

**COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA EM RAÍZES DE PLANTAS COLETADAS EM SOLO SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO SUL-MATO-GROSSENSE**

**COLONIZACIÓN MICORRIZA EN RAÍCES DE PLANTAS RECOGIDAS EN SUELO BAJO LABRANZA CERO EN EL CERRADO SUR-MATO-GROSSENSE**

**MYCORRHIZAL COLONIZATION IN ROOTS OF PLANTS COLLECTED IN SOIL UNDER NO-TILLING SYSTEM IN SOUTH-MATO-GROSSENSE CERRADO**

Larissa Michaela Cavalcante Dos Santos<sup>1</sup>; Lucrécia Moura Mattos<sup>2</sup>; Grazieli Suszek de Lima<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0169>

**RESUMO**

O interesse em estudos sobre a biologia, a diversidade e atividade dos microorganismos do solo está cada vez maior, principalmente com os que cumprem função na ciclagem de nutrientes e/ou produtividade dos ecossistemas. Esse estudo tem por finalidade caracterizar a colonização micorrízica em raízes coletadas em área de cultivo de soja sob sistema de plantio direto no cerrado Sul-Mato-Grossense e avaliar a influência das propriedades físico-químicas do solo e diversidade de FMAs na rizosfera da soja. O estudo foi realizado em Nova Andradina/MS, onde foram coletadas 48 amostras de solo, utilizando cilindros de 50 mm de diâmetro a 50 mm de profundidade (4 amostras por ponto), para a avaliação da porcentagem de colonização pelo método da placa riscada. Além disso, a matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátion (CTC), saturação de base (V%), fósforo (P), potássio (K) e resistência do solo à penetração foram também analisados. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado conforme descrito por Gomes (2000). A partir das avaliações realizadas ao decorrer do trabalho, foi possível observar a presença de diversas partes de fungos presentes nas raízes analisadas, em ambos os momentos de coleta apresentaram a presença de fungos micorrízicos. O conhecimento dessas interações permitirá a utilização de espécies de fungos micorrízicos arbusculares mais eficientes para cada situação particular, dos diversos sistemas de produção agrícola praticados na região dos Cerrados.

**Palavras-Chave:** Micorriza arbuscular, cerrado, ciclagem de nutrientes.

<sup>1</sup> Bacharelado em agronomia, Instituto Federal De Mato Grosso do Sul, [larissasantos.la@outlook.com](mailto:larissasantos.la@outlook.com)

<sup>2</sup> Bacharelado em agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [lucreciamattos@gmail.com](mailto:lucreciamattos@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutorado, Instituto Federal De Mato Grosso do Sul, [grazieli.suszek@ifms.edu.br](mailto:grazieli.suszek@ifms.edu.br)

## RESUMEN

El interés en los estudios sobre la biología, diversidad y actividad de los microorganismos del suelo es cada vez mayor, especialmente aquellos que juegan un papel en el ciclo de nutrientes y/o la productividad de los ecosistemas. Este estudio tiene como objetivo caracterizar la colonización micorrícica en raíces recolectadas en un área de cultivo de soja bajo sistema de labranza cero en el cerrado Sul-Mato-Grossense y evaluar la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo y la diversidad de HMA en la rizosfera de soja. El estudio fue realizado en Nova Andradina/MS, donde fueron colectadas 48 muestras de suelo, utilizando cilindros de 50 mm de diámetro y 50 mm de profundidad (4 muestras por punto), para la evaluación del porcentaje de colonización por el raspado. método del plato. Además, también se analizó la materia orgánica (MO), la capacidad de intercambio catiónico (CEC), la saturación de bases (V%), el fósforo (P), el potasio (K) y la resistencia del suelo a la penetración. Los datos fueron sometidos a análisis estadístico descriptivo, utilizando el software Minitab 18® para obtener medidas de posición (media y mediana), medidas de dispersión (desviación estándar) y medidas de forma de distribución (coeficiente de variación), evaluadas según lo descrito por Gomes (2000). De las evaluaciones realizadas durante el trabajo se pudo observar la presencia de varias partes de hongos presentes en las raíces analizadas, en ambos momentos de colecta presentaron presencia de hongos micorrízicos. El conocimiento de estas interacciones permitirá el uso de especies de hongos micorrízicos arbusculares más eficientes para cada situación particular, de los diferentes sistemas de producción agrícola practicados en la región del Cerrado.

**Palabras Clave:** Micorrizas arbusculares, cerrado, ciclo de nutrientes.

## ABSTRACT

Interest in studies on the biology, diversity and activity of soil microorganisms is increasing, especially with those that play a role in nutrient cycling and/or productivity of ecosystems. This study aims to characterize the mycorrhizal colonization in roots collected in a soybean cultivation area under a no-tillage system in the cerrado Sul-Mato-Grossense and to evaluate the influence of physical-chemical properties of the soil and AMF diversity in the soybean rhizosphere. The study was carried out in Nova Andradina/MS, where 48 soil samples were collected, using cylinders with a diameter of 50 mm and a depth of 50 mm (4 samples per point), for the evaluation of the percentage of colonization by the scratched plate method. Furthermore, organic matter (OM), cation exchange capacity (CEC), base saturation (V%), phosphorus (P), potassium (K) and soil resistance to penetration were also analyzed. Data were submitted to descriptive statistical analysis, using the Minitab 18® software to obtain position measurements (mean and median), dispersion measurement (standard deviation) and distribution shape measurements (coefficient of variation), evaluated as described by Gomes (2000). From the evaluations carried out during the work, it was possible to observe the presence of several parts of fungi present in the analyzed roots, in both moments of collection they presented the presence of mycorrhizal fungi. Knowledge of these interactions will allow the use of more efficient species of arbuscular mycorrhizal fungi for each particular situation, of the different agricultural production systems practiced in the Cerrado region.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhiza, cerrado, nutrient cycling.

## INTRODUÇÃO

A degradação do solo é resultado de um conjunto de fatores que atuam sobre ele, causando alterações químicas, físicas e principalmente biológicas (LIMA et al., 2007). A recuperação de sistemas degradados é lento, podendo ser feita a intervenção antrópica com práticas de recuperação do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) servem como importantes indicadores de qualidade do solo e atuam na diversidade e produtividade dos ecossistemas vegetais (ABREU et al., 2018).

Os fungos micorrízicos arbusculares são microrganismos ubíquos do solo que estabelecem relações mutualistas com cerca de 80% das plantas terrestres (WANG; QIU, 2006). A associação resultante, denominada micorriza arbuscular (MA), caracteriza-se pelo crescimento das hifas de fungos do filo Glomeromycota (SCHUBLER et al., 2001) no tecido cortical das raízes de plantas e pela formação de uma estrutura fúngica denominada arbúsculo, responsável pela troca de nutrientes entre o fungo e a planta.

A associação do fungo confere à planta estratégias adaptativas, contribuindo em condições de baixa disponibilidade hídrica e de nutrientes, que facilita o desenvolvimento e estabelecimento das plantas e além disso auxilia na agregação e qualidade do solo (VERAS, 2018). Um dos principais benefícios resultantes da associação micorrízica é o aumento da absorção de nutrientes, em especial o fósforo. Esse fenômeno se torna possível pois o micélio extra-radicular do fungo cresce além da zona de depleção da raiz, realizando a captação, a translocação e a disponibilização desses nutrientes para as células do córtex radical (SMITH; READ, 1997).

Respostas fisiológicas adicionais das micorrizas incluem também maior crescimento e vigor da planta (KOIDE e MOSSE, 2004), proteção contra inúmeros patógenos (SELOSSE et al., 2004), indução de resistência a contaminantes do solo (DERAM et al., 2008) e ao estresse hídrico (CAVALCANTE et al., 2001). Estes fungos auxiliam também na manutenção da integridade física do solo, favorecendo a formação e estabilização de agregados (RILLIG; MUMMEY, 2006), além de terem importante papel na acumulação de biomassa microbiana (OLSSON; WILHELMSSON, 2000).

A inoculação com fungos eficientes em espécies dependentes de micorriza poderá reduzir o uso de insumos, gerando uma economia de recursos e tempo na recuperação florística de áreas desmatadas ou destinadas à formação de matas (SAGGIN-JÚNIOR, 1997). Dentre as espécies estudadas, SCABORA et al. (2011) relatou que *Psidium guava* L.

(goiabeira) apresentou alta colonização e foi altamente responsiva à micorrização, sugerindo potencial para projetos de revegetação no cerrado brasileiro.

Portanto a inoculação de FMA no solo e na vegetação pode favorecer e melhorar o estabelecimento de espécies de plantas próprias de etapas sucessionais intermediárias e avançadas, acelerando a recuperação para uma cobertura vegetal (GUERRERO et al., 1996).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Fungos micorrízicos

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são fungos de solos que possuem a capacidade de realizar simbiose, se agregando nas raízes de algumas plantas, trazendo benefícios de forma mútuas para ambos os indivíduos envolvidos no processo de mutualismo (planta e fungo), estes microrganismos são totalmente específicos e realizam uma associação biotrófica muito forte com a planta hospedeira, os benefícios estão principalmente relacionados com a troca de nutrientes fundamental para cada organismo dentro do processo (BERUDE *et al.*, 2015).

Os fungos recebem como benefício dentro do processo alguns açúcares, além de um ambiente (raiz) para se hospedar e se reproduzir, enquanto as plantas recebem alguns nutrientes vindo dessa interação, alguns nutrientes como o fósforo já foram muito estudado e comprovado que através destes fungos conseguem ser fornecidos uma boa quantidade para a planta hospedeira, entre outros diversos benefícios (HOFFMANN e BARROSO, 2006).

Estes microrganismos depende inteiramente de algumas plantas hospedeiras para sobreviver e se multiplicar, por se tratarem de organismos simbióticos obrigatórios, eles necessitam de raízes em pleno funcionamento para se hospedar, esta interação se inicia com a ativação do propágulo do fungo e quando as hifas formadas identificam uma emergência de raiz próxima ela inicia seu crescimento para aproximar e colonizá-lo (BERUDE *et al.*, 2015).

Os também chamados de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam hifas que se assemelham a uma extensão das raízes de suas plantas hospedeiras e através de uma ligação intracelular denominada de arbúsculos conseguem receber assimilados e fornecer os nutrientes que captam no solo para a planta (HOFFMANN e BARROSO, 2006).

Pensando em um sistema agrícola, as micorrizas podem trazer todos os benefícios já citados para a cultura de interesse, podendo assim aumentar a produtividade de grãos na lavoura, sendo assim muito útil tanto para a natureza por realizar uma manutenção dentro do

ecossistema como para o ser humano pensando em aumento na produção final de uma área agrícola (BERUDE *et al.*, 2015).

Atualmente é possível já encontrar diversas listas ou trabalhos que citam a diversidade desses fungos em diferentes biomas e com simbiose em uma grande variedade de plantas, por exemplo, já foram encontrados nas raízes da cultura da araucária (*Araucaria angustifolia*) no trabalho de Laurindo *et al.* (2020) mais de trinta espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Os autores avaliaram as raízes de três plantas de grande importância no bioma Mata Atlântica, mostrando assim como resultado uma grande diversidade desses microrganismos dentro deste ecossistema.

### **Fungos micorrízicos na agricultura e sua importância**

Ao longo da modernização da agricultura a utilização da fertilização biológica com base na inoculação (BRAHMAPRAKASH & SHU, 2012) de micorrizas vem sendo estudada com grande intensidade para melhoria da agricultura. A biotecnologia que utiliza inoculantes gera benefício socioeconômico e ambiental, por diminuir o uso de fertilizantes solúveis e reduzir os custos de produção (BARBOSA, 2013). Assim, do ponto de vista agrônomo, a micorrização é fundamental para o cenário agrícola brasileiro, pois aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Isso ocorre devido ao aumento da zona de absorção das raízes, mediante o desenvolvimento das hifas (CHAGAS JUNIOR *et al.*, 2010).

Um processo de grande importância é a disponibilidade de fósforo pela solubilização, mecanismo desenvolvido por alguns grupos de fungos que produzem ácidos orgânicos. Esses fungos dissolvem o fosfato de rochas naturais, disponibilizando-o para as plantas, na forma iônica, por meio da solução do solo. A utilização desses fungos na agricultura pode diminuir o custo de produção e maximizar a eficiência do uso de fósforo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; CHAGAS JUNIOR *et al.*, 2010). O interesse na utilização de microrganismos na agricultura tem aumentado significativamente devido a uma maior conscientização sobre a preservação do meio ambiente, com a busca de alternativas para a redução do uso de insumos químicos. DUAN *et al.* (2011) referem que práticas agrícolas com mobilização reduzida e incorporação dos resíduos das culturas são benéficas para as relações de simbiose entre os FMAs e as culturas beneficiando o crescimento.

Os fungos micorrízicos arbusculares são biotróficos obrigatórios, dependendo inteiramente da simbiose para completar o ciclo de vida. Essa característica tem dificultado tanto estudos básicos sobre a biologia e a genética desses fungos como também o desenvolvimento de tecnologia para a utilização de inoculantes micorrízicos em larga escala

(SOUZA et al., 2011). As recomendações de manejo da micorriza arbuscular dizem respeito aos fungos micorrízicos arbusculares existentes no solo e visam o aumento da população.

### **Incidência natural de micorrizas em solos do cerrado**

A grande importância da avaliação de influência de sistemas de manejo de solo sobre os fungos micorrízicos arbusculares, principalmente no bioma Cerrado. O Cerrado possui elevada diversidade de espécies de FMA, abrigando cerca de 45% da riqueza mundial. Indicando a importância de conhecer melhor a microbiota do solo do Cerrado. As plantas controlam esta colonização micorrízica por mecanismos não inteiramente esclarecidos (KOIDE e MOSSE, 1992), mantendo o nível de colonização conforme a sua dependência micorrízica e o benefício em absorção de P que esses fungos estejam proporcionando (Schwab et al. 1991).

Dessa forma, num solo de Cerrado, o maior volume de raízes finas das gramíneas em associação com FMA incrementa muito a absorção de nutrientes (principalmente o P) e de água, favorecendo as plantas.

Na reabilitação ambiental, onde predominam solos de baixa fertilidade, as micorrizas são essenciais na revegetação. O conhecimento da condição micorrízica das espécies é importante, pois serve de suporte para a produção de mudas e para as tecnologias que garantam o sucesso de revegetação. A inoculação de espécies dependentes com FMA eficientes poderá reduzir o uso de insumos, gerando uma economia de recursos e tempo na recuperação florística de áreas desmatadas ou destinadas à formação de matas (SAGGIN-JÚNIOR, 1997). Com esta atualização, o número de espécies de FMA registradas para o bioma Cerrado passa para 119, demonstrando a relevância taxonômica deste estudo, e a importância das áreas de Cerrado como reservatórios de diversidade de FMA.

### **Importância da parte biológica nos solos cultivados**

Com a elevada demanda na necessidade de produzir alimentos a agricultura hoje é o principal responsável pela alimentação do dia a dia de toda a população, com isso muitas áreas agrícolas são exploradas de forma muito intensa e muitas vezes de forma indiscriminada quando se fala em manter um equilíbrio entre altas produtividades e manter características físicas, químicas e biológicas importantes para o solo (OLIVEIRA et al., 2019).

No solo concentra-se uma grande diversidade de microrganismos que possui uma determinada responsabilidade dentro do equilíbrio do ecossistema, sendo responsável pela melhoria e manutenção do solo. Muitos dos microrganismos são responsáveis por proporcionar

um solo com boas características físicos-químicos adequado além de realizar ciclagens de nutrientes, realizando por assim dizendo a decomposição de restos vegetais e animais e disponibilizando todos esses macro e micronutrientes para a flora (OLIVEIRA et al., 2019).

Por se tratar de um microrganismo simbiótico obrigatório, se torna desnecessário citar a importância das raízes presentes no solos para os FMA, pois com a inexistência das plantas e suas raízes esses fungos não conseguiria se desenvolver, a menos que ocorresse alguma modificação no seu sistema de mutualismo, porém pensando no cenário atual estes fungos não teria a menor chance de se proliferar sem raízes em pleno funcionamento (BERBARA et al., 2006).

Pensando agora na importância desses fungos para as plantas vale ressaltar três condições diferentes, solos com alta disponibilidade de nutrientes tornam as plantas facultativas em relação a necessidade dos fungos micorrízicos, normalmente a vegetação apresenta raízes bem desenvolvidas e com bom desenvolvimento (BERBARA et al., 2006).

Existem algumas espécies que necessitam dessa simbiose para sobreviver mesmo em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes, na grande maioria a absorção de P por estas plantas é ineficiente e precisam dos FMA para obter este macronutriente, ao contrário dessas plantas, existem outras que são incompatíveis com os fungos micorrízicos arbusculares geneticamente e que eles não conseguem estabelecer qualquer tipo de relação simbiótica (BERBARA et al., 2006).

## **METODOLOGIA**

### Áreas de estudo

A área de estudo possui 1 ha e está localizada no município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, Brasil ( 22° 4'56.46"S; 53°28'8.43"O) (Figura 1). Os pontos limítrofes da área foram obtidos por meio do uso de GPS topográfico. O clima do local é caracterizado como tropical Aw clima megatérmico com estação invernal pouco definida ou ausente, concentração de chuvas nos meses de verão e secas no inverno segundo classificação de Köppen.

**Figura 1:** Localização da área experimental agrícola Nova Andradina/MS - Brasil.



**Fonte:** Própria (2022)

A área foi utilizada para pastagem rotacional (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) por muitos anos. Durante o ano de 2019, a área passou a ser preparada para conversão em sistema de plantio direto, onde metade da área foi trabalhada com cultura do girassol e a outra metade permaneceu pastagem, apresentando boa produtividade e boa qualidade de grãos. Já em 2020 devido à pandemia a área permaneceu em pousio, com retorno da pastagem, devido ao seu rico banco de sementes. Em 2021 toda área foi implantada com Girassol, mas devido a problemas climáticos ocorridos, a área apresentou baixa produtividade (Figura 2). Nas duas análises de solo realizadas na área (2019 e 2021), verificou-se um solo com 88,7% de areia, 1,39% de silte e 9,91% de argila.

**Figura 2:** coleta de amostras de solo ano de 2021, na área amostral do IFMS-Campus de Nova Andradina/MS-Brasil.



**Fonte:** Própria (2021)

Para esse estudo, a área de 1 ha onde foi implantada o mix (crotalária, milho e braquiária ruziziensis), para fazermos o sistema de plantio direto foi utilizado o rolo faca, não utilizamos uso de agroquímicos para dessecar a área no ano de (2022).

### Amostragem do solo

Uma amostragem do solo físico-químico foi realizada em outubro de 2021, respeitando um grid amostral, baseado nas características da área, onde foram coletadas 48 amostras compostas da camada de profundidade de 0,0-0,20 m (Figura 3). Cada amostra foi composta por seis subamostras coletadas com um perfurador em um raio de 3 m, pretende-se realizar durante o período do projeto duas amostragens, em outubro de 2022 e 2023 na área agrícola, compostas por 48 amostras cada, com a finalidade de caracterização do solo, para comparação antes e depois da implantação do mix com relação das micorrizas arbusculares no solo na área para delimitação de zonas de manejo levando-se em consideração as variáveis que foram analisadas.

**Figura 3:** Levantamento da resistência do solo à penetração no campus do IFMS - Campus de Nova Andradina/MS - Brasil.



**Fonte:** Própria (2022)

Cinco propriedades químicas do solo foram consideradas neste estudo: matéria orgânica MO, capacidade de troca de cátion (CTC, mmolc decímetro<sup>-3</sup>), saturação de base (V, %), fósforo (P, mg dm<sup>-3</sup>) e potássio (K, mmolc decímetro<sup>-3</sup>) (Van Raij et al., 2001).

Essas propriedades químicas do solo foram escolhidas devido à sua importância agrônômica. A disponibilidade de P e K são utilizadas na prescrição de fertilizantes fosfato e potássio, e o CTC e V são comumente utilizados na recomendação de calagem.

### Resistência do solo à penetração

A resistência mecânica à penetração foi realizada utilizando penetrômetro digital FALKER, modelo PenetroLOG PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados. Este penetrômetro foi configurado a cada 0,01 m de incremento de profundidade, trabalhando em velocidade constante. Os dados referentes ao penetrômetro Falker foram extraídos da memória digital e analisados a uma profundidade máxima de 0,2 m. Para o processamento dos dados de resistência do solo à penetração foi utilizado o Software PenetroLOG.

Também foi retirada uma amostra de solo, na profundidade 0,0-0,2 m, utilizando cilindro volumétrico, para análise do teor de umidade, sendo determinada pelo método padrão da estufa (Embrapa 1997).

### Coleta das raízes e avaliação da colonização micorrízica arbuscular

A metodologia de coletas de raízes para a avaliação da colonização micorrízica arbuscular foi baseado no proposto por Zangaro e colaboradores (2013) com modificações. Para tal, em cada um dos 48 pontos de análise na área avaliada foi realizada a coleta em pontos aleatorizados de 4 amostras de solo (utilizando cilindros de 50 mm de diâmetro a 50 mm de profundidade). Estas quatro amostras de solo foram unidas e diluídas em água corrente sobre peneiras que permitem a retenção das raízes finas. A seleção manual sob estereomicroscópio buscará coletar todas as raízes finas (< 2mm de diâmetro) e com características de vitalidade.

Uma vez selecionadas cerca de 1g de raízes de cada ponto de análise foi fixado em álcool 70%. Após pelo menos 24h de fixação as raízes foram submetidas a clarificação (10% KOH), acidificação (1% HCl) e coloração em azul de tripano (0,05%) (Brundrett et al. 1996). A avaliação da porcentagem de colonização foi feita pelo método da placa riscada de Giovannetti e Mosse (1980), no qual se busca identificar as estruturas características dos FMA (hifas corticais, arbusculos e vesículas). A metodologia de coleta ocorreu antes e depois do mix implantado.

### Análise dos atributos

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado conforme descrito por Gomes (2000). Além disso, também foram realizadas análises de correlação linear de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância), passou por um olhar criterioso, que contaram também com análises gráficas, para avaliação de dados outliers.

Para a ocorrência de outliers univariados, as análises exploratórias foram realizadas utilizando-se box-plots e histogramas. Quando uma observação exterior potencial for identificada, ela foi analisada em seu contexto espacial, e tomada a decisão quanto a sua exclusão.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir das avaliações realizadas ao decorrer do trabalho, foi possível observar a presença de diversas partes de fungos presentes nas raízes analisadas, em ambos os momentos de coleta apresentaram a presença de fungos micorrízicos, porém com maior intensidade em locais específicos.

De acordo com as figuras 4, 5, 6 e 7 pode ser observado a presença de algumas estruturas característica das micorrizas, como mostrado, pode ser notado de forma nítida a presença, por exemplo, de vesículas e arbúsculos, estruturas essas que são encontradas apenas em FMA, resultando assim na confirmação da presença do mesmo no solo analisado ao decorrer das estações.

As características desejáveis no solo proporcionando para as plantas foram, rápido crescimento e desenvolvimento, a ciclagem de nutrientes, o acúmulo de matéria orgânica e formação de liteira, apoiada em sistemas radiculares mais profundos e eficientes em buscar nutrientes não disponíveis e refúgio de fauna silvestre (Franco, 1991).

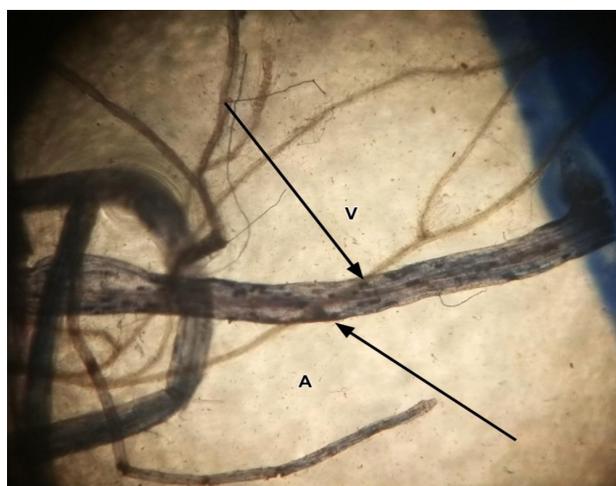
A ocorrência da micorriza em condições naturais é frequente nos dados obtidos no projeto houve uma grande ocorrência natural, micorriza arbuscular tem sido considerada, como uma alternativa para a redução no uso de insumos (fertilizantes e pesticidas). Atualmente 85% das plantas de espécies tropicais apresentam associação micorrízica e o tipo de micorriza vesículo-arbuscular (MVA) é largamente distribuída, ocorrendo em cerca de 70% das espécies. Embora apresente limitações no conhecimento de ocorrência individual de espécies em relação ao solo, clima e vegetação (Abbott & Robson, 1991).

**Figura 4:** Vesícula (V) e hifas extra (H.E) na raiz avaliação coletada anteriormente do mix, utilização de lupa eletrônica 2 x.



Fonte: Própria(2022).

**Figura 5:** Arbúsculos (A) e vesículas (V) na raiz avaliação coletada anteriormente do mix, utilização de lupa eletrônica 2 x.



Fonte: Própria(2022).

**Figura 6:** Vesículas (V) e arbúsculos (A) na raiz avaliação coletada no mix, utilização da lupa de luz eletrônica 2x.



Fonte: Própria(2023).

**Figura 7:** Vesículas (V) e arbúsculos (A) na raiz avaliação coletada no mix, utilização da lupa de luz eletrônica 2x.



Fonte: Própria(2023).

Foram analisados todos os 48 pontos georreferenciados e construídos as tabelas 1 e 2, representando os anos de 2022 e 2023 respectivamente, demonstrando as 100 análises visuais realizadas, calculando através desses dados a porcentagem de colonização radical que leva em consideração o seguinte cálculo:  $[(\text{hifas} + \text{arbúsculos} + \text{vesículas})/100]$ , em seguida na tabela pode ser observado a porcentagem de colonização arbuscular, resultado da seguinte fórmula:  $[(\text{arbúsculos})/100]$ .

Esses cálculos foram realizados com o objetivo de observar a incidência de FMA na área de estudo, obtendo assim como resultado uma alta porcentagem de hifas, porém uma quantidade menor de arbúsculo. A presença de hifas podem não estar relacionados com os FMA por se tratar de uma estrutura presente em outro fungos de solo, porém a presença de arbusculos simboliza a real presença dos fungos micorrízicos, devido se tratar de uma estrutura específica dos FMA.

TABELA 1 apresenta os resultados da contagem da colonização micorrízica nos 48 pontos de coleta em 2022

ID	VESÍCULA	ARBÚSCULO	HIFA INTRA.C	HIFA EXTRA.C	NADA	COLONIZAÇÃO RADICAL TOTAL	COLONIZAÇÃO ARBUSCULAR
1	6	49	17	15	14	87	49
2	6	27	17	25	27	75	27
3	2	31	8	31	28	72	31
4	6	26	15	27	27	74	26
5	4	23	26	16	33	69	23
6	4	30	17	24	29	75	30
7	1	26	21	19	38	67	26

8	5	30	17	28	20	80	30
9	4	15	21	28	34	68	15
10	5	43	3	22	27	73	43
11	5	29	5	32	29	71	29
12	3	58	6	14	19	81	58
13	5	55	5	26	9	91	55
14	0	5	1	42	32	48	5
15	12	38	5	23	23	78	38
16	1	35	0	0	64	36	35
17	8	45	10	15	22	78	45
18	2	39	24	19	16	84	39
19	10	41	18	9	24	78	41
20	8	52	9	10	21	79	52
21	2	53	16	16	13	87	53
22	3	41	12	12	39	68	41
23	6	63	8	16	8	93	63
24	7	67	1	11	14	86	67
25	2	65	3	21	9	91	65
26	11	76	2	6	3	95	76
27	8	75	5	7	5	95	75
28	20	71	0	5	4	96	71
29	7	59	2	21	16	89	59
30	10	65	3	10	12	88	65
31	12	77	2	5	5	96	77
32	15	58	1	10	16	84	58
33	3	67	5	5	20	80	67
34	12	75	2	5	6	94	75
35	16	66	6	8	4	96	66
36	16	50	7	14	13	87	50
37	5	59	8	20	8	92	59
38	4	53	10	17	16	84	53
39	22	63	2	12	2	99	63
40	11	63	5	11	10	90	63
41	6	47	5	20	22	78	47
42	11	58	3	20	8	92	58
43	6	64	8	12	10	90	64
44	13	79	2	2	4	96	79
45	13	72	6	5	5	96	72
46	7	68	5	14	11	94	68
47	11	55	10	14	10	90	55
48	11	52	11	14	12	88	52

Fonte: Própria (2023).

TABELA 2 apresenta os resultados da contagem da colonização micorrízica nos 48 pontos de coleta em 2023

ID	VESÍCULA	ARBÚSCULO	HIFA INTRA.C	HIFA EXTRA.C	NADA	COLONIZAÇÃO RADICAL TOTAL	COLONIZAÇÃO ARBUSCULAR
1	15	53	12	18	2	98	53
2	33	53	3	8	4	97	53
3	37	43	2	9	9	91	43
4	46	49	2	3		100	49
5	43	51	2	2	2	98	51
6	45	40	1	10	4	96	40
7	40	48	2	5	6	95	48
8	39	42	3	16	1	100	42
9	43	47	4	5	1	99	47
10	53	33	4	8	3	98	33
11	61	19	0	8	14	88	19
12	68	18		9	7	95	18
13	54	34	5	5	3	98	34
14	66	20	7	5	2	98	20
15	60	30	4	4	3	98	30
16	64	21	3	4	3	92	21
17	64	22	5	8	1	99	22
18	73	20	2	3	2	98	20
19	75	12	9	3	1	99	12
20	70	20	3	6	3	99	20
21	38	30	3	15	14	86	30
22	66	18	2	7	8	93	18
23	69	18	6	6	1	99	18
24	61	38	1	0	0	100	38
25	41	39	1	15	5	96	39
26	53	35	4	4	4	96	35
27	60	25	0	8	7	93	25
28	69	29	3	1		102	29
29	57	30	3	7	3	97	30
30	65	27	2	6		100	27
31	69	28	1	2		100	28
32	49	31	5	9	6	94	31
33	57	35	3	3	3	98	35
34	66	24	2	3	5	95	24
35	66	23	4	5	3	98	23
36	55	34	3	6	2	98	34
37	65	20	7	5	3	97	20
38	69	18	5	4	4	96	18
39	69	30	1			100	30
40	50	30	10	5	5	95	30

41	55	36	6	1	2	98	36
42	47	35	5	7	6	94	35
43	51	36	9	2	2	98	36
44	40	23	12	15	10	90	23
45	50	42	4	2	2	98	42
46	39	29	11	11	10	90	29
47	48	34	8	6	4	96	34
48	41	27	13	8	11	89	27

Fonte: Própria (2023).

Os resultados obtidos das avaliações realmente nos demonstrou a importância sobre os estudos das micorrizas arbusculares no solo do cerrado, como a simbiose do fungo com a planta são benéficos e como aumenta a absorção de nutrientes aumentando a ciclagem deles, também foi obtido através da utilização de calagem e rotação de cultura proporciona disponibilidade de nutrientes no solo e beneficia a microbiologia.

A eficiência da associação micorrízica no crescimento e na produtividade das culturas está vinculada à disponibilidade de nutrientes do solo e sua absorção pelas plantas, que pode ser alterada através das múltiplas práticas agrícolas, efetuadas durante o seu cultivo. Bolan (1991) atribui a resposta da planta hospedeira associada aos fungos micorrizas arbusculares, principalmente à sua absorção de nutrientes.

Para melhor avaliação e análise dos resultados obtidos, os dados de colonização micorrízica foram correlacionados com os dados de análise de solo para compreender uma possível relação de algum aspecto do solo com a presença de fungos micorrízicos arbusculares, estes dados são demonstramos na tabela 3 e 4, com dados do ano de 2022 e 2023 respectivamente.

Tabela 3: Análise de correlação de Pearson para as variáveis analisadas, para no ano de 2022

2022							
	VESÍCULA	ARBÚCULO	HIFA INTRA.C	HIFA EXTRA.C	NADA	COLONIZAÇÃO RADICAL TOTAL	COLONIZAÇÃO O ARBUSCULAR
<i>pH SMP</i>	0.23	0.10	0.03	0.03	0.22	0.22	0.10
<i>pH CaCl2</i>	0.01	0.27	0.31	0.33	0.02	0.01	0.27
<i>M.O.(g/dm-3)</i>	0.17	0.04	0.04	0.01	0.10	0.03	0.04
<i>K (mmolc/dm-3)</i>	0.20	0.07	0.16	0.09	0.02	0.04	0.07
<i>Ca (mmolc/dm-3)</i>	0.06	0.14	0.01	0.02	0.16	0.19	0.14
<i>Mg (mmolc/dm-3)</i>	0.18	0.18	0.03	0.15	0.21	0.25	0.18

<i>Al</i> (mmolc/dm-3)	0.42	0.10	-	-	-	0.19	0.10
<i>SB</i> (mmolc/dm-3)	0.14	0.17	0.00	0.09	0.19	-	0.17
<i>CTC</i> (mmolc/dm-3)	0.05	0.12	0.02	0.08	0.05	-	0.12
<i>Sat.Bases(V%)</i>	0.20	0.14	0.01	0.06	0.22	-	0.14
<i>S</i> (mg/dm-3)	0.17	0.01	0.07	0.14	0.02	0.06	0.01
<i>Cu</i> (mg/dm-3) 22	0.25	0.31	0.17	0.19	0.33	0.32	0.31
<i>Fe</i> (mg/dm-3) 22	0.26	0.44	0.56	0.27	0.31	0.24	0.44
<i>Mn</i> (mg/dm-3) 22	0.24	0.34	0.30	0.30	0.29	0.21	0.34
<i>Zn</i> (mg/dm-3) 22	0.10	0.07	0.06	0.19	0.04	0.04	0.07

Fonte: Própria (2023)

Tabela 4: Análise de correlação de Pearson para as variáveis analisadas, para no ano de 2023

<i>pH SMP</i>	0.10	-	-	-	-	-	-
<i>pH CaCl2 22</i>	0.37	0.53	0.05	-	0.05	-	0.19
<i>M.O.(g/dm-3)</i> 22	0.07	0.01	0.15	0.19	0.06	0.11	0.01
<i>K</i> (mmolc/dm-3) 22	0.16	0.42	0.40	0.04	0.21	-	0.42
<i>Ca</i> (mmolc/dm-3) 22	0.12	0.09	0.31	0.18	0.06	-	0.09
<i>Mg</i> (mmolc/dm-3) 22	0.03	0.15	0.19	0.14	0.09	-	0.15
<i>Al</i> (mmolc/dm-3) 22	0.17	0.02	0.15	-	-	0.16	0.02
<i>SB</i> (mmolc/dm-3) 22	0.07	0.15	0.28	0.16	0.09	-	0.15
<i>CTC</i> (mmolc/dm-3) 22	0.15	0.02	0.33	0.19	0.14	-	0.02
<i>Sat.Bases(V%)</i> 22	0.00	0.18	0.17	0.11	0.02	-	0.18
<i>S</i> (mg/dm-3) 22	0.22	0.10	0.09	0.40	0.13	-	0.10
<i>B</i> (mg/dm-3) 22	0.03	0.14	0.22	0.15	0.22	0.23	0.14
<i>Cu</i> (mg/dm-3) 22	0.07	0.03	0.27	-	0.05	0.02	0.03
<i>Fe</i> (mg/dm-3) 22	0.40	0.26	0.09	-	0.34	0.18	0.26
<i>Mn</i> (mg/dm-3) 22	0.10	0.05	0.33	0.01	0.05	-	0.05
<i>Zn</i> (mg/dm-3) 22	0.23	0.14	0.06	-	0.15	0.21	0.14

Fonte: Própria (2023)

Pela tabela 3 e 4 podemos observar que podem ser encontradas correlações importantes entre as micorrizas no ano de 2022 e 2023 no solo, onde é encontrado um teor significativo no ano de 2022 de alumínio (Al) antes do mix, porém foi realizado calagem na área isso demonstra a importância de de um ótimo corretivo pois obtivemos a predominância

de macronutrientes como potássio (K), enxofre (S) e micronutriente ferro (Fe) na área é perceptível no solo durante o mix na área de pesquisa permitindo que a planta explore melhor suas reservas proporcionando simbiose a com as micorrizas arbusculares. Os dados ainda estão sendo analisados, porém foi possível perceber que a avaliação da microbiologia é importante para sanidade do solo.

## CONCLUSÕES REFERÊNCIAS

O uso de práticas agrícolas como: calagem e adubação adequadas, utilização de adubos verdes e rotação de culturas no sistema de produção, podem favorecer a propagação dos fungos micorrízicos no solo e estimular seus efeitos, que vão refletir diretamente na maior eficiência do processo de produção agrícola. Por isso, são necessários estudos mais aprofundados quanto à caracterização individual e à dinâmica das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares nativos ou exóticos em diferentes agroecossistemas, da região demonstrando a importância do uso de fungos micorrízicos arbusculares para plantas e ao solo na ciclagem de nutrientes e diminuição no uso de adubos químicos, aonde irá proporcionar uma grande diminuição de custos de produção. O conhecimento dessas interações permitirá a utilização de espécies de fungos micorrízicos arbusculares mais eficientes para cada situação particular, dos diversos sistemas de produção agrícola praticados na região dos Cerrados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, G. M.; SCHIAVO, J. A.; ABREU, P. M.; BOBADILHA, G. S.; ROSSET, J. S. Crescimento inicial e absorção de fósforo e nitrogênio de *Enterolobium contortisiliquum* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista de Ciências Agrárias**, 2018.

Abbott, L.K. & Robson, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Amsterdam, v.35.p121-150.

BERBARA, R. L. L. ; SOUZA, F. A. ; FONSECA, H. A. M. . FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES: MUITO ALÉM DA NUTRIÇÃO. In: Manlio Silvestre Fernandes. (Org.). NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. 09 ed., Viçosa, MG: UFV, 2006, v. , p. 53-88

BERUDE, M. C., Almeida, D. S., Riva, M. M., Cabanêz, P. A., Amaral, A. A. 2015. Micorrizas e sua importância Agroecológica. *Enciclopédia Biosfera*, 11(22): 132-146.

Bolan, N.S.A.1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, The Hague, v.134, p.189-207.

- BRUNDRETT, M; BEEGHER, N; DELL, B; GROOVE, T; MALAJCZUK, N. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. **ACIAR Monograph**, Canberra, 1996
- CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, V.F. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v.15, n.3, p.379-390, 2001.
- DERAM, A. et. al. Seasonal patterns of cadmium accumulation in *Arrhenatherum elatius* (Poaceae): influence of mycorrhizal and endophytic fungal colonization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, p. 845-848, 2008.
- Franco, A. A.1991. Revegetação de Solos degradados. In: Workshop sobre recuperação de áreas degradadas, 1. Itaguaí, RJ. Anais. Rio de Janeiro, UFRJ, p.133-157.
- GIOVANNETTI, M.; B. MOSSE. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular infection in roots. **New Phytol.** 84: 489-500, 1980.
- HOFFMANN, L. V.; BARROSO, P. A.V. . **Para Entender Micorrizas Arbusculares**. 2006 (Documento).
- KOIDE, T.R; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, v.14, p.145-163, 2004.
- LAURINDO, L. K. ; SOUZA, T. A. F. ; SILVA, L. J. R. ; CASAL, T. B. ; KORMANN, S. ; PIRES, K. J. C. . **Fungos micorrízicos arbusculares**. In: Tancredo Souza; Lídia Klestadt Laurindo. (Org.). Indicadores da qualidade do solo em sistemas agrofloreais e ecossistemas associados. 1ed.Curitiba: Curitiba: PPGEAN, 2020, v. 1, p. 07-23.
- LIMA, R.L.F.A.; SALCEDO, I.H. e FRAGA, V.S. Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. vol. 31, n. 2, p. 257-268
- OLIVEIRA, P. A.; GIORDANI, I.; BARRETA, C. R. D. M. Benefícios da microbiota do solo na agricultura. **SB RURAL**. Jornal rural. 2019. p. 01-01
- OLSSON, P.A.; WILHELMSSON, P. The growth of external AM fungal mycelium in sand dunes and in experimental systems. **Plant and Soil**, v.226, p.161-169, 2000
- RILLIG, M.C.; MUMMEY, D.L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**,v.171, p.41-53, 2006.
- SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v.105, p.1413-1421, 2001
- SELOSSE, M.A. et. al. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 327, p. 639-648, 2004.
- SCABORA, Márcia Helena; MALTONI, Kátia Luciene; CASSIOLATO, Ana Maria Rodrigues. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de Cerrado. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 289-301, 2011.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosys**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 605p. 1997.

VERAS, J. S. da N. **Estágios de regeneração da Caatinga e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

WANG, B.; QIU, Y.-L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. **Mycorrhiza**, v.16, p.299-363, 2006.

ZANGARO, W., ROSTIROLA, L. V., DE SOUZA, P.B. et al. Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. **Mycorrhiza** 23, 221–233 (2013).