

COLONIZAÇÃO E DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS EM DOIS SOLOS DO CERRADO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO¹

Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro², Marco Aurélio Carbone Carneiro²,
Helder Barbosa Paulino² e Orivaldo José Saggin Junior³

ABSTRACT

COLONIZATION AND SPORE DENSITY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN TWO CERRADO SOILS IN DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

The objective of this study was the evaluation of root mycorrhizal colonization and the spore density of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), as well as the effects of tillage systems in two soil classes (Entisol and Oxisol). The study was carried out in farms around the "Parque Nacional das Emas", Goiás State, Brazil, where density of AMF spores and mycorrhizal colonization of roots in the different tillage systems were determined. Areas cultivated with grasses presented larger mycorrhizal colonization and density of AMF spores in both soils as compared with the soybean cropped area. Small effect of the tillage systems was verified in regard to evaluated characteristics. However, the results showed alterations in the AMF population, with an increase in spore density, that was reflected in the mycorrhizal colonization in the cropped areas as related to the reference areas.

KEY WORDS: biological indicator, sandy soils, conservation of the soil, soil quality.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a colonização micorrízica e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), bem como os efeitos de diferentes sistemas de manejo em duas classes de solo (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho). O estudo foi conduzido em áreas agrícolas do entorno do Parque Nacional das Emas, Estado de Goiás, onde se determinaram a densidade de esporos de FMA e a colonização micorrízica de raízes, nos diferentes sistemas de manejo. Áreas sob cultivo de gramíneas apresentaram maiores colonização micorrízica e densidade de esporos de FMA, nos dois solos estudados, relativamente à área cultivada com soja. Verificou-se pequeno efeito dos sistemas de manejo do solo nas características avaliadas, no entanto, os resultados obtidos mostram alterações na população de FMA, com um aumento na densidade de esporos que refletiu na colonização micorrízica nas áreas agrícolas, em relação às áreas de referência.

PALAVRAS-CHAVE: indicador biológico, solos arenosos, conservação do solo, qualidade de solo.

INTRODUÇÃO

A associação entre certos fungos de solo e as raízes das plantas denomina-se micorrizas. Entre esses fungos, os denominados fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são os mais importantes, pois se associam à maioria das plantas e, quando em associação, favorecem o crescimento destas pela maior absorção de água e nutrientes, principalmente fósforo (P). Isso proporciona à planta uma maior tole-

rância a estresses bióticos e abióticos (Moreira & Siqueira 2002).

Essa associação torna-se de extrema importância em solos de baixa fertilidade ou degradado, onde micorrizas do tipo FMA favorecem o estabelecimento das plantas, maximizam o uso de nutrientes no solo, como o fósforo (P), cobre (Cu) e zinco (Zn), aumentam a fixação biológica do nitrogênio nas leguminosas e promovem a sustentabilidade do ambiente (Johnson & Pflieger 1992).

1. Trabalho de parceria entre a Universidade Federal de Goiás / Campus de Jataí (UFG/CAJ) e o Instituto Ambiental "The Nature Conservancy – TNC do Brasil", recebido em jan./2004 e aceito para publicação em set./2005 (registro nº 580).

2. Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, UFG/CAJ. Caixa Postal 03, CEP 75800-000 Jataí, GO.

E-mails: meiresilves@yahoo.com.br; carbonecarneiro@yahoo.com.br; helderlino51@yahoo.com.br.

3. Embrapa Agrobiologia (CNPAB). BR 465, Km 7, C. P. 74505, CEP: 23.890-000 Seropédica, RJ. E-mail: saggin@cpab.embrapa.br.

Os fungos micorrízicos arbusculares ocupam um importante nicho ecológico nos ecossistemas, e são influenciados pelas práticas de manejo do solo como aração e adubação, as monoculturas extensivas e os agrotóxicos, que podem reduzir a incidência de algumas espécies de FMA (Siqueira *et al.* 1989). Isso adquire relevância no bioma Cerrado devido à sua fragilidade e grande diversidade edáfica e biológica. O preparo do solo convencional (aração e gradagem) rompe a rede de hifas, o que reduz o potencial de inóculo de FMA e expõe seus propágulos, como hifas, esporos e raízes colonizadas a altas temperaturas, excesso de oxigênio (oxidação) e a predadores, tornando-os inviáveis (Jasper *et al.* 1989, Jasper *et al.* 1991, Kabir *et al.* 1997). Em sistemas menos impactantes como o plantio direto, estudos realizados em Tibagi (PR) mostraram aumento na colonização micorrízica das plantas submetidas a este sistema, em relação ao sistema convencional. No entanto, nesse último ocorreu maior esporulação, fato atribuído ao ambiente estressante do manejo convencional do solo (Venzke-Filho 1999).

Além dos benefícios às plantas, é atribuído aos fungos micorrízicos arbusculares a capacidade de favorecer a agregação do solo (Miller & Jastrow 1992), e isso torna-se importante em solos com alto teor de areia, como os Neossolos Quartzarênicos. Nesses solos, as hifas fúngicas exercem efeito físico de união das partículas e, ainda, exsudam polisacarídeos que atuam ativamente na agregação do solo ou estimulam bactérias produtoras de agentes cimentantes (Siqueira *et al.* 1994). Isso diminui a suscetibilidade desses solos à erosão, a qual se agrava quando estes são submetidos a manejos intensivos e inadequados.

É, portanto, de grande importância avaliar a influência de sistemas de manejo de solo sobre os fungos micorrízicos arbusculares, principalmente no bioma Cerrado. O presente estudo teve o objetivo de determinar a colonização micorrízica de plantas e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em duas áreas sob interferência do Instituto Ambiental "The Nature Conservancy" do Brasil, em parceria com produtores da região do entorno do Parque Nacional da Emas (PNE). A primeira área pertence à microbacia do

Rio Araguaia, estando localizada no município de Mineiros (GO), em 17°54'58" de latitude sul, 53°06'00" de longitude oeste e 800 m de altitude, sendo o solo classificado como Neossolo Quartzarênico (RQ), de extrema fragilidade e com sinais visíveis de degradação por erosão. A segunda área está às margens das nascentes do Rio Sucuriú e Rio Amarelo, na divisa ao sul do PNE, estando localizada a 18°22'54" de latitude sul e 52°47'07" de longitude oeste e 845 m de altitude, no Município de Costa Rica (MS). Nesta área, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho (LV) – solo de textura argilosa, profundo e bem estruturado.

Em cada área foram avaliados, em fevereiro de 2003, cinco diferentes tipos de manejo e uso do solo (Tabela 1), em delineamento inteiramente casualizado. Dentro de cada manejo, foram demarcadas cinco parcelas de 6 m x 25 m, onde se coletaram

Tabela 1. Identificação e descrição das áreas e dos manejos estudados em dois tipos de solo, Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho.

| Ident. | Descrição da área |
|----------------------------------|---|
| -----Neossolo Quartzarênico----- | |
| LP | Sistema de integração lavoura-pecuária. Em 2001, foi realizada a dessecação da pastagem (<i>Brachiaria decumbens</i>) e plantio de soja e na safrinha pousio. Em 2002, plantou-se milho simultaneamente com braquiária. Na época da amostragem a pastagem já estava formada. Sequência: soja/milho+braquiária |
| PS | Em sistema de plantio direto, após dez anos de pastagem (<i>Brachiaria decumbens</i>), esta foi dessecada e realizou-se o plantio da soja. Sequência: braquiária/soja |
| PM | Em sistema de plantio direto, após dez anos de pastagem (<i>Brachiaria decumbens</i>), esta foi dessecada e realizou-se o plantio do milho. Sequência: braquiária/milho |
| RA | Área sob vegetação de gramíneas nativas, que sofreu degradação por exploração agropecuária inadequada, apresentando principalmente o empobrecimento do solo e sulcos de erosão. Atualmente está em processo de reabilitação natural, sem interferência antrópica. |
| CE | Cerrado <i>stricto sensu</i> , que apresenta vegetação arbórea nativa, bem fechada, e solo coberto com densa camada de serapilheira . |
| -----Latossolo Vermelho----- | |
| MPB | Em sistema de plantio direto, em 2002, plantou-se milho e posteriormente formou-se pastagem (<i>Brachiaria decumbens</i>). Sequência: milho/braquiária |
| MMS | Área sob sistema de plantio convencional, ou seja, com revolvimento de solo, com milho cultivado em 2001, milho em 2002 e soja em 2003. Sequência: milho/milho/soja |
| SMS | Área cultivada em sistema de plantio direto, com soja em 2001, milho em 2002 e sorgo em 2003. Sequência: soja/milho/sorgo |
| SNM | Sistema de manejo convencional, em que em 2001 plantou-se soja na safra e nabo forrageiro na safrinha e, em 2002, plantou-se milho. Sequência: soja/nabo forrageiro/milho. |
| CE | Cerrado composto por espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. Solo completamente vegetado |

dez sub-amostras de solo e raízes, perfazendo uma amostra composta correspondente à profundidade de 0-20 cm.

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Solos, da Universidade Federal de Goiás / Campus de Jataí – Centro de Ciências Agrárias e Biológicas. As raízes foram lavadas e armazenadas em álcool 50% e o solo foi armazenado em sacos plásticos e conservado em geladeira a 4°C. Nas amostras de solo foram determinados: pH em água 2:1; Ca, Mg e Al trocáveis, extraídos com KCl 1,0 mol L⁻¹ e analisados por titulometria; P e K extraídos por Mehlich I e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; matéria orgânica do solo, extraída por dicromato de potássio e analisada por titulometria; e as proporções de areia, silte e argila pelo método da pipeta (Embrapa 1997). Os resultados das análises químicas e físicas dos solos encontram-se na Tabela 2.

Para a determinação da colonização micorrízica utilizou-se o método da placa quadriculada (Giovannetti & Mosse 1980). Num microscópio estereoscópico (40x) observou-se 0,5 g de raízes finas, clarificadas com KOH 25 g L⁻¹ (Koske & Gemma 1989) e as estruturas fúngicas, coloridas com azul de metila 0,05% (Grace & Stribley 1991). A densidade de esporos no solo foi obtida separando-os de 50 dm⁻³

de solo por peneiramento úmido em malhas de 0,710 mm e 0,053 mm (Gerdemann & Nicolson 1963) e centrifugações a 3.000 rpm, em água e em sacarose (450 g L⁻¹), por três e dois minutos, respectivamente. Os esporos separados foram, então, contados com o auxílio de microscópio estereoscópico (40x). Essas análises foram feitas no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica-RJ.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste Duncan, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias dos diferentes sistemas de manejo, dentro de cada tipo de solo. A densidade de esporos foi avaliada transformando-se os dados por $(x + 0,5)^{1/2}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de colonização micorrízica das raízes de plantas nos diferentes manejos do Neossolo Quartzarênico encontram-se na Figura 1. Observa-se que nos tratamentos com a seqüência braquiária/milho (PM) e soja/milho + braquiária (LP) a colonização micorrízica do milho foi maior do que nas demais áreas estudadas (PS, RA e CE), as quais não diferiram estatisticamente entre si. A colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por inúmeros fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros (Afek *et al.* 1990). Assim, neste caso as diferentes plantas amostradas em cada área e os diferentes manejo do solo e das culturas podem ter influenciado a colonização micorrízica. E, neste aspecto, os resultados obtidos

Tabela 2. Análises química e física dos solos em áreas sob diferentes manejos em dois tipos de solo, Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho

| Área ¹ | pH | Al | Ca | Mg | MOS ² | K | P | Areia | Silte | Argila |
|------------------------------------|-----|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | cmol dm ⁻³ | cmol dm ⁻³ | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ |
| ----- Neossolo Quartzarênico ----- | | | | | | | | | | |
| LP | 5,7 | 0,09 | 1,01 | 0,59 | 8,77 | 10,96 | 16,66 | 925,0 | 32,3 | 42,6 |
| PS | 5,8 | 0,17 | 0,69 | 0,53 | 8,27 | 9,56 | 11,12 | 900,7 | 48,0 | 51,2 |
| PM | 5,5 | 0,15 | 0,94 | 0,48 | 8,91 | 9,89 | 11,62 | 939,0 | 33,3 | 27,6 |
| RA | 4,7 | 0,60 | 0,20 | 0,15 | 6,63 | 4,38 | 1,67 | 935,7 | 36,5 | 27,8 |
| CE | 4,9 | 0,78 | 0,13 | 0,18 | 8,85 | 9,05 | 1,39 | 930,9 | 31,8 | 37,2 |
| ----- Latossolo Vermelho ----- | | | | | | | | | | |
| MPB | 5,6 | 0,17 | 2,74 | 0,91 | 34,31 | 78,48 | 12,03 | 237,9 | 84,4 | 677,7 |
| MMS | 5,9 | 0,15 | 3,10 | 1,05 | 34,25 | 120,75 | 29,60 | 240,3 | 141,8 | 617,9 |
| SMS | 5,8 | 0,21 | 2,53 | 1,18 | 31,08 | 98,08 | 16,48 | 245,6 | 172,4 | 582,0 |
| SNM | 5,8 | 0,13 | 2,71 | 1,63 | 30,50 | 52,11 | 13,90 | 306,4 | 77,7 | 615,9 |
| CE | 5,0 | 0,83 | 0,13 | 0,20 | 25,49 | 23,05 | 0,69 | 229,4 | 153,0 | 617,6 |

¹- LP: integração lavoura-pecuária; PS: pastagem-soja; PM: pastagem-milho; RA: reabilitação natural; MPB: milho-pastagem de braquiária; MMS: milho-milheto-soja; SMS: soja-milho-sorgo; SNM: soja-nabo-milho; CE: cerrado *stricto sensu*.

²- MOS: matéria orgânica do solo

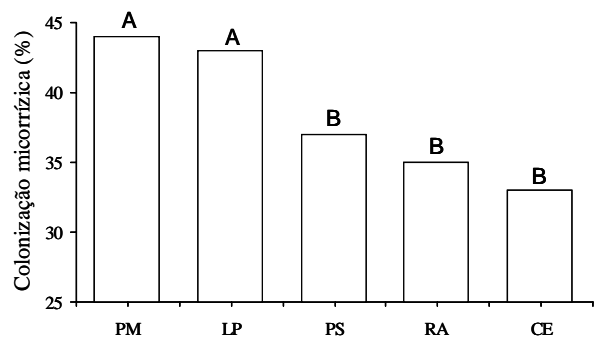


Figura 1. Colonização micorrízica de plantas submetidas a diferentes manejos em Neossolo Quartzarênico. PM - braquiária/milho; LP - soja/milho+braquiária; PS - braquiária/soja; RA - pastagem nativa degradada em processo de reabilitação natural e CE - Cerrado *stricto sensu* (médias de tratamentos com mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade).

são coerentes com os de outros estudos, nos quais se encontram colonização abundante na cultura de gramíneas (Siqueira & Klauberg-Filho 2000), como no caso das áreas sob braquiária/milho (PM) e soja/milho + pastagem (LP), bem como menor colonização micorrízica na cultura da soja e em espécies nativas da área de cerrado (Carneiro *et al.* 1998, Miranda & Miranda 1997).

A menor colonização das plantas nativas do cerrado pode ser explicada pelo efeito da sazonalidade, pela própria estabilidade do ecossistema e pela característica diversa de sua vegetação, onde coexistem espécies com diferentes dependências micorrízicas (Siqueira & Saggin Júnior 2001). A menor colonização micorrízica obtida na área cultivada com soja após a braquiária (PS), em relação ao milho (PM), pode ser devido à menor densidade de raízes na cultura da soja e à menor eficiência fotossintética dessa planta hospedeira. Isso porque os dois locais não apresentaram diferenças significativas em número de esporos (Tabela 3).

No cerrado sob pastagem natural degradada e em processo de reabilitação (RA), o número de esporos de FMA foi ainda maior do que no Cerrado sem interferência antrópica (CE) (Tabela 3). Apesar da primeira destas áreas apresentar vegetação predominante de gramíneas nativas e, na área de

Cerrado preservado predominar espécies arbóreas e arbustivas, a colonização micorrízica de raízes não diferiu significativamente entre as áreas (Figura 1). A menor densidade de esporos de FMA em ecossistemas naturais não perturbados, como no Cerrado *stricto sensu*, é comumente observada (Munyanziz *et al.* 1997, Caproni 2001). Nesse caso, a menor densidade de esporos e colonização micorrízica da vegetação nativa, em relação à agroecossistemas com influência antrópica, já havia sido relatada por Siqueira *et al.* (1989), e decorre da estabilidade do ecossistema. No entanto, apesar da menor densidade de esporos de fungos micorrízicos encontrada, esta foi quase dez vezes superior à encontrada em outros estudos, também em áreas de Cerrado (Siqueira *et al.* 1989, Miranda 1996).

É difícil comparar a colonização micorrízica de diferentes plantas devido à compatibilidade diferenciada com as espécies de FMA existentes no solo e à variação nas características genéticas das plantas (Smith & Gianinazzi-Pearson 1988), que determinam sua dependência às micorrizas. A maior colonização micorrízica nas culturas das áreas sob braquiária/milho e soja/milho + braquiária devem-se, provavelmente, à maior eficiência fotossintética das gramíneas, como já comentado, que podem investir fotossintatos na simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares, mantendo níveis mais altos de colonização, para obter retorno com a maior absorção de P. Quando o fósforo é limitante, como foi o caso do presente estudo, no Neossolo Quartzarênico (Tabela 2), o investimento de carbono na simbiose micorrízica levaria a aumentos na absorção de P pelo fungo e translocado para a planta, levando a consideráveis aumentos na taxa de fotossíntese (Smith & Gianinazzi-Pearson 1988). Isso pode ser particularmente verdadeiro em plantas de ciclo C4, com alta eficiência fotossintética, em ambientes tropicais de alta luminosidade como o Cerrado.

As plantas controlam esta colonização micorrízica por mecanismos não inteiramente esclarecidos (Koide & Schreiner 1992), mantendo o nível de colonização conforme a sua dependência micorrízica e o benefício em absorção de P que esses fungos estejam proporcionando (Schwab *et al.* 1991). Dessa forma, num solo de Cerrado, o maior volume de raízes finas das gramíneas em associação com FMA incrementa muito a absorção de nutrientes (principalmente o P) e de água, favorecendo as plantas. Além disso, num solo arenoso e suscetível à erosão, como o Neossolo Quartzarênico, que apresenta em torno de 90% de areia e baixo teor de

Tabela 3. Densidade de esporos encontrada em áreas sob diferentes sistemas de manejo, nos dois tipos de solo estudados, Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho

| Áreas | Esporos (n.º 50 dm ⁻³ solo) ¹ |
|------------------------------------|--|
| -----Neossolo Quartzarênico----- | |
| Integração Lavoura-Pecuária (LP) | 1040 a |
| Pastagem-milho (PM) | 909 a |
| Pastagem-soja (PS) | 897 a |
| Reabilitação Natural (RA) | 844 a |
| Cerrado <i>Stricto sensu</i> (CE) | 424 b |
| -----Latossolo Vermelho----- | |
| Milho-Milheto-Soja (MMS) | 719 a |
| Soja-Nabo-Milho (SNM) | 684 ab |
| Milho-Pastagem de braquiária (MPB) | 576 ab |
| Soja-Milho-Sorgo (SMS) | 525 b |
| Cerrado <i>Stricto sensu</i> (CE) | 368 c |

¹ Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra, dentro de cada tipo de solo, não diferem entre si pelo teste Duncan, a 5% de significância.

matéria orgânica (Tabela 2), essa associação entre raízes e micélio fúngico proporciona melhorias na estruturação do solo, reduzindo o processo de erosão e contribuindo para a conservação do solo. Vários estudos mostram o efeito dos fungos micorrízicos arbusculares na estruturação do solo, particularmente em solos com excesso de areia, como em dunas (Stürmer & Bellei 1994, Santos *et al.* 1995).

Não há relação entre colonização e esporulação (Daniels-Hetrick & Bloom 1986, Douds Jr 1994), mas, neste trabalho observou-se que os tratamentos com maior colonização micorrízica, como observado nas áreas sob culturas de gramíneas, tenderam a apresentar maior número de esporos. A maior esporulação é atribuída às plantas com sistema radicular abundante e de rápido crescimento, com bom contato entre raízes e propágulos de FMA e grande capacidade de fornecer fotossintatos ao fungo, tal como é o sistema radicular das gramíneas (Daniels-Hetrick & Bloom 1986). Além destes fatos, a cultura do milho proporciona aumentos na colonização micorrízica e na densidade de esporos de fungos micorrízicos, devido à exsudação de compostos bioativos que estimulam a germinação e o crescimento micelial (Siqueira *et al.* 1994, Colozzi-Filho *et al.* 1999). Portanto, um manejo do solo que utilize a cultura do milho proporciona aumentos na colonização micorrízica das raízes.

As colonizações micorrízicas das espécies vegetais sob diferentes manejos, nas áreas de Latossolo Vermelho, estão representadas na Figura 2. Observa-se que a colonização micorrízica do milho (SNM) foi superior à encontrada nas raízes de braquiária (MPB), soja (MMS) e das espécies nativas do Cerrado (CE). De forma geral, as raízes de gramíneas apresentaram maior colonização que as de soja e plantas nativas, como já discutido anteriormente. Na área sob braquiária (MPB), as raízes apresentavam-se em estágio inicial de desenvolvimento, o que pode ter contribuído para a menor colonização micorrízica observada, além do fato que a braquiária apresenta menor dependência micorrízica do que o milho (Moreira & Siqueira 2002). Área sob soja (MMS) apresentou menor colonização micorrízica em relação às áreas sob milho (SMM) e sorgo (SMS). Segundo Moreira & Siqueira (2002), solos com teores elevados de P promovem reduções acentuadas na colonização micorrízica, o que pode ter ocorrido, já que nesta área foi verificado alto teor de P (Tabela 2).

Não se observou influência alguma da cultura antecessora sobre a colonização micorrízica da cultura

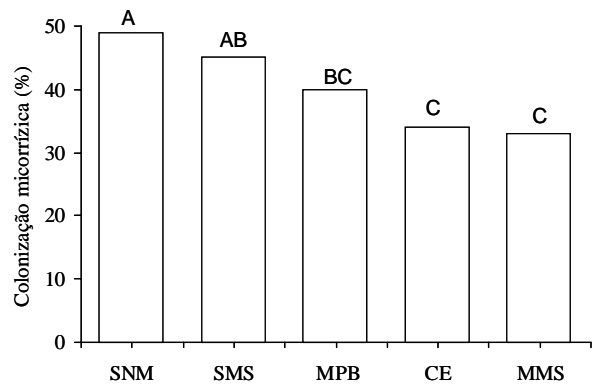


Figura 2. Colonização micorrízica de plantas submetidas a diferentes manejos em Latossolo Vermelho. SNM - soja/nabo/milho; SMS - soja/milho/sorgo; MPB - milho/braquiária; CE - Cerrado stricto sensu; MMS - milho/milheto/soja (médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%).

amostrada, sendo que mesmo na área em que a cultura antecessora foi o nabo forrageiro (planta que não forma simbiose com FMA) não houve redução na colonização micorrízica do milho em cultivo posterior (Figura 2). Estudos conduzidos por Miranda & Miranda (1997) mostram que o cultivo do repolho, espécie não micotrófica assim como o nabo forrageiro, afetou a produção de grãos da cultura do sorgo, espécie micotrófica, posteriormente cultivado na área.

Também não se observou o efeito do sistema de manejo convencional do solo, ou seja, com revolvimento de solo (aração e gradagem), sobre a colonização micorrízica; apesar dessa prática promover a quebra dos agregados e rompimento da rede de micélio (Jasper *et al.* 1989), com a exposição de propágulos de FMA ao sol e à oxidação, o que pode inviabilizá-los e acarretar redução na colonização micorrízica. Estudos demonstram os efeitos negativos do preparo do solo para FMA, sugerindo que isso possa promover a redução no rendimento da cultura posterior ao revolvimento do solo (Kabir *et al.* 1997, Colozzi-Filho *et al.* 1999). No presente estudo não foram observados efeitos dessa prática sobre a colonização micorrízica.

A densidade de esporos nas áreas de Latossolo variou em função dos manejos das áreas, sendo maior na área de milho/milheto/soja (MMS) do que nas áreas com soja/milho/sorgo (SMS) e de Cerrado (Tabela 3). A área sob vegetação nativa (Cerrado), independentemente do solo, apresentou menor colonização e menor densidade de esporos em relação às demais áreas estudadas, o que indica a estabilidade desse ecossistema. Valores superiores destas variá-

veis foram, porém, encontrados em outros estudos, também em áreas de Cerrado (Carneiro *et al.* 1996, Miranda & Miranda 1997).

Os resultados deste estudo mostram que as interferências no solo provocadas pela introdução de plantas exóticas e pelo manejo do solo promoveram aumentos no número de esporos de FMA e alterações na colonização micorrízica. Isso, dependendo das espécies de plantas, quando comparadas às áreas sem interferência antrópica (Cerrado). Como afirmam Bethlenfalvay & Linderman (1992), isso indica que o estabelecimento da simbiose micorrízica é uma estratégia dessas plantas para superar estresses bióticos e abióticos que ocorrem no solo.

CONCLUSÕES

1. As áreas sob cultivo de gramíneas como o milho, a braquiária e o sorgo apresentaram colonização micorrízica superior às áreas sob cultivo de soja, nos dois tipos de solo estudados (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho).
2. Os sistemas de manejo do solo avaliados pouco influenciaram na colonização micorrízica e na densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, em ambos os tipos de solo.
3. As áreas de cerrado sem interferência antrópica, nos dois solos, apresentaram menor colonização micorrízica e menor densidade de fungos micorrízicos arbusculares, em comparação às áreas agrícolas.

REFERÊNCIAS

Afek, U., E. Rinaldelli, J. A. Menge, E. L. V. Johnson & E. Pond. 1990. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115 (1): 938-942.

Bethlenfalvay, G. J. & R. G. Linderman. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p.

Caproni, A. L. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Seropédica. 186 p.

Carneiro, M. A. C., J. O. Siqueira, A. C. Davide, L. J. Gomes, N. Curi, F. R. Vale. 1996. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. *Scientia Forestalis*, 50 (1): 21-36.

Carneiro, M. A. C., J. O. Siqueira, F. M. S. Moreira, D. Carvalho, S.A. Botelho & O. J. Saggin Júnior. 1998. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudoeste do Brasil. *Revista Cerne*, 4 (1): 129-145.

Colozzi-Filho, A., E. L. Balota & D. S. Andrade. 1999. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. p. 487-508. In J. O. Siqueira, F. M. S. Moreira, A. S. Lopes, L. R. G. Guilherme, V. Faquin, A. E. Furtini Neto & J. G. Carvalho. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 818 p.

Daniels-Hetrick, B. A. & J. Bloom. 1986. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia*, 78 (1): 32-36.

Douds Jr, D. D. 1994. Relationship between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in mycorrhiza of *Paspalum notatum* Flugge. *New Phytologist*, 126 (2): 233-237.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de Métodos de Análises de Solos*. 1997. 2 ed. Embrapa-CNPS, Rio de Janeiro. 212 p.

Gerdemann, J. W. & T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 46 (1): 235-244.

Giovannetti, M. & B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84 (3): 484-500.

Grace, C. & D. P. Stribley. 1991. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 95 (9): 1160-1162.

Jasper, D. A., L. K. Abbott & A. D. Robson. 1989. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 112 (1): 93-99.

Jasper, D. A., L. K. Abbot & A. D. Robson. 1991. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. *New Phytologist*, 118 (2): 471-476.

Johnson, N. C. & F. L. Pflieger. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. p. 71-97. In G. J. Bethlenfalvay & R. G. Linderman. (Ed.). *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p.

Kabir, Z., I. P. O'balloran, J. W. Fyles & C. Hawel. 1997. Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization: hyphal density and mycorrhizal root colonization. *Plant and Soil*, 192 (3): 285-293.

- Koide, R. T. & R. P. Schreiner. 1992. Regulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43 (2): 557-581.
- Koske, R. E. & J. N. Gemma. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92 (4): 486-488.
- Miller, R. M. & J. D. Jastrow. 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. p. 29-44. In G. J. Bethlenfalvai & R. G. Linderman. (Ed.). *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p.
- Miranda, J. C. C. 1996. Arbuscular mycorrhizal population dynamics under crop rotation system. p. 50-51. In CIAT. *Tropical lowlands program: annual report 1995*. Cali, Colombia. 355 p.
- Miranda, J. C. C. & L. N. Miranda. 1997. Micorriza arbuscular. p. 67-123. In M. A. T. Vargas & M. Hungria. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Embrapa-CPAC, Planaltina. 524 p.
- Moreira, F. M. S. & J. O. Siqueira. 2002. *Microbiologia e Bioquímica do solo*. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 523 p.
- Munyanziz, E., H. K. Kehri & D. J. Bagyaraj, 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. *Applied Soil Ecology*, 6 (1): 77-85.
- Santos, M. O., N. C. Oliveira & R. F. Novais. 1995. Observações preliminares de micorrizas em plantas crescendo em dunas na Bahia. *Revista Ceres*, 42 (2): 191-202.
- Schwab, S. M., J. A. Mengue & P. B. Tinker. 1991. Regulation of nutrient transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist*, 117 (3): 387-398.
- Siqueira, J. O., A. Colozzi-Filho & E. Oliveira. 1989. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24 (12): 1499-1506.
- Siqueira, J. O., F. M. S. Moreira, B.M. Grisi, M. Hungria & R. S. Araújo. 1994. *Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental*. Embrapa-SPI. 142 p.
- Siqueira, J. O. & O. Klauber-Filho. 2000. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. p. 235-264. In R. F. Novais, V. H. Alvarez & C. E. G. R. Schaefer. (Ed.). *I Tópicos em ciências do solo*. SBCS, Viçosa. 352 p.
- Siqueira, J. O. & O. J. Saggin Júnior. 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza*, 11 (5): 245-255.
- Smith, S. E. & V. Gianinazzi-Pearson. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39 (1): 221-244.
- Stürmer, S. L. & M. M. Bellei. 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina Brazil. *Canadian Journal Botanic*, 72 (4): 359-363.
- Venzke-Filho, S. P. 1999. *Microbiota e sua atividade em uma cronossequência sob sistema de plantio direto*. Dissertação de Mestrado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. 65 p.