



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA BAIANO – CAMPUS GUANAMBI**

VAGNALDO GOMES DA SILVA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA**

GUANAMBI - BA

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA BAIANO – CAMPUS GUANAMBI

VAGNALDO GOMES DA SILVA

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM
DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador(a) Prof(a). Dr(a). Joice Andrade Bonfim

GUANAMBI - BA

2024

Catlogação: Leidiane Reis - CRB-5/1959
IF Baiano, Campus Guanambi

F363q Silva, Vagnaldo Gomes

Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes genotipos de
mandioca. / Vagnaldo Gomes Silva. -- Guanambi, Ba., 2024.
26f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia
Agrônômica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano - Campus Guanambi.

Orientador (a): Joice Andrade Bonfim.

1. Mandioca. 2. Fungos. 3. Fertilizante.
I. Título.

CDU: 633.493



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
Campus Guanambi

Declaração 466/2024 - GBI-CGE/GBI-DDE/GBI-DG/RET/IFBAIANO

VAGNALDO GOMES DA SILVA

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma

APROVADO em 01 de agosto de 2024.

DSc. Joice Andrade Bonfim, IF Baiano

(Presidente da Banca - Orientadora)

DSc. Suane Coutinho Cardoso

Membro 1 da banca, IF Baiano

DSc. Pedro Ricardo Rocha Marques

Membro 2 da banca, IF Baiano

Documento assinado eletronicamente por:

- **Pedro Ricardo Rocha Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 08/08/2024 09:50:38.
- **Suane Coutinho Cardoso, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 08/08/2024 09:06:27.
- **Joice Andrade Bonfim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 08/08/2024 08:58:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 588232
Verificador: 3c5179b526
Código de
Autenticação:



Distrito de Ceraíma, S/N, Zona Rural, GUANAMBI / BA, CEP 46430-000
Fone: (77) 3493-2100

RESUMO

SILVA, Vagnaldo Gomes. **Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes genótipos de mandioca.** 2024. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi. Guanambi-BA, 2024.

A mandioca (*Manihot esculenta*) constitui um dos principais alimentos energéticos para mais de 700 milhões de pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento. Mais de 100 países produzem mandioca, sendo que o Brasil participa com 10% da produção mundial (é o quinto maior produtor do mundo). No contexto da fertilidade do solo e nutrição vegetal, os microrganismos podem atuar como “facilitadores” da nutrição, interferindo na disponibilidade, contribuindo, assim, para reduzir a necessidade, ou maximizar o uso de fertilizantes manufaturados. Entre os microrganismos, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm apresentado efeitos benéficos nas mais variadas condições e espécies vegetais, sobretudo em solos de baixa fertilidade. Este trabalho tem como objetivo avaliar a ocorrência dos FMA nos diferentes genótipos da cultura da mandioca. Foram realizadas coletas de solo e raízes em um experimento já implantado no setor da agricultura I do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi - BA, onde foram plantados 29 genótipos e 8 cultivares do Banco de Germoplasma de Mandioca (BMG). O experimento foi montado em blocos casualizados (DBC), com 3 blocos e cada parcela era composta por 2 linhas com 8 plantas totalizando 16 plantas por parcela. Os esporos dos FMA foram extraídos de 50g de solo, pela técnica de peneiração úmida. Foram coletadas aproximadamente 0,5 g da raiz de cada planta, que após clarificadas e coradas, foi quantificada a porcentagem de colonização radicular. Após os dados serem submetidos a análise estatística constatou-se que as taxas de colonização variaram de 11% a 50%, onde o genótipo BR-18GS-111-6 apresentou a maior média de colonização com valor de 50%, diferindo estatisticamente dos tratamentos BR-18GS-134-29 (15%), BR-18-036-12 (11%) e a cultivar Poti Branca (12%). Já para o número de esporos, não houve diferença estatística entre os tratamentos, no entanto estes variaram, de 170 a 280 esporos. A taxa de colonização das raízes variaram de acordo com cada genótipo, já os números de esporos no solo não variaram e um fator que contribuiu para isso foi o mesmo solo para todos os tratamentos.

PALAVRAS- CHAVE: *Expressão gênica; Esporos; Colonização micorrízica*

ABSTRACT

Silva, Vagnaldo Gomes. **Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes genótipos de mandioca**. 2024. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi. Guanambi-BA, 2024.

Cassava (*Exculenta manihot*) constitutes one of the main energy foods for more than 700 million people, mainly in developing countries. More than 100 countries produce cassava, with Brazil accounting for 10% of global production (it is the fifth largest producer in the world). In the context of soil fertility and plant nutrition, microorganisms can act as nutrition “facilitators”, interfering with availability, thus contributing to reducing the need for, or maximizing the use of, manufactured fertilizers. Among microorganisms, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have shown beneficial effects in the most varied conditions and plant species, especially in low fertility soils. This work aims to evaluate the occurrence of AMF in different genotypes of the cassava crop. Soil and roots were collected in an experiment already implemented in the agriculture sector I of the Federal Institute of Education, Science and Technology Baiano, Campus Guanambi - BA, where 29 genotypes and 8 cultivars from the Cassava Germplasm Bank (BMG) were planted. The experiment was set up in randomized blocks (DBC), with 3 blocks and each plot consisted of 2 lines with 8 plants, totaling 16 plants per plot. AMF spores were extracted from 50g of soil using the wet sieving technique. Approximately 0.5 g of the root of each plant was collected, and after clarification and staining, the percentage of root colonization was quantified. After the data were subjected to statistical analysis, it was found that colonization rates varied from 11% to 50%, where the BR-18GS-111-6 genotype presented the highest average colonization with a value of 50%, statistically differing from the treatments BR-18GS- 134-29 (15%), BR-18-036-12 (11%) and the cultivar Poti Branca (12%). As for the number of spores, there was no statistical difference between the treatments, however they varied, from 170 to 280 spores. The root colonization rate varied according to each genotype, while the number of spores in the soil did not vary and a factor that contributed to this was the same soil for all treatments.

KEYWORDS: *Gene expression; Spores; Mycorrhizal colonization.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1.	MANDIOCA.....	10
2.2.	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	11
2.3.	MANDIOCA E FMA.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E COLETA DE SOLO E RAÍZES.....	14
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	15
3.3	AVALIAÇÃO DOS FMA.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5	CONCLUSÕES.....	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A mandioca é um alimento presente na mesa de muitos brasileiros, de acordo com o Levantamento Sistemático da Produção (LSPA) de fevereiro 2024, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, a produção brasileira de raiz de mandioca para o ano de 2023 foi de 19 milhões de toneladas, colhidas em uma área total de 1,23 milhão de hectares. O Estado da Bahia é o 7º maior produtor do Brasil e o maior produtor da região nordeste (IBGE, 2022). No entanto, pequenos produtores não possuem recursos para realizar uma adubação adequada com adubos químicos, a exemplo o fósforo, elemento com pouca mobilidade no solo. Embora se observe uma considerável ramificação, as raízes tuberosas não têm pelos absorventes, e, quando os têm, é em pequena quantidade e assim a cultura não possui sistema radicular suficientemente ramificado para absorver esse elemento químico.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são importantes microrganismos benéficos que auxiliam na nutrição das plantas, crescimento, produtividade, adaptação e capacidade de resistência. Os esporos desses microrganismos germinam e suas hifas invadem os tecidos radiculares da mandioca, onde proliferam, formam suas estruturas de armazenamento, os arbúsculos, e após colonizar internamente as raízes, emitem hifas para o exterior que passam a desempenhar o papel dos pelos absorventes que aumentam a expansão do sistema radicular, promovendo uma maior longevidade da planta e contribuindo para a absorção de fósforo, zinco e outros elementos. Nesse tipo de associação, os fungos recebem, em contrapartida, energia da planta na forma de carboidratos e com isso se forma uma relação simbiótica mutualística.

No entanto essa associação com os FMA pode ser influenciada pelos genótipos de plantas, assim como pelas características edafoclimáticas presentes. Trabalhos têm destacados indícios de que variedades melhoradas possam estar se associando menos com FMA (Aquino, 2003; Morales, 2016). Métodos de controle de espécies espontâneas, densidade de cultivo, revolvimento ou não do solo, tipo de adubação (química, orgânica ou vegetal), são tipos de manejos empregados nos diferentes sistemas de cultivo que podem interferir na relação simbiótica entre planta fungo, assim como os genótipos presentes podem interferir na simbiose micorrízica.

Os FMA compreendem um grupo fúngico significativamente benéfico às plantas, podendo ter efeitos antagônicos ou inibitório contra patógenos de solo. Estudos demonstraram que os FMA podem regular a formação de metabólitos secundários nas plantas hospedeiras, alterando a morfologia ou estrutura anatômica das raízes das plantas, melhorando as

propriedades físicas e químicas do ambiente da rizosfera, competindo com patógenos por produtos fotossintéticos e espaço, além de ativar os sistemas de resistência e defesa em plantas (Aseel et al., 2019).

A associação entre genótipos de mandioca e micorrizas é crucial para o sucesso dessa cultura, especialmente em solos de baixa fertilidade. Os mecanismos moleculares induzidos por FMA diferem de acordo com a espécie, genótipo, tipo de FMA e condições de crescimento (Tsiokanos et al., 2022). Um fator crucial para que ocorra uma boa interação entre as variedades ou genótipos de mandioca e os FMA são as espécies de micorrizas presentes no solo. Isso demonstra que a interação cultura x FMA é bastante complexa e envolve vários fatores como espécies, variedades e metabólitos.

Por ser considerada uma cultura micotrófica, ou seja, altamente dependente da associação micorrízica para maior absorção de nutrientes do solo, a busca de variedades que se associe com as micorrizas e se adapte melhor as condições edafoclimáticas é de suma importância para garantir um aumento de produção, além de uma agricultura mais sustentável.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes genótipos da mandioca (*Manihot esculenta*), na ocorrência de fungos micorrízicos. Avaliar a densidade de esporos de fungos micorrízicos na rizosfera de diferentes genótipos de mandioca. Avaliar a colonização radicular por FMA nos diferentes genótipos da cultura e relacionar as variáveis analisadas nesse estudo com a característica química do solo e os dados de resistência de genótipos de mandioca a bacteriose e produtividade obtidos em outro estudo no mesmo experimento realizado por (Cardoso, 2024).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. MANDIOCA

A mandioca pertence à ordem *Malpighiales*, família *Euphorbiaceae* e gênero *Manihot*, que possui 98 espécies, tendo como centro de origem a América do Sul. A raiz tuberosa da mandioca também conhecida em outros estados brasileiros como aipim, macaxeira, castelinha, uaipi, maniva e maniveira é tão importante que foi considerada alimento do século 21 pela Organização das Nações Unidas (ONU). Com isso a cultura, é um dos alimentos mais importantes nos países tropicais, no Brasil é amplamente processada como farinha, que constitui alimento básico para muitas famílias (Silva et al., 2017).

A cultura da mandioca pode ser classificada como alimento base no mundo, sendo assim tem o seu uso para diversas finalidades, seu uso na culinária pode ser como o puré de mandioca, farinha, consumo *in natura*, mandioca frita, entre outros. Como matéria-prima ela pode ser utilizada em alguns produtos farmacêuticos e alimento para animais. De acordo com alguns dados, a mandioca é cultivada em mais de 100 países, isso é possível devido a sua facilidade de adaptação e crescimento em diferentes condições edafoclimáticas, além disso ela é capaz de alcançar produção satisfatória sob diversas situações. É conhecida pela sua rusticidade, sendo cultivada em todas as regiões do Brasil, adaptando-se bem nas condições semiáridas, onde assume elevada importância socioeconômica por constituir fonte de alimento e de renda (Zago et al., 2017; FAO, 2019; EMBRAPA, 2020).

O Brasil se posiciona como o 5º maior produtor mundial de mandioca, com uma produção anual até outubro de 2023, de 18 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 1,2 milhões de hectares (IBGE, 2023). No país a cultura está presente em todas as regiões. No entanto, na safra 2022/2023, as principais regiões produtoras no Brasil foram Norte e Nordeste, com 53,94% da produção (IBGE, 2023; SEAB/DERAL, 2023). Na região Nordeste a Bahia é o maior produtor, com 766.772 toneladas (IBGE, 2023; DERAL, 2023; IBGE, 2023). Apesar da produção brasileira ter números expressivos ainda pode aumentar a produção com a associação do FMA às raízes, os quais por meio da simbiose mutualística poderão promover um aumento da produtividade através de uma maior abrangência da área radicular e consequentemente uma maior absorção de nutrientes para aumento da produtividade. Além disso, esta simbiose confere às plantas uma maior proteção contra organismos patogênicos e condições ambientais desfavoráveis (Oztekin et al., 2013).

A mandioca cultivada pode ainda ser classificada em mandioca mansa (ou doce) e brava (ou amarga), denominação esta referente à quantidade de glicosídeos cianogênicos que a espécie possui. Estas substâncias são degradadas pela enzima linamarase, e a partir desta reação ocorre a liberação do ácido cianídrico – HCN (Alves, 2006).

A propagação da cultura pode ser realizada de duas formas, por sementes ou por manivas. O segundo método é o mais comum, porém, é fundamental que as manivas usadas para a propagação estejam sadias, livre de doenças e pragas garantindo assim uma produção com maior segurança. A utilização de manivas permite aos agricultores fácil acesso à cultura, além de contribuir e preservar as características genéticas da planta. Além disso, permite uma maior observação do material propagativo (Freitas, 2018).

2.2. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os FMA formam uma das associações mais comuns na natureza, e a micorriza arbuscular (MA) formada entre esses fungos e as raízes de aproximadamente 80 % das plantas terrestres, tem origem presumida há aproximadamente 460 milhões de anos (Invam, 2012). A associação formada entre os FMA e as plantas é do tipo simbiótica mutualista, pois tanto as plantas quanto os fungos são favorecidos. As plantas têm benefícios decorrentes do aumento da absorção de água e nutrientes inorgânicos, e os FMA recebem biomoléculas produzidas pelas plantas a partir da fotossíntese, especialmente fósforo (Smith; Read, 2008; Lima, 2020).

A colonização realizada pelos FMA na região cortical das raízes forma três tipos de estruturas: hifas intrarradiculares, vesículas e arbusculos. As hifas são filamentos microscópicos presentes em fungos; e quando reunidas formam o micélio, o qual é a parte vegetativa do fungo responsável pela absorção de nutrientes e água do solo. As vesículas são corpos globosos, capazes de armazenar e liberar lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. Os arbúsculos, podem ser considerados sítios presentes dentro das células corticais das raízes, onde ocorre a troca de metabólitos sendo assim a principal estrutura da simbiose (Silva, 2024).

O diâmetro das hifas varia entre 2 – 20 μm e o das raízes é muito superior correspondendo a valores superiores a 300 μm (Smith et al., 2010). Devido a estas diferenças de tamanho, as hifas proporcionam às plantas com Micorrizas arbusculares o acesso a poros de reduzido diâmetro, inacessíveis às raízes, fornecendo-lhes água e outros nutrientes que aí ficam retidos quando o solo seca ou fica mais compacto (Sampaio, 2012).

De acordo com Kiriachek et al. (2009), a concentração de fósforo (P) na planta e no solo; a possibilidade de o fungo sintetizar moléculas sinalizadoras que são reconhecidas pelos hospedeiros; a presença de exsudatos radiculares, que estimulam a germinação dos esporos e o

crescimento das hifas são fatores relacionados ao processo. Porém a formação, o estabelecimento e a atividade das micorrizas estão relacionados a uma complexa troca de sinais entre os simbiontes, sendo que esses mecanismos são ainda poucos conhecidos e apresentam algumas contradições.

Tanto os fatores bióticos, como a espécie da planta hospedeira, quanto os fatores abióticos, como os atributos químicos do solo, por exemplo, fertilidade do solo, umidade do solo, pH, temperatura, podem influenciar a população e a diversidade de FMA no solo (Rini et al., 2017). Em trabalho realizado por Moreira e Siqueira (2006), atributos do solo, onde se incluem propriedades físico-químicas, competição entre espécies fúngicas e, predação por vários parasitas da fauna do solo, são fatores que influenciam na comunidade de FMA presentes no solo.

Em estudo para avaliar a colonização preferencial entre diferentes espécies de FMA e raízes de batata, Cesaro et al. (2008) observaram que, a diversidade de fungos no solo era bem maior que a diversidade de fungos que colonizam as raízes da planta, demonstrando ainda, que raízes eram colonizadas preferencialmente por uma espécie, *Glomus intraradices*, e sugerindo que a espécie hospedeira e práticas agrícolas adotadas foram os fatores que exerceram tal pressão seletiva.

Diversos são os fatores que influenciam permanência e a presença dos FMA no solo, porém esses fatores podem ser minimizados para manter essa comunidade ativa e presente no solo. Pode-se realizar um manejo adequado por meio de técnicas como uma melhor cobertura vegetal, evitar uso de defensivos são algumas das ações que irão permitir criar ambientes favoráveis para a multiplicação dos fungos micorrízicos no solo (Tabela 1).

Tabela 1 - Fatores que influenciam na formação e na ocorrência de FMA

Componente	Principais Fatores
Solo	Disponibilidade de nutrientes, pH, elementos tóxicos, salinidade, textura estrutura e agregação, densidade, umidade e organismos.
Hospedeiro	Espécies, variedade, cobertura vegetal, estado nutricional, idade, ciclo e taxa de crescimento, alelopatia, sistema radicular, exsudação e senescência.
Ambiente	Intensidade luminosa, temperatura, sazonalidade, precipitação, poluição atmosférica e do solo e estresses diversos.
Manejo	Histórico da área, tipo de cultivo, erosão, irrigação, fertilizantes e corretivos; controle de ervas daninhas, pastejo, mudanças na vegetação e agrotóxicos.

Fonte: Moreira; Siqueira, 2006.

2.3. MANDIOCA E FMA

Plantas de mandioca apresentam sistema radicular formado por raízes tuberosas e raízes secundárias com poucos pelos absorventes, resultando em menor superfície específica para absorção de água e nutrientes do solo (Colozzi; Nogueira, 2007). Sendo assim, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) tornam-se de suma importância, pois estes por meio da extensão da radícula, potencializam a produção, desenvolvimento e crescimento da planta, com uma melhor absorção e aproveitamento da água presente no solo atrelado a absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade como é o exemplo do fósforo, o qual é um elemento exigido pela cultura.

Em pesquisa realizada por Silva et al. (2020), foram encontrados e identificados nas amostras de solo rizosférico da *M. esculenta* Crantz, variedade sergipana os seguintes gêneros de fungos micorrízicos autóctones: *Acaulospora* sp, *Diversispora* sp, *Entrophospora* sp, *Gigaspora* sp, *Racocetra* sp, *Scutellospora* sp. A identificação desses organismos no ambiente é importante, pois, os fungos micorrízicos arbusculares podem ser considerados bioindicadores sensíveis para avaliar a qualidade do solo e das práticas de manejo agrícola empregadas no cultivo (Gonçalves et al., 2019). Em experimento realizado por Lopes et al. (2015), conduzido em campo revelou taxa de 80,25% de colonização micorrízica na mandioca. Em estudo realizado por Silva et al. (2020), revelou que a mandioca da variedade sergipana apresentou alta colonização micorrízica, com uma taxa de 61% colonização, demonstrando a alta infectividade dos FMA presentes no solo rizosférico da mandioca.

A prática de rotação e consorciação de culturas contribui para o desenvolvimento e multiplicação dos FMA, uma vez que estes fungos modificam a resposta da mandioca à calagem e adubação fosfatada, aumentando o efeito de tais insumos no crescimento das plantas (Miranda et al., 2005). Plantas de mandioca micorrizadas cultivadas em casa de vegetação, submetidas a três concentrações de P (baixa 20µg/g solo), apresentaram desenvolvimento superior àquelas submetidas às mesmas concentrações de P, porém não micorrizadas (Siverding, 1991). Isso caracteriza a grande importância dos FMA em associação com as plantas, trazendo assim ganhos benéficos potencializando o crescimento e desenvolvimento da cultura a fim de atingir um excelente resultado na produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E COLETA DE SOLO E RAÍZES

As coletas de solo e raízes foram realizadas em um experimento que já estava implantado no campo experimental I do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia Baiano - Campus Guanambi. O município de Guanambi está situado na região Sudoeste da Bahia, sob as coordenadas geográficas de 14° 13' de latitude sul e 42° 46' de longitude oeste, com altitude de 525 m. Essa área apresenta precipitação anual média de 663,69 mm, e temperatura média de 26° C com umidade relativa do ar de 64%. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo (Tabela 2) e exigência da cultura.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo do IF Baiano, Guanambi, Bahia, 2023.

Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	MO
(cm)	----	Mg/dm³----	-----Cmolc/dm³-----									g/kg
10-20	6,5	127	0,99	3,91	2,02	5,93	0,0	0,08	1,65	8,65	81	17,0
20-40	6,4	57	0,69	2,90	1,56	4,46	0,0	0,06	0,88	6,08	86	11,0

Extratores de P e K (Mehlich -1); Al, Ca e Mg (KCl 1N); pH em água.

S.B.: Soma das bases; V: Saturação de bases; CTC a pH 6,5 e 6,4; MO: Matéria Orgânica.

Fonte: Autoria Própria, 2024.

No experimento foram plantados 29 genótipos de mandioca, no entanto para este trabalho, foram selecionados apenas 10 genótipo para avaliação da associação micorrízica (Quadro 1), os quais são provenientes do banco de Germoplasma da Embrapa Mandioca Fruticultura (Cruz das Almas - Ba). O solo da área foi caracterizado como latossolo vermelho amarelo, distrófico, Franco, textura média e relevo plano com suave ondulado. Para instalação do experimento, inicialmente foi realizado o preparo do solo, por meio de aração e gradagem, em seguida foram abertas as covas de plantio na profundidade de 10 cm. A adubação de plantio foi realizada mediante análise de solo no plantio utilizando-se manivas com o comprimento médio de 15 cm, enterrada na posição horizontal. O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento, e para o controle das plantas espontâneas realizou-se capinas manuais.

Quadro 1 - Relação de genótipos e cultivares de mandioca que foram avaliadas no experimento.

Genótipos	Cultivares
BR-11-34-41	BRS-Poti-Branca
BR-18-029-23	BRS-Formosa
BR-18-036-12	Cigana
BR-18GS-128-24	-
BR-18-F2Polwx-029-28	-
BR-18GS-134-29	-
BR-18GS-111-6	-

Fonte: Autoria Própria, 2024.

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

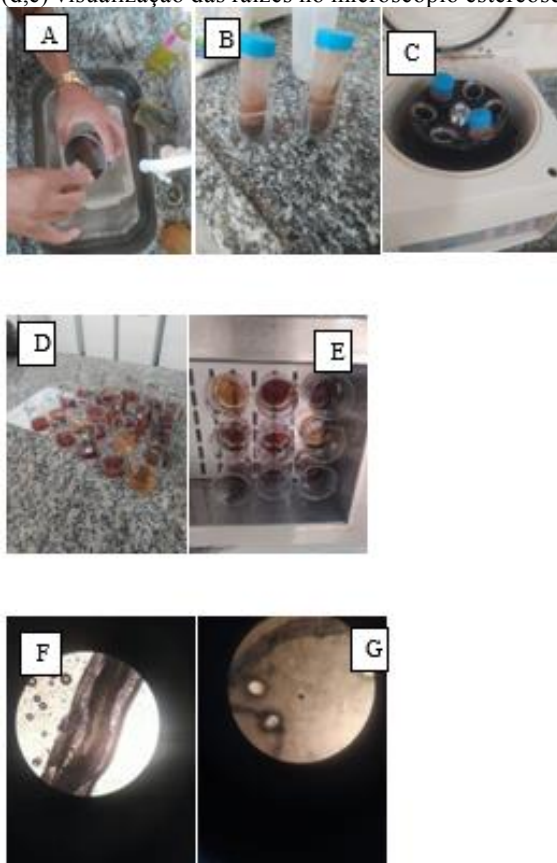
O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com 3 blocos. Cada parcela é composta por 2 linhas com 8 plantas, totalizando 16 plantas por parcela. Foram selecionadas 2 plantas por parcela, para a coleta do solo e raízes. A coleta do material foi realizado 11 meses após o plantio, onde a planta foi totalmente arrancada expondo assim o sistema radicular, em seguida foram coletadas as raízes mais finas, sendo estas acondicionadas em saco plástico, identificadas e levadas para o laboratório. O solo rizosférico foi coletado na profundidade de 0-15 cm, com auxílio de uma pequena pá e acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados, encaminhados e mantidos sob refrigeração no Laboratório de Solos, do IFBaiano - Campus Guanambi.

3.3. AVALIAÇÃO DOS FMA

Os esporos de fungos micorrízicos arbusculares foram extraídos de 50g de solo, pela técnica de peneiração úmida (Gerdeman; Nicholson, 1963). O procedimento consistiu na transferência, separadamente, dos volumes das amostras de solo para recipientes plásticos de maior volume. Essas amostras foram lavadas, sendo o sobrenadante resultante de cada lavagem, passado em peneiras de malhas 2mm, 0,71mm e 0,25mm. Em seguida as amostras passaram por centrifugação em água destilada e depois em solução de sacarose a 70%, onde logo após o sobrenadante foi passado por peneira de menor malha (0,053mm) e as amostras acondicionadas em tubetes plásticos. Para quantificar a quantidade de esporos foi utilizada uma placa com gradiente, na qual foi colocada a amostra, em seguida com auxílio de uma lupa estereoscopia foi realizada a contagem dos mesmos.

Aproximadamente 0,5 g da raiz de cada planta foi clarificado em KOH a 10% (p: v) por 12 h, seguido de lavagem sucessiva em água da torneira. Após a lavagem, a raiz esteve mantida em HCl 2% (p: v) por 5 min e depois corada com azul tripano a 0,05% a 70 ° C por 30 a 40 min. A amostra foi então armazenada em lactoglicerol (Phillips; Hayman, 1970). Quantificou-se a colonização das raízes montando-se para cada amostra 10 fragmentos das raízes mais finas em uma lâmina, em seguida levadas para um microscópio estereoscópio onde foram avaliadas quanto à presença ou ausência de estruturas de FMA (arbúsculos, vesículas e hifas) de cada fragmento e dado uma nota para cada amostra. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), através do software estatístico Sisvar.

Figura 1 - Extração dos esporos de fungos micorrizicos arbusculares (a, b, c) clarificação das raízes em KOH (d,e) visualização das raízes no microscópio estereoscópio (f, g)



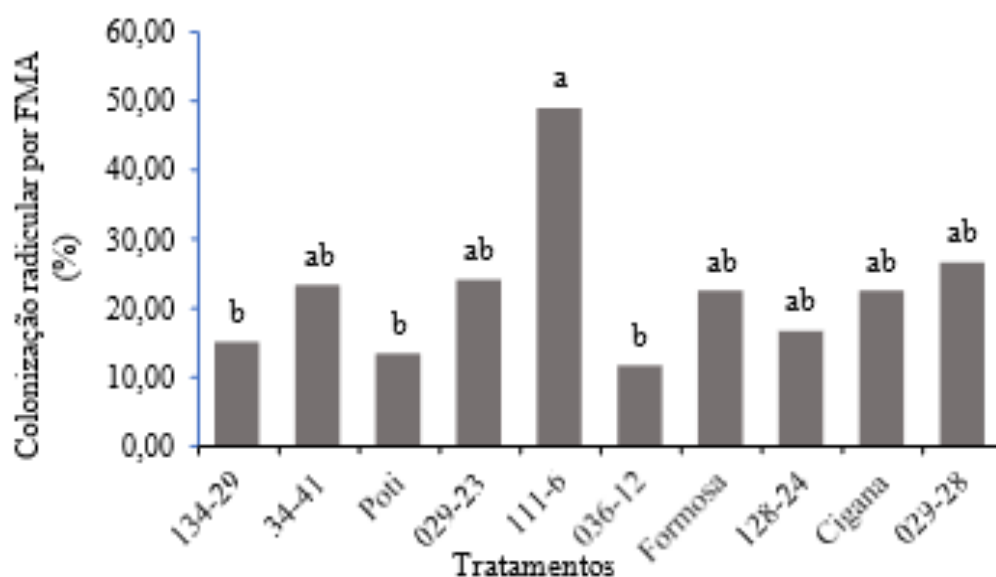
Fonte: Autor, 2024.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para taxa de colonização radicular por FMA variaram de 10% a 50% (Figura 2). Em trabalho realizado por Prates et al. (2020), onde buscou-se verificar a diversidade de FMA na cultura da mandioca em função do preparo de solo e adubação, para solos adubados a taxa de colonização chegou a 60,46 %, e de 46,63% em solo sem adubação.

A taxa de colonização variou com o genótipo ou cultivar, tendo os melhores tratamentos apresentando as seguintes taxas de colonização, genótipo BR-18GS-111-6 (50%), BR-11-34-41 (24%), BR-18-029-23 (25%), BR-18GS-128-24 (18%), BR-18-F2Polwx-029-28 (26%) e cultivares Formosa (23%) e Cigana (23%), sendo estes estatisticamente melhor que os tratamentos BR-18GS-134-29 (15%), BR-18-036-12 (11%) e a cultivar Poti Branca (12%) (Figura 2).

Figura 2 - Média de porcentagem de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em raízes de diferentes genótipos de mandioca.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

A taxa de colonização radicular por FMA encontrada em raízes de mandioca em outros estudos realizados no Brasil (Quadro 2) variam com o genótipo, tendo assim algumas variedades com mais de 90% de taxa de colonização, enquanto outras alcançando valores inferiores.

Quadro 2 - Taxa de colonização radicular por FMA e número de esporos/50g de solo, encontrados por outras pesquisas realizadas no Brasil.

Genótipo variedade Mandioca	ou de	% de Colonização por FMA	Nº de Esporos	Autores
TME 7		46%	-	Séry et al., (2016).
-		31% a 69%	10 a 387/50g de solo	Balota et al., (1999).
Sonora		90,4% a 94,7%	-	Kato et al., (1990).
Vassourinha		63,84% a 89,76%	28,82 a 304,44/100g de solo	Balota et al., (1997).
Platinão		46,63% a 60,46%	111,6/50g de solo	Prates et., al., (2020).

Fonte: Autoria Própria, 2024.

A diferença de colonização entre essa pesquisa e de outros autores pode ocorrer pela composição das espécies de FMA presente em cada localidade. Em experimento realizado por Begoude et al. (2016), que avaliou a comunidade de FMA associada a diferentes cultivares de mandioca, adubação e preparo de solo, os autores observaram, que as mesmas cultivares, plantadas em outra área e utilizando as mesmas doses de adubo NPK, tiveram uma frequência de colonização radicular menor nas parcelas fertilizadas, provavelmente em função das diferentes espécies de FMA presentes.

Em estudo realizado por Hart; Reader (2002), testando o efeito de 21 isolados de FMA sobre o crescimento de plantas, constatou-se que as famílias de FMA também diferem nos benefícios conferidos às plantas hospedeiras, embora exista grande variação dentro e entre espécies e gêneros de FMA. Existe uma notável diversidade funcional nos FMA e as respostas à associação vai depender das espécies mais abundantes no local, e sua relação com a planta hospedeira e características edafoclimáticas (Pereira et al., 2012).

Em trabalho realizado por Moura et al. (2017), onde buscou observar a taxa de colonização micorrízica em variedades de cana-de-açúcar, foi observado que a taxa de colonização não variou estatisticamente em relação a variedade. No entanto de acordo Andrade, (2013), essa variação pode ocorrer de acordo com o manejo da cultura. Com isso observando as variações nas taxas de colonização e reafirmando os dados observados no Quadro 2, as variedades ou genótipo de mandioca juntamente com as espécies de FMA presentes tem influência direta na taxa de colonização da cultura.

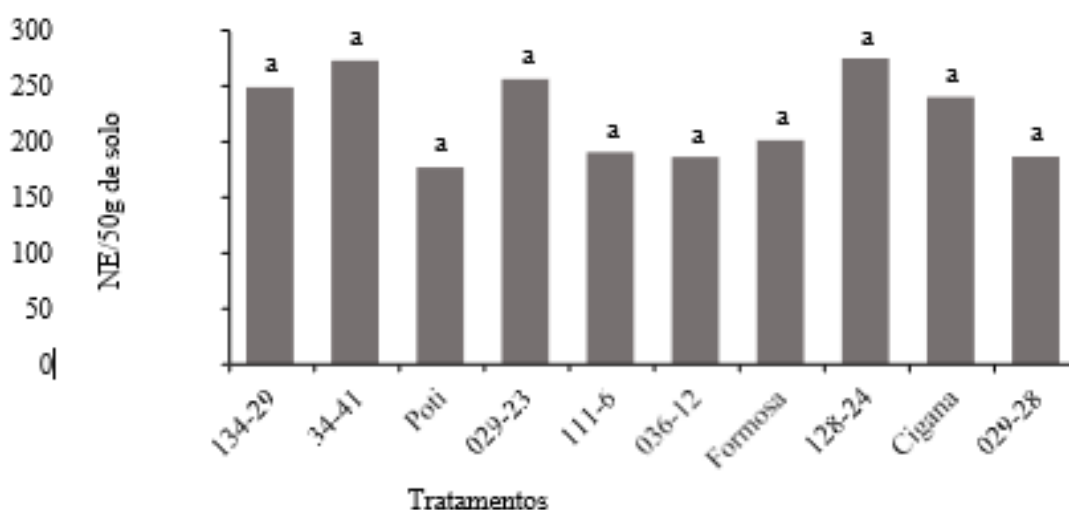
A regulação da simbiose micorrízica na mandioca envolve mecanismos complexos e é governada principalmente por variações genéticas no genoma dos dois simbiontes e especificações genótipos $\times$ genótipos (Matheus et al., 2019; Savary et al., 2020). Com isso as diferenças encontradas entre os genótipos se dão devido as espécies de micorrizas que

interagir com aquela planta juntamente com as interações que são induzidas após o contato das micorrizas. Corroborando com esses fatos, em trabalho realizado por Thanni et al. (2023) diferentes gêneros de FMA aumentaram a altura da mandioca e o número de pecíolos e folhas; no entanto, usando os gêneros *Gigaspora margarita* e *Claroideoglossum etunicatum*, resultaram em uma taxa de crescimento mais baixa para as plantas do que o controle.

Os autores ainda notaram que o gênero *G. margarita* colonizaram menos de 10% das raízes da mandioca. Isso ocorreu devido ao estabelecimento mais lento de uma via simbiótica por fungos desta ordem. Estes resultados apoiam descobertas anteriores de que o crescimento de pepinos, milho e morango foi melhorado pela combinação de táxons de FMA de diferentes gêneros, incluindo táxons do gênero *Claroideoglossum*, *Funneliforme*, *Diversispora*, *Glômus* e *Rizófago* (Wang et al., 2007; Boyer et al., 2015; Chen et al., 2017).

A densidade de esporos no solo variou de 170 a 280 esporos/50g de solo (Figura 3). Baixo número de esporos foi encontrado no solo rizosférico da cultivar BRS Poti branca (170 esporos/50g de solo), já os genótipos BR-11-34-41 e BR-18GS-128-24 apresentaram cerca de 280 esporos em 50g de solo. Apesar dessa grande variação entre os tratamentos, não foi possível encontrar diferenças significativas entre os tratamentos.

Figura 3 - Número de esporos (NE) de fungos micorrízicos arbusculares em 50g de solo da rizosfera de diferentes genótipos de mandioca.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

A utilização do mesmo tipo de solo (textura, matéria orgânica) para todos os tratamentos, atrelado a proximidade das plantas umas das outras é um fator crucial para não ter apresentado diferença estatística no número de esporos nas amostras de solo da rizosfera, tendo

em vista que todos estavam nas mesmas condições ambientes favorecendo assim a sua multiplicação por igual não variando significativamente seus números.

Os esporos produzidos pelos FMA variam de tamanho em média de 45-50 até 700 μm de diâmetro; sua quantidade no solo também é bastante variável e influenciada por fatores como planta hospedeira, sazonalidade e tipo de solo. De acordo com Prates et al. (2020), em estudo com micorrizas em mandioca, o número médio de esporos de FMA variou em função do preparo do solo e da adubação, sendo encontrados uma média de 111,6 esporos/50g de solo e as espécies de maiores incidências foram: *Glomus* sp, *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea*, com 30,6, 22,2 e 20,4 esporos em 50g de solo.

Em pesquisa realizada por Balota et al. (1999), onde foi observada a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em mandioca nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná foi observado uma densidade de esporos que variou de 10 a 384 esporos/100ml de solo predominando as espécies *Entrophospora colombiana* e *Acaulospora scrobiculata* no Rio de Janeiro, *A. scrobiculata* e *Scutellospora heterogama* no Paraná e em Piracicaba (São Paulo) e *A. appendicula* e *S. pellucida* em Campinas (São Paulo).

Durante uma pesquisa realizada por Durazzine et al. (2016), onde realizou-se a quantificação de esporos de FMA em solo sob diferentes cultivos de cafeeiros foram encontrados de 275 a 319 esporos /50ml de solo em sistema agroflorestal (SAF) e 103 a 142 em sistema convencional (SPC) de produção. De e acordo com os autores o sistema de cultivo teve influência na quantidade dos mesmos, isso ocorreu devido à grande diversidade de espécies vegetais presentes e disponíveis para exercer simbiose com os FMA.

Com o objetivo de avaliar a população de FMA em diferentes sistemas de uso da terra em Rondônia, Costa et al. (1999), observaram que a população original de esporos de FMA na floresta era de 184 esporos/100g de solo. No entanto, essa população variou conforme os diferentes sistemas de uso da terra utilizados pelos colonos. Na capoeira, após a derrubada da floresta, a população de esporos diminuiu para 118 esporos/100g de solo. Por outro lado, quando a capoeira foi consorciada com leguminosas, a população de esporos no solo (179 esporos/100g de solo) foi semelhante à da floresta, indicando um efeito positivo do consórcio no número de esporos de FMA. Já os cultivos solteiros de mandioca (152 esporos/100g de solo) e feijão (61 esporos/100g de solo) apresentaram ocorrência menor de esporos em comparação com a floresta.

O fato de o solo desse experimento possuir um bom aporte em matéria orgânica (Quadro 1) atrelado a ser um local que não sofre com erosão caracteriza-se elementos fundamentais para

manter a microbiota do solo ativa, sendo assim local ideal para o desenvolvimento dos fungos micorrízicos colaborando assim para essa elevada quantidade de esporos.

Outro fator que deve ser considerado é a fertilidade do solo, principalmente em relação ao teor de P no solo. Geralmente plantas que crescem em solos que apresentam elevados teores de P no solo, dependem menos da associação micorrízica para obtenção do nutriente do solo, dessa forma, é comum observar menores taxas de colonização nesses solos (Siqueira et al., 2010).

Em trabalho realizado por Rini et al. (2017), onde buscou-se observar a população e diversidade de FMA na rizosfera do clone de mandioca foi constatado que em uma área com P disponível de 5,87 mg dm³, a quantidade de esporos de FMA foi quase duas vezes maior do que em área com 10,40 mg dm³ de P. Isso corrobora com os dados encontrados por esse estudo onde grandes quantidades de fósforo disponível no solo, pode ter contribuído para redução da associação micorrízica.

Prates et al. (2020), verificaram que o solo não adubado apresentou P disponível de 3,10 mg dm⁻³, e o solo com adubação o valor foi de 6,80 mg dm⁻³, onde foi encontrado maior número de esporos para *Acaulospora mellea* e maior número total de esporos de FMA. Ainda de acordo com esses autores essa quantidade de fósforo no solo pode ter sido o valor mínimo para que a espécie de FMA tivesse uma maior produção de esporos.

Resultados obtidos por Cardoso et al. (2024), nesse mesmo experimento (Quadro 3), onde os genótipos de mandioca foram classificados quanto a resistência à bacteriose e quanto a produtividade, indicaram que o genótipo BRS 18GS1116, que foi o tratamento que apresentou uma elevada porcentagem em colonização de FMA, foi classificado como moderadamente resistente a bacteriose.

BRS Poti Branca, BRS 1803612, BRS18GS13429, que tiveram as três menores médias de colonização por FMA nas raízes, foram classificados como susceptível a bacteriose, com exceção do BRS18GS13429 que foi classificado com moderadamente resistente (Cardoso et al., 2024).

Quadro 3 - Classes de resistência e produtividade de raízes dos 37 acessos avaliados para a região do sudoeste baiano, mais precisamente no Município de Guanambi – BA.

Genótipos	Classes de resistência	Produtividade de Raízes (t ha ⁻¹)
BRS Formosa	MR	41,00
BRS 18GS1116	MR	22,66
BRS 1802923	S	19,18
BRS 1803612	S	16,74
BRS 18GS12824	S	14,61
BRS 1803803	S	14,25
BRS18GS13429	MR	12,65
BRS F2Polwx02928	MR	10,88
BRS Poti Branca	S	10,86
Cigana	S	2,72

(S) susceptível, (MR) moderadamente resistente.

Fonte: Cardoso et al. (2024).

A presença dos fungos micorrízicos podem auxiliar as plantas na resistência a doenças. Os patógenos que infectam as raízes das plantas entram nas células através da parede celular, e a simbiose do FMA pode fazer com que o sistema radicular da planta hospedeira cresça, engrosse e aumente a ramificação, acelere a lignificação da parede celular, engrosse a epiderme da ponta da raiz e aumente o número de camadas celulares; também pode alterar a estrutura morfológica da raiz, retardando efetivamente o processo de infecção das raízes por patógenos (Boutaj, 2019; Basyal, 2021).

Em trabalho realizado por Séry et al. (2016), onde buscava-se a seleção de fungos micorrízicos arbusculares para promover o crescimento da mandioca, foi observado que duas espécies de fungos *Acaulospora colombiana* e *Acaulospora Appendicula* conferiram efeitos bioprotetores contra o *Meloidogyne* sp (nematóide das galhas) variando entre resistência (supressão ou redução da reprodução do nematóide) ou tolerância (baixa ou nenhuma supressão no crescimento da mandioca), ainda de acordo com os autores isso aconteceu devido a produção de inibidores fitoquímicos onde foi constatado um aumento de compostos fenólicos nas raízes das plantas, responsáveis pelos mecanismos de defesa das plantas.

Em trabalho realizado por Medina et al. (2011), avaliaram em condições de campo e constataram que, comparado ao controle, após a inoculação com FMA, houve redução de 25,0% a 50,0% na incidência de murcha de fusarium em *Cucumis melo*, e após inoculação com *T. harzianum*, a taxa de incidência de plantas reduziu em 60,0%. Após inoculação mista, exceto *G. claroideum* + *T. harzianum*, as demais combinações reduziram a taxa de incidência em mais de 60,0%. Não apenas isso; a combinação do mesmo FMA e Trichoderma tem efeitos diferentes em diferentes variedades da mesma espécie.

Além disso, os fungos micorrízicos podem conferir as plantas maiores ganhos em produtividade devido ao melhor status nutricional advindo da simbiose. BRS Poti Branca, BRS 1803612, BRS18GS13429, que tiveram as três menores médias de colonização por FMA nas raízes, foram os tratamentos que apresentaram baixos valores de produtividade 10,86, 16,74, 12,65 toneladas por hectare. Já a cultivar BRS Formosa apresentou estatisticamente o melhor resultado em produtividade, sendo também moderadamente resistente a bacteriose, e com taxa de colonização por FMA de 20%.

A mandioca é uma cultura que necessita do P para aumento do seu sistema radicular e consequentemente absorção de nutrientes e água, no entanto de acordo com Alyu et al. (2019), os fertilizantes fosfatados inorgânicos não são facilmente acessíveis para os agricultores com recursos limitados, com isso os FMA têm recebido atenção considerável como uma solução potencial de baixo consumo para aumentar a eficiência de absorção de nutrientes pelas culturas e assim a inoculação de FMA na mandioca pode aumentar o peso fresco da raiz em até 5 t ha.

Em trabalho realizado por Alyu et al. (2019), com inoculação de FMA em mandioca foi constatado um aumento de 12% de rendimento, o que representa um aumento significativo de rendimento para o agricultor.

Em outras culturas também se observa esse ganho de produtividade das plantas em associação com os FMA. Em trabalho realizado por Miranda; Miranda. (2007), onde aumentou-se a densidade de fungos micorrízicos arbusculares por meio da inoculação em campo, observou-se um acréscimo de 244 kg/ha para soja (2001) e 590 kg/ha para milho (2002), cultivados sob plantio direto. No cultivo de milho e soja subsequentes (2003/2004) a produção de grãos foi semelhante no sistema convencional e no plantio direto, isso ocorreu devido aos cultivos sucessivos, e assim esses dados mostram a necessidade e importância dos fungos micorrízicos no solo para aumento da produtividade das culturas (Miranda, 2002; Miranda, 2004).

5 CONCLUSÕES

A verificação de quais genótipo ou variedades tem maior sincronização com os FMA é de suma importância pois permite que o produtor escolha o genótipo que terá uma melhor colonização por FMA no meio agrícola.

Nota-se uma grande quantidade de esporos no solo deste presente estudo, o que é reflexo de uma boa esporulação dos FMA nesse solo.

A colonização radicular por FMA varia de acordo o genótipo. Com valores em taxa de colonização variando de 11% a 50%. Sendo que os tratamentos que apresentaram melhores faixas de colonização foram BR-18GS-111-6 (50%), BR-11-34- 41 (24%), BR-18-029-23 (25%), BR-18GS-128-24 (18%), BR-18-F2Polwx-029-28 (26%) e cultivares Formosa (23%) e cigana (23%).

A elevada fertilidade do solo pode ter interferido na taxa de colonização e número de esporos pois a quantidade de fosforo no solo estava altamente elevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. *In*: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Orgs.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 138-169 p.
- ALYU, I. A.; YUSUF, A. A.; UYOVBISERE, E. O.; MASSO, C.; SANDERS, R. Effect of co- application of phosphorus fertilizer and in vitro-produced mycorrhizal fungal inoculants on yield and leaf nutrient concentration of cassava. **Plos one**, v. 14, p. 14300, 2019.
- ANDRADE, P. A. M. **A composição da comunidade bacteriana do solo como fator determinante na micorrização de cana-de-açúcar por *Glomus clarum***. 2013. 64 p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- AQUINO, S. S. **Associação micorrízica arbuscular com genótipos de milho**. 2003. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.
- ASEEL, D. G.; RASHAD, Y. M.; HAMMAD, S. M. Arbuscular mycorrhizal fungi trigger transcriptional expression of flavonoid and chlorogenic acid biosynthetic pathways genes in tomato against tomato mosaic virus. **Scientific Reports**, v. 9, p. 9692, 2019.
- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos-arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 627-639, jun. 1997.
- BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M. DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1265-1276, jul. 1999.
- BASYAL, B.; EMERY, S. M. An arbuscular mycorrhizal fungus alters switchgrass growth, root architecture, and cell wall chemistry across a soil moisture gradient. **Mycorrhiza**, v. 31, p. 251– 258, 2021.
- BEGOUDE, D. A. B.; SARR, P. S.; MPON, T. L. Y.; OWONA, D. A.; KAPEUA, M. N.; ARAKI, S. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars as influenced by chemical fertilization and tillage in Cameroon. **Journal of Applied Biosciences**, v. 98, p. 9270- 9283, 2016.
- BOUTAJ, H.; MEDDICH, A.; WAHBI, S.; MOUKHLI, A.; EL ALAOUI, T. Z.; DOUIRA, A.; FILALI, M. A.; EL MODAFAR, C. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on verticillium wilt development of olive trees caused by *Verticillium dahliae*. **Research Journal of Biotechnology**, v. 14, ago. 2019.
- BOYER, L. R.; BRAIN, P.; XU XM; JEFRIES, P. Inoculation of droughtstressed strawberry with a mixed inoculum of two arbuscular mycorrhizal fungi: effects on population dynamics of

fungus species in roots and consequential plant tolerance to water deficiency. **Mycorrhiza**, v. 25, p. 215–227, 2015.

BRS Formosa - EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/152234/1/Folder-BRSFormosa-Publica-431-16-Eder.pdf>>. Acesso em: 06 de jun. de 2024.

CARDOSO, S. C.; FARIAS, J. V. R.; PINHEIRO, J. P. A. S. Resistência de genótipos de mandioca a bacteriose. (Dados não publicados), 2024.

CESARO, P.; VAN TUINEM, D.; COPETTA, A.; CHATAGNIER, O. BERTA, G.; GIANINAZZI, S.; LINGUA, G. Preferential colonization of *Solanum tuberosum* L. roots by the fungus *Glomus intraradices* in arable soil of a potato farming area. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 74, p. 5776–5783, 2008.

CHEN, S; ZHAO, H; ZOU, C. Combined inoculation with multiple arbuscular mycorrhizal fungi improves growth, nutrient uptake and photosynthesis in cucumber seedlings. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 2516, 2017.

COSTA, R. S. C; COSTA, N. de L.; MENDES, A. M.; RODRIGUES, V. G. S. Ocorrência de fungos MA em diferentes sistemas de uso da terra em Rondônia e Acre, Brasil Porto Velho: **EMBRAPA-CPAF**. Rondônia, p. 11, 1999.

DURAZZINI, A. M. S.; TEIXEIRA, M. A.; ADAMI, A. A. V. Quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em solo sob diferentes cultivos de cafeeiros. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 4, p. 83-91, dez. 2016.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca>>. Acesso em: 26 de out. de 2022.

FARIAS, N. R. A.; ALVES, C. A. A.; CARDOSO, L. E. C.; FUKUDA, C.; GOMES, C. J.; CARVALHO, B. E. J.; FILHO, F. R. J.; SOUZA, D. L.; SOUZA, S. L.; CARVALHO, L. C. P.; MATTOS, P. L. P.; FUKADA, G. M. W. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 20 p.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Research**, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.

GONÇALVES, V. A. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62. 2019.

HART, M. M.; READER, R. J. Host plant benefit from association with arbuscular mycorrhizal fungi: Variation due to differences in size of mycelium. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 357-366, 2002.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 27 de maio de 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático de Produção Agrícola. Brasília, 2023. Disponível em: <https://epag_2024_fev.pdf (ibge.gov.br)>. Acesso em: 27 de maio de 2024.

INVAM. **International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi**. Disponível em: <<https://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 25 de out. de 2022.

J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. da UFLA, 2006.

KATO, O. R. **Efeito de micorriza vesicular-arbuscular no crescimento e nutrição da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em solo adubado com doses crescentes de superfosfato triplo**. 1987. 177 p. Dissertação mestrado. ESAL, Lavras, 1987.

KATO, O. R.; OLIVEIRA, E.; SANTIAGO, A. D.; CORRÊA, H. Efeito de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e nutrição da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 258, p. 1175-1181, 1990.

LEONEL, M. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 1, p. 49-68, out. 2005.

LIMA, C. E. P. L., SANTANA, A. S., MERGULHÃO, A. C. E. S., LIMA, R. L. F. A. Micorriza Arbuscular: alternativa para uso na agricultura sustentável. *In: Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável*. Recife: Ipa/Emater/Seagri-AL, p. 113–132, 2018.

LOPES, E. A. P. **Interação bactérias promotoras de crescimento em plantas *Glomus clarumna* mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) micropropagada**. 133 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) –Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015. Recife, 2015.

MATEUS, I. D., MASCLAUX, F. G., ALETTI, C., ROJAS, E. C., SAVARY, R., DUPUIS, C. Dual RNA-seq reveals large-scale non-conserved genotype × genotype-specific genetic reprogramming and molecular crosstalk in the mycorrhizal symbiosis. **The ISME Journal**, v. 13, p. 1226–1238, 2019.

MEDINA, A. M.; ROLDÁN, A.; PASCUAL, J.A. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* under conventional and low input fertilization field condition in melon crops: Growth response and *Fusarium* wilt biocontrol. **Applied Soil Ecology**, v. 47, p. 98–105, 2011.

MIRANDA, J. C. C.; FIALHO, J. de F.; MIRANDA, L. N. de. **Importância da Micorriza Arbuscular para o cultivo da mandioca na região do Cerrado**. Planaltina: DF, Comunicado Técnico 119, p. 4, 2005.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular na resposta das culturas à calagem e adubação fosfatada em solos de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa- Cerrados, (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 89). p. 4, 2003.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção com plantio direto e convencional no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-Cerrados, (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 134). p. 4, 2007.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-Cerrados, (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 114). p. 4, 2003.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Micorriza arbuscular**. In: VARGAS, M. A.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina, DF: Embrapa-Cerrados, (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 75). p. 4, 2002.

MORALES, D. M. **Efeitos do milho transgênico sobre aspectos morfofisiológicos da associação micorrízica e sobre a diversidade dos fungos micorrízicos arbusculares**. 2016. 147 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

MOURA, J. B.; VALENTIM, N. M.; VENTURA, M. V. A.; JUNIOR, W. G. V. Taxa de colonização micorrízica sob diferentes sistemas de cultivo no cerrado em cana-de-açúcar. **Revista diálogos e ciência**. v. 2, n. 40, p. 60-66, 2017.

OZTEKIN, G. B.; TUZEL, Y.; TUZEL, I. H. Does mycorrhiza improve salinity tolerance in grafted plants. **Scientia Horticulturae**, v.149, p. 55-60, 2013.

PEREIRA, M. S. F.; HADDAD, L. S. A. M.; BAZZOLLI, D. M. S.; KAZUYA, M. C. M. **Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse**. 2012. Revisão de literatura. Departamento de microbiologia, UFV. Viçosa, MG. 2012.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S; Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, p. 158-6, 1970.

PRATES, C. J. N.; VIANA, S. E. A.; BONFIM, J. A.; SANTOS, C. V.; TRINDADE, D. B. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca em função do preparo de solo e da adubação. Belém, PA, **Agroecossistemas**, v. 13, p. 84-103, 2021.

RINI, M. V.; SITIO, S. N. S.; HIDAYAT, K. F. Population and diversity of arbuscular mycorrhiza fungi in the rhizosphere of kasetsart cassava clone grown on two different locations. **Journal of Tropical Soils**, v. 22, n. 3, p. 183-189, 2017.

SAMPAIO, A. M. N. C. **O papel das micorrizas no modo de produção biológico da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Biológica) - Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal, 2012.

SAVARY, R., DUPUIS, C., MASCLAUX, F. G., MATEUS, I. D., ROJAS, E. C.; SANDERS, I. R. Genetic variation and evolutionary history of a mycorrhizal fungus regulate the currency of exchange in symbiosis with the food security crop cassava. **The ISME Journal**, v. 14, p. 1333–1344, 2020.

SEAB – SECRETARIA ESTADUAL DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Levantamento da produção agropecuária**. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>>. Acesso em: 27 de maio de 2024.

SÉRY, D. J. M.; KOUADJO, Z. C.; VOKE, R.; ZÉZÉ, A. Selecting native arbuscular mycorrhizal fungi to promote cassava growth and increase yield under field conditions. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 2063, 2016.

SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscularmycorrhiza management in tropical agrosystems. **Eschborn: GTZ**, p. 371, 1991.

SILVA, Í. R. C.; CARDOSO, R. C. V.; GÓES, J. Â. W.; DRUZIAN, J. I.; VIDAL JÚNIOR, P. O. A.; ANDRADE, C. B. de. Food safety in cassava “flour houses” of Copioba Valley, Bahia, Brazil: Diagnosis and contribution to geographical indication. **Food Control**, v. 72, p. 97- 104, 2017.

SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010.

THANNI, B.; MERCKX, R.; HAUSER, S.; SORETIRE, S.; HONNAY, O. Mutiple taxa inoculants of arbuscular mycorrhizal fungi enhanced colonization frequency, biomass production, and water use efficiency of cassava (*Manihot esculenta*). **International Microbiology**, v. 10, p. 10123, 2023.

TSIOKANOS, E.; CARTABIA, A.; TSAFANTAKIS, N.; LALAYMIA, I.; TERMENTIZI, A.; MIGUEL, M. The metabolic profile of anchusa officinalis l. differs according to its associated arbuscular mycorrhizal fungi. **Metabolites**, v. 10, p. 3390, 2022.

WANG, F. Y; LIN, X. G; YIN, R. Efect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation on heavy metal accumulation of maize grown in a naturally contaminated soil. **Int J Phytoremediation**, v. 9, p. 345–353, 2007.



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
Campus Guanambi

Declaração 484/2024 - GBI-CGE/GBI-DDE/GBI-DG/RET/IFBAIANO

TERMO DE DEPÓSITO DEFINITIVO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) – A SER
ENTREGUE AO DOCENTE DA DISCIPLINA

Pelo presente, eu, Vagnaldo Gomes da Silva, acadêmico(a) do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, Campus Guanambi, matrícula nº 20191GBI01GB0021 CPF nº 07637619583, RG nº1654246999, Telefone(s): (77) 99819-4386, e-mail(s): vagnaldogomes01@gmail.com, encaminho a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso, meu trabalho Intitulado Fungos Micorrízicos arbusculares e diferentes genótipos de mandioca aprovado para depósito definitivo pelo(a) Professor(a) Orientador(a): Joice Andrade Bomfim requisito exigido para conclusão do curso.

Documento assinado eletronicamente por:

- **VAGNALDO GOMES DA SILVA, 20191GBI01GB0021 - Discente**, em 12/08/2024 13:02:23.
- **Joice Andrade Bonfim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/08/2024 12:54:56.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 589510
Verificador: 330ac8c5da
Código de Autenticação:



Distrito de Ceraíma, S/N, Zona Rural, GUANAMBI / BA, CEP 46430-000
Fone: (77) 3493-2100



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO PRÓ-REITORIA DE ENSINO

ANEXO XI

AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO

1) IDENTIFICAÇÃO:

AUTOR	Vagnaldo Gomes da Silva
RG	1654246999
FONE/EMAIL	(77)998194386
VÍNCULO INSTITUCIONAL	Discente
TÍTULO DO DOCUMENTO	Fungos Micorrízicos arbusculares em diferentes genótipos de mandioca

2) DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO (ASSINALE UMA DAS OPÇÕES):

(X) Declara que o documento em questão é seu trabalho original, e que detém o direito de concedê-lo e que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

() Declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para concedê-los ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

3) TERMO DE AUTORIZAÇÃO: Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo a Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, a disponibilizar a obra, gratuitamente em seu acervo impresso e/ou digital.

Vale ressaltar que a obra continua protegida por Direito Autoral sob a LEI Número 9.610 de 19 de FEVEREIRO de 1998 – DOU DE 20/2/98.

Em 24 de agosto de 2024

Documento assinado digitalmente
gov.br VAGNALDO GOMES DA SILVA
Data: 24/08/2024 10:03:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) estudante/autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano

Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052

Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br

Site: <http://www.ifbaiano.edu.br>



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO**

ANEXO XV

TERMO DE RESPONSABILIDADE DE AUTORIA

Eu, Vagnaldo Gomes da Silva, Matrícula 20191GBI01GB0021, declaro conhecimento da Lei nº 9.610, de 19.02.98, que altera, atualiza e consolida a Legislação sobre Direitos Autorais, publicada no D.O.U. de 20.02.98, Seção I, pag. 3. Declaro, ainda, ser de minha inteira responsabilidade a autoria do texto apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso sob o Título Fungos Micorrízicos Arbusculares em diferentes genótipos de Mandioca Caso seja indicada utilização indevida, ilegal de textos de autoria de terceiros [sob encomenda, mediante pagamento (ou não)], em desrespeito aos direitos autorais, estou ciente das implicações legais decorrentes do ato que caracteriza crime de plágio.

Em 24 de agosto de 2024

Documento assinado digitalmente
gov.br VAGNALDO GOMES DA SILVA
Data: 24/08/2024 10:02:23-0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

Assinatura do(a) estudante