



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU  
ESPECIALIZAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**NEIDELANE DE ALENCAR SOBRINHO**

**EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES  
NATIVOS DO CERRADO MARANHENSE ASSOCIADOS À CULTURA DO  
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.)**

**IMPERATRIZ – MA**

**2024**

**NEIDELANE DE ALENCAR SOBRINHO**

**ARBUSCULARES NATIVOS DO CERRADO MARANHENSE ASSOCIADOS À  
CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.)**

Artigo apresentado ao curso de Especialização *Latu sensu* em Ciências Ambientais, da Universidade Estadual da Região Tocantina Maranhão - UEMASUL, para obtenção de título de especialista em Ciências Ambientais.

**Orientador:** Prof. Dr. Ivaneide de Oliveira Nascimento

**IMPERATRIZ – MA**

**2024**

A368e

Alencar Sobrinho, Neidelane de

Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares nativos do cerrado maranhense associados à cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp.). / Wanderson Lima Cunha. – Imperatriz, MA, 2024.

27 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. Fungos micorrízicos. 2. Feijão-caupi. 3. Agricultura sustentável.  
4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 582.28:633.33

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

# EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS DO CERRADO MARANHENSE ASSOCIADOS À CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.)

Neidelane de Alencar Sobrinho<sup>1</sup>, Ivaneide de Oliveira Nascimento<sup>2</sup>

**RESUMO:** O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), representa um dos principais grãos que fazem parte do consumo alimentar dos brasileiros. Entretanto o seu cultivo sofre certas limitações no que tange a baixa fertilidade dos solos do Cerrado Maranhense, com destaque para o baixo teor de P disponível. Nesse sentido, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) seriam uma alternativa de utilização no plantio do feijão-caupi por conferir exímios benefícios às plantas quando associados às raízes. Mediante a isso, este projeto objetivou-se verificar quais espécies de FMA estabelecem simbiose com a cultura do feijão-caupi, promovendo colonização micorrízica e eficiência na absorção de P na implementação das variedades feijão-caupi Manteiguinha e BRS Tumucumaque. O bioensaio se deu em casa de vegetação na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, no município de Imperatriz – MA, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x6 com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Foram feitas avaliações de altura, quantidade de folhas e índice de clorofila de 15 em 15 dias, e ao final análise de colonização radicular, massa seca da parte aérea, teor de P absorvido e identificação molecular dos FMA que estavam em simbiose com feijão-caupi. As espécies de FMA com os melhores desempenhos foram *Glomus glomerulatum*, *Rhizophagus intraradices* e FMA nativos. Com relação a quantidade de folhas e colonização radicular a variedade de feijão-caupi Manteiguinha foi a que apresentou melhor desempenho. Por outro lado, no que diz respeito ao índice de clorofila a variedade de feijão-caupi BRS Tumucumaque se destacou. Quanto a análise molecular filogenia das raízes dos inóculos não foi condizente á encontrada baseada no banco de dados, com exceção dos FMA nativos.

**PALAVRAS- CHAVE:** Agricultura Sustentável, Inoculação, Micorriza,

**ABSTRACT:** Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), represents one of the main grains that are part of Brazilian food consumption. However, its cultivation suffers certain limitations regarding the low fertility of the Cerrado Maranhense soils, with emphasis on the low level of available P. In this sense, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) would be an alternative for use in cowpea planting as they confer excellent benefits to the plants when associated with the roots. Therefore, this project aimed to verify which AMF species establish symbiosis with the cowpea crop, promoting mycorrhizal colonization and efficiency in P absorption in the implementation of the Manteiguinha and BRS Tumucumaque cowpea varieties. The bioassay took place in a greenhouse at the State University of the Tocantina Region of Maranhão – UEMASUL, in the municipality of Imperatriz – MA, in a completely randomized design (DIC) in a 2x6 factorial scheme with 4 replications, totaling 48 experimental units. Assessments of height, number of leaves and chlorophyll index were carried out every 15 days, and at the end analysis of root colonization, dry mass of the aerial part, absorbed P content and molecular identification of AMF that were in symbiosis with cowpea . The AMF species with the best performances were *Glomus glomerulatum*, *Rhizophagus intraradices* and native AMF. Regarding the quantity of leaves and root colonization, the Manteiguinha cowpea variety was the one that presented the best performance. On the other hand, concerning the chlorophyll index, the BRS Tumucumaque cowpea variety stood out. As for the molecular phylogeny analysis of the inoculum roots, it was not consistent with that found based on the database, except for native AMF.

**KEYWORDS:** Sustainable Agriculture, Inoculation, Mycorrhiza,

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), representa um dos principais grãos que fazem parte da dieta dos brasileiros, sobretudo dos nordestinos. Na agricultura familiar, o feijão-caupi representa expressiva importância para a produção de renda, pois a cultura atinge entre 98-100% da área total plantada com feijões nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (SILVA et al., 2018; REIS et al., 2018). No Maranhão, para a primeira safra essa área foi de 18,1 mil hectares (CONAB, 2022). Além disso, o feijão caupi é uma excelente fonte de proteína apresentando um teor de em média 23%-25%, sendo uma das principais bases alimentares nordestinas (ROCHA et al., 2017).

Essa variedade é considerada rústica por se adaptar bem em regiões com baixa disponibilidade hídrica. Entretanto, o feijão caupi apresenta baixa produtividade na região nordeste (470 kg ha<sup>-1</sup>) principalmente em comparação a produtividade média da porção Centro-Oeste do Brasil que é de 1.200 t.ha<sup>-1</sup> /ano (CONAB, 2021).

Concomitante à isso, o estado do Maranhão comporta 60% do bioma Cerrado, representando mais da metade de todos os biomas existentes no Estado (SEMATUR, 1991), que apesar de ser considerado uma das regiões de maior biodiversidade do planeta devido à uma excepcional riqueza biológica (SILVA JUNIOR et al, 2018), possui alguns tipos de solos limitantes no que se refere a produção agrícola, como as do feijoeiro, em virtude da restrição hídrica acentuada resultante dos elevados períodos de seca (SALGADO et al., 2016) e do intenso grau de intemperização, resultando em alta saturação de alumínio e baixa fertilidade natural, sobretudo o fósforo, que em certas condições tem baixa mobilidade (MARTINS, 2014).

O fósforo é um importante macromineral requerido em abundância pelas plantas, pois participa diretamente de processos vitais às células vegetais, como por exemplo, o metabolismo energético (BARRA et al, 2019). Ele é absorvido sob forma de fosfato, todavia possui pouca mobilidade, devido a serem íons grandes e eletronegativos, fato esse que corrobora para sua intensa interação com argilominerais e óxidos de ferro e cálcio, tornando-o pouco disponível as plantas (SANTOS et al., 2016).

Nesse sentido, se torna relevante o uso de microorganismos capazes de realizar simbiose com as plantas na tentativa de reduzir o uso de fertilizantes minerais, uma vez que vários tipos de fertilizantes, geralmente os mais usados, causam a acidez do solo e a destruição da microbiota vegetal (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

Entre estes microrganismos destacam-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os quais estão presentes em todos os tipos de solos, formando associações com mais de 80% das espécies vegetais (ORDOÑES et al., 2016). Quando associados às raízes formam um complexo de estruturas, fazendo com que elas absorvam com eficácia

nutrientes necessários ao seu metabolismo, como é o caso do fósforo. Isso implica na contribuição do rendimento produtivo, aumento da resistência a estresses hídricos e salinos, além de conferir maior resistência ao ataque de pragas e doenças que acometem a cultura dessas plantas (PARNISKE, 2008; PEREIRA, 2013).

Nessa direção, o objetivo dessa pesquisa foi verificar quais espécies de FMA estabelecem simbiose com a cultura do feijão-caupi, promovendo colonização micorrízica e eficiência na absorção de P na implementação desta cultura, bem como, identificar via molecular quais espécies de FMA do Cerrado maranhense possuem potencial de colonizar as raízes das linhagens de feijão-caupi e sua eficiência micorrízica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em casa de vegetação da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, no município de Imperatriz – MA.

As amostras de solo foram coletadas em área de vegetação nativa de Cerrado maranhense sob pastagem nos municípios: Governador Edson Lobão (5° 74' S e 47° 36' W), Ribamar Fiquene (5° 92' S e 47°38' W), Porto Franco (6° 20' S e 47° 24' W.) e Estreito (06°33' S e 47°27' W) (MAPS, 2017). A coleta foi realizada aleatoriamente com à uma profundidade de 0-20 cm com o auxílio de um trado holandês. Os esporos foram extraídos a partir de 50 gramas de solo, por meio de peneiramento úmido (GEDERMANN; NICOLSOM, 1964) e centrifugação com sacarose (GENKINS, 1964).

Para a produção de inóculos, foi utilizado a metodologia de cultura em vasos, com o uso de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos do cerrado maranhense sob pastagem e mantidos em cultura pura em freezer, pertencentes as espécies identificadas: *Glomus glomerulatum*, *Rhizophagus intraradices* e FMA nativos. O bioensaio foi realizado em vasos com capacidade de 3 L, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial com: 2 variedades de feijão (Manteiguinha e BRS Tumucumaque), 6 tratamentos (solo inoculado e não inoculado com FMA) (Tabela 1) e 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais.

**Tabela 1** - Descrição dos tratamentos.

<b>Tratamento</b>	<b>Descrição</b>
V1T1	Testemunha (solo não inoculado)
V1T2	Solo não inoculado + Adubação fosfatada
V1T3	Solo Inoculado com <i>G. glomerulatum</i>
V1T4	Solo inoculado com <i>R. intraradices</i>
V1T5	Solo Inoculado com FMA nativos
V1T6	Solo Inoculado com Rootella BR®
V2T1	Testemunha (Solo não inoculado)
V2T2	Solo não inoculado + Adubação fosfatada
V2T3	Solo inoculado com <i>G. glomerulatum</i>
V2T4	Solo inoculado com <i>R. intraradices</i>
V2T5	Solo inoculado com FMA nativos
V2T6	Inoculado com Rootella BR®

V1= variedade Manteiguinha; V2 = variedade BRS Tumucumaque

Fonte: Autor (2022).

Para a formação do substrato o solo foi seco, peneirado, misturado com areia lavada em uma proporção de 1:3 (v:v) e autoclavado a uma temperatura de 121 °C e pressão de 1,5 atm, duas vezes por 1 (uma) hora, com intervalo de um dia.

Nós tratamentos V1T3, V1T4, V1T5, V2T3, V2T4 e V2T5 foram adicionados aos substratos 50g do inóculo correspondente ao tratamento. Os tratamentos V1T6 e V2T6 foram montados com o substrato mais o inoculante comercial Rootella BR® em dosagem recomendada pelo manual do fabricante para a cultura do feijão-caupi, correspondente a 120g/40 kg de feijão. Para os tratamentos V1T2 e V2T2, foi utilizado o adubo superfosfato simples como fonte de fósforo de acordo com a análise química e física de solo, mediante a fórmula comercial 20-80-40, aplicou-se 400 kg/ha do Superfostato simples. Os tratamentos V1T1 e V2T1 foram as testemunhas (solo não inoculado).

Foram selecionadas duas linhagens de feijão-caupi: Manteiguinha, utilizadas por produtores da região, e a BRS Tumucumaque, uma alternativa produzida pela EMBRAPA. Para a semeadura as sementes foram higienizadas com solução de hipoclorito de sódio (1%) por 3 minutos e lavadas abundantemente em água destilada. A semeadura foi realizada com 5 sementes por vaso e após 10 dias foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

O ensaio foi conduzido até a época de pré-floração, havendo a cada 15 dias, após o plantio, medição de altura e quantidade de folhas, bem como, verificação do índice de clorofila (IDC) utilizando o SPAD-502 Plus, antes das 8 h.

Ao final do período de condução do experimento, as plantas foram coletadas. As amostras de parte aérea foram armazenadas em sacos de papel e seca em estufa de ar forçado a 60 °C, até peso constante, para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e o fósforo acumulado (P).

A amostra da parte radicular também foi retirada, higienizada com água destilada, pesada 1 g e armazenada em álcool 50% para verificação da colonização micorrízica e identificação molecular das raízes colonizadas. A coloração radicular foi realizada de acordo com a metodologia descrita por PHILLIPS e HAYMAN (1970). Após a obtenção de 0,5 g das raízes estas foram clareadas com KOH 5% (50 minutos em banho maria), diafinizadas com HCl 1% (descansando por 2 h), e em seguida foram coloridas com azul de metila em glicerol acidificado 0,05% (15 minutos em banho maria).

A contagem de estruturas de fungos micorrízicos foi determinada pelo método da interseção em placas quadriculadas de GIOVANETTI e MOSSE (1980).

O material vegetal seco foi submetido a moagem em moinho do tipo “Willey”. Após essa etapa o material foi peneirado em peneira de 30 *mesh* (nº de malha/ cm<sup>2</sup>). A extração do P total se deu pela metodologia de Tedesco et al. (1995) com solução de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) na proporção amostra 1:10, sob agitação por 5 minutos em mesa agitadora orbital a 120 rpm e decantação por 16 horas. Depois as amostras foram filtradas por gravidade em papel de filtros Whatman 44. O filtrado foi recolhido em balão volumétrico e avolumado com água deionizada a 40 mL. Durante os processos de extração, foi realizado um controle branco das soluções extratoras para cada conjunto de amostra analisada no mesmo dia. Desse extrato, foi utilizada uma alíquota de 2,5 mL para a determinação de fósforo total por espectrofotometria, utilizando o método azul de molibdato através do kit comercial Fósforo - Labtest com comprimento de onda de 650 nm.

Previamente, a concentração de fósforo foi determinada através de uma curva analítica preparada com uma solução do kit utilizando espectrofotometria. A solução padrão foi utilizada para a calibração do instrumento, sendo preparadas com base em alíquotas de uma solução estoque de 1000 mg, resultando na fórmula seguinte para a obtenção da massa de P absorvida pela planta (1).

$$\text{Massa de P (mg)} = \frac{\text{Absorbância} - 0,1652}{0,00361} \times 0,04$$

A extração do rDNA dos FMA foi realizada mediante utilização do kit comercial “FastDNA Spin Kit for Soil” seguindo as orientações do fabricante. A amplificação das regiões AML1, AML2, NS31, ITS5, ITS4, SSU-Glo1, LSU-Glo1, SSUmAf1, LSUmAr1, SSUmCf1, LSUmBr1, RPB1, HSsm375 e 1210+inker do DNA ribossomal (rDNA) se deram pelas estratégias conforme metodologia descrita por White et al (1990).

Para a 1ª estratégia amplificaram os tratamentos com inóculos de FMA nativos e Rootella BR® para as duas variedades de feijão-caupi, para a 2ª estratégia amplificaram os tratamentos com inóculo *Glomus glomerulatum* e FMA nativos para a variedade BRS Tumucumaque e *Rhizophagus intraradices* para a variedade Manteiguinha. Nas demais estratégias não houveram amplificação de rDNAs.

Os produtos da reação de PCR foram purificados e sequenciamento pela ACTGene Análises Moleculares Ltda. As sequências de DNA obtidas foram avaliadas quanto à qualidade de sequenciamento, com base nos respectivos eletroferogramas, alinhadas par-a-par e editadas manualmente, para obtenção de uma sequência consenso para cada um dos isolados. As sequências consenso geradas foram comparadas com aquelas depositadas no banco de dados NCBI (National Center for Biotechnology Information website - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>), por meio da ferramenta do BLAST search, para confirmação do gênero de cada um dos isolados.

A verificação da identidade das espécies de fungos micorrízicos arbusculares foi realizada a partir de análises filogenéticas de máxima verossimilhança, e por meio de 1000 repetições de bootstrap, em comparação às demais sequências depositadas no MaarjAM database (Öpik et al., 2010), e/ou de espécies-tipo presentes.

As análises de distância genética foram realizadas utilizando o programa MEGA 6 (TAMURA et al., 2013). As sequências foram alinhadas usando o CLUSTALW implementado no MEGA 6 e ajustadas ao melhor modelo de substituição de nucleotídeos. As árvores filogenéticas de Máxima Verossimilhança e a Matriz de divergência genética foram construídas para cada um dos gêneros e a significância dos agrupamentos das árvores filogenéticas foi estimada pela análise de bootstrap.

Os dados foram analisados estatisticamente com auxílio do programa SISVAR e submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS

Não ocorreu interação significativa entre os fatores variedade de feijão-caupi (Manteiguinha e BRS Tumucumaque) e tratamento (solo inoculado e não inoculado com fungos micorrízicos arbusculares) aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio, para a variável altura ( $P= 0,851$ ;  $P= 0,542$ ;  $P= 0,413$ ;  $P= 0,761$ ) (Tabela 3; Tabela 4; Tabela 5 e Tabela 6), respectivamente.

**Tabela 3** - Análise de variância do feijão-caupi quanto à altura aos 15 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	90,475	90,475	3,641	0,064
Tratamento	5	66,181	13,236	0,533	0,750
Variedade*Tratamento	5	48,606	9,721	0,391	0,851
Erro	36	894,622	24,850		
Total corrigido	47				
CV (%)	24,29				
Média geral:	20,522	Número de observações:			48

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 4** - Análise de variância do feijão-caupi quanto à altura aos 30 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	13.125	13.125	0,125	0,725
Tratamento	5	596.136	119.227	1,139	0,357
Variedade*Tratamento	5	430.208	86.041	0,822	0,542
Erro	36	3767.037	104.639		
Total corrigido	47	4806.508			
CV (%)	34,80				
Média geral:	29.393	Número de observações:			48

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 5** - Análise de variância do feijão-caupi quanto à altura aos 45 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	302.505	302.505	1,037	0,315
Tratamento	5	756.884	151.376	0,519	0,760
Variedade*Tratamento	5	1506.051	301.210	1,033	0,413
Erro	36	10497.412	291.594		
Total corrigido	47	13062.853			
CV (%)	41.53				
Média geral:	41.118	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 6** - Análise de variância do feijão-caupi quanto à altura aos 60 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	1696.940	1696.940	1,853	0,181
Tratamento	5	6248.415	1249.683	1,365	0,260
Variedade*Tratamento	5	2371.534	474.306	0,518	0,761
Erro	36	32969.980	915.832		
Total corrigido	47	43286.870			
CV (%)	49.39				
Média geral:	61.275	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

Os resultados dos experimentos indicam que não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey dos tratamentos (solo inoculado e não inoculado com FMA) dentro de cada variedade (feijão-caupi Manteiguinha e BRS Tumucumaque), para a variável altura ( $P=0,9653$ ;  $P=0,5205$ ;  $P=0,6123$ ;  $P=0,4945$ ;  $P=0,9653$ ;  $P=0,9103$ ;  $P=0,6123$ ;  $P=0,4945$ ) aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio, respectivamente (Tabela 7).

**Tabela 7** - Média da altura em duas variedades de feijão-caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA desde o período inicial do plantio.

<b>Tratamento</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>45 dias</b>	<b>60 dias</b>
V1 T1	18,55 a	22,45 a	28,73 a	37,20 a
V1 T2	17,18 a	29,88 a	51,45 a	69,48 a
V1 T3	19,38 a	25,38 a	32,87 a	54,10 a
V1 T4	20,78 a	40,93 a	49,87 a	84,93 a
V1 T5	19,90 a	32,75 a	52,15 a	67,43 a
V1 T6	19,13 a	28,13 a	46,70 a	90,20 a
CV (%)	29,91	46,33	48,46	50,58
P	0,9653	0,5205	0,4843	0,2967
V2 T1	17,98 a	23,58 a	38,63 a	46,60 a
V2 T2	22,53 a	30,65 a	34,10 a	50,40 a
V2 T3	22,00 a	30,73 a	43,28 a	58,40 a
V2 T4	21,80 a	28,88 a	37,93 a	56,55 a
V2 T5	23,58 a	27,28 a	37,68 a	53,70 a
V2 T6	23,50 a	32,13 a	40,10 a	66,33 a
CV (%)	18,78	14,36	30,21	46,97
P	0,4444	0,0967	0,9245	0,9190

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). V1 = Feijão-caupi var. Manteiguinha; V2 = Feijão-caupi var. BRS Tumucumaque; T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

Houve interação entre os contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao número de folhas ( $P = 0,0074$ ;  $P = 0,0176$ ;  $P = 0,0000$ ;  $P = 0,0017$ ) respectivamente, aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio (Tabela 8; Tabela 9; Tabela 10 e Tabela 11).

**Tabela 08** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao número de folhas aos 15 dias após o plantio.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedade	1	22,687	22,687	8,067	0,0074
Tratamento	5	12,937	2,587	0,920	0,4793
Variedade*Tratamento	5	5,437	1,087	0,387	0,8546
Erro	36	101,250	2,812		
Total corrigido	47	142,312			
CV (%)	45,48				
Média geral:	3,687	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 09** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao número de folhas aos 30 dias após o plantio.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedade	1	65,333	65,333	6,189	0,0176
Tratamento	5	12,666	2,533	0,240	0,9421
Variedade*Tratamento	5	147,666	29,533	2,798	0,0310
Erro	36	380	10,555		
Total corrigido	47	605,666			
CV (%)	34,50				
Média geral:	9,416	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 10** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao número de folhas aos 45 dias após o plantio.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedade	1	713,020	713,020	30,297	0,0000
Tratamento	5	187,854	37,570	1,596	0,1860
Variedade*Tratamento	5	106,854	21,370	0,908	0,4867
Erro	36	847,250	23,534		
Total corrigido	47	1854,979			
CV (%)	30,36				
Média geral:	15,979	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 11** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao número de folhas aos 60 dias após o plantio.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedade	1	1210,020	1210,020	11,496	0,0017
Tratamento	5	685,187	137,037	1,302	0,2849
Variedade*Tratamento	5	414,854	82,970	0,788	0,5650
Erro	36	3789,250	105,256		
Total corrigido	47	6099,312			
CV (%)	46,24				
Média geral:	22,187	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

De acordo com os resultados dos desdobramentos não houve diferença significativa ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey no número de folhas das plantas cultivadas em solo inoculado e não inoculado com FMA dentro das variedades de feijão-caupi Manteiguinha e BRS Tumucumaque aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio (Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15). Contudo quando se compara as duas variedades, há diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey, no número de folhas, onde aos 30 dia após o plantio na variedade Manteiguinha o tratamento 4 (solo inoculado com *Rhizophagus intraradices*) e o tratamento 5 (solo inoculado com FMA nativos) promoveram maior número de folhas. E aos 45 dia na variedade Manteiguinha os tratamentos T1 (solo não inoculado com FMA), T2 (solo com adubação fosfatada), T3 (solo inoculado com *Glomus glomerulatum*), T4 (solo inoculado com *Rhizophagus intraradices*) e T5 (solo inoculado com FMA nativos), proporcionaram maior número de folhas quando comparados à variedade BRS Tumucumaque (Tabela 13 e Tabela 14).

**Tabela 12** - Média do número de folhas em duas variedades de feijão-caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA aos 15 dia após o plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	3,5 Aa	2,75 Aa
T2	5,0 Aa	2,75 Aa
T3	4,25 Aa	2,75 Aa
T4	4,25 Aa	2,0 Aa
T5	4,25 Aa	3,5 Aa
T6	5,0 Aa	4,25 Aa
CV (%)	45,48	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 13** - Média do número de folhas em duas variedades de feijão-caupi cultivado em solo inoculado com FMA aos 30 dia após o plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	11,75 Aa	7,25 Aa
T2	11,50 Aa	8,75 Aa
T3	6,75 Aa	10,50 Aa
T4	12,25 Aa	7,25 Ba
T5	12,75 Aa	6,50 Ba
T6	8,5 Aa	9,25 Aa
CV (%)	34,50	

Média de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 14** - Média do número de folhas em duas variedades de feijão-caupi cultivado em solo inoculado com FMA aos 45 dias após o plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	20,25 Aa	13,25 Ba
T2	21,50 Aa	9,25 Ba
T3	21,50 Aa	12,50 Ba
T4	21,50 Aa	12,75 Ba
T5	21,50 Aa	14,25 Ba
T6	13,00 Aa	10,75 Aa
CV (%)	30,36	

Média de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 15** - Média do número de folhas em duas variedades de feijão-caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA aos 60 dias após o plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	26,25 Aa	23,75 Aa
T2	28,25 Aa	12,50 Ba
T3	36,25 Aa	17,75 Aa
T4	27,75 Aa	15,50 Aa
T5	27,25 Aa	20,50 Aa
T6	17,50 Aa	13 Aa
CV (%)	46,24	

Média de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

Houve interação entre os contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao índice de clorofila ( $P = 0,0148$ ;  $P = 0,0055$ ;  $P = 0,0071$ ;  $P = 0,0042$ ) respectivamente, aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio (Tabela 16; Tabela 17; Tabela 18 e Tabela 19).

**Tabela 16** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao índice de clorofila aos 15 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	105,613	105,613	6,554	0,0148
Tratamento	5	150,431	30,086	1,867	0,1246
Variedade*Tratamento	5	73,431	14,687	0,911	0,4845
Erro	36	580,085	16,113		
Total corrigido	47	909,566			
CV (%)	7,78				
Média geral:	51,616	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 17** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao índice de clorofila aos 30 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	860,636	860,636	8,740	0,0055
Tratamento	5	594,702	118,940	1,208	0,3252
Variedade*Tratamento	5	702,064	140,412	1,426	0,2385
Erro	36	3544,814	98,467		
Total corrigido	47	5702,218			
CV (%)	22,35				
Média geral:	44,39	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 18** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao índice de clorofila aos 45 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	340,800	340,800	8,138	0,0071
Tratamento	5	518,201	103,640	2,475	0,0502
Variedade*Tratamento	5	233,466	46,693	1,115	0,3698
Erro	36	1507,592	41,877		
Total corrigido	47	2600,059			
CV (%)	12,98				
Média geral:	49,847	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 19** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao índice de clorofila aos 60 dias após o plantio.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	407,458	407,458	9,332	0,0042
Tratamento	5	314,790	62,958	1,442	0,2330
Variedade*Tratamento	5	128,822	25,764	0,590	0,7075
Erro	36	1571,788	43,660		
Total corrigido	47	2422,859			
CV (%)	12,55				
Média geral:	52,657	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

Observando-se os resultados dos desdobramentos não houve diferença significativa ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey no índice de clorofila nas plantas cultivadas em solo inoculado e não inoculado com FMA dentro de cada variedade de feijão Caupi (Manteiguinha e BRS Tumucumaque) aos 15, 30, 45 e 60 dias após o

plantio (Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22 e Tabela 23). Contudo, quando se compara as duas variedades, há diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey, no índice de clorofila, nos quatro períodos avaliados. Na qual, a variedade BRS Tumucumaque, aos 15 dias após o plantio o T5 (solo inoculado com FMA nativos), aos 30 e 45 dias após o plantio o T3 (solo inoculado com *Glomus glomerulatum*) e aos 60 dias após o plantio o tratamento T1 (solo não inoculado com FMA), proporcionaram maior índice de clorofila quando comparados à variedade Manteiguinha (Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22 e Tabela 23).

**Tabela 20** - Média do índice de clorofila em duas variedades do feijão caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA 15 dias após plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	51,03 Aa	50,17 Aa
T2	52,60 Aa	56,07 Aa
T3	50,43 Aa	50,80 Aa
T4	49,70 Aa	53,17 Aa
T5	50,45 Ba	56,55 Aa
T6	46,60 Aa	51,83 Aa
CV (%)	7,78	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 21** - Média do índice de clorofila em duas variedades do feijão caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA 30 dias após plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	33,06 Aa	46,80 Aa
T2	48,45 Aa	53,65 Aa
T3	32,85 Ba	52,23 Aa
Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	33,06 Aa	46,80 Aa
T4	40,05 Aa	44,53 Aa
T5	38,63 Aa	50,73 Aa
T6	43,43 Aa	48,30 Aa
CV (%)	22,35	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 22** - Média do índice de clorofila em duas variedades do feijão caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA 45 dias após plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	42,95 Aa	52,17 Aa
T2	53,20 Aa	56,67 Aa
T3	39,80 Ba	49,13 Aa
T4	44,77 Ba	54,85 Aa
T5	51,47 Aa	52,40 Aa
T6	49,97 Aa	50,77 Aa
CV (%)	12,98	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 23** - Média do índice de clorofila em duas variedades do feijão caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA 60 dias após plantio.

Tratamento	Variedade	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	41,38 Ba	53,95 Aa
T2	49,77 Aa	56 Aa
T3	53,01 Aa	55,6 Aa
T4	49,70 Aa	53,35 Aa
T5	52,61 Aa	58,63 Aa
T6	51,97 Aa	55,90 Aa
CV (%)	12,55	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

Não houve interação entre os contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação a massa seca da parte aérea ( $P = 0,853$ ) (Tabela 24) e teor de fósforo ( $P = 0,3946$ ) (Tabela 25).

**Tabela 24** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação a massa seca da parte aérea.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedade	1	0,561	0,561	0,775	0,3845
Tratamento	5	3,170	0,634	0,876	0,5071
Variedade*Tratamento	5	1,412	0,282	0,390	0,8523
Erro	36	26,063	0,723		
Total corrigido	47	31,206			
CV (%)	54,26				
Média geral:	1,568	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 25** - Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação ao teor de Fósforo.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Variedade	1	45,844	45,844	3,640	0,0644
Tratamento	5	112,640	22,528	1,789	0,1400
Variedade*Tratamento	5	85,474	17,094	1,357	0,2632
Erro	36	453,403	12,594		
Total corrigido	47	697,362			
CV (%)	48,57				
Média geral:	7,306		Número de observações:		48

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

Quando se compara os tratamentos (solo inoculado e não inoculado com FMA) dentro de cada variedade, observa-se que não houve diferença significativa ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey entre os tratamentos, para as variedades de feijão caupi Manteiguinha e BRS Tumucumaque, em relação à massa seca da parte aérea ( $P=0,7349$ ;  $P=0,2036$ ) e teor de fósforo ( $P=0,7252$ ;  $P=0,0445$ ) aos 60 dias após o plantio, respectivamente (Tabela 26).

Houve interação entre os contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação a colonização radicular ( $P= 0,0106$ ) aos 60 dias após o plantio (Tabela 27).

**Tabela 26** - Média da massa seca da parte aérea e do teor de fósforo de feijão-caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado com FMA, aos 60 dias após o plantio.

Tratamento	MSPA (g)	Teor de P (mg)
V1 T1	1,36 a	1,69 a
V1 T2	1,67 a	2,85 a
V1 T3	1,43 a	2,15 a
V1 T4	1,65 a	2,98 a
V1 T5	1,51 a	2,54 a
V1 T6	1,61 a	2,31 a
CV (%)	21,87	32,96
P	0,7349	0,7252
V2 T1	1,58 a	2,47 a
V2 T2	1,76 a	3,59 a
V2 T3	1,62 a	2,68 a
V2 T4	1,59 a	2,96 a
V2 T5	1,54 a	2,70 a
V2 T6	1,80 a	3,48 a
CV (%)	10,01	18,17
P	0,2036	0,0445

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). MSPA = Massa seca da parte aérea, F = Fósforo; V1 = Feijão-caupi var. Manteiguinha; V2 = Feijão-caupi var. BRS Tumucumaque; T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 27** – Análise de variância dos contrastes variedades e tratamentos de solo inoculado e não inoculado com FMA em relação a colonização radicular.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedade	1	357,520	357,520	19,427	0,0001
Tratamento	5	2094,692	418,938	22,764	0,0000
Variedade*Tratamento	5	676,354	135,270	7,350	0,0001
Erro	36	662,535	18,403		
Total corrigido	47	3791,102			
CV (%)	64,92				
Média geral:	6,607	Número de observações:		48	

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados, QM = Quadrado médio, Fc = Fator comum, Pr = Significância, CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2022)

Verifica-se no desdobramento (Tabela 28) que para a variedade de feijão Caupi Manteiguinha, a maior média de colonização foi obtida com o tratamento 4, solo inoculado com *Rhizophagus intraradices*. Quanto a variedade BRS Tumucumaque, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Ao se comparar as duas variedades, há diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey, as maiores colonização radicular, ocorreu na variedade Manteiguinha, aos 60 dias após o plantio, com o tratamento 4, solo inoculado com *Rhizophagus intraradices* e o tratamento 5, solo inoculado com FMA nativos (Tabela 28, Gráfico 1).

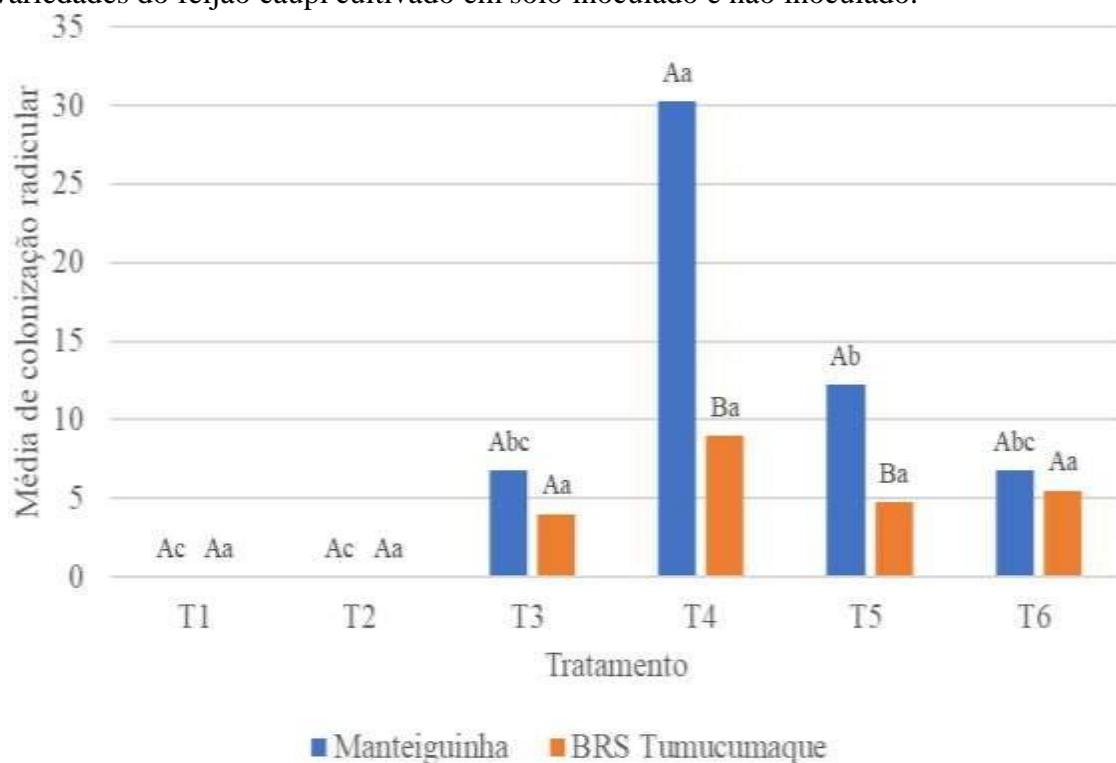
**Tabela 28** - Média de colonização de FMA em raízes das duas variedades do feijão-caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado.

Tratamento	Variedades	
	Manteiguinha	BRS Tumucumaque
T1	0,01 Ac	0,01 Aa
T2	0,01 Ac	0,01 Aa
T3	6,75 Abc	4,00 Aa
T4	30,25 Aa	9,00 Ba
T5	12,25 Ab	4,75 Ba
T6	6,75 Abc	5,50 Aa
CV (%)	64,92	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®; CV = Coeficiente de variação; P = Significância.

Fonte: Autor (2022)

**Gráfico 1** – Desempenho das médias de colonização de FMA em raízes de duas variedades do feijão caupi cultivado em solo inoculado e não inoculado.

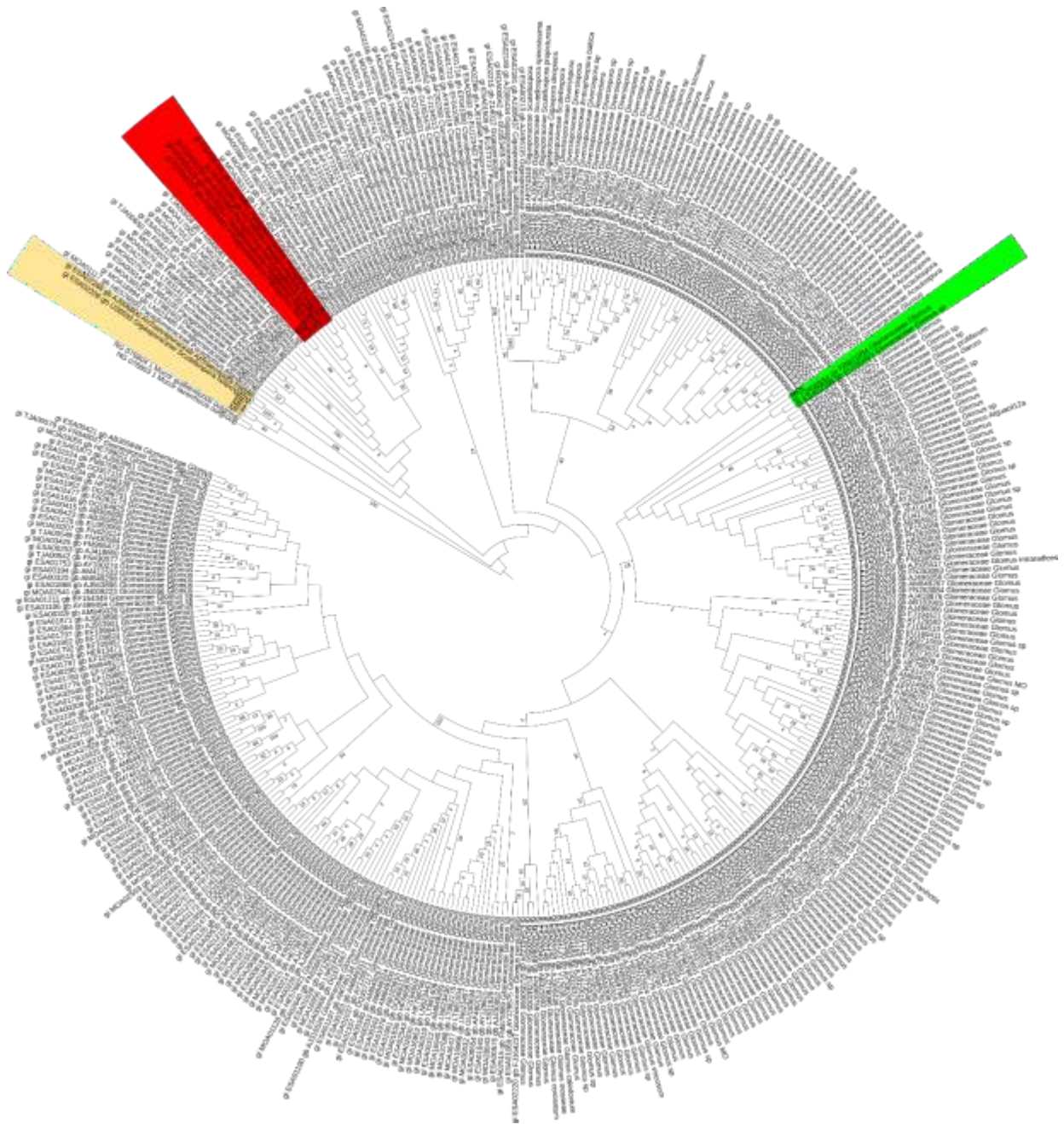


Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T1 = Tratamento testemunha; T2 = Tratamento com adubação fosfatada; T3 = Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*; T4 = Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*; T5 = Tratamento com inóculo de FMA nativos; T6 = Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®;

Fonte: Autor (2022)

A filogenia baseada no banco de dados MaarjAM database (Öpik et al., 2010), com MF1 (Manteiguinha + Tratamento com inóculo de FMA nativos), MF4 (BRS Tumucumaque + Tratamento com inóculo de *Glomus glomerulatum*) e MF7 (BRS Tumucumaque + Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®) são do grupo da família Gigasporaceae, próximo ao gênero *Scutellopora*, os MF3 (BRS Tumucumaque + Tratamento com inóculo de FMA nativos) e MF6 (Manteiguinha + Tratamento com o inóculo comercial Rootella BR®) estão representados dentro do clado do gênero *Paraglomus*, além disso, o MF5 (Manteiguinha + Tratamento com inóculo de *Rhizophagus intraradices*) está representando dentro do gênero *Glomus* (Figura 10).

**Figura 10** – Arvore filogenetica dos fungos do feijão, vermelho grupo de *Paraglomus*, verde *Glomus* e rosa familia Gigasporaceae



Fonte: Autor (2022)

## REFERÊNCIAS

BAGYARAJ, D. J.; SHARMA, M. P.; MAITI, D. Phosphorus nutrition of crops through arbuscular mycorrhizal fungi. **Currentscience**, [S.L], v. 108, n. 7, p. 1288-1293, jan./abr. 2015.

BARRA, P. J., PONTIGO, S., DELGADO, M., PARRAALMUNA, L., DURAN, P. A., VALENTINE, A. J., JORQUERA, M. A., MORA, M. L., 2019. Phosphobacteria inoculation enhances the benefit of P-fertilization on *Lolium perenne* in soils contrasting in P-availability. *Soil Biology and Biochemistry* [online] 136, 107516. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.06.012>. Acesso: 18 agosto. 2022.

BŁASZKOWSKI, J. et al. A new family, Pervetustaceae with a new genus, *Pervetustus*, and *P. simplex* sp. nov. (Paraglomerales), and a new genus, *Innospora* with *I. majewskii* comb. nov. (Paraglomeraceae) in the Glomeromycotina. **Nova Hedwigia**, [S.L], v. 105, n. 3, p. 397–410, abr./nov. 2017.

BŁASZKOWSKI, J. et al. *Halonatospora* gen. nov. with *H. pansihalos* comb. nov. and *Glomus bareae* sp. nov. (Glomeromycota; Glomeraceae). **Botany**, [S.L], v. 96, p. 737-748, fev. 2018.

BŁASZKOWSKI, JANUSZ; CHWAT, GERARD. *Septo glomus* desertic olaemendedand new combinations in thee mended definition of the family Diversisporaceae. **MYCOLOGICA**, [S.L], v. 48, n. 1, p. 89–103, fev. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2018. 112 p

CAMPOS, A. A. B. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em dois sistemas de cultivo de milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S.L], v. 5, n. 1, p. 137-142, jun. 2015.

CRUZ, Elizângela et al. Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraim. **Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)**, v. 11, n. 01, p. 21-28, 2017.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Perspectiva para agropecuária. Brasília, v.6. Safra 2018-019. Nov. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 15 set. 2022.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, Apr. 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on roots. **New Phytologist**, Oxford, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. Laboratório de Biologia de Micorrizas. 2018 Disponível em: <<http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. Acesso em: 22/10/2022.

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994, 542p.

INVAM - INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF VESICULAR ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI, 2001. Disponível: em <<http://invam.caf.wvu.edu/mycinfo/methods/cultures/monosp.htm>>. Acesso: 15 de outubro de 2022

JENKINS, W. R. A. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n.9, p. 692, 1964.

JOBIM, KHADIJA; OLIVEIRA, BRUNA IOHANNA SANTOS; , BRUNO TOMIO GOTO. Checklist of the Glomeromycota in the Brazilian Savanna. **MYCOTAXON**, [S.L], p. 131: 255, mai. 2016.

JÚNIOR, G. A. G. et al. Absorption of nutrients by sorghum seedlings in response to mycorrhizal inoculation and addition of organic compost. **Pesq. Agropec. Trop**, [S.L], v. 48, n. 3, p. 287-294, jul./set. 2018.

KRÜGER, M. et al. DNA-based species level detection of Glomeromycota: one PCR primer set for all arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, [S.L], v. 183, p. 212–223, dez./fev. 2009.

MAIA, L. C. et al. Diversity of Brazilian Fungi. **Rodriguésia**, [S.L], v. 66, n. 4, p. 1033-1045, jun./set. 2015. Disponível em: <<http://rodriguesia.jbrj.gov.br> DOI: 10.1590/2175-7860201566407>. Acesso em: 04 de agosto de 2022.

MACÊDO, J. A. B.; **Águas & Águas Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**, Macedo: Juiz de Fora, 2001.

MARTINS, F. C. **Relação solo-vegetação em área de cerrado no nordeste do Maranhão, Brasil**. 2014. vii, 89 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121985>>.

**MAPS, Google**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>> Acesso fevereiro de 2018.

MIRANDA, J. C. C. de. **Cerrado: Micorriza arbusculares**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2008.

Moreira, F. M. S. & Siqueira, J. O. 2006. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 626p

MOURA, J. B. D. et al. Taxa de colonização micorrízica sob diferentes sistemas de cultivo no cerrado em cana-de-açúcar. **Revista Diálogos & Ciência**, [S.L], v. 2, n. 40, p. 60-66, jan. 2016.

NOBRE, C. P.; COSTA, M. G. da; GOTO, B. T.; GEHRING, C. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 321-329, 2018.

NOVAIS, Cândido Barreto De; SOUZA, Francisco Adriano De; SIQUEIRA, José Oswaldo. Caracterização fenotípica e molecular de esporos de fungos

micorrízicosarbusculares mantidos em banco de germoplasma. **Pesq. agropec.**, [S.L], v. 45, n. 8, p. 806-896, ago. 2010.

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**, London, v. 55, n. 1, p. 158-161, Aug. 1970.

POWELL, Jeff R.; RILLIG, Matthias C. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi and ecosystem function. *Tansley review*, [S.L], v. 10, n. 15, p. 1-177, fev. 2016

RAPOSO, R.W.C. 1989. **Inoculação de fungos micorrízicos vesículoarbusculares e Bradyrhizobium spp. em caupi [Vigna unguiculata (L.) Walp.]**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, São Paulo. 84pp

REN, A. T., ZHU, Y., CHEN, Y. L., REN, H. X., LI, J. Y., ABBOTT, L. K., & XIONG, Y. C. Arbuscular mycorrhizal fungus alters root-sourced signal (abscisic acid) for better drought acclimation in *Zea mays* L. seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 167, p. 103824, 2019.

REYES, H. A.; FERREIRA, P. F. A.; SILVA, L. C.; COSTA, M. G. da; NOBRE, C. P.; GEHRING, C. Arbuscular mycorrhizal fungi along secondary forest succession at the eastern periphery of Amazonia: Seasonal variability and impacts of soil fertility. **Applied Soil Ecology**, v. 136, p.1-10, 2019.

ROCHA, I., MA, Y., VOSÁTKA, M., FREITAS, H., & OLIVEIRA, R. S. Growth and nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*) under water deficit as influenced by microbial inoculation via seed coating. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 205, n. 5, p. 447-459, 2019.

TAFFOUO, V. D.; NGWENE, B.; AKOA, A & FRANKEN, P. 2014. Influence of phosphorus application and arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, foliar nitrogen mobilization, and phosphorus partitioning in cowpea plants. *Mycorrhiza* 24: 361–368

SALGADO, F. H. M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhizal stimulant affect dry matter and nutrient accumulation in bean and soybean plants. **Pesq. Agropec. Trop.**, [S.L], v. 46, n. 4, p. 367-373, out./dez. 2016.

SANTOS, H. C., OLIVEIRA, F. H. T., SOUZA, A. P., SALCEDO, I. H., SILVA, V. D. M. Disponibilidade de fósforo em função do seu tempo de contato com diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p.996-1001, 2016.

SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. **Manual for the identification of VA-mycorrhizal fungi**. 3.ed. Gainesville: Synergistics - Publications, 250 p.1990.

SCHUBLER, Arthur; SCHWARZOTT, Daniel; Christopher WALKER. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **The British Mycological Society**, [S.L], v. 105, n. 12, p. 1413–1421, mai./dec. 2001.

SCHWARZOTT, Daniel; SCHÜBLER, Arthur. A simple and reliable method for SSU rRNA gene DNA extraction, amplification, and cloning from single AM fungal spores. **Springer**, [S.L], v. 10, p. 203-207, out. 2001.

SEMATUR. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do estado do Maranhão**. São Luís, 1991, 194 p.

SILVA, G. A., SIQUEIRA, J. O.; STÜRMER, S. L.; Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta Amazônica**. Lavras, Minas Gerais, v. 39, n.3, p. 477 – 488, 2009.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; RODRIGUES, B. D. Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 35, p. 1-14, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v35i0.142407. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/142407>. Acesso em: 12 nov. 2022.

SINGH, B. K. et al. Microorganisms and climate change: terrestrial feedbacks and mitigation options. **Nature reviews**, [S.L], v. 8, p. 779-790, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.nature.com/reviews/micro>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SPATAFORA, JW et al. Phylogenetic classification at the phylogenetic level of zygomycetes fungi based on genomic scale data. The Mycological Society of America, Lawrence, [SL], v. 108, n. 5, p. 1028-1046, Feb./abr. 2016

STORER, K. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce nitrous oxide emissions from N<sub>2</sub>O hotspot. **New Phytologist**, [S.L], v. 220, p. 1285–1295, ago./out. 2017.

STOFFEL, S. C. G. **Inoculante micorrízico a base de *Rhizophagus intraradices* no crescimento e nutrição de culturas de importância agrícola**. 2019. 114 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/204470>. Acesso: 20 de setembro de 2022

SYMANCZIK, S. et al. A new genus, *Desertispora*, and a new species, *Diversisporasabulosa*, in the family Diversisporaceae (order Diversisporales, subphylum Glomeromycotina). **Springer**, [S.L], v. 10, jun. 2017.

TEDERSOO, L. et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Springer**, [S.L], v. 90, p. 135–159, jan. 2018.

TEDESCO, M.J. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. UFRGS: Departamento de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 174p. 1995.

TRESEDER, K. K. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi as mediators of ecosystem responses to nitrogen deposition: A trait-based predictive framework. **Journal of ecology**, California, v. 110, n. 1, p. 480-490, fev./out. 2018.

ZHANG, S., LEHMANN, A., ZHENG, W., YOU, Z., & RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yields: a meta-analysis. **New Phytologist**, 2018.