC	38,04	22,06	91,39
ROT	PP	35,14	20,38	77,60
	QC	38,08	22,09	86,97
	FV	37,99	22,04	90,32
	FC	36,52	21,19	91,55

Quadro 3. Resumo da ANOVA bifatorial investigando os efeitos do sistema de cultivo e do período de desenvolvimento da soja sobre as variáveis relacionadas com a ciclagem de nutrientes, biomassa microbiana do solo e colonização micorrízica.

Variáveis	Sistemas de Cultivo		Períodos de Desenvolvimento		Sistemas x Períodos	
	F	p	F	p	F	p
Matéria Orgânica do Solo	26,56	***	10,09	***	5,39	**
Carbono Orgânico Total	26,56	***	10,09	***	5,39	**
Carbono da Biomassa Microbiana	7,20	**	35,96	***	7,89	***
Quociente Microbiano	2,68	ns	31,67	***	8,21	***
Nitrogênio da Biomassa Microbiana	6,16	*	20,16	***	6,05	***
Respiração Basal do Solo	6,98	**	29,66	***	3,00	*
Quociente Metabólico	67,59	***	43,72	***	33,39	***
Colonização Micorrízica	0,046	ns	3,85	*	0,46	ns

*** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns: $p > 0,05$

ANEXO 1

Regras para publicação da Revista Brasileira de Ciência do Solo

A Revista Brasileira de Ciência do Solo é um periódico de divulgação científica publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Os trabalhos submetidos à publicação somente poderão ser enviados pelo site www.sbc.org.br, e não mais em papel, e nas seguintes formas:

Artigos ou notas científicas.

Revisões de literatura sobre tema específico.

Cartas ao Editor de, no máximo, quatro páginas digitadas em espaço duplo, contendo um dos seguintes temas: (a) Comunicação de matéria diretamente ligada à Ciência do Solo; (b) Comentário crítico de trabalhos publicados na Revista Brasileira de Ciência do Solo. Só serão aceitos trabalhos escritos em português ou inglês, depois de revistos e aprovados pela Comissão Editorial, e que não foram publicados e não submetidos à publicação em outro veículo. Excetuam-se, nesta última limitação, os apresentados em congressos, em forma de resumo. O autor que encaminhar o trabalho deverá se responsabilizar pelos demais autores, quando houver, como co-responsáveis pelo conteúdo científico do trabalho.

Os trabalhos subdivididos em partes I, II..., devem ser enviados juntos, pois serão submetidos aos mesmos revisores.

Solicita-se observar as seguintes instruções para o preparo dos artigos e notas científicas:

1. O original deve ser encaminhado completo e revisto.
2. Deve ser enviado digitado em espaço 1,5, utilizando fonte “Times New Roman 12”, formato A4, com 2,5 cm nas margens superior e inferior e 2,0 cm nas margens direita e esquerda, enumerando-se todas as páginas e as linhas do texto.
3. O trabalho deve ser o mais claro e conciso possível. Somente em casos especiais serão aceitos trabalhos com número de páginas de texto superior a quinze.
4. Os artigos, notas e revisões deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso, entidades financiadoras do projeto e, necessariamente, a data (Recebido para publicação em //) em que o trabalho foi recebido para publicação. O cargo, o local de trabalho dos autores [endereço postal e, se possível, eletrônico (E-mail)], deverão ser inseridos também no rodapé, em numeração consecutiva de chamada de números-índices colocados logo após o nome de cada autor. A condição de bolsista poderá ser incluída.

5. Os artigos deverão ser divididos, sempre que possível, em seções com cabeçalho, na seguinte ordem: RESUMO, SUMMARY (precedido da tradução do título para o inglês), INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, AGRADECIMENTOS e LITERATURA CITADA. Não há necessidade dessa subdivisão para os artigos sobre educação, revisões de literatura e notas científicas, embora devam ter, obrigatoriamente, RESUMO e SUMMARY.

Tais seções devem ser constituídas de:

5.1. TÍTULO do trabalho que deve ser conciso e indicar o seu conteúdo.

5.2. RESUMO que deve apresentar, objetivamente, uma breve frase introdutória, que justifique o trabalho, o que foi feito e estudado, os mais importantes resultados e conclusões.

Será seguido da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do RESUMO para o inglês constituirá o SUMMARY.

5.3. INTRODUÇÃO que deve ser breve, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo do trabalho.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS em que devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores.

5.5. RESULTADOS que devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. Quadros ou figuras devem ser preparados sem dados supérfluos.

5.6. DISCUSSÃO que deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

5.7. CONCLUSÕES que devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

5.8. AGRADECIMENTOS devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

5.9. LITERATURA CITADA, incluindo trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética e da seguinte forma:

a. Periódicos: Nome de todos os autores, Título do artigo. Título abreviado do periódico, volume: páginas inicial e final, ano de publicação. Exemplo:

FONSECA, J.A. & MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras. Ci. Solo, 21:47-50, 1997.

b. Livro: Autores. Título da publicação. Número da edição. Local, Editora, ano de publicação. Número de páginas. Exemplo:

KONHNKE, H. Soil physics. 2.ed. New York, MacGraw Hill, 1969. 224p.
 c. Participação em obra coletiva: Autores. Título da parte referenciada seguida de In: Nome do editor. Título da publicação, número da edição. Local de Publicação, Editora, ano. Páginas inicial e final. Exemplos: Capítulo de livro:

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E., ed. Chemistry of the soil. 2.ed. New York, Reinhold, 1964. p.71-141.

d. Trabalho em Anais:

VETTORI, L. Ferro “livre” por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

e. CD-ROM:

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. & CURI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13., 1996. Anais. Águas de Lindóia, Embrapa, 1996. CD-ROM

f. Internet:

EL NIÑO and La Niña. Disponível em: < <http://www.stormfax.com/elnino.htm>>. Acesso em 15 out. 2000.

As abreviações de nome de revistas devem ser feitas de acordo com as usadas pelos “abstracting journals”, como dos Commonwealth Agricultural Bureaux.

6. As referências no texto deverão ser feitas na forma: Silva & Smith (1975) ou (Silva & Smith, 1975). Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida: (Souza et al., 1975). Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor(es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).

7. Os quadros deverão ser numerados com algarismos arábicos, sempre providos de um título claro e conciso e construídos de modo a serem auto-explicativos. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem aparecer para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma ao final do quadro. O quadro deve ser feito por meio de uma tabela (MICROSOFT WORD/TABELA/INSERIR TABELA), no qual cada valor deve ser digitado em células distintas, estando centralizado e alinhado.

8. Os gráficos deverão ser preparados, utilizando-se “Softwares” compatíveis com “Microsoft Windows” (“Excel”, “Power Point”, “Sigma Plot”, etc.). Para fotos e mapas coloridos utilizar resolução de 150 a 300 DPI. Não serão aceitas figuras que repitam informações de quadros.

9. Fotos coloridas, quando imprescindíveis, a critério da Comissão Editorial serão, também, aceitas. Os custos adicionais deverão ser cobertos pelos autores.