



Levantamento de fungos micorrízicos arbusculares em associação a espécie vegetal *Manihot esculenta* Crantz

Survey of arbuscular mycorrhizal fungi in association with the plant species *Manihot esculenta* Crantz

Wanderson Ferreira da Silva⁽¹⁾; Ana Marta da Silva Lima⁽²⁾; Esmeralda Aparecida Porto Lopes⁽³⁾

⁽¹⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0003-4625-528X>, Graduando do Curso de Ciências Biológicas; Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL; Arapiraca, Alagoas; wandersonsilva1@gmail.com;

⁽²⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-7643-5786>, Graduanda do Curso de Ciências Biológicas; Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL; martinhaslanam@gmail.com;

⁽³⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0003-3765-0712>, Professora Adjunta do Departamento de Ciências Biológicas; Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL; esmeralda.porto@uneal.edu.br

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 27 de dezembro de 2020; Aceito em: 24 de setembro de 2021; publicado em 10 de outubro de 2021. Copyright© Autor, 2021.

RESUMO: A produção da mandioca no estado de Alagoas é realizada em sua grande parte por pequenos produtores rurais que adotam pouca tecnologia de manejo, e que tem por rotina não repor os nutrientes devido ao custo elevado dos insumos químicos. Nesse modelo de produção agrícola, o conhecimento e uso de estratégias que incluam processos biológicos naturais no solo, principalmente da microbiota presentes nesse ambiente, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem apresentar-se como uma alternativa para a biofertilização, uma vez que, micorrizas arbusculares são associações simbióticas estabelecidas entre as raízes da maioria das plantas e fungos não patogênicos do solo que têm efeitos benéficos, podendo melhorar o crescimento e a produtividade da planta e na estrutura dos solos. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a densidade de glomerosporos e os gêneros de FMA autóctones presentes na rizosfera da mandioca, variedade Sergipana, assim como determinar a colonização micorrízica na cultura avaliada. Foram realizadas coletas de solo na rizosfera da mandioca, aos 90, 180, 270 e 360 dias após o plantio (DAP). Foi avaliado o número médio de glomerosporos em cada tratamento aos 90, 180, 270 e 360 DAP, e os principais gêneros de FMA presentes, e realizada avaliação da colonização micorrízica das raízes aos 360 DAP. O cultivo da mandioca mostrou um aumento de cerca de 174,46% aos 360 DAP apresentando diferença significativa na densidade de FMAs quando comparada ao período de 90 DAP. Foi observada a presença dos gêneros *Diversispora sp.*, *Entrophospora sp.*, *Acaulospora sp.*, *Scutellospora sp.*, e *Racocetra sp.* no cultivo, e resultado positivo para colonização micorrízica, apresentando taxa de 61% de colonização das raízes da espécie vegetal avaliada.

PALAVRAS-CHAVE: FMA, colonização micorrízica, mandioca.

ABSTRACT: Cassava production in the state of Alagoas is mostly carried out by small rural producers who adopt little management technology, and who routinely do not replace nutrients due to the high cost of chemical inputs. In this agricultural production model, the knowledge and use of strategies that include natural biological processes in the soil, mainly of the microbiota present in this environment, such as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), can be presented as an alternative for biofertilization, since, Arbuscular mycorrhizae are symbiotic associations established between the roots of most plants and non-pathogenic fungi in the soil that have beneficial effects, which can improve plant growth and productivity and soil structure. Thus, the aim of this study was to evaluate the density of glomerospores and the native AMF genera present in the rhizosphere of cassava, Sergipana variety, as well as to determine mycorrhizal colonization in the evaluated culture. Soil collections were made in the cassava rhizosphere, at 90, 180, 270 and 360 days after planting (DAP). The average number of glomerospores in each treatment was evaluated at 90, 180, 270 and 360 DAP, and the main AMF genera present, and an evaluation of mycorrhizal colonization of the roots at 360 DAP was performed. Cassava cultivation showed an increase of approximately 174.46% at 360 DAP, showing a significant difference in the density of AMFs when compared to the 90 DAP period. The genera *Diversispora sp.*, *Entrophospora sp.*, *Acaulospora sp.*, *Scutellospora sp.*, and *Racocetra sp.* in cultivation, and a positive result for mycorrhizal colonization, with a 61% rate of colonization of the roots of the evaluated species.

KEYWORDS: AMF, mycorrhizal colonization, mandioca.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é de origem da América do Sul, mas atualmente já é cultivada em muitas regiões em todo o mundo (CHISTÉ et al., 2007), essa disseminação se deu em consequência de sua tolerância aos diferentes tipos de solos e climas (CARDOSO, 2003). Ela também se distribui em todas as regiões do Brasil, o qual é um dos países com maior produção no mundo (IBGE, 2017), e em Alagoas pode ser encontrada em todas as microrregiões, com maior concentração ocorrendo na região agreste do estado. É uma planta de fácil cultivo, possuindo raízes com alto teor de amido, representa uma importante fonte de alimento, bem como fonte de emprego e renda para as comunidades onde são cultivadas (BRANDÃO, 2007).

De acordo com Santiago *et al* (2005) na região agreste de Alagoas o cultivo da mandioca é feito principalmente por pequenos produtores rurais, e possui baixa produtividade na região, que ocorre devido à ausência da adubação adequada e desconhecimento de recursos biológicos do próprio solo.

Segundo Alves (2006), a mandioca é esgotante do solo, não favorecendo a sua conservação, pois tudo que ela produz é retirado da área de plantio para determinados fins, não retornando ao solo. Além disso, promove pouca proteção do solo devido um crescimento lento no início de seu desenvolvimento, onde sua parte aérea não oferece uma cobertura adequada do solo, favorecendo a ocorrência de processos erosivos e degradação do solo.

Existem diversas espécies de plantas que desenvolvem interações com diferentes microrganismos, interações essas que podem promover benefícios para ambos os organismos envolvidos. Nessas associações simbióticas os microrganismos são capazes de capturar e transferir nutrientes para a planta em troca de fotoassimilados produzidos através da fotossíntese (OLDROYD, 2013).

Nesse sentido, os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) apresentam-se como organismos benéficos em associação com as raízes das plantas, ocorrendo naturalmente nos solos contribuindo para o desenvolvimento do vegetal, principalmente na mandioca por possuir raízes grosseiras e pouco ramificadas, aumentando sua área de absorção de nutrientes (MIRANDA, 2008).

Os fungos micorrízicos arbusculares estabelecem uma ligação entre as raízes da

planta hospedeira com o solo e a sua biota, através da micorrizosfera, resultando, em geral, em um aumento da capacidade de estabelecimento, desenvolvimento e reprodução das plantas e na estruturação do solo (SOUZA e SILVA, 1996), razão por que os FMAs têm sido amplamente aceitos pela comunidade científica como um insumo biotecnológico de importância econômica para recuperação de áreas degradadas (LINS *et al.*, 2007) uso eficiente de nutrientes, como fósforo (SIQUEIRA, *et al.*, 2010) e para a agricultura sustentável (JEFFRIES *et al.*, 2003). Página | 3780

Essas micorrizas arbusculares são associações simbióticas mutualistas formadas entre fungos do filo *Glomeromycota* e raízes da maioria das plantas superiores. Plantas quando micorrizadas apresentam maior atividade fotossintética, maior atividade enzimática e produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações metabólicas conferem às plantas micorrizadas maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos) (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SIQUEIRA *et al.*, 2010).

As micorrizas possuem enorme potencial biotecnológico, com grandes possibilidades comerciais, como o aumento da produção de alimentos e redução dos gastos financeiros dessa produção, além da diminuição dos impactos das práticas convencionais atuais de produção sobre o meio ambiente (SOUZA *et al.*, 2006).

Por isso, a realização de trabalhos sobre o levantamento do potencial de inóculos de FMA e de bioprospecção associados a trabalhos de caracterização da microbiota dos solos são importantes para promover avanços biotecnológicos no sucesso de culturas (CARNEIRO *et al.*, 1998).

Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a densidade de glomerosporos e os gêneros de FMA autóctones presentes na rizosfera da mandioca, variedade Sergipana, assim como determinar a colonização micorrízica na cultura avaliada.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Área de estudo

Foram realizadas 4 coletas (agosto/2015, novembro/2015, fevereiro/2016, maio/2016) de solo rizosférico da *Manihot esculenta* Crantz da variedade Sergipana,

cultivada em uma propriedade particular de aproximadamente 3,3 ha, localizada próxima a AL-115, Km 14, com coordenadas -9.825399 e -36.753016, município de Lagoa da Canoa, região Agreste do estado de Alagoas (Figura 1).



Figura 1. Área de estudo. Área total do cultivo, em azul. Área usada para coleta das amostras para pesquisa, em vermelho. Fonte: Google Maps.

O clima do município de Lagoa da Canoa é caracterizado pelo clima tropical semiárido, com chuvas de verão. A temperatura varia ao longo do ano ficando entre os 18° C e 34° C, o período mais quente é entre os meses de outubro e abril, enquanto o período de temperaturas mais baixas é mais curto, ocorrendo entre os meses de maio a agosto (CLIMATEMPO, 2020).

A área usada para a pesquisa foi de 1 ha do total do cultivo, com solo com pH 5,4 e composição química mostrada na Tabela 1, após análise química de amostras retiradas da área. Para o cultivo da mandioca o solo havia sido gradeado e as manivas-sementes foram plantadas manualmente em maio de 2015 em canteiros, em sistema convencional e cultivo solteiro, com espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, em fileiras simples, com adubação no plantio e em cobertura utilizando NPK (16-16-16), e com aplicação de herbicida (gramoxone) logo após o plantio.

Tabela 1. Propriedades químicas das amostras de solo coletadas na área de estudo em Lagoa da Canoa – Alagoas.

pH	Na	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	M.O.
		ppm			meq/100ml			%
5,4	37	58	120	2,8	1,9	0,9	0,06	1,49

Métodos de extração: pH: Água; Na, P, K: Mehlich; Ca, Mg, Al: KCl; M.O.: S. Sulfurosa

Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com 4 repetições. As parcelas experimentais apresentaram área total de 100 m², sendo que em cada parcela foram coletadas 5 amostras de solo da rizosfera da mandioca (Figura 2).

Os tratamentos constaram de coletas de amostras de solo nos períodos de 90, 180, 270 e 360 dias após o plantio (DAP) das manivas, com total de 20 amostras por tratamento.

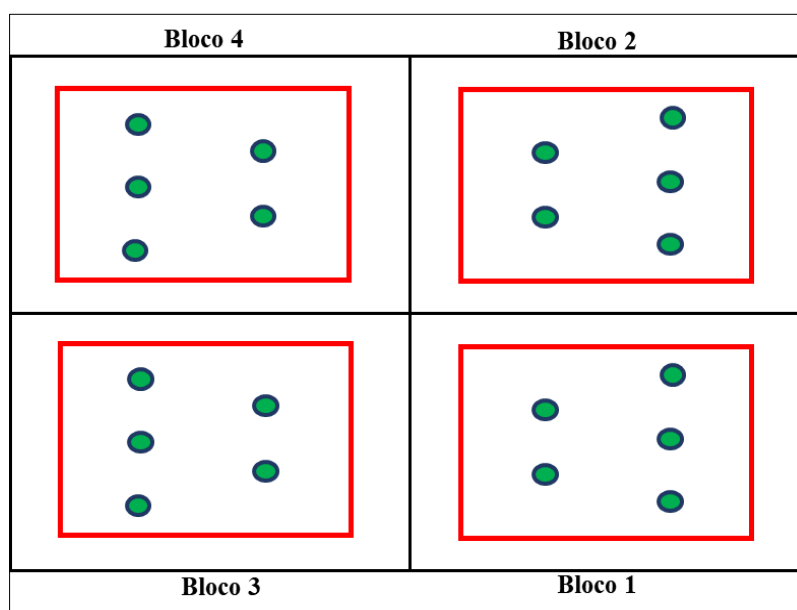


Figura 2. Representação do delineamento experimental em blocos ao acaso (preto) e parcelas experimentais (vermelho). Pontos de coleta de solo em verde. Fonte: SILVA, W.F. (2015).

Extração dos Glomerosporos de FMA

O solo rizosférico foi coletado na profundidade de 0-15 cm, acondicionados em sacos

plásticos, devidamente identificados e encaminhados e mantidos sob refrigeração no Laboratório de Ciências Naturais do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Alagoas, Campus I, Arapiraca/AL.

Em laboratório foi realizado o procedimento de extração dos glomerosporos por amostra de solo, para isso foram usados 50 g de solo de cada amostra coletada, e utilizadas as técnicas (adaptadas) de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1964). A contagem dos glomerosporos foi realizada em placas canaletadas e microscópio estereoscópio (40x).

Após a extração, os dados da densidade de glomerosporos por amostra dos tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.6 Build 86, com níveis de significância de 5% pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Identificação dos Glomerosporos

Para identificação dos gêneros dos Fungos Micorrízicos Arbusculares foi utilizada a abordagem de comparação morfológica, na qual os glomerosporos de FMA similares extraídos, foram agrupados e fixados em lâminas de microscopia com álcool polivinílico-lacto-glicerol (PVLG) e lâminas com PVLG + reagente de Melzer (1:1) (MORTON *et al.*, 1993). Foram postas lamínulas sobre cada grupo de glomerosporos, após um tempo alguns glomerosporos fixados foram submetidos a uma pequena pressão sobre a lamínula para rompimento das paredes, para que ocorresse a coloração das paredes internas, contribuindo para uma melhor identificação.

A identificação dos glomerosporos de FMA foi feita com base no *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM) da *West Virginia University*, através da observação das características dos glomerosporos encontrados em comparação a esta coleção.

Determinação de Colonização Micorrízica

Aos 360 DAP as raízes de *M. esculenta* Crantz foram coletadas e armazenadas em tubos de ensaio devidamente identificados e direcionadas para o Laboratório de Análises Microbiológicas do Polo Tecnológico Agroalimentar de Arapiraca, vinculado à Universidade Estadual de Alagoas, para realização dos procedimentos de coloração e avaliação da colonização micorrízica. Página | 3784

A colonização micorrízica das raízes foi determinada conforme metodologia de Phillips e Hayman (1970) modificada, onde, em laboratório, as raízes foram lavadas para remoção do solo de sua superfície, mantidas em KOH (10%) em banho-maria por 10 min, retiradas e mantidas em H₂O₂ (10%) por 3 min, em seguida inseridas em HCl (1%) por 5 min, posteriormente mantidas em Azul de Trypan (0,05%) por 10 min para coloração, e mantidas em lactoglicerol para conservação.

A avaliação da colonização foi feita pela observação, por meio de microscópio óptico (40x) da presença de estruturas fúngicas (glomerosporos, hifas, arbúsculos e vesículas) dentro das raízes na região do córtex, onde ocorre o desenvolvimento inter e intracelular das hifas (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade de FMA

Através da análise estatística do número de glomerosporos em cada tratamento ao longo do tempo, verificou-se a ocorrência de diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tratamento de 360 dias após o plantio (DAP) e os demais com 90, 180 e 270 DAP (figura 3). Foi observada aproximadamente uma média de 25, 38, 31 e 70 glomerosporos por 50 g de solo aos 90, 180, 270 e 360 DAP, respectivamente.

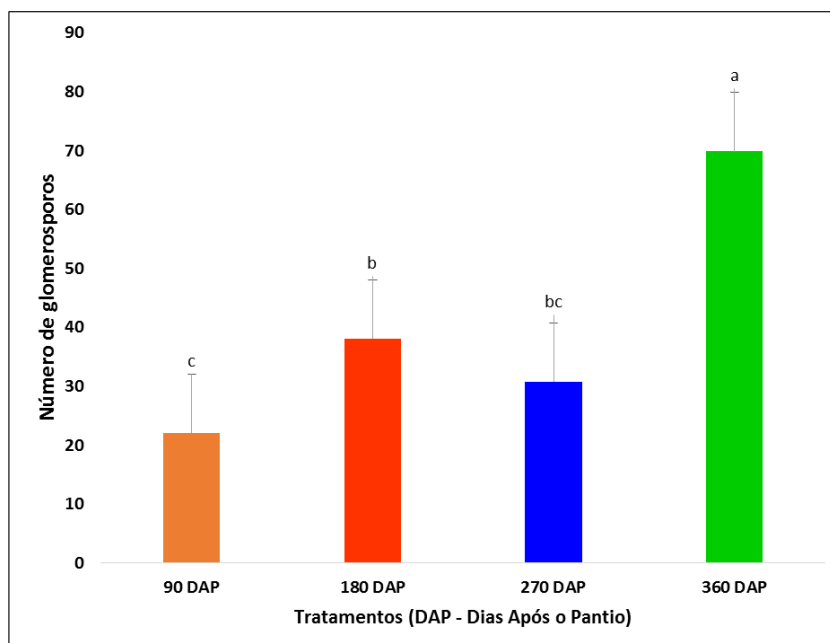


Figura 3. Número de glomerosporos de FMA em relação ao número de dias após o plantio (DAP). Fonte: Dados da pesquisa.

A maior densidade de glomerosporos de FMA foi observada no período de 360 DAP (Figura 3), com diferença significativa quando comparada aos outros períodos analisados, um aumento de cerca de 174,46% em comparação ao primeiro período de 90 DAP, revelando a dependência micorrízica da mandioca e efetiva interação fungo-plantas. Essa relação de simbiose quando efetivada promove maior aumento do vigor do vegetal e, maior tolerância a estresses ambientais (DURAZZINI et al., 2009).

Assim como muitas espécies vegetais da região tropical, a mandioca demonstra ter um grau considerável de dependência de associação micorrízica para atingir seu crescimento ideal (MERGULHÃO, 2001), como evidencia os resultados desta pesquisa.

O número reduzido de glomerosporos aos 90 DAP em comparação aos outros períodos avaliados deve-se ao fato de que até esse período a planta de mandioca está no início da formação de seu sistema radicular (ALVES, 2006), pois entre os fatores que afetam a germinação dos esporos e o crescimento micelial são os compostos produzidos pelas raízes das plantas, como os açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, vitaminas, proteínas, enzimas, hormônios, íons inorgânicos e CO₂, assim como metabólitos secundários.

De acordo com Tamasloukht *et al.* (2003), a presença de exudados radiculares induz

a expressão de genes específicos, havendo intensa atividade respiratória do FMA antes do processo de ramificação. Essa indução no aumento no número de glomerosporos pode ser observada no segundo período, aos 180 DAP, período onde inicia um desenvolvimento mais ativo da planta de mandioca, promovendo translocação expressiva de carboidratos para as raízes, influenciando a micorrização. Além disso, é a troca de sinais químicos entre a planta hospedeira e o fungo micorrízico que promove o início da interação simbiótica entre os organismos envolvidos (BONFANTE e REQUENA, 2011).

Aos 270 DAP foi observada uma queda no número de glomerosporos presentes na rizosfera da mandioca, diversos fatores podem ter ocasionado essa redução, como segundo Vandenkoornhuyse *et al.* (2002) em seu trabalho evidenciando que a comunidade de FMAs se diferencia entre as plantas hospedeiras, caracterizando a preferência de cada hospedeiro por certas espécies de FMA, e que essa comunidade fúngica passa por mudanças ao longo do tempo.

Fatores do ambiente também podem interferir na comunidade de microrganismos presente no solo. De Mello *et al.* (2006) relatam que todas as alterações que ocorrem no solo desde o tipo de cultivo até os processos erosivos podem provocar modificações na predominância de uma espécie de fungo na formação da simbiose micorrízica. Em trabalho realizado por Souza *et al.* (2003) em área de Caatinga no município de Piranhas em Alagoas, a densidade de FMA nas áreas avaliadas foi significativamente maior no período seco que no chuvoso e, ocorrência de maior diversidade no período seco.

Conforme observado, os tratamentos 270 e 90 DAP não diferiram estatisticamente entre si ao nível de $p < 0,05$ (figura 3). Isso pode ter se dado devido ao fato de que não houve o manejo das plantas espontâneas (Figura 4), o que pode ter influenciado na germinação dos glomerosporos, visto que plantas invasoras geralmente competem com recursos do solo como água e nutrientes minerais, limitando o crescimento e produtividade da cultura. Pois, como afirmado por Gomide *et al.* (2009), entre os diversos fatores que podem alterar as comunidades de FMAs, estão a micotrofia das plantas e a diversidade de hospedeiras.

Além disso, o manejo inadequado das plantas espontâneas é um dos fatores bióticos principais que interferem na cultura de mandioca, provocando uma menor produtividade nessa cultura no Brasil (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008). Devido ao seu crescimento inicial lento, a mandioca acaba facilitando o desenvolvimento das plantas espontâneas que competem pelos recursos nutricionais, podendo afetar assim no desenvolvimento da cultura

(AZÊVEDO *et al.*, 2000).

O sombreamento causado pelas plantas espontâneas sobre as plantas da cultura é um dos efeitos mais relevantes (CRUZ e PELACANI, 1993), além da competição entre plantas afetar o desenvolvimento da parte aérea da mandioca, a qual realiza a absorção de luz e realização do processo de fotossíntese e, fornecimento de fotoassimilados às raízes (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008), o que pode, conseqüentemente, ter influenciado na comunidade fungo-micorrízica da rizosfera que utilizam dessas substâncias para sua nutrição e multiplicação. Página | 3787



Figura 4. Área de cultivo com infestação de plantas espontâneas cobrindo as plantas da espécie cultivada. Fonte: SILVA, W.F. (2016).

De acordo com Paula *et al.* (1990), as respostas dos FMA à presença de exsudados e extratos de células são variáveis de acordo com a espécie vegetal, a concentração e a idade das células. Maia e Yano-Melo (2001) verificaram que extratos de raízes de *Panicum miliaceum* L. diminuiu a taxa de germinação de glomerosporos de *Gigaspora albida*.

Diante disso, a realização de pesquisas, como este trabalho, envolvendo os FMA, de caracterização da microbiota dos solos podem proporcionar, como resultado prático em longo prazo, o aumento da produtividade das culturas, a redução do uso de fertilizantes químicos, contribuindo para se obter uma prática agrícola mais sustentável e ecológica (SOUZA *et al.*, 2006).

Identificação dos Glomerosporos de FMA

A partir da observação das características morfológica como cor, estrutura da parede, tamanho e forma dos glomerosporos dos FMAs fixados em lâmina e comparação com o banco de dados do INVAM, foram identificados diferentes gêneros de FMAs encontrados nas amostras analisadas da área de estudo (Figura 5). Página | 3788

Os gêneros de fungos micorrízicos autóctones identificados nas amostras de solo rizosférico da *Manihot esculenta* Crantz, variedade sergipana, foram: *Acaulospora* sp, *Diversispora* sp, *Entrophospora* sp, *Gigaspora* sp, *Racocetra* sp, *Scutellospora* sp (Figura 5).

Em relação à comunidade dos FMA autóctones identificados na área de estudo, os gêneros *Scutellospora* e *Acaulospora* também foram encontrados por Balota *et al.* (1999), ao pesquisarem as espécies de FMA relacionadas à mandioca nos estados de Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo.

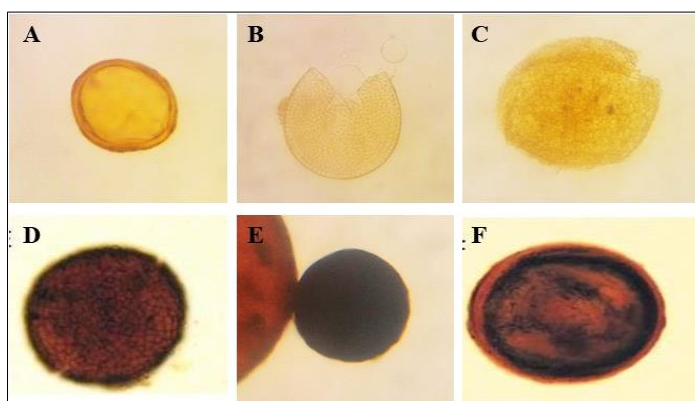


Figura 5. Fotomicrografia dos glomerosporos de FMAs presentes na área do estudo. (A) *Diversispora* sp, (B) *Entrophospora* sp, (C) *Acaulospora* sp, (D) *Scutellospora* sp, (E) *Racocetra* sp, (F) *Gigaspora* sp. Aumento de 40x. Fonte: SILVA, W.F. (2016).

De acordo com Carrenho *et al.* (2010), as comunidades micorrízicas nativas variam bastante em relação às espécies encontradas, pois a presença destas é influenciada pela vegetação existente e pelas características do ambiente e, somente algumas mostram-se eficientes em favorecer o crescimento das plantas (HOWELER *et al.*, 1987).

O tratamento convencional (como aração ou gradagem recorrente) do solo afeta negativamente os fundos micorrízicos arbusculares, provocando redução no número das espécies encontradas no solo (SCHNEIDER *et al.*, 2011).

Como observado por Fagbola *et al.* (1998), em trabalho realizado em campo

verificaram que a inoculação de glomerosporos da espécie *Glomus clarum* proporcionou incremento de 50% na taxa de colonização micorrízica na mandioca quando comparada àquelas apenas com FMA nativos. Variações essas que podem estar relacionadas às características fisiológicas específicas do fungo de interação efetiva com as raízes da planta (BALOTA *et al.*, 1999). Página | 3789

Siqueira *et al.* (1989) em seu estudo, observaram 181 esporos por 100,0g de solo de culturas da região sul do estado de Minas Gerais, com predominância das espécies *Acaulospora scrobiculata* e *Giraspota sp.*

Em trabalho realizado por Balota *et al.* (1999) concluíram que diversas espécies de FMA podem estar associadas à cultura da mandioca, dentre estas predominam, segundo seu trabalho, *Entrophospora colombiana*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora appendiculata*, *Scutellospora pellucida* e *Scutellospora heterogama*, gêneros esses também encontrados no presente trabalho na cultura da mandioca da variedade sergipana.

A identificação desses organismos no ambiente é importante, pois, os fungos micorrízicos arbusculares podem ser considerados bioindicadores sensíveis para avaliar a qualidade do solo e das práticas de manejo agrícola empregadas no cultivo (GONÇASVES *et al.*, 2019).

Colonização Micorrízica

Em microscópio foi observada nas amostras de raízes da mandioca a presença de glomerosporos, hifas e arbúsculos, estruturas produzidas pelos fungos que caracterizam sua infectividade sobre a planta hospedeira.

O estudo revelou que a mandioca da variedade sergipana apresentou alta colonização micorrízica, com uma taxa de 61% colonização, demonstrando a alta infectividade dos FMAs presentes no solo rizosférico da mandioca. Este resultado pode estar relacionado a alta dependência micorrízica da mandioca, mas também a outros fatores do ambiente, e a aspectos específicos da interação fungo-planta.

Conforme Brundrett (1991), o principal tipo de inóculo são os glomerosporos, entretanto, a densidade destes pode não estar relacionada à formação micorrízica nos solos, pois essa sofre influência de vários fatores, como da própria planta hospedeira que pode

variar quanto à capacidade de selecionar os fungos e assim afetando a multiplicação destes e, também, de fatores edáficos e climáticos, aspectos que podem alterar a comunidade de FMAs.

Estudos relatam que a formação de simbiose micorrízica no solo também está sujeita além das variações das condições climáticas, das condições químicas e físicas do solo, como temperatura, disponibilidade de nutrientes, pH e aeração do solo (DE MELLO *et al.*, 2006).

Gerdemann (1975) já definiu a dependência micorrízica como o grau de dependência da planta para conseguir atingir seu crescimento e/ou sua produtividade máxima, em um determinado nível de fertilidade do solo. Entretanto, cada espécie vegetal possui uma variada dependência micorrízica, influenciando na efetivação da simbiose com cada espécie de fungo micorrízico diante das condições do solo (BALOTA *et al.*, 2011).

Segundo Miranda *et al.* (2005) a mandioca possui alta dependência e colonização micorrízica, podendo chegar a cerca de 95% de dependência de associação com os fungos micorrízicos, principalmente por ser uma planta com sistema radicular reduzido, engrossado e com pouca ramificação.

Assim, a micorrização de suas raízes aumenta sua capacidade de explorar o solo e absorver nutrientes de baixa mobilidade necessários para a planta, concluindo dessa forma que raízes de mandioca não micorrizadas tornam-se incapazes de adquirir esses nutrientes em grande parte dos solos cultivados (EZETA e CARVALHO, 1982).

Em experimentos realizados por Gomide *et al.* (2009) observou-se elevada colonização micorrízica entre as espécies micotróficas testadas, variando de 40% a 70%, no sorgo e aveia-preta respectivamente.

Kato *et al.* (1990) constataram que diferentes espécies de FMA podem atingir diferentes níveis de colonização em plantas de mandioca, e aquelas espécies que proporcionaram maior desenvolvimento das plantas, conseqüentemente, foi as que obtiveram maior colonização radicular.

Lopes *et al.* (2015) em seu experimento conduzido em campo revelou taxa de 80,25% de colonização micorrízica na mandioca, resultado elevado e semelhante aos que foram obtidos em estudos anteriores que relataram variação da porcentagem de colonização micorrízica na mandioca de 31% a 85%, por Balota *et al.* (1999) e Buns *et al.* (2012), resultado semelhante ao observado no presente estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que houve um aumento gradual na densidade de glomerosporos de fungos micorrízicos arbusculares, aumentando 174,46% do plantio à colheita no período de 360 dias. Página | 3791

A comunidade de FMA autóctones presentes na área de cultivo da mandioca variedade sergipana foram dos gêneros *Diversispora sp*, *Entrophospora sp*, *Acaulospora sp*, *Scutellospora sp*, e *Racocetra sp*.

A mandioca apresentou uma alta colonização micorrízica com uma média de 61%, revelando a grande infectividade de fungos micorrízicos arbusculares presentes nas condições nativas do solo.

O material de amostras de solo coletados na área de estudo, contendo os glomerosporos de fungos micorrízicos arbusculares nativos da cultura avaliada foi armazenado em laboratório, iniciando uma coleção de trabalho de FMAs da região, para possível estabelecimento de um banco de germoplasma de FMAs, podendo dessa forma contribuir para futuras pesquisas complementares sobre esse grupo de organismos presentes na região.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL) pela disponibilização da infraestrutura para realização do trabalho.

Ao Polo Tecnológico Agroalimentar de Arapiraca pela disponibilização da infraestrutura de seus laboratórios para realização do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

1. ALBURQUERQUE, J.A.A. *et al.*. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*) Weed interference in cassava

- (*Manihot esculenta*) yield. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.
2. ALVES, A. A. C., Fisiologia da mandioca. *In: SOUZA, L.S. et al. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 138-169. 2006.
 3. AZEVÊDO, Cláudio Luiz Leone *et al.*. Levantamento de plantas daninhas na cultura da mandioca, em um ecossistema semi-árido do Estado da Bahia. **Magistra**, v. 12, n. 1, p. 41-49, 2000
 4. BALOTA, E.L. *et al.*. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Perquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, n. 7, p. 1265-1276. 1999.
 5. BONFANTE, Paola; REQUENA, Natalia. Dating in the dark: how roots respond to fungal signals to establish arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current opinion in plant biology*, v. 14, n. 4, p. 451-457, 2011.
 6. BRANDÃO, Thaysa Barbosa Cavalcante. **Caracterização da qualidade da farinha de mandioca no agreste alagoano**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Nutrição)–Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Nutrição. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Maceió.
 7. BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v. 21, p. 171-313. 1991.
 8. BURNS, Anna Elizabeth *et al.* Variations in the chemical composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves and roots as affected by genotypic and environmental variation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 19, p. 4946-4956, 2012.
 9. CANHOS, V. P.; VAZOLLER, R. F. A importância das coleções biológicas. **Scientific American Brazil**, p. 20, 2004.
 10. CANHOS, V. P.; VAZOLLER, R. F. Coleções de culturas de serviços e centros de recursos biológicos. **Brasília, DF: Centro de Referência em Informação Ambiental**, 2005.
 11. CARDOSO, C., E. L. **Competitividade e Inovação na Cadeia Agroindustrial de Fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188f. Tese de Doutorado. ESALQ/ Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2003.
 12. CARNEIRO, Marco AC *et al.* Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.
 13. CARENHO, R. *et al.*. Fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas brasileiros *In: SIQUEIRA, J.O., SOUSA, F.A., CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil*. Lavras, Editora UFLA, 2015-250. 2010.
 14. CHISTE, Renan Campos *et al.* Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 265-269, 2007.
 15. CLIMATEMPO. **Climatologia de Lagoa da Canoa – AL**. Disponível em: <<https://www.climatepo.com.br/climatologia/5717/lagoadacanoa-al>> Acesso em: 16 de mar. 2020.
 16. CRUZ, J. L.; PELACANI, R. Fisiologia da mandioca. *In: CURSO NACIONAL DE MANDIOCA*, 8., 1993, Cruz das Almas. (Anais) Cruz das Almas: **Embrapa/CNPMPF**, p. 38, 1993.

17. DE MELLO, Andrea Hentz *et al.* Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2006.
18. DURAZZINI, Ana Maria Sá *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em solos sob diferentes cultivos. *Revista Agrogeoambiental*, v. 1, n. 1, 2009.
19. EZETA, F. N.; CARVALHO, PCL de. Influência da endomicorriza na absorção de P e K e no crescimento da mandioca. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 6, p. 25-28, 1982.
20. FAGBOLA, O., OSONUBI, O., MULONGOY, K. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and hedgerow trees to the yield and nutrient uptake of cassava in an alley-cropping system. **The Journ of Agricultural Science**, v. 131, n. 1, p. 79-85. 1998.
21. GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. *In*: TORREY, J.G.; CLARKSON, D.T., editors. **The development and function of roots**. London: Academic Press; 1975. p. 91-575.
22. GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.W. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244. 1963
23. GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New phytologist**, v.84, p.489-500, 1980.
24. GOMIDE, P.H.O. *et al.* Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1483-1490, 2009.
25. Gonçalves, V.A. *et al.* Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 62. 2019.
26. HOWELER, R. H.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *In*: **Plant and Soil Interfaces and Interactions**. Springer, Dordrecht, 1987. p. 249-283.
27. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em abril de 2017.
28. INVAM. **International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi**. <<https://invam.wvu.edu/>>.
29. JEFFRIES, Peter *et al.* The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and fertility of soils**, v. 37, n. 1, p. 1-16, 2003.
30. JENKINS, W.R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 48, p. 692.1964
31. KATO, O.R. *et al.* Efeito de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e nutrição da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n. 8, p.117-1181, 1990.
32. LINS, Cláudia Elizabete de Lima *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 355-363, 2007.
33. LOPES, E.A.P. **Interação Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas e**

- Glomus clarum* na Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) Micropropagada.** Recife: UFRP, 2015. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
34. MAIA, L.C. & YANO-MELO, A.M. Germination and germ tube growth of the arbuscular mycorrhizal fungi *Gigaspora albida* in different substrates. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, n. 4, p. 281-285, 2001.
35. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. Brasília. 2006.
36. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB: Cópia do Decreto Legislativo no. 2, de 5 de junho de 1992. Brasília, 2000.
37. MIRANDA, J.C.C.; FIALHO, J.F.; MIRANDA, L.N. Importância da Micorriza Arbuscular para o Cultivo de Mandioca na Região do Cerrado. **Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico**. Palatina, DF. ISSN: 1517-1469. 2005.
38. MIRANDA, Jeanne Christine Claessen de. **Cerrado: Micorriza Arbuscular-ocorrência e manejo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
39. MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2ª edição. **Editora UFLA**, 2006.
40. MORTON, J.B., BENTIVENGA, S.P., WHEELER, W.W. Germ plasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. **Mycotaxon** 48, 421-528. 1993.
41. PAULA, M.A. *et al.*. Benefícios da suspensão de células vegetais para os fungos micorrízicos vesículo- arbusculares *in vitro*. III. Efeitos de diferentes meios de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 8, p. 1117-1124, 1990.
42. PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v.55, p.158-161, 1970.
43. SANTIAGO, Antonio Dias *et al.* Levantamento exploratório da cadeia produtiva da farinha de mandioca no agreste de Alagoas. *In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DA MANDIOCA, Campo Grande*. 2005.
44. SCHNEIDER, J.; KLAUBERG FILHO, O.; FONTOURA, S. M.; ALVES, M. V. Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 4, p. 701-709, 2011.
45. SIQUEIRA, J.O. *et al.* **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. 716 p.
46. SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, 1989.
47. SOUZA, F.A.; SILVA, E.M.R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. *In: Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas* (J.O. Siqueira, ed.). UFLA/DCS e DCF, Lavras, p.255-290. 1996.
48. SOUZA, RENATA G. *et al.* Diversidade e potencial de infectividade de fungos

- micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 49-60, 2003.
49. SOUZA, V.C. de *et al.* Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 10, n. 3, p. 612-618, 2006.
50. STÜMER, S.L.; SAGGIN-JÚNIOR. Bancos de germoplasma de Glomeromycota no Brasil. *In*: SIQUEIRA, J.O. *et al.* **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 525 – 550.
51. TAMASLOUKHT, M'Barek *et al.* Root factors induce mitochondrial-related gene expression and fungal respiration during the developmental switch from asymbiosis to presymbiosis in the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora rosea*. **Plant Physiol.**, v. 131, n. 3, p. 1464-1478, 2003.
52. VANDENKOORNHUYSE, P. *et al.* Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. **Molecular Ecology**, v. 11, n. 8, p. 1555-1564, 2002.