



Diversidade Funcional de Isolados de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Amazônia para o Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*)⁽¹⁾.

Gláucia Alves e Silva⁽²⁾; José Oswaldo Siqueira⁽³⁾, Fatima Maria de Souza Moreira⁽⁴⁾, Sidney Luiz Stürmer⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho extraído da Tese de Doutorado da primeira autora, executado com recursos do projeto internacional "Conservação e Manejo Sustentado da Biodiversidade do Solo".

⁽²⁾ Professora EBTT; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cáceres, Mato Grosso; glauucia.silva@cas.ifmt.edu.br; ⁽³⁾ Professor Emérito; Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - DCS/UFLA; Pesquisador do Instituto Tecnológico Vale; ⁽⁴⁾ Professora Associada DCS/UFLA; ⁽⁵⁾ Professor Titular do Departamento de Ciências Naturais da Universidade Regional de Blumenau – DCN/FURB.

RESUMO: Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) desempenham papel importante para o funcionamento do sistema solo-planta devido à simbiose que formam com a maioria das plantas. Isolados obtidos de solos em diferentes usos na região do Alto Solimões-Amazônia, foram avaliados em relação a: colonização, efeitos na absorção de P, crescimento e produção de grãos do feijão caupi em vasos em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras – UFLA. Os isolados da Amazônia foram comparados a isolados referências da coleção de culturas de FMAs da UFLA. Os isolados da Amazônia apresentaram ampla diversidade em relação às respostas avaliadas, sendo encontradas diferenças intraespecíficas entre alguns isolados. Verificou-se efeito generalizado nos teores de P e crescimento do caupi, com incrementos de até 149% e 622% em relação ao controle sem inoculação, respectivamente. Isolados de *Glomus* se mostraram mais promissores para inoculação do caupi, sendo o *Glomus* sp14 de capoeira nova, *Glomus* sp14 de agrofloresta e *Glomus* sp11 de pastagem os que mais se destacaram.

Termos de indexação: simbiose fungo-raiz, biodiversidade funcional, cultivos amazônicos.

INTRODUÇÃO

Os FMAs sofrem influência de diversos fatores antrópicos, como o uso da terra, que modificam a estrutura e riqueza das comunidades, podendo comprometer seus benefícios. A obtenção de isolados eficientes de FMAs pode incrementar o rendimento das culturas sendo de grande interesse para aumentar a produção de alimentos na região Amazônica.

Os FMAs apresentam diferentes graus de compatibilidade simbiótica com as plantas hospedeiras, indicando a existência de diversidade funcional (Munkvold et al., 2004), mesmo dentro da mesma espécie (Smith et al., 2004), o que pode compensar a baixa diversidade de espécies, em termos de eficiência simbiótica dos FMAs.

Considerando a extensão geográfica e a complexidade e riqueza de espécies da região amazônica, apenas recentemente este aspecto vem sendo estudado (Leal et al., 2009; Stürmer & Siqueira, 2011). Os solos da Amazônia apresentam elevada riqueza de espécies. Stürmer & Siqueira (2011) relatam a ocorrência de 61 morfotipos de FMAs de solos sob diferentes usos na Amazônia Ocidental, sendo 30% destes pertencentes a espécies não descritas. Apenas parte desta riqueza foi registrada em culturas armadilhas e já foram avaliadas quanto ao efeito em planta (Silva et al., 2009), revelando a existência de isolados eficientes nas comunidades. Considerando a importância dos FMAs para as culturas da Amazônia, torna-se importante conhecer a dimensão da diversidade dos FMAs, assim como a ocorrência de isolados promissores para programas de inoculação.

Neste estudo foram avaliadas características funcionais como colonização, efeitos na absorção de P, no crescimento e produção do feijão-caupi de isolados fúngicos obtidos de solos em diferentes usos na região do Alto Solimões-Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação, utilizando um Cambissolo Háplico aluminico típico de textura argilosa, coletado na profundidade de 0-20 cm, em área com vegetação primária de Floresta Equatorial Perenifolia, utilizado com pastagem de capim-imperial, no município de Benjamin Constant, AM. Após calagem o solo foi tratado com brometo de metila (98% - brometo de metila + 2% - cloropicrina), na dosagem de 393 cm³ m⁻³, e em seguida feita uma adubação básica com macro e micronutrientes. Posteriormente o solo foi acondicionado em vasos com 3,0 dm³ de solo para o plantio do caupi (*Vigna unguiculata* L. cv. BRS 17 Gurgueia), utilizada como planta hospedeira. O estudo constou de 23 tratamentos sendo treze isolados de FMAs oriundos de solos sob diferentes usos na Amazônia; três fungos de comportamento conhecido e obtidos de culturas puras da coleção de



FMA's da UFLA, utilizados como tratamentos referência; seis inóculos mistos compostos de acordo com as espécies encontradas nos solos de diferentes usos na Amazônia (Tabela 1); e uma testemunha sem inoculação (NI) com FMA's.

O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados, com duas plantas por vaso e cinco repetições. Sementes pré-germinadas foram transferidas para os vasos, onde receberam ou não (testemunha – NI) suspensão de esporos de FMA's (cerca de 250 esporos vaso⁻¹) de cada tratamento de inoculação, diretamente na radícula. Todos os tratamentos, incluindo o NI, foram inoculados também com 1 mL de inoculante de rizóbio (*Bradyrhizobium* sp., estirpe INPA03-11B) por semente. O tratamento NI recebeu 10 mL vaso⁻¹ de um filtrado do inóculo sem propágulos de FMA's. Aos 120 dias de crescimento (etapa 1) e 85 dias, início de floração da espécie (etapa 2, nesta etapa o solo dos vasos foi apenas revolvido e o caupi novamente semeado) as plantas foram retiradas dos vasos e separadas em parte aérea e raízes e analisadas a colonização micorrízica (etapa 1) (Giovanetti & Mosse, 1980), a qual foi classificada de acordo com a intensidade de colonização em alta (> 20%) e baixa (≤ 20%); a densidade de esporos (50 mL de solo) (Gerdemann & Nicolson, 1963); matéria seca da parte aérea (MSPA) e teores de N e P (etapa 2) e a produção de grãos do caupi (etapa 1). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média (Scott-Knott, a 5% confiança), utilizando-se o programa estatístico SISVAR, com os valores de colonização micorrízica e esporulação sendo previamente transformados em arco seno $(x/100)^{1/2}$, e $\log(x + 1)$, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Colonização radicular e esporulação

A colonização teve ampla variação entre os tratamentos com FMA's, com média geral de 32% (Tabela 2), e com 45% dos fungos com alta colonização (> 20%). Não foi observado sinal de colonização nas raízes do tratamento sem inoculação (NI). Entre os tratamentos inoculados, apenas o isolado Ad-F não colonizou as raízes. Os fungos G11-CN e G14-CN apresentaram alta colonização com média de 37%. A Ad-P foi o único isolado da espécie *Acaulospora delicata* que apresentou alta colonização, atingindo 61%, situando-se no grupo de maior colonização. Outros isolados também apresentaram variações na colonização. O G11-CV praticamente não colonizou, não diferindo da Ad-F. O isolado G11-CN colonizou

muito bem e o G11-AF colonizou pouco demais. Fica evidente o comportamento diferencial intraespecífico entre os isolados de *A. delicata* e *Glomus* sp11 da Amazônia. Os maiores níveis de colonização foram, no geral, obtidos com os inóculos mistos, que apresentaram em média cerca de 60% de colonização.

Os fungos inoculados apresentaram esporulação diferenciada (Tabela 2), variando de 30 a 2.899 esporos em 50 mL de solo, com média geral de 422 esporos. Dos cinco isolados de *A. delicata*, três esporularam abundantemente (Ad-CV, Ad-AF e Ad-R), enquanto, Ad-F e Ad-P tiveram esporulação baixa, evidenciando, portanto, a ampla variação destes isolados quanto à esporulação, sendo esta característica relacionada à origem. Dos isolados de *Glomus* sp11, apenas o G11-CV obteve alta esporulação (610 esporos em 50 mL de solo); já os isolados G11-CN e G11-AF, apresentaram baixa esporulação de 30 e 40 esporos em 50 mL de solo, respectivamente. O isolado de *Acaulospora morrowiae* Am-CV apresentou elevada esporulação, sendo esta 67% maior que a esporulação do isolado da mesma espécie originado de roça (Am-R).

Respostas da planta a micorrização

Efeito significativo na produção MSPA foi observado em todos os tratamentos fúngicos, com incrementos que variaram de 233% a 622% em relação ao controle NI (Tabela 2). Dos 22 tratamentos de inoculação, 18 estão no grupo de maior produção de MSPA, com incremento médio de 511% em relação ao NI. Os menores aumentos foram obtidos com a inoculação de dois isolados de *A. delicata* (Ad-F e Ad-P), um de *Glomus* sp11 (G11-AF) e a Gm. Todos os inóculos mistos estiveram entre os tratamentos com maior capacidade de aumentar o crescimento do caupi.

Na figura 1, tem-se a formação de dois grupos de isolados. No agrupamento superior que pode ser considerado mais eficiente encontram-se 57% dos tratamentos. Na média, a produção deste grupo foi incrementada em 65% em relação ao grupo de menor eficiência. Houve apenas um caso sem qualquer efeito, o Ad-F. Destacam-se os inóculos mistos como os de maior efeito, mas há isolados com comportamento semelhante a estes (G14-AF, Ad-AF, G14-CN e G11-P). Destes, três são do gênero *Glomus* (G14-AF, G14-CN e G11-P) e apenas um do gênero *Acaulospora* (Ad-AF).

Teor de N e P no caupi

Houve grande variação no teor de N na MSPA, de 21,84 a 58,52 g kg⁻¹, sendo o maior valor, encontrado nas plantas inoculadas com o MCN, o



qual diferiu significativamente de todos os outros tratamentos inoculados (Tabela 2). Os benefícios dos FMAs para os teores de P foram acentuados e generalizados, ocorrendo em todos os tratamentos, com incrementos que variaram de 33% a 149% sobre as plantas NI e média de 1,15 g kg⁻¹. Os teores mais elevados foram encontrados nas plantas com MCV, MR, Rc, MP e G14-AF, atingindo valores de 1,52 g kg⁻¹, cerca de duas vezes maior que as plantas NI.

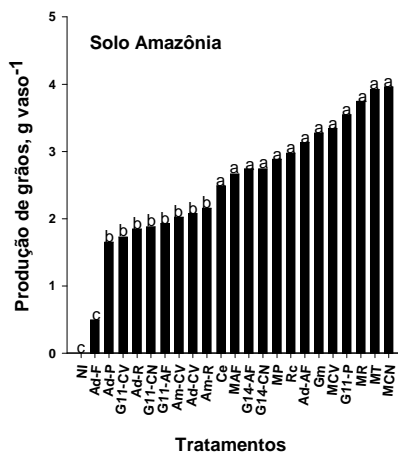


Figura 1 - Produção de grãos do caupi aos 120 DAI - etapa 1 com diferentes tratamentos fúngicos. Médias seguidas de letras iguais pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott 5%.

A grande diversidade funcional observada no presente trabalho, até mesmo em nível intraespecífico, é de grande importância, principalmente em ambientes de baixa diversidade específica. Dentre os isolados estudados, os mais promissores para o caupi são do gênero *Glomus*. Como esse gênero é bastante abundante, diverso e de fácil adaptação para ser empregado em diferentes condições de solo, as espécies deste gênero devem ser priorizadas quando se deseja selecionar isolados eficientes para inoculação de culturas de interesse na região amazônica. Portanto, estudos que visam estabelecer a relação entre a diversidade funcional e benefícios às plantas, são muito relevantes e contribuem para entender a relação entre a biodiversidade e o funcionamento do ecossistema. Apesar da grande extensão e variação dos ecossistemas amazônicos, o presente estudo contribui para o entendimento da ocorrência e diversidade funcional dos FMAs da região do Alto Solimões no estado do Amazonas e oferece informações básicas para a exploração destes recursos genéticos importantes também no Bioma Amazônia.

CONCLUSÕES

Os fungos isolados de solos sob diferentes usos na região do Alto Solimões na Amazônia apresentaram ampla diversidade funcional em relação a micotrofia e benefícios para a produção do caupi.

Foram encontradas diferenças funcionais inter e intraespecíficas para a colonização, absorção de P e aumento na produção de grãos entre os isolados de *Acaulospora delicata* e *Glomus* sp11.

As espécies/isolados pertencentes ao gênero *Glomus* são os mais promissores para programas de inoculação na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a CAPES pela concessão da bolsa de estudo e os demais autores ao CNPq pela bolsa de produtividade. Esta publicação apresenta parte dos resultados do projeto internacional "Conservação e Manejo Sustentado da Biodiversidade do Solo", coordenado pelo Tropical Soil Biology and Fertility Institute do CIAT com co-financiamento do GEF, e suporte do "United Nations Environment Program" (UNEP).

REFERÊNCIAS

- GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil wet sieving and decanting. *Transactions/British Mycological Society*, 46:235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on roots. *New Phytologist*, 84:489-500, 1980.
- LEAL, P. L.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40:111-121, 2009.
- MUNKVOLD, L.; KJOLLER, R.; VESTBERG, M.; ROSENDAHL, S.; JAKOBSEN, I. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 164:357-364, 2004.
- SILVA, G. A.; SIQUEIRA, J. O.; STÜRMER, S. L. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. *Acta Amazônica*, 39:477-488, 2009.
- SMITH, S.E.; SMITH, F.A.; JAKOBSEN, I. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. *New Phytologist*, 162:511-524, 2004.
- STÜRMER, S.L. & SIQUEIRA, J.O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza*, 21:255-267, 2011.

Table 1 - Código (incluindo o sistema de uso da terra) e identificação dos isolados de FMAs utilizados no estudo.

Código de identificação	Espécies
Ad-F*	<i>Acaulospora delicata</i>
Ad-CV	<i>Acaulospora delicata</i>
Am-CV	<i>Acaulospora morrowiae</i>
G11-CV	<i>Glomus</i> sp.11
G11-CN	<i>Glomus</i> sp.11
G14-CN	<i>Glomus</i> sp.14
Ad-AF	<i>Acaulospora delicata</i>
G11-AF	<i>Glomus</i> sp.11
G14-AF	<i>Glomus</i> sp.14
Am-R	<i>Acaulospora morrowiae</i>
Ad-R	<i>Acaulospora delicata</i>
G11-P	<i>Glomus</i> sp.11
Ad-P	<i>Acaulospora delicata</i>
Ce	<i>Claroideoglomus etunicatus</i>
Rc	<i>Rhizophagus clarus</i>
Gm	<i>Gigaspora margarita</i>
M** -CN	<i>Glomus</i> sp.11 + <i>Glomus</i> sp.14
M-CV	<i>Acaulospora delicata</i> + <i>Acaulospora morrowiae</i> + <i>Glomus</i> sp.11
M-AF	<i>Acaulospora delicata</i> + <i>Glomus</i> sp.11 + <i>Glomus</i> sp.14
M-R	<i>Acaulospora delicata</i> + <i>Acaulospora morrowiae</i>
M-P	<i>Glomus</i> sp.11 + <i>Acaulospora delicata</i>
MT	Ad-F- <i>Acaulospora delicata</i> + G11-P- <i>Glomus</i> sp.11 + G14-CN- <i>Glomus</i> sp.14 + Am-R- <i>Acaulospora morrowiae</i>

*F – Floresta; CV – Capoeira Velha; CN – Capoeira Nova; AF – Agrofloresta; R – Roça; P – Pastagem; **Todas as misturas de isolados (M) foram suplementadas com culturas puras de *Claroideoglomus etunicatus* (Ce), *Rhizophagus clarus* (Rc) e *Gigaspora margarita* (Gm); MT – Mistura contendo inóculo das diferentes espécies de FMAs da Amazônia.

Tabela 2 - Colonização micorrízica e número de esporos aos 120 DAI – etapa 1, matéria seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio e fósforo com diferentes tratamentos de FMAs. Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott 5%.

Tratamentos (Isolados FMAs)	Colonização etapa 1	Nº de esporos etapa 1	MSPA	Nitrogênio	Fósforo
	%	50 mL solo ⁻¹	g vaso ⁻¹ g kg ⁻¹
Ad-F	0 d	219 b	3,01 b	49,84 b	0,99 c
Ad-CV	5 d	709 a	4,85 a	39,20 c	0,91 d
Am-CV	2 d	511 a	5,49 a	36,12 d	0,91 d
G11-CV	1 d	610 a	4,70 a	40,88 c	1,09 c
G11-CN	47 b	30 c	5,22 a	39,76 c	1,09 c
G14-CN	26 c	379 a	4,48 a	33,32 d	1,17 c
Ad-AF	16 c	2899 a	5,63 a	33,88 d	1,09 c
G11-AF	5 d	40 c	2,96 b	45,36 b	1,22 b
G14-AF	18 c	762 a	5,41 a	36,96 d	1,37 a
Am-R	4 d	171 b	5,69 a	35,00 d	1,01 c
Ad-R	7 d	524 a	4,76 a	39,48 c	1,09 c
G11-P	39 b	109 b	6,04 a	32,20 d	1,10 c
Ad-P	61 a	257 b	2,96 b	47,60 b	1,09 c
Ce	11 c	200 b	4,56 a	36,96 d	0,98 c
Rc	74 a	160 b	5,84 a	28,56 e	1,39 a
Gm	7 d	138 b	3,33 b	46,76 b	1,28 b
MCN	44 b	174 b	5,41 a	58,52 a	1,20 b
MCV	60 a	409 a	5,83 a	26,04 e	1,52 a
MAF	49 b	162 b	5,52 a	21,84 e	1,15 c
MR	59 a	262 b	6,43 a	34,72 d	1,44 a
MP	65 a	253 b	5,77 a	24,08 e	1,38 a
MT	74 a	314 a	6,37 a	26,32 e	0,81 d
NI	-	-	0,89 c	- *	0,61 e

* material insuficiente para determinação de nitrogênio.