

# ***Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. vs. *Mucuna pruriens* (L.) DC.: efeito do cultivo de espécies de plantas não leguminosas e leguminosas sobre a comunidade de fungos micorrízicos nativos de solos arenosos**

*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. vs. *Mucuna pruriens* (L.) DC.: effect of legume and non-legume plant species cultivation on native mycorrhizal fungi community of sandy soils

Inara da Silva **ARAUJO**<sup>1</sup>; Tancredo Augusto Feitosa **DE SOUZA**<sup>1</sup>; Karla Selene **FORSTALL-SOSA**<sup>1</sup>; Edjane de Oliveira **LUCENA**<sup>1</sup>; Samuel Inocência Alves **DA SILVA**<sup>1</sup> & Djail **SANTOS**<sup>1,2</sup>

## **RESUMO**

Plantas pertencentes a distintas famílias botânicas apresentam efeitos diferentes na composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos. Realizou-se um estudo para determinar a influência de duas espécies de plantas de cobertura – *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. e *Mucuna pruriens* (L.) DC. – sobre a composição da comunidade de FMAs nativos de solos arenosos da zona do brejo paraibano. Para tanto, os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos inteiramente casualizados, com dois tratamentos, três blocos e dez repetições. Observaram-se diferenças significativas entre as plantas de cobertura para o número de glomerosporos ( $t = 5,79$ ,  $p < 0,05$ ) e o índice de diversidade de Shannon ( $t = 5,31$ ,  $p < 0,05$ ). De forma geral, verificou-se que a comunidade micorrízica presente na rizosfera de *P. glaucum* apresentou índice de diversidade superior em 4,06% quando comparada com a comunidade micorrízica presente em *M. pruriens*. Por outro lado, encontrou-se maior número de glomerosporos ( $> 38,28\%$ ) no solo rizosférico de *M. pruriens* quando comparado com *P. glaucum*. Conclui-se que *M. pruriens*, pertencente à família Fabaceae, apresentou efeitos positivos nos processos de esporulação, enquanto *P. glaucum*, Poaceae, promoveu um ambiente mais propício para o desenvolvimento de uma comunidade de FMA mais diversificada.

**Palavras-chave:** Glomeromycota; milho; mucuna-cinza; neossolo regolítico.

Recebido em: 6 dez. 2018  
Aceito em: 9 jun. 2020

## **ABSTRACT**

Plants belonging to different botanical families show different effects on the composition of the native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) community. A study was carried out to determine the influence of two species of cover plants: *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. and *Mucuna pruriens* (L.) DC., on the composition of the native AMF community of sandy soils in the area of the Paraíba swamp. For that, the treatments were arranged in a completely randomized block design, with 2 treatments, 3 blocks and 10 repetitions. Significant differences were observed between cover plants for the number of glomerospores ( $t = 5.79$ ,  $p < 0.05$ ) and the Shannon diversity index ( $t = 5.31$ ,  $p < 0.05$ ). In general, it was observed that the mycorrhizal community present in the rhizosphere of *P. glaucum* showed a higher diversity index of 4.06% when compared to the mycorrhizal community present in *M. pruriens*. On the other hand, a greater number of glomerospores ( $> 38.28\%$ ) was found in the rhizospheric soil of *M. pruriens* when compared to *P. glaucum*. It is concluded that *M. pruriens*, belonging to the Fabaceae family, had positive effects on sporulation processes, while *P. glaucum*, Poaceae, promoted an environment more conducive to the development of a more diverse AMF community.

**Keywords:** Velvet bean; Glomeromycota; Pearl millet; Regosol.

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Rodovia BR 079, km 12 – CEP 58397-000, Areia, PB, Brasil.

<sup>2</sup> Autor para correspondência: santosdj@cca.ufpb.br.

## INTRODUÇÃO

Estudos sobre a caracterização da comunidade de microrganismos do solo têm aumentado, destacando-se principalmente trabalhos sobre a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos do bioma caatinga (SOUZA *et al.*, 2016; SOUZA & SANTOS, 2018). Esse grupo de organismos do solo é caracterizado por estabelecer associações simbióticas mutualistas com a maioria das plantas vasculares (SOUZA, 2015). Proposto inicialmente pelo botânico Albert Bernard Frank, o termo *micorriza* é originado do grego, em que “*mico*” significa fungo, e “*riza*”, raízes (DE SOUZA *et al.*, 2006). Cerca de 90% das plantas terrestres formam associações micorrízicas, principalmente com espécies das famílias Poaceae e Fabaceae (KISTNER & PARNISKE, 2002).

Entre as principais espécies das famílias Poaceae e Fabaceae, destacam-se como plantas de cobertura, cultivadas como adubo verde, o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) e a mucuna cinza (*Mucuna pruriens* (L.) DC.), respectivamente (SOUZA *et al.*, 2016). A primeira é uma gramínea de origem tropical, de fácil implantação e manejo, caracterizando-se, principalmente, por sua precocidade e seu alto potencial de produção (KOLLET *et al.*, 2006). Já a segunda é uma leguminosa de origem tropical, que apresenta taxa de crescimento média, alta produção de biomassa e supressão de plantas espontâneas quando cultivada em zona úmida do semiárido brasileiro (SOUZA & SANTOS, 2018).

O cultivo dessas espécies de plantas anuais, além de promover cobertura do solo, também proporciona efeitos positivos na esporulação e na composição da comunidade de FMAs (SOUZA & SANTOS, 2018). De acordo com Rodríguez-Caballero *et al.* (2018), espécies do gênero *Pennisetum* são capazes de se associar com comunidades de FMAs locais, por meio de alterações na atividade de carbono total do solo, condutividade elétrica, respiração e atividade enzimática. Já espécies do gênero *Mucuna* são descritas como favoráveis à esporulação de espécies de fungos micorrízicos do gênero *Rhizoglossum*, bem como à atividade de enzimas reguladoras do estresse oxidativo e à glomalina total no solo (FERREIRA *et al.*, 2018).

Nesse contexto, este trabalho baseou-se nas seguintes hipóteses: i) espécies de plantas da família Fabaceae, em virtude de suas características de crescimento e exsudação radicular, promovem a dominância de micorrizas da ordem Glomerales Morton & Benny. Baseando-se no estudo desenvolvido por Ferreira *et al.* (2018), espera-se encontrar elevada diversidade de fungos micorrízicos dos gêneros *Glomus* Tuslane & Tuslane e *Rhizoglossum* Sieverd., G.A. Silva & Oehl no solo rizosférico de *M. pruriens*; ii) espécies de plantas da família Poaceae tendem a favorecer fungos micorrízicos da ordem Diversisporales Walker & Schüßler. De acordo com os estudos de Lies *et al.* (2018) e Reid *et al.* (2018), espécies de plantas do gênero *Pennisetum* promovem alterações nos teores de carbono e pH do solo, que são favoráveis para a esporulação de espécies de fungos dos gêneros *Acaulospora* (Gerdemann & Trappe) Berch., *Dentiscutata* Sieverd., F.A. Souza & Oehl e *Gigaspora* Gerdemann & Trappe.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o impacto do cultivo a longo prazo de duas espécies de plantas de cobertura (e.g., *P. glaucum* e *M. pruriens*) sobre a composição da comunidade de FMAs nativos de solos arenosos da zona úmida do semiárido brasileiro. Para tanto, foram estabelecidas duas estratégias de estudo: i) coleta do solo e caracterização do crescimento das plantas-alvo; ii) extração e identificação dos glomerosporos dos FMAs coletados diretamente das amostras de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### LOCALIZAÇÃO DO ENSAIO

O estudo foi realizado na estação experimental Chã de Jardim, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (06°58'12" S, 35°42'15" O, altitude 578 m), em um experimento de longa duração em condições de campo, que foi implantado desde 2014. O clima da região, segundo classificação de Köppen-Geiger, é do tipo tropical semiúmido (As – clima tropical com estação seca nos períodos entre agosto e março), com precipitação e temperatura médias anuais de 1.500 mm e 21°C, respectivamente.

## COLETA DE AMOSTRA DE SOLO RIZOSFÉRICO

O solo foi classificado como neossolo regolítico psamítico com textura franco-arenosa (SANTOS *et al.*, 2018). Coletaram-se amostras de solo rizosférico de duas espécies vegetais destinadas à adubação verde quando as culturas estavam no estágio V5 (com cinco pares de folhas verdadeiras). Nas parcelas de cada espécie vegetal analisada, foram coletadas dez amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm. Analisaram-se: o pH do solo em água destilada na proporção solo:água de 1:2,5 (BLACK, 1965); o carbono orgânico total, determinado pelo método da oxidação rápida em dicromato de potássio, descrito no protocolo de Okalebo *et al.* (1993); a quantificação do nitrogênio total, em que as amostras foram inicialmente digeridas em ácido sulfúrico e sulfato de potássio e então encaminhadas para destilador, conforme o protocolo de Kjeldahl (BLACK, 1965); e o fósforo disponível, determinado por colorimetria com uso de espectrofotômetro a 882 nm, assim como descrito por Olsen *et al.* (1954).

## DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado em delineamento em blocos inteiramente casualizados com dois tratamentos: *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. e *Mucuna pruriens* (L.). Em cada parcela experimental (6 x 6 m), coletaram-se dez amostras de solo rizosférico e cada parcela foi replicada em três blocos. Obtiveram-se, no total, 60 amostras de solo rizosférico. As plantas foram semeadas numa taxa de 300 sementes m<sup>2</sup> em uma profundidade de 3 cm.

## EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS GLOMEROSPOROS

Para a caracterização da comunidade de fungos micorrízicos, empregou-se o método de peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) em centrifugação com gradiente de sacarose (JENKINS, 1964). Basicamente foram utilizados 100 g de solo, os quais foram passados em três peneiras sobrepostas (malhas de 75 mm, 38 mm e 500 mesh). O material retido em cada peneira foi passado para tubos contendo água e centrifugado por 3 min a 2.000 rpm. O material precipitado pela centrifugação foi ressuspenso em solução de sacarose a 40% e centrifugado por 1 min a 1.000 rpm. O sobrenadante foi passado por peneira de 500 mesh para remoção da sacarose, seguido da identificação e da contagem em microscópio de dissecação. Após a contagem e a identificação dos morfotipos, determinaram-se os índices ecológicos de diversidade e dominância da comunidade total de organismos edáficos.

## ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Empregou-se o teste de Shapiro-Wilk e de Bartlett para testar a normalidade e a homogeneidade das variâncias do conjunto de dados. Para avaliar o efeito do cultivo de diferentes espécies de plantas sobre as propriedades químicas do solo e a composição da comunidade de micorrizas, utilizou-se o teste *t* não pareado. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software livre R (R Core Team 2017).

## RESULTADOS

Observaram-se diferenças significativas nos teores de fósforo disponível ( $t = 9,73$ ,  $p < 0,01$ ), carbono orgânico total ( $t = 10,54$ ,  $p < 0,01$ ) e nitrogênio total ( $t = 11,35$ ,  $p < 0,01$ ) entre as amostras de solo rizosférico de *P. glaucum* e *M. pruriens*. Contudo não foram encontradas diferenças significativas para o pH do solo ( $t = 2,34$ ,  $p = 0,7833$ ) entre os solos rizosféricos avaliados. Em média, o solo rizosférico de *P. glaucum* foi o que apresentou os maiores teores de fósforo disponível ( $1,75 \pm 0,12$  mg kg<sup>-1</sup>), enquanto em *M. pruriens* foram verificados os maiores teores de carbono orgânico total ( $17,33 \pm 2,36$  g kg<sup>-1</sup>) e nitrogênio total ( $1,65 \pm 0,14$  g kg<sup>-1</sup>) no solo rizosférico (tabela 1).

**Tabela 1** – Propriedades químicas do solo das parcelas experimentais de *P. glaucum* e *M. pruriens* cultivadas em zona úmida do semiárido paraibano (média ± desvio padrão, N = 60).

Propriedade química do solo	<i>P. glaucum</i>	<i>M. pruriens</i>	Valor de t
pH do solo (1:2,5 solo: água)	5,46 ± 0,02	5,48 ± 0,03	2,34 <sup>ns</sup>
Fósforo disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	1,75 ± 0,12	1,31 ± 0,10	9,73**
Carbono orgânico total (g kg <sup>-1</sup> )	12,63 ± 1,21	17,33 ± 2,36	10,54**
Nitrogênio total (g kg <sup>-1</sup> )	1,24 ± 0,11	1,65 ± 0,14	11,35**

<sup>ns</sup>: não significativo; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t não pareado.

Com relação à composição da comunidade micorrízica, notaram-se diferenças significativas entre as plantas de cobertura para o número de glomerosporos de FMAs ( $t = 5,79$ ,  $p < 0,05$ ) e o índice de diversidade de Shannon ( $t = 5,31$ ,  $p < 0,05$ ), no entanto não foram observadas diferenças significativas para as variáveis riqueza de espécies ( $t = 0,97$ ,  $p = 0,9765$ ) e índice de dominância de Simpson ( $t = 1,98$ ,  $p = 0,8349$ ). De forma geral, verificou-se que a comunidade micorrízica presente na rizosfera de *P. glaucum* apresentou índice de diversidade de Shannon superior em 4,06% quando comparada com a comunidade micorrízica presente em *M. pruriens*. Por outro lado, foi encontrado maior número de glomerosporos (> 38,28%) no solo rizosférico de *M. pruriens* quando comparado com *P. glaucum* (tabela 2).

**Tabela 2** – Comunidade micorrízica e índices ecológicos das parcelas experimentais de *P. glaucum* e *M. pruriens* cultivadas em zona úmida do semiárido paraibano (média ± desvio padrão, N = 60).

Variáveis	<i>P. glaucum</i>	<i>M. pruriens</i>	Valor de t
Riqueza de espécies	6,50 ± 1,04	6,50 ± 1,37	0,97 <sup>ns</sup>
Número de glomerosporos (esporos g <sup>-1</sup> solo)	2,16 ± 0,40	3,50 ± 1,34	5,79*
Diversidade de Shannon (H')	1,72 ± 0,22	1,65 ± 0,13	5,31*
Dominância de Simpson (C)	0,79 ± 0,05	0,77 ± 0,03	1,98 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>: não significativo; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t não pareado.

No total, observaram-se 12 espécies de FMAs, das quais apenas 8 foram verificadas na rizosfera de *P. glaucum*. Na espécie não leguminosa, notou-se a predominância de espécies de micorrizas da ordem Glomerales (e.g., *Claroideoglobus claroideum*, *C. etunicatum*, *Funneliformis mosseae*, *Glomus multicaule* e *Rhizoglobus intraradices*), com apenas três representantes da ordem Diversisporales (e.g., *D. cerradensis*, *G. decipiens* e *G. gigantea*). Já em *M. pruriens*, observou-se a distribuição equitativa de 12 espécies de fungos micorrízicos distribuídos em 6 representantes de Glomerales e mais 6 representantes de Diversisporales (tabela 3).

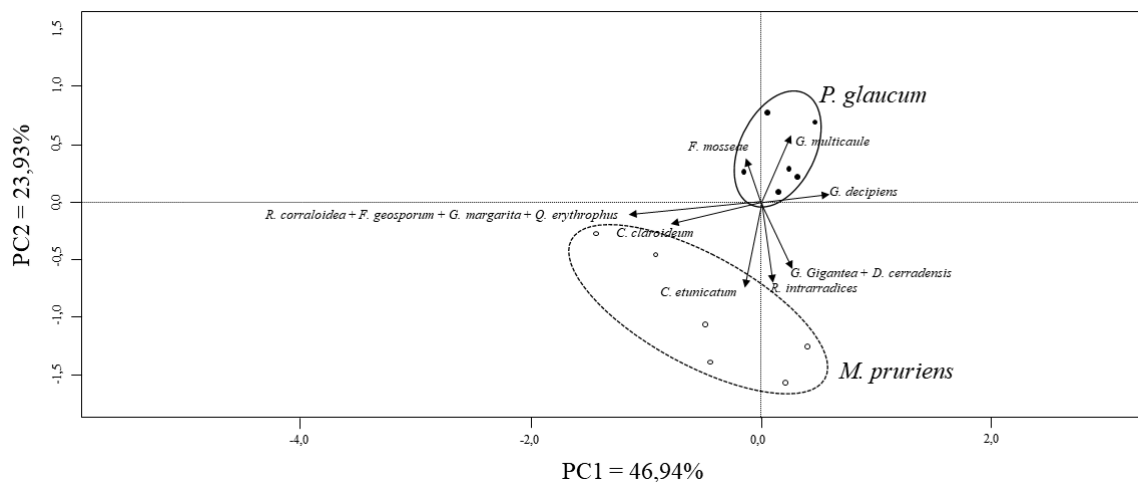
**Tabela 3** – Frequência de ocorrência das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas parcelas experimentais de *P. glaucum* e *M. pruriens* cultivadas em zona úmida do semiárido paraibano (média ± desvio padrão, N = 60).

Frequência de ocorrência de espécies de FMA (%)	<i>P. glaucum</i>	<i>M. pruriens</i>	Valor de t
Ordem Diversisporales			
<i>Dentiscutata cerradensis</i> (Spain & Miranda) Sieverd., F.A. Souza & Oehl	17,69 ± 6,78	24,31 ± 21,22	5,13*
<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	11,54 ± 9,20	9,52 ± 6,19	5,69*
<i>Gigaspora gigantea</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	13,07 ± 16,06	9,03 ± 5,43	9,48**
<i>Gigaspora margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall	-	1,43 ± 3,85	9,30**
<i>Quatunica erythropus</i> (Koske & C. Walker) F.A. Souza Sieverd. & Oehl	-	0,94 ± 2,56	6,37*
<i>Racocetra coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Soza & Sieverd.	-	2,86 ± 7,71	9,38**
Ordem Glomerales			
<i>Claroideoglobus claroideum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & Schüssler	14,59 ± 16,74	18,59 ± 20,46	5,67*
<i>Claroideoglobus etunicatum</i> (W.C. Becker & Gerd.) C. Walker & Schüssler	23,09 ± 17,79	17,62 ± 12,04	5,34*
<i>Funneliformis geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & Schüssler	-	0,45 ± 1,26	6,11*
<i>Funneliformis mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler	4,61 ± 12,59	1,88 ± 3,25	10,21**
<i>Glomus multicaule</i> Gerdemann & B.K. Bakshi	6,14 ± 11,31	11,31 ± 3,82	11,99**
<i>Rhizoglobus intraradices</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	9,23 ± 9,50	11,44 ± 12,14	5,81*

ns: não significativo; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t não pareado.

Por meio da análise de componentes principais, demonstrou-se uma separação clara das espécies avaliadas com base na zona rizosférica, com todos os valores referentes a *P. glaucum* localizados no quadrante superior e todos os valores referentes aos pontos de amostragem de *M. pruriens* localizados no quadrante inferior. As frequências de ocorrência de *F. mosseae*, *G. multicaule* e *G. decipiens* foram positivamente correlacionadas com o solo rizosférico de *P. glaucum*, enquanto *M. pruriens* apresentou correlação positiva com a frequência de ocorrência de *C. claroideum*, *C. etunicatum* e *R. intraradices* (figura 1).





**Figura 1** – Análise de componentes principais da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) presentes nos solos rizosféricos de *P. glaucum* e *M. pruriens*. Pontos representam os valores dos centroides de 10 locais de amostragem de cada espécie de planta de cobertura avaliada

## DISCUSSÃO

Observaram-se evidências de alterações nos teores de fósforo disponível, carbono orgânico total e nitrogênio total do solo, causadas pelo cultivo das espécies de adubo verde e pelas diferenças na composição das comunidades micorrízicas entre os solos rizosféricos das leguminosas e das não leguminosas cultivadas em um solo arenoso do semiárido brasileiro. De fato, diferentes espécies de plantas podem influenciar a composição da comunidade micorrízica de diferentes formas (SOUZA et al., 2016). Nas condições experimentais, o cultivo de *M. pruriens* significativamente afetou o número de glomerosporos da ordem Glomerales. Esse comportamento está de acordo com os resultados obtidos por Bowles et al. (2016), Ferreira et al. (2018) e com a primeira hipótese que descreve plantas da família Fabaceae como promotoras de micorizas da ordem Glomerales. A maioria dos estudos demonstrou que espécies de plantas da família Fabaceae influenciam positivamente a abundância e a diversidade das micorizas arbusculares em função do seu hábito de crescimento e da exsudação radicular (SOUZA et al., 2016; TURRINI et al., 2016; ZUBEK et al., 2016).

Asrianti et al. (2016) relataram que o número de glomerosporos das espécies de leguminosas em risco de extinção foi superior ao observado nas espécies não leguminosas nativas da Ilha de Celebes, Indonésia. Já outros estudos mostram que solos que apresentam maiores teores de carbono orgânico total e nitrogênio total, assim como verificado nas amostras de solo rizosférico da espécie leguminosa, podem influenciar significativamente a diversidade das micorizas (AMBILI et al., 2017; HUGONI et al., 2018; SOKA & RITCHIE, 2018). Sendo assim, *M. pruriens*, por possuir capacidade elevada para incrementar os teores de nitrogênio e carbono orgânico total no solo (SILVA et al., 2011; GUIMARÃES, 2015; SOUZA & SANTOS, 2018), também promoveu elevada abundância de espécies de FMAs do gênero *Rhizoglyphus* (FERREIRA et al., 2018). Resultados semelhantes com relação à esporulação micorrízica foram obtidos por Somenahally et al. (2018), avaliando o efeito do cultivo de leguminosas em sistema de rotação de cultura, em que é descrita a influência dos aportes de nitrogênio do solo, assim como da profundidade efetiva do sistema radicular da planta hospedeira, sobre o processo de esporulação dos FMAs. Higo et al. (2018) concluem que espécies de leguminosas possuem maior potencial para o aumento de propágulos de FMAs.

As diferenças observadas entre a comunidade de fungos micorrízicos dos solos rizosféricos de *P. glaucum* e *M. pruriens* também podem ser justificadas pelos maiores teores de fósforo disponível observados nas parcelas cultivadas com *P. glaucum*. Em condições de alta disponibilidade de fósforo no solo, Ryan & Graham (2018) indicam que espécies de FMAs da ordem Diversisporales (i.e., *Diversispora* e *Gigaspora*) são favorecidas. Watts-Williams et al. (2019), avaliando a produção de

biomassa de *Zea mays* L. em função de diferentes concentrações de fósforo e da inoculação com *F. mosseae*, verificaram que essa espécie de FMA da ordem Glomerales combinada com concentrações acima de 90 mg P kg solo<sup>-1</sup> promoveu redução na produção de biomassa do milho, o que reforça a segunda hipótese deste estudo, que descreve uma relação estreita entre micorrizas da ordem Diversisporales e espécies da família Poaceae.

Pesquisas indicam que a associação entre os FMAs e as gramíneas é importante para tais espécies, pois auxilia na absorção de fósforo e água (JESKE *et al.*, 2018; RYAN & GRAHAM, 2018; WATTS-WILLIAMS *et al.*, 2019), sendo considerada uma associação satisfatória, que resulta na manutenção de glomerosporos no solo e permite uma elevada produção vegetal (MARQUES, 2017). Segundo Robles Angelini *et al.* (2012), plantas com sistema radicular abundante e de rápido crescimento favorecem uma maior esporulação micorrízica, melhor contato entre raízes e propágulos de FMAs e grande capacidade de fornecer fotossintatos aos fungos, características essas presentes no sistema radicular das gramíneas (JESKE *et al.*, 2018). Em solos arenosos e suscetíveis a erosão, com cerca de 90% de areia e baixo teor de matéria orgânica, tal associação entre raízes e FMAs proporciona melhorias na estruturação do solo, de forma a diminuir o processo de erosão e contribuir para a conservação do solo (JI *et al.*, 2019).

Os principais resultados deste estudo podem ser sumarizados da seguinte forma: a) *P. glaucum* e *M. pruriens* alteram de forma distinta as propriedades químicas do solo e a composição da comunidade micorrízica em condições de campo da região semiárida brasileira; b) *P. glaucum* promoveu alterações positivas nos teores de fósforo disponível no solo, na diversidade micorrízica e na abundância de espécies dos gêneros *Diversispora* e *Gigaspora*; c) *M. pruriens* elevou os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo, número de glomerosporos e abundância de *Rhizoglossum*. Os comportamentos observados neste estudo sugerem uma associação íntima entre grupos específicos de micorrizas e espécies de plantas, que pode facilitar o estabelecimento e o desenvolvimento vegetal em condições adversas. Esses resultados constituem uma importante contribuição para o entendimento das relações ecológicas existentes entre fungos e micorrizas em ambientes semiáridos.

## REFERÊNCIAS

- Ambili, K., Thomas, G. V., Gopal, M. & Gupta, A. Influence of crop combinations and soil factors on diversity and association of arbuscular mycorrhizal fungi in arecanut based cropping systems. *Journal of Plantation Crops*. 2017; 45(1).  
DOI: 10.19071/jpc.2017.v45.i1.3234
- Asrianti, A., Tuheteru, F. D., Kandari, A. H. & IS Mekuo, M. Status and culture of arbuscular mycorrhizal fungi isolated from rhizosphere of endemic and endangered species of Kalapi (*Kalappia celebica* Kosterm). *European Journal of Sustainable Development*. 2016; 5(4): 395-402.  
DOI: 10.14207/ejsd.2016.v5n4p395
- Black, C. A. Methods of soil analysis. In: Black, C. A. (ed.). *Agronomy Monograph n. 9*. Madison, WI: American Society of Agronomy; 1965. Part 2. p. 771-1572.
- Bowles, T. M., Jackson, L. E., Loehner, M. & Cavagnaro, T. R. Ecological intensification and arbuscular mycorrhizas: a meta-analysis of tillage and cover crop effects. *Journal of Applied Ecology*. 2016; 54(6): 1785-1793.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12815>
- 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 – 2005. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*. 2007; 35(3): 147-153.  
DOI: <https://doi.org/10.5216/pat.v35i3.2216>

De Souza, V. C., Da Silva, R. A., Cardoso, G. D. & Barreto, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2006; 10(3): 612-618.

Ferreira, P. A. A., Tiecher, T., Tiecher, T. L., de Melo Rangel, W., Soares, C. R. F. S., Deuner, S. & Coronas, M. V. Effects of *Rhizophagus clarus* and P availability in the tolerance and physiological response of *Mucuna cinereum* to copper. Plant Physiology and Biochemistry. 2018; 122: 46-56.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.11.006>

Gerdemann, J. W. & Nicolson, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society. 1963; 46(2): 235-244.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)

Guimarães, R. R. P. Avaliação da qualidade nutritiva da biomassa foliar de leguminosas nativas selecionadas para emprego como adubo verde nos agrossistemas da Amazônia [Dissertação de Mestrado]. Belém: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA); 2015.

Higo, M., Sato, R., Serizawa, A., Takahashi, Y., Gunji, K., Tatewaki, Y. & Isobe, K. Can phosphorus application and cover cropping alter arbuscular mycorrhizal fungal communities and soybean performance after a five-year phosphorus-unfertilized crop rotational system? Peer Journal. 2018; 6: e4606.  
DOI: 10.7717/peerj.4606

Hugoni, M., Luis, P., Guyonnet, J. & El Zahar Haichar, F. Plant host habitat and root exudates shape fungal diversity. Mycorrhiza. 2018; 28(5-6): 451-463.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-018-0857-5>

Jenkins, W. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter. 1964; 48(9): 692.  
DOI: 19650801105

Jeske, E. S., Tian, H., Hanford, K., Walters, D. T. & Drijber, R. A. Long-term nitrogen fertilization reduces extraradical biomass of arbuscular mycorrhizae in a maize (*Zea mays* L.) cropping system. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2018; 255: 111-118.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.014>

Ji, L., Tan, W. & Chen, X. Arbuscular mycorrhizal mycelial networks and glomalin-related soil protein increase soil aggregation in Calcaric Regosol under well-watered and drought stress conditions. Soil and Tillage Research. 2019; 185: 1-8.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.010>

Kistner, C. & Parniske, M. Evolução da transdução de sinal na simbiose intracelular. Tendências em Ciência de Plantas. 2002; 7(11): 511-518.

Kollet, J. L., Diogo, J. D. S. & Leite, G. G. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR). Revista Brasileira de Zootecnia. 2006; 35(4): 1308-1315.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000500008>

Lies, A., Delteil, A., Prin, Y. & Duponnois, R. Using mycorrhiza helper microorganisms (MHM) to improve the mycorrhizal efficiency on plant growth. In: Meena, V. S. (ed.). Role of rhizospheric microbes in soil. v. 1: Stress management and agricultural sustainability. Singapur: Springer; 2018. p. 277-298. ISBN 978-981-10-8401-0.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8402-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8402-7_11)



Marques, A. C. R. Relação entre estratégias de crescimento, fotossíntese e uso de nitrogênio e fósforo por gramíneas forrageiras c4 nativas da América do Sul [Tese de Doutorado]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2017.

DOI: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/13621>

Okalebo, J. R., Gathua, K. W. & Woome, P. L. Laboratory methods of plant and soil analysis: a working manual. Technical Bulletin n. 1. Nairibi: Tropical Soil Biology and Fertility Programme/Soil Science Society East Africa/UNESCO/ROSTA; 1993. 88 p.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. & Dean, L. A. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. Washington, DC: US Department of Agriculture; 1954. 19 p.

Reid, R. E., Lalk, E., Marshall, F. & Liu, X. Carbon and nitrogen isotope variability in the seeds of two African millet species: *Pennisetum glaucum* and *Eleusine coracana*. Rapid Communications in Mass Spectrometry. 2018; 32(19): 1693-1702.

DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.8217>

Robles Angelini, G. A., Loss, A., Gervasio Pereira, M., Rodrigues Torres, J. L. & Saggini Júnior, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de cerrado sob plantio direto e convencional. Semina: Ciências Agrárias. 2012; 33(1).

DOI: [10.5433/1679-0359.2012v33n1p115](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p115)

Rodríguez-Caballero, G., Caravaca, F. & Roldán, A. The unspecificity of the relationships between the invasive *Pennisetum setaceum* and mycorrhizal fungi may provide advantages during its establishment at semiarid Mediterranean sites. Science of the Total Environment. 2018; 630: 1464-1471.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.321>

Ryan, M. H. & Graham, J. H. Little evidence that farmers should consider abundance or diversity of arbuscular mycorrhizal fungi when managing crops. New Phytologist. 2018; 220(4): 1092-1107.

DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15308>

Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M., Almeida, J. A., Filho, J. C. A., Oliveira, J. B. & Cunha, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa; 2018. 532 p.

Silva, D. M. N. D., Oliveira, F. L. D., Teodoro, R. B., Fávero, C. & Quaresma, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2011; 35(2): 635-640.

DOI: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1142>

Soka, G. E. & Ritchie, M. E. Arbuscular mycorrhizal spore composition and diversity associated with different land uses in a tropical savanna landscape, Tanzania. Applied Soil Ecology. 2018; 125: 222-232.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.01.013>

Somenahally, A., Du Pont, J. I., Brady, J., McLawrence, J., Northup, B. & Gowda, P. As comunidades microbianas no perfil do solo são mais responsivas aos efeitos herdados das rotações de culturas de cobertura de trigo do que os sistemas de lavoura. Soil Biology and Biochemistry. 2018; 123: 126-135.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.025>

Souza, T. Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi. Springer International Publishing; 2015. 168 p.

Souza, T. A. F. D., Rodriguez-Echeverría, S., Andrade, L. A. D. & Freitas, H. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir from Brazilian semi-arid. Brazilian Journal of Microbiology. 2016; 47(2): 359-366.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.023>

Souza, T. A. F. & Santos, D. Effects of using different host plants and long-term fertilization systems on population sizes of infective arbuscular mycorrhizal fungi. Symbiosis. 2018; 76: 139-149.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-018-0546-3>

Turrini, A., Sbrana, C., Avio, L., Njeru, E. M., Bocci, G., Bàrberi, P. & Giovannetti, M. Changes in the composition of native root arbuscular mycorrhizal fungal communities during a short-term cover crop-maize succession. Biology and Fertility of Soils. 2016; 52(5): 643-653.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-016-1106-8>

Watts-Williams, S. J., Smith, F. A. & Jakobsen, I. Soil phosphorus availability is a driver of the responses of maize (*Zea mays*) to elevated CO<sub>2</sub> concentration and arbuscular mycorrhizal colonisation. Symbiosis. 2019; 77: 73-82.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-018-0573-0>

Zubek, S., Majewska, M. L., Błaszowski, J., Stefanowicz, A. M., Nobis, M. & Kapusta, P. Invasive plants affect arbuscular mycorrhizal fungi abundance and species richness as well as the performance of native plants grown in invaded soils. Biology and Fertility of Soils. 2016; 52(6): 879-893.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-016-1127-3>