



## Densidade e diversidade de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares em áreas do Quadrilátero Ferrífero<sup>(1)</sup>.

**Anita Fernanda dos Santos Teixeira<sup>(2)</sup>; Karl Kemmelmeier<sup>(3)</sup>; Sidney Luiz Stürmer<sup>(4)</sup>; Marco Aurélio Carbone Carneiro<sup>(5)</sup> e Fatima Maria de Souza Moreira<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Parte da dissertação de mestrado da primeira autora; <sup>(2)</sup> Estudante de doutorado; bolsista FAPEMIG; Universidade Federal de Lavras (UFLA); Lavras, MG; anitateixeira@posgrad.ufla.br; <sup>(3)</sup> Pesquisador; Universidade Regional de Blumenau (FURB); Blumenau, SC; kemmelmeier.k@gmail.com; <sup>(4)</sup> Professor; FURB; sturmer@furb.br <sup>(5)</sup> Professor; UFLA; marcocarbone@dcs.ufla.br; fmoreira@dcs.ufla.br.

**RESUMO:** Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) interagem com grande parte das espécies vegetais e ambos os envolvidos são beneficiados, facilitando revegetação de áreas em reabilitação. A diversidade desses fungos varia entre ambientes e pode ser influenciada pela vegetação. O presente estudo teve por objetivo avaliar a densidade de esporos e diversidade de FMAs em área reabilitada após mineração de ferro e seu entorno. A coleta de solo foi realizada na mina Córrego do Meio, em Sabará – MG, em áreas de Pilha de rejeito em reabilitação revegetada com gramínea, Canga, Cerrado, Mata e Eucalipto. Foi realizada extração de esporos de 100 mL de solo, para identificação taxonômica das espécies de FMAs. Riqueza de espécies (R), índice de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J) foram estimados. A densidade de esporos encontrada foi alta e não diferiu estatisticamente entre as áreas avaliadas. Foram encontradas 31 espécies de FMAs em todas as áreas, sendo esse o primeiro relato de ocorrência no Brasil de *Acaulospora nivalis* e *Acaulospora alpina*. *Acaulospora mellea*, *Acaulospora morrowiae* e *Glomus* bastonete foram generalistas, e essa última espécie apresentou a maior abundância relativa em todas as áreas. A maior diversidade foi encontrada em pilha de rejeito revegetada com gramínea (H' 2,02) e a menor em canga (H' 0,582). A maior diversidade de espécies em pilha de rejeito revegetada com gramínea indica que o processo de reabilitação dessa área está sendo eficiente.

**Termos de indexação:** Micorrizas; canga; áreas em reabilitação.

### INTRODUÇÃO

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) estabelecem simbiose com plantas e são importantes do ponto de vista ambiental por facilitar a recuperação de áreas em reabilitação (Soares & Carneiro, 2010), como áreas de pilhas de rejeitos de mineração. Estabelecida a simbiose, as hifas agregam partículas do solo e aumentam a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas (Siqueira et al., 2002;). Com a maior adaptabilidade

do inóculo nativo às condições do substrato (Pralon e Martins, 2001), a densidade e diversidade de esporos de FMAs pode contribuir para o processo de recuperação de áreas impactadas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade e diversidade de esporos de FMAs em área em reabilitação após mineração de ferro e seu entorno, na mina Córrego do Meio, em Sabará – MG, Brasil.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas da mina Córrego do Meio (19°51'41.23"S; 43°48'11.13"O), pertencentes à empresa Vale (Sabará – MG). As cinco áreas avaliadas se localizam na unidade morfoestrutural do Quadrilátero Ferrífero, sendo essas: Pilha de rejeitos (PR) em reabilitação após mineração de ferro, revegetada com capim gordura (*Melinis minutiflora*); Canga (CN) de ambiente rupestre bastante preservado sobre afloramentos rochosos; Cerrado (CE) com baixo grau de antropismo; área de reflorestamento vegetada predominantemente com Eucalipto (EC) e mata (MT) de vegetação secundária.

O clima predominante da região é tropical de altitude, Cwa de acordo com Köppen, com precipitação média anual em torno de 1700 mm, e temperatura média em torno de 22°C.

As amostras foram coletadas em setembro de 2013, conforme Huisung et al. (2008) para microssimbiontes e fungos do solo, com quatro repetições compostas por 12 subamostras em cada área. As amostras foram homogeneizadas e levadas ao Laboratório de Biologia, Microbiologia e Processos Biológicos do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram avaliadas.

As extrações de esporos, por decantação e peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963) combinada a centrifugação em água e em sacarose 50%, foram realizadas de 100 mL de solo de cada amostra. Os esporos viáveis foram separados em morfotipos sob lupa e montados em lâminas (Bagyaraj & Stürmer, 2010) para avaliação microscópica de todos os representantes de cada morfotipo. A identificação por análise taxonômica e

contagem de esporos foi realizada em microscópio. As características dos esporos foram comparadas às das descrições das espécies na homepage do INVAM (<http://invam.wvu.edu/>), e às de artigos originais para identificação das espécies.

As espécies de FMAs foram classificadas quanto à presença nas áreas avaliadas pela frequência de isolamento como Generalistas (G), ocorrendo nas cinco áreas avaliadas; Intermediárias (I), ocorrendo em duas a quatro áreas, e Exclusivas (E), ocorrendo em apenas uma área. A abundância relativa (A) representa a porcentagem de esporos de cada espécie nas áreas.

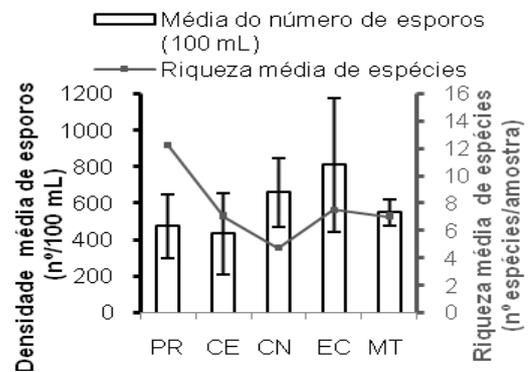
Para densidade de esporos foi aplicado teste Scott-Knott (5% de significância, com dados transformados em log de X), e utilizando o software PAST (Hammer et al., 2001), foram estimados: Riqueza de espécies (R); Índice de diversidade Shannon (H') e Equitabilidade (J).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alta esporulação foi verificada na área. A densidade de esporos média não apresentou diferença estatística entre as áreas. Os valores de densidade média de esporos e respectivos desvios padrão estão representados na **Figura 1**. Menor densidade de esporos é relatada em ecossistemas naturais (Stürmer & Siqueira, 2011) e o fato de amostragem ter sido realizada em setembro, após déficit hídrico pela estação seca, pode ter influenciado os valores de densidade de esporos.

A maior riqueza média de espécies de FMAs (**Figura 1**) foi encontrada em PR, enquanto CN apresentou a menor riqueza média de espécies dentre as áreas. A área de PR também apresentou maior riqueza total de espécies (R) além da maior equitabilidade J (**Tabela 1**), que indica maior uniformidade de distribuição de indivíduos das diferentes espécies nessa área. A diferença de riqueza de espécies entre as áreas, variando de nove em CN a 20 em PR, pode ser atribuída à heterogeneidade de habitats (Carvalho, et al., 2012).

O número médio de espécies coletadas por amostra foi menor em Canga e maior nas Pilhas de rejeito. Esses valores correspondem aos de R encontrados nessas áreas (**Tabela 1**). A menor riqueza de espécies de FMAs e menor diversidade (H') encontradas em CN pode ser devido a esse tipo de ambiente apresentar condições ambientais que dificultam o estabelecimento de plantas (Skirycz et al., 2014), o que afeta também a diversidade desses microrganismos, biotróficos obrigatórios, que dependem da estabilidade do ecossistema quanto à presença constante de hospedeiros.



**Figura 1** – Densidade média de esporos e respectivos desvios padrão e riqueza média de espécies de FMAs em pilha de rejeito com capim (PR), cerrado (CE), canga (CN), eucalipto (EC) e mata (MT).

Apesar de distúrbios poderem diminuir a diversidade de FMAs (Lins et al., 2006), maior R e H' foram encontrados PR, revegetada com capim gordura que, apesar de não demonstrar resposta à inoculação, é hospedeiro para multiplicação destes fungos em solo degradado na presença de P (Carneiro et al., 1999). Maiores valores R, H' e J em PR indicam que a diversidade de FMAs não só foi recuperada, como também foi incrementada na área em reabilitação.

Foram identificadas, no total, 31 diferentes espécies (**Tabela 1**), distribuídas em 7 famílias. *Glomus* apresentou a maior número de esporos em todas as áreas, entretanto, a espécie *Glomus* bastonete, representou de 76 (PR) a mais de 98% (demais áreas) dos esporos desse gênero, se destacando, portanto, em todas as áreas avaliadas.

Os menores valores de R e H' (**Tabela 1**) foram obtidos em CN, mostrando menor diversidade de espécies de FMAs nessa área.

Entre as espécies encontradas em mais de uma área, apenas quatro que representam menos que 10% da abundância relativa (*Rhizophagus fasciculatus*, *Acaulospora lacunosa*, *A. sp0* e *Ambispora leptoticha*) não foram encontradas em PR, onde foram encontrados os maiores valores de R, H' e J. A área de PR também apresentou o maior número de espécies de FMAs exclusivas (seis).

Dentre as espécies de FMAs encontradas, esse é o primeiro relato de ocorrência no Brasil de *Acaulospora nivalis* e *Acaulospora alpina*.

*Acaulospora mellea*, *A. morrowiae* e *Glomus* bastonete foram encontradas em todos os ambientes, sendo, portanto, consideradas Generalistas nas áreas estudadas. 13 espécies de



FMA's Exclusivas foram encontradas, seis dessas em PR (*Acaulospora alpina*, *Acaulospora nivalis*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp1, *Acaulospora tuberculata* e *Septoglomus viscosum*). CE apresentou quatro espécies exclusivas (*A. trappei*, *Dentiscutata heterogama*, *Redeckera fulva* e *Paraglomus occultum*) e nos ambientes de MT, EC e CN foi encontrada apenas uma espécie exclusiva (respectivamente *Rhizophagus diaphanus*, *Glomus* sp1 e *Dentiscutata biornata*). A ocorrência exclusiva pode estar relacionada a condições específicas que podem favorecer a esporulação dessas espécies na área (Rosendahl, 2008).

### CONCLUSÕES

A densidade de esporos encontrada é alta e não difere estatisticamente entre as áreas avaliadas.

A área de Pilha de rejeitos em reabilitação com capim gordura apresenta maior número de espécies de FMA's exclusivas e maior diversidade de FMA's, o que pode facilitar o processo de recuperação da mesma.

Entre as áreas avaliadas, a área de canga apresentou a mais baixa diversidade de FMA's.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Ciência do Solo da UFLA, à empresa VALE S.A. e às agências Capes, Fapemig e CNPq por auxílios financeiros ao projeto e concessão de bolsas.

### REFERÊNCIAS

BAGYARAJ J.D., STÜRMER S.L. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA's). In: Moreira FMS, Huising EJ, Bignell DE, organizadores. Man Biol dos solos Trop amostragem e Caracter da biodiversidade. Lavras: UFLA; 2010. p. 368.

CARNEIRO M.A.C., SIQUEIRA J.O., CURI N., et al. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. Pesqui Agropecu Bras. 1999;34:1669–1677.

CARVALHO F., DE SOUZA F.A., CARRENHO R., et al. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian

rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. Appl Soil Ecol. 2012;52:9–19.

GERDEMANN J.W., NICOLSON T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans Br Mycol Soc. British Mycological Society; 1963;46:235–244.

HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis [Internet]. Palaeontologia Electronica 4; 2001. p. 9.

HUISING E.J., COE R., CARES J.E., et al.. Estratégia e modelo de amostragem para avaliar a biodiversidade do solo. In: MOREIRA F.M.S., HUISING E.J., BIGNELL D.E., organizadores. Man Biol dos solos Trop amostragem e Caracter da biodiversidade. Lavras: UFLA; 2008. p. 43–78.

LINS C.E.L., CAVALCANTE U.M.T., SAMPAIO E.V.S.B., et al. Growth of mycorrhized seedlings of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in a copper contaminated soil. Appl Soil Ecol. 2006;31:181–185.

PRALON A., MARTINS M. Utilização do resíduo industrial ferkal na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, em estéril de extração de argila, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbios. Rev Bras Ciência do Solo. 2001;25:55–63.

ROSENDAHL S. Communities, populations and individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 2008. p. 253–266.

SIQUEIRA J.O., LAMBAIS M.R., STÜRMER S.L. Fungos micorrízicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. Biotecnol Ciência e Desenvolv. 2002;12–21.

SKIRYCZ A., CASTILHO A., CHAPARRO C. et al. Canga biodiversity , a matter of mining. Front Plant Sci. 2014;5:1–9.

SOARES C.R.F.S., CARNEIRO M.A.C. Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA JO, organizador. Micorrizas 30 anos Pesqui no Bras. Lavras: UFLA; 2010. p. 441–474.

STÜRMER S.L., SIQUEIRA J.O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. Mycorrhiza. 2011;21:255–267.

**Tabela 1** – Abundância relativa (A) e frequência de isolamento (FI), em pilha de rejeito com capim (PR), cerrado (CE), canga (CN), eucalipto (EC) e mata (MT), e equitabilidade (J), índices de Shannon-Wiener (H') e riqueza total de espécies (R) nessas áreas.

espécies de FMA s	PR	CE	CN	EC	MT	FI
	A					
<b>Família Glomeraceae Pirozynski &amp; Dalpé emend Walker &amp; Schuessler</b>						
<i>Glomus bastonete</i>	33,1	87,46	84,85	82	81,4	G
<i>Glomus magnicaule</i> Hall	0,58	0,40	-	0,55	0,05	I
<i>Glomus microaggregatum</i> Koske, Gemma & Olexia	0,11	-	0,04	-	0,09	I
<i>Glomus</i> sp0	9,61	-	-	0,68	-	I
<i>Glomus</i> sp1	-	-	-	0,37	-	E
<i>Septoglomus viscosum</i> (Nicolson) Walker, Redecker, Stille & Schüssler	11,19	-	-	-	-	E
<i>Rhizophagus clarus</i> (Nicolson & Schenck) Walker & Schuessler	8,66	1,44	-	0,28	0,18	I
<i>Rhizophagus diaphanus</i> (Morton & Walker) Walker & Schuessler	-	-	-	-	1,82	E
<i>Rhizophagus fasciculatus</i> (Thaxter) Walker & Schuessler	-	0,06	-	0,31	-	I
<b>Família Gigasporaceae Morton &amp; Benny</b>						
Gigasporaceae	-	0,35	-	0,09	0,05	I
<i>Gigaspora</i> sp Gerd. & Trappe	0,16	-	0,53	-	-	I
<i>Cetraspora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Oehl, F.A. Souza & Sieverding	0,74	-	-	-	0,05	I
<i>Dentiscutata biornata</i> (Spain, Sieverd. & Toro) Sieverd., Souza & Oehl	-	-	0,08	-	-	E
<i>Dentiscutata heterogama</i> (Nicol. & Gerd.) Sieverd., Souza & Oehl	-	0,40	-	-	-	E
<b>Família Diversisporaceae Walker &amp; Schuessler</b>						
<i>Diversispora eburnea</i> (Kenn, Stutz & Morton) Walker & Schuessler	22,28	-	1,51	8,26	0,41	I
<i>Redeckera fulvum</i> (Berk. & Broome) Walker & Schuessler	-	0,06	-	-	-	E
<b>Família Acaulosporaceae Morton &amp; Benny</b>						
<i>Acaulospora alpina</i> Oehl, Sykorova & Sieverd	1,00	-	-	-	-	E
<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & Schenck) Kaonongbua, Morton & Bever	1,32	0,92	-	0,18	-	I
<i>Acaulospora herrerae</i> Furrázola, Goto, Silva, Sieverd. & Oehl	0,48	-	-	0,03	-	I
<i>Acaulospora lacunosa</i> Morton	-	-	0,04	-	0,05	I
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	1,48	1,96	10,79	1,57	4,81	G
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck	3,64	1,50	0,95	3,51	0,95	G
<i>Acaulospora nivalis</i> Oehl, Palenz., Sánchez, Silva & Sieverd.	0,42	-	-	-	-	E
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	2,75	-	-	-	-	E
<i>Acaulospora</i> sp0	-	2,54	1,29	2,07	9,71	I
<i>Acaulospora</i> sp1	0,16	-	-	-	-	E
<i>Acaulospora spinosa</i> Walker & Trappe	0,90	-	-	-	0,18	I
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos e Trappe	0,32	-	-	-	-	E
<i>Acaulospora walkeri</i> Kramad. & Hedger	1,11	-	-	-	0,18	I
<b>Família Archaeosporales Morton &amp; Redecker</b>						
<i>Archaeospora trappei</i> (Ames & Linderman) Morton & Redecker	-	1,96	-	-	-	E
<b>Família Ambisporaceae Walker, Vestberg &amp; Schuessler</b>						
<i>Ambispora leptoticha</i> (Schenck & Sm.) Walker, Vestberg & Schuessler	-	0,06	-	0,09	0,05	I
<b>Família Paraglomeraceae Morton &amp; Redecker</b>						
<i>Paraglomus occultum</i> (Walker) Morton & Redecker	-	0,87	-	-	-	E
<b>H'</b>	2,02	0,650	0,582	0,776	0,737	-
<b>J</b>	0,6744	0,246	0,265	0,294	0,272	-
<b>R</b>	20	14	9	14	15	-